MINERAL RESOURCE ASSESSMENT OF THE REPUBLIC OF COSTA RICA

EVALUACION DE LOS RECURSOS MINERALES DE LA REPUBLICA DE COSTA RICA

U.S. GEOLOGICAL SURVEY / DIRECCION GENERAL DE GEOLOGIA, MINAS e HIDROCARBUROS / UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

MISCELLANEOUS INVESTIGATIONS SERIES MAP I–1865

MINERAL RESOURCE ASSESSMENT OF THE REPUBLIC OF COSTA RICA

EVALUACION DE LOS RECURSOS MINERALES DE LA REPUBLICA DE COSTA RICA

By U.S. Geological Survey,
Dirección General de Geología, Minas e Hidrocarburos, and
Universidad de Costa Rica

Por el U.S. Geological Survey,
la Dirección General de Geología, Minas e Hidrocarburos y
la Universidad de Costa Rica

Prepared in cooperation with
Los Alamos National Laboratory with funding
provided by U.S. Agency for International Development

Elaborado en cooperación con
Los Alamos National Laboratory y financiado por la
U.S. Agency for International Development

U.S. Geological Survey Miscellaneous
Investigations Series Map I–1865

Department of the Interior
Donald Paul Hodel, Secretary

U.S. Geological Survey
Dallas L. Peck, Director

Library of Congress Cataloging in Publication Data
Geological Survey (U.S.)
Mineral resource assessment of the Republic of Costa Rica.
(Miscellaneous investigations series map / U.S. Geological Survey ; I–1865)
"Prepared in cooperation with Los Alamos National Laboratory with funding provided by U.S. Agency for International Development."
Bibliography: p.
Supt. of Docs. No.: I 19.91:I–1865
1. Mines and mineral resources—Costa Rica—Maps. 2. Mines and mineral resources—Costa Rica. 3. Geology—Costa Rica—Maps. I. Costa Rica. Dirección de Geología, Minas e Hidrocarburos. II. Universidad de Costa Rica. III. Title. IV. Series: Geological Survey (U.S.). Miscellaneous investigations series map ; I–1865.
G1581.H2G4 1987 912'.1553'097286 87–600007

INTERIOR—U.S. GEOLOGICAL SURVEY, RESTON, VIRGINIA—1987

FOREWORD
By
Dallas L. Peck
Director, U.S. Geological Survey

This folio contains an assessment of the metallic mineral resources of the Republic of Costa Rica and the geologic, geochemical, and geophysical data used as the basis for this assessment. It provides the technical foundation for making national decisions regarding long-range policy for mineral production and land use, for outlining strategies for mineral exploration and development, for making recommendations about future data acquisition and research, and for updating and expanding the mineral deposit inventory of Costa Rica as new information becomes available. One part of this folio is the country-wide mineral resource assessment map and accompanying text which integrates new field and laboratory investigations in geology, geochemistry, geophysics, and mineral deposit modeling. Previously obtained information was combined with new work to identify areas that are permissive for the occurrence of particular types of mineral deposits. Other parts of this folio include the maps, figures, tables, and text presenting and explaining the technical information that was used to generate the mineral resource assessment map. Another part of this folio presents the descriptive mineral deposit model and the tonnage and grade model for gold deposits in the Cordillera de Tilarán and Montes del Aguacate, the "gold belt," which can be used to develop effective exploration programs.

The production of this folio, including new research, was funded by the Los Alamos National Laboratory in 1985 with a grant from the Central American Energy Resources Project by the U.S. Agency for International Development. This project is one with many facets, the first of which is the mineral resource assessment of Costa Rica prepared by the U.S. Geological Survey. The Ministerio de Industria, Energía y Minas, including the Dirección General de Geología, Minas e Hidrocarburos as our Costa Rican counterpart agency, requested the participation of the Universidad de Costa Rica. On December 26, 1985 the Costa Rican Minerals Reconnaissance Program was officially approved by the U.S. Agency for International Development and in early 1986 an official convenio and work plan was agreed upon by all the agencies involved. Field and laboratory studies for this folio were started immediately by personnel of the U.S. Geological Survey in cooperation with counterpart personnel from the Dirección General de Geología, Minas e Hidrocarburos and the Universidad de Costa Rica. These studies were completed by June, 1986. The folio underwent extensive review and editing by all agencies involved before being published in early 1987. This folio is an example of how cooperative efforts between and within government agencies can successfully prepare mineral resource assessments using modern technology. This compilation of technical information should be viewed as only a first step in the development of a long-range policy for mineral exploration, mineral production, and land use in Costa Rica.

Dallas L. Peck

PRESENTACION
Por
Dallas L. Peck
Director, U. S. Geological Survey

En este folio se presenta la evaluación de los recursos minerales metálicos de la República de Costa Rica, lo mismo que los datos geológicos, geoquímicos y geofísicos que funden la evaluación, con el ánimo de que sirvan de base técnica para: (1) impulsar la promulgación de decisiones nacionales de largo plazo respecto a la política minera y la utilización de terrenos, (2) delinear las estrategías necesarias para impulsar la exploración y el desarrollo del sector minero, (3) formular recomendaciones para la futura adquisición de datos e investigaciones, y (4) mantener al día el inventario de los yacimientos minerales de Costa Rica, y ampliarlo al disponerse nuevas informaciones. El mapa de la evaluación de los recursos minerales y su texto adjunto forman parte de este folio, obras logradas sobre la extensión del país, e integran las nuevas investigaciones de campo y laboratorio sobre la geología, geoquímica, geofísica y los modelos de yacimientos minerales de Costa Rica. La información existente ha sido combinada con estudios nuevos con el fin de identificar dominios o áreas que son permisivas para la ocurrencia de ciertos tipos de yacimientos minerales. En el folio se incluyen mapas, figuras, cuadros y textos, los cuales presentan y explican la información técnica utilizada en la elaboración del mapa de la evaluación de recursos minerales. Se presentan también los modelos de yacimientos descriptivos y los de ley y tonelaje representativos de los yacimientos auríferos en la Cordillera de Tilarán y los Montes del Aguacate, área denominada "la faja aurífera", los cuales pueden servir para desarrollar nuevos y efectivos programas de exploración mineral.

La confección de este folio, inclusivo de las nuevas investigaciones, fue financiado por el Los Alamos National Laboratory (EEUU) en el año 1985, por medio de una partida del "Proyecto de Recursos de Energía de América Central" de la U.S. Agency for International Development. Dicho proyecto consta de varios aspectos y objetivos, entre ellos se cuenta con el programa de la evaluación de recursos minerales de Costa Rica, realizado por el U.S. Geological Survey. El Ministerio de Industria, Energía y Minas de Costa Rica con su dependencia, la Dirección General de Geología, Minas e Hidrocarburos, formaron la agencia contraparte y propusieron la participación de la Universidad de Costa Rica. El 26 de Diciembre de 1985 la U.S. Agency for International Development aprobó el Programa del Reconocimiento de los Minerales de Costa Rica y, a principios de 1986, se elaboró un convenio oficial entre las agencias participantes en el cual se decidieron los planes de trabajos respectivos. Inmediatamente se iniciaron los estudios de campo y de laboratorio por el personal del U.S. Geological Survey en conjunto con la contraparte de la Dirección General de Geología, Minas e Hidrocarburos y de la Universidad de Costa Rica. Los estudios finalizaron en Junio de 1986. El folio fue sometido a una extensiva revisión y redacción por parte de todas las agencias participantes antes de su impresión a principios de 1987. Se espera que este trabajo sirva también de ejemplo, como la cooperación de y entre agencias gubernamentales e internacionales pueden lograr evaluaciones de recursos minerales utilizando las técnicas más modernas. Esta recopilación de informes técnicos debe de considerarse solo como un primer paso para el desarrollo de una política a largo plazo perteneciente a la exploración mineral, la producción mineral y la utilización de terrenos en Costa Rica.

Dallas L. Peck

MINERAL RESOURCE ASSESSMENT OF THE REPUBLIC OF COSTA RICA
By
U.S. Geological Survey,
Dirección General de Geología
Minas e Hidrocarburos,
and the Universidad de Costa Rica

SUMMARY

In February of 1986 the U.S. Geological Survey, Dirección General de Geología, Minas e Hidrocarburos, and the Universidad de Costa Rica began a project to assess the non-fuel mineral resources of Costa Rica. Known metal deposits in Costa Rica were assessed for their extent, tonnage, and grade and odds were determined for the discovery of other deposits. The assessment is based on careful evaluation of existing geologic, geochemical, and geophysical data as well as new data from these disciplines gathered during 14 man-months of field studies. From these data, geologically controlled areas called "domains" have been identified which are permissive for the occurrence of one or more mineral deposit types. Gold and silver are presently being mined in Costa Rica; occurrences of copper, lead, zinc, manganese, chromium, aluminum, and iron-titanium bearing sands are also present, and some have been mined in the past century. Estimates of the number of undiscovered deposits will assist economic analysis of mineral commodities.

The most important metallic mineral resource in Costa Rica is gold, which is being mined from veins and from placer deposits. Two domains (permissive geologic areas) for gold in vein deposits and two for gold in placer deposits have been defined in this report. In one domain that includes most of the known vein gold deposits, this study predicts that there are even odds for 11 or more undiscovered deposits in the approximate size range of 0.015 to 6 million tonnes of ore with a grade of approximately 2.2 to 18 grams gold per tonne (tonnages and grades similar to those of the known deposits in this domain). One of the operating gold mines in this domain, the Santa Clara open-pit mine, has been ranked as a world class deposit (Mining Magazine, 1983). This present study established, for the first time, a spacial and genetic relationship between intrusions of rhyolite (a silicic volcanic rock) and the vein gold deposits; this relationship is fundamental to the development of an exploration strategy for vein gold deposits in Costa Rica. Based on the new geologic mapping in this report these rhyolites are far more abundant than previously known, which increases the odds of finding more vein gold deposits. Undiscovered vein-gold deposits would most likely occur adjacent or near the rhyolite intrusions and would be localized in quartz veins occupying faults or shear zones. Two domains have placer gold deposits from which gold is being mined. Although much of the territory in these areas has been explored, several additional undiscovered marine and fossil placer deposits may remain to be discovered.

In addition to gold, Costa Rica also has mineral resources of copper, lead, zinc, manganese, chrome, and aluminum. Domains have been delineated for deposit types of these metals.

Small deposits of chromite are known and there are even odds that at least 13 more are present but undiscovered; because all the known deposits in Costa Rica contain less than 130 tonnes it is assumed that any additional undiscovered deposits will also be small.

This report provides estimates that there are even odds of at least 3 porphyry copper deposits in Costa Rica. This type of deposit typically has 140 million tonnes or more of ore that ranges from 0.15 to 2 percent copper. Detailed geologic mapping, rock and soil sampling, ground geophysical surveys, and drilling on the defined target areas in this report would aid identifying new undiscovered deposits.

There are over 90 manganese deposits in two domains and concealed undiscovered deposits are believed to exist. Aluminum as bauxite occurs in two lowland domains and although these domains have been extensively explored there is a possibility for undiscovered deposits in other lowland areas of the country. Three copper massive sulfide deposits with minor zinc content occur and there are even odds that another such undiscovered deposit could occur in Costa Rica.

Other deposit types that are present in Costa Rica but for which domains have not been identified are: (1) low-grade shoreline placer iron (magnetite), (2) polymetallic veins (veins with three or more metals), (3) copper skarn (deposits formed at the contact between sediments and intrusive igneous rocks), (4) lead-zinc skarn, and (5) hot-spring sulfur.

INTRODUCTION

Discovered in 1502 by Christopher Columbus, Costa Rica has been an independent nation since 1821. Situated between Nicaragua and Panamá and bounded on two sides by the Pacific Ocean and the Caribbean Sea, Costa Rica encompases an area of about 51,000 km². The country has been divided into three distinct physiographic provinces (Weyl, 1980): (1) the Pacific coastal region, including the Santa Elena peninsula, Nicoya peninsula, Valle de Tempisque, Osa peninsula, Fila Costeña, and Valle del General; (2) the central mountain range, including the Cordillera de Guanacaste, Cordillera de Tilarán, Cordillera Central, Valle Central, and Cordillera de Talamanca; and (3) the northeastern Caribbean coastal region, including the Limón basin (pl. 1). Costa Rica is made up of geologically young terranes with its oldest known rocks formed about 200 million years ago (Jurassic). This report focuses on the mineral resource assessment of Costa Rica using information existing at the start of the project supplemented by new geologic, geophysical, and geochemical data.

The U.S. Geological Survey (USGS), the Dirección General de Geología, Minas e Hidrocarburos (DGMH), and the Universidad de Costa Rica (UCR) worked jointly on this project. This folio is systematically organized by section, starting with general information about the geology, geophysics, and geochemistry, moving through an evaluation of the gold producing areas, and culminating with a comprehensive assessment of the mineral resources of Costa Rica. The major sections of this folio are as follows: (1) Geology of Costa Rica, which consists of a geologic map at a scale of 1:500,000 and a text by Steve Ludington, Rolando Castillo M., and Hannia Azuola. (2) Regional geophysics of Costa Rica, which consists of gravity and aeromagnetic maps at various scales and an interpretative text by D. A. Ponce and J. E. Case. (3) Mineral occurrences of Costa Rica, which consists of a map of the mines and prospects at a scale of 1:500,000, a table of descriptive data, and an explanatory text by Donald F. Huber, Norman J Page, Stephen Howe, and Christina Solano. (4) Volcanological framework of the gold areas, which consists of a map at a scale of 1:100,000 and an explanatory text by Klaus Schulz, Robert Koeppen, Steve Ludington, Siegfried Kussmaul, and Karen Gray. (5) Analysis of epithermal gold deposits, which consists of maps at a scale of 1:100,000, tables of descriptive data, and an explanatory text by W. C. Bagby, S. P. Marsh, and Enid Gamboa. (6) Mineral resource assessment of Costa Rica, which consists of a map at a scale 1:500,000 and an explanatory text by D. A. Singer, Norman J Page, W. C. Bagby, D. P. Cox, and Steve Ludington. Other sections in the folio include an executive summary, an extensive list of references, and an appendix containing the chemical data used in this resource assessment.

ACKNOWLEDGMENTS

Initial planning by Stephen Bolivar and A. W. Laughlin (Los Alamos National Laboratory), Rolando Castillo (Universidad de Costa Rica), Jose Francisco Castro M. (Dirección General de Geología, Minas e Hidrocarburos), and Richard D. Krushensky and Norman J Page (U.S. Geological Survey) resulted in a proposal to assess the metallic mineral resources of the Republic of Costa Rica.

Numerous people in Costa Rica were instrumental to this project, especially land owners, mine owners, and government officials. Without the cooperation of these individuals we would not have had access to information and areas necessary to compile this folio. In particular, we wish to thank the following owners, managers, and geologists of mines in Costa Rica: William Bennett (Compañía de Asesoría y Administración Minera S.A.), Chavn Caldwell (Santa Clara mine), Oliver Rodriguez Castro (heap-leach operation near Cabesera Cañas de Tilarán), Miguel Guardia (San Carlos), Tim Coates (Bella Vista mine), Steve Hazelick (Mallon Minerals, Río Chiquita mine), Steve Lamb (La Unión mine), Oscar Madrigal (Esperanza mine), Ms. Moncada (Moncada mine), Leo Piedmont (Montes del Aguacate area), and Giovani Sostos (Juntas de Abangares area). Consulting geologists who contributed information include Melvin Bello, Gregorio Escalante, Goeffrey Evans, Ed Mackevett, Alfonso Monje (Minero Nacional S.A.), and Anthony Woram. B. J. Amos, J. P. Berrange, and P. J. Rogers of the British Geological Survey contributed information on the gold areas in the Cordillera de Tilarán and Montes del Aguacate. The staff at the Universidad de Costa Rica, in particular, Jorge Laguna, Rafael Segura, Francois Rivier, and Cesar Villalta were very helpful. Geophysical data were contributed by Humberto Porta C. (Refinería Costarricense del Petroleo), Leroy Schmieder (Defense Mapping Agency Aerospace Center), and Chester Trim (Inter-American Geodetic Survey). During the field operations Gerardo Campos C., Giovani Chavarria Miranda, Antonio Porras González, and Ernest Inigues provided constant support and assistance. Heriberto Rodríguez, Laura Sanchez, and Maureen Dugan of U.S. Agency for International Development Costa Rica facilitated solutions to many minor administrative problems in Costa Rica. Miranda Fran donated time in the gathering of data. Jill Nicholson's willingness to read the manuscript is greatly appreciated.

Colleagues in the U.S. Geological Survey who contributed data include R. H. Blank, E. R. Force, John Glenn, R. C. Jachens, P. J. La Mothe, Joseph Landon, and E. H. McKee. R. L. Erickson, Susan García, Rosalinda Jara, E. B. Newman, J. C. Olson, Jessie Solorzano, R. B. Taylor and, E. W. Tooker assisted with the preparation, and review of this manuscript. Cartographic support was provided by A. L. Isom, L. J. Preisendorf, D. S. Aitken, P. J. Cordova, B. W. Hawkins, N. J. Maes, J. P. Martinez, M. V. Shannon, L. J. Ulibarri, C. M. Vittore, D. L. Welp, and P. L. Wilber, all of the U.S. Geological Survey. This folio was edited by S. J. Kropschot and translated by E. A. Rodríguez, with the assistance of Dennis P. Cox, Susan H. García, and Jessie Solorzano.

EVALUACION DE LOS RECURSOS MINERALES DE LA REPUBLICA DE COSTA RICA
Por
U.S. Geological Survey,
la Dirección de Geología, Minas e Hidrocarburos
y la Universidad de Costa Rica

RESUMEN

La evaluación de los recursos minerales no energéticos de Costa Rica fue iniciada en Febrero de 1986 por el U.S Geological Survey, la Dirección de Geología, Minas e Hidrocarburos, y la Universidad de Costa Rica. Se evaluaron los depósitos metálicos conocidos respecto a su extensión, tonelaje y ley, y se hicieron estimaciones acerca de la probabilidad de descubrir nuevos depósitos. La evaluación se funda en la evaluación de los datos geológicos, geoquímicos y geofísicos existentes y en los nuevos datos obtenidos durante catorce meses-hombre de trabajo de campo. A base de estos datos se han identificado "dominios," o sean áreas geológicas que son permisivas para la ocurrencia de uno o más tipos de yacimientos minerales. Actualmente en Costa Rica se explotan el oro y la plata; se conocen también ocurrencias de cobre, plomo, cinc, manganeso, cromo, aluminio y arenas con hierro y titanio; varias de éstas han sido explotadas en el pasado. Las estimaciones del número de yacimientos sin descubrir ayudarán en el análisis económico de los recursos minerales.

El recurso metálico más importante de Costa Rica es el oro, el cual se extrae de vetas y placeres. En el presente informe se definieron dos dominios (áreas geológicamente permisivas) de yacimientos auríferos en vetas y dos de oro en placeres. En el dominio que incluye la mayoría de los yacimientos conocidos de vetas auríferas se estima que hay una probabilidad del 50 por ciento que existen 11 o más nuevos yacimientos, con tonelajes aproximados entre 0,015 hasta 6 millones de toneladas y con una ley entre 2,2 y 18 gramos de oro por tonelada (o sea, con tonelajes y leyes similares a los yacimientos conocidos en este dominio). Una de las minas de oro que opera en este dominio a cielo abierto es la mina Santa Clara, la cual se considera como un yacimiento de catergoría mundial (Mining Magazine, 1983). El presente estudio establece por primera vez una relación espacial y genética entre las intrusiones riolíticas (roca silícica volcánica) y los yacimientos de oro en veta; esta relación es fundamental para el desarrollo de una estrategia de exploración de los yacimientos de vetas auríferas en Costa Rica. Según la cartografía geológica realizada en este estudio, las riolitas son mucho más frecuentes de lo conocido anteriormente, lo cual aumenta las probabilidades de encontrar nuevos yacimientos de oro en vetas. Los yacimientos de vetas auríferas sin descubrir probablemente están ubicados adyacente de o en las cercanías de las intrusiones riolíticas y se localizan en filones de cuarzo que ocupan fallas o zonas de cizallamiento. Dos dominios contienen placeres auríferos de los cuales se extrae el metal. A pesar de que en estas áreas se han realizado muchas exploraciones, es posible que algunos placeres marinos y otros fósiles aún no han sido encontrados.

En Costa Rica se presentan además del oro, mineralizaciones de cobre, plomo, cinc, manganeso, cromo y aluminio. Para todos estos metales se delimitaron dominios.

Se conocen pequeños depósitos de cromita y según las estimaciones, hay una probabilidad del 50 por ciento que existen como mínimo otros 13 que todavía no han sido descubiertos. Todos los yacimientos conocidos en Costa Rica contienen menos de 130 toneladas métricas y por eso se supone que también los nuevos depósitos, todavía sin descubrir, serán pequeños.

El presente informe proporciona estimaciones de que hay una probabilidad del 50 por ciento que existen como mínimo tres yacimientos de pórfido de cobre sin descubrir en Costa Rica. Este tipo de yacimiento generalmente contiene 140 o más millones de toneladas métricas con leyes entre 0,15 y 2 por ciento de cobre. Una cartografía geológica detallada, muestreos de rocas y suelos, estudios geofísicos y perforaciones en las zonas delimitadas en el presente informe podrían ayudar a identificar nuevos depósitos desconocidos hasta la fecha.

Se conocen más de 90 yacimientos de manganeso distribuidos en dos dominios y se cree que existen más yacimientos ocultos. Aluminio en forma de bauxita se presenta en dos dominios en áreas bajas del país y aunque se han realizado exploraciones intensas en estas zonas, existe la posibilidad de encontrar yacimientos desconocidos en otras áreas bajas del país. Se sabe de tres yacimientos de sulfuros masivos con cobre y un poco de cinc y hay una probabilidad del 50 por ciento que otro yacimiento del mismo tipo podría estar presente.

Otros tipos de yacimientos que se presentan en Costa Rica pero para los cuales no se determinaron dominios son: (1) hierro (magnetita) en placeres de playa de baja ley; (2) filones polimetálicos (vetas con tres o más metales); (3) skarn de cobre (depósitos formados en el contacto entre sedimentos y rocas intrusivas; (4) skarn de plomo y cinc y (5) sulfuro en fuentes termales.

INTRODUCCION

La República de Costa Rica fue descubierta por Colón en 1502 y declaró su independencia en 1821. Se encuentra situada entre el Océano Pacífico y el Mar Caribe, hacia el norte limitada con Nicaragua y hacia el sur con Panamá, y abarca una superficie de 51.000 km². Costa Rica se puede dividir en tres distintas provincias fisiográficas (Weyl, 1980): (1) la región costanera del Pacífico, inclusivo de las penínsulas de Santa Elena, Nicoya y Osa, el Valle del Tempisque, la Fila Costeña y el Valle de El General; (2) el sistema montañoso en la parte central del país, incluyendo la Cordillera de Guanacaste, Cordillera de Tilarán y los Montes del Aguacate, la Cordillera Central, el Valle Central y la Cordillera de Talamanca; y (3) hacia el noreste, la región costanera llana del Caribe, inclusivo de la Cuenca de Limón (Véase Lámina 1). Costa Rica está constituída por terrenos geológicamente recientes, teniendo las rocas más antiguas del país una edad de aproximadamente 200 millones de años (Jurásico). Se intenta con el presente trabajo una evaluación de los recursos minerales de Costa Rica, utilizando la información disponible al inicio del proyecto en conjunto con nuevos datos geológicos, geofísicos y geoquímicos obtenidos durante el presente estudio.

El U.S. Geological Survey, la Dirección de Geología, Minas e Hidrocarburos y la Universidad de Costa Rica colaboraron en la realización de esta obra. Este folio se presenta sistemáticamente organizado por secciones, empezando con los informes generales sobre la geología, geofísica y geoquímica, pasando por una evaluación de las áreas de explotación del oro y culminando con una evaluación comprensiva de los recursos minerales de Costa Rica. Las secciones principales del folio son las siguientes: (1) Geología de Costa Rica, la cual consta de un mapa geológico de Costa Rica a una escala de 1:500.000 y un texto elaborado por Steve Ludington, Rolando Castillo M. y Hannia Azuola. (2) Geofísica regional de Costa Rica, constituída por mapas gravimétricos y aeromagnéticos a varias escalas y un texto interpretativo elaborado por D.A. Ponce y J.E. Case. (3) Ocurrencias Minerales de Costa Rica, que consta de un mapa de las minas y prospectos costarricenses a una escala de 1:500.000, acompañado por un cuadro de datos descriptivos y un texto explicativo por Donald F. Huber, Norman J Page, Stephen Howe y Christina Solano. (4) Marco vulcanológico de las áreas auríferas, lo cual consta de un mapa a escala de 1:100.000 y un texto explicativo por Klaus Schulz, Robert Koeppen, Steve Ludington, Siegfried Kussmaul y Karen Gray. (5) Análisis de los yacimientos auríferos epitermales, constituído por mapas a escala de 1:100.000, cuadros de datos descriptivos y un texto explicativo por W.C. Bagby, S.P. Marsh y Enid Gamboa. (6) Evaluación de los recursos minerales, lo cual consta de un mapa a escala de 1:500.000 y un texto explicativo por D.A. Singer, Norman J Page, W. C. Bagby, D.P. Cox y Steve Ludington. Las otras secciones del folio incluyen el resumen, una amplia lista de referencias y un apéndice presentando los datos químicos utilizados en la evaluación de los recursos.

AGRADECIMIENTOS

La concepción y organización inicial de este proyecto se debe a Stephen Bolivar y A. W. Laughlin (Los Alamos National Laboratory), Rolando Castillo M. (Universidad de Costa Rica), José Francisco Castro M. (Dirección de Geología, Minas e Hidrocarburos) Richard D. Krushensky y Norman J Page (U.S. Geological Survey) la cual llevó a la presentación de la propuesta de evaluar los recursos de minerales metálicos de la República de Costa Rica.

Se cuentan con numerosas personas en Costa Rica quienes aportaron su apoyo y valiosa cooperación en el logro de este proyecto, especialmente los dueños y encargados de las minas y los oficiales del gobierno, sin cuya cooperación no hubiera sido posible tener acceso a las informaciones y áreas necesarias para elaborar la copilación de este folio. Los autores desean expresar su agradecimiento a los siguientes dueños, administradores y geólogos de las minas de Costa Rica: William Bennett (Compañía de Asesoria y Administración Minera, S.A.), Chavn Caldwell (Mina Santa Clara), Oliver Rodríguez Castro (operación heap-leach cerca de Cabesera Cañas de Tilarán), Miguel Guardia (San Carlos), Tim Coates (Mina Bella Vista), Steve Hazelick (Mallon Minerals, Mina Río Chiquito), Steve Lamb (Mina La Unión), Oscar Madrigal (Mina Esperanza), Srta. Moncada (Mina Moncada), Leo Piedmont (Montes del Aguacate) y Giovani Sostos (Area las Juntas de Abangares). Geólogos consultores quienes contribuyeron con trabajos técnicos incluyen a Melvin Bello, Gregorio Escalante, Goeffrey Evans, Ed Mackevett, Alfonso Monje (Minero Nacional S.A.) y Anthony Woram. B.J. Amos, J.P. Berrange y P.J. Rogers del Servicio Geológico Británico proporcionaron información sobre las áreas auríferas de la Cordillera de Tilarán y los Montes del Aguacate. El personal de la Universidad de Costa Rica, en particular, Jorge Laguna, Rafael Segura, Francois Rivier y Cesar Villalta fueron muy serviciales. Humberto Porta C. (Refinería Costarricense del Petróleo), Leroy Schmieder (Defense Mapping Agency Aerospace Center) y Chester Trim (Inter-American Geodetic Survey), contribuyeron los datos geofísicos. Gerardo Campos C., Giovani Chavarria Miranda, Antonio Porras González y Ernest Inigues provinieron constante apoyo y asistencia durante los trabajos de campo. Heriberto Rodríguez y Laura Sanchez de la U.S. Agency for International Development, Costa Rica, facilitaron soluciones a muchos problemas administrativos en Costa Rica. Miranda Fran asistió en la recolección de datos. Jill Nicholson revisó el manuscrito.

Colegos del U.S. Geological Survey quienes hicieron valiosas contribuciones de datos incluyen R. H. Blank, E. R. Force, John Glenn, R. C. Jachens, P. J. La Mothe, Joseph Landon y E. H. McKee. R. L. Erickson, Susan García, Rosalinda Jara, J. C. Olson, Jessie Solorzano, R. B. Taylor y E. W. Tooker asistieron en la preparación y revisión de partes del manuscrito. Los trabajos cartográficos se realizaron por A.L. Isom, L.J. Preisendorf, D.S. Aitken, P.J. Cordova, B.W. Hawkins, N.J. Maes, J.P. Martinez, M.V. Shannon, L.J. Ulibarri, C.M.V. Hore, D.L. Welp y P.L. Wilber, siendo todos del U.S. Geological Survey. S. J. Kropschot realizó la redacción técnica del folio y se tradució al español por E. A. Rodríguez con la asistencia de D. P. Cox, S. H. García y Jessie Solorzano.

DEPARTMENT OF THE INTERIOR
U.S. GEOLOGICAL SURVEY

Base from U.S. Defense Mapping Agency, Tactical Pilotage Chart K-25C, 3rd. edition

Base de la Agencia U.S. Defense Mapping, Carta de Pilotaje Táctico K-25C, 3ra. edición

1:500 000

10 0 10 20 30 40 50 KILOMETROS

PLATE 1.—PHYSIOGRAPHIC MAP OF COSTA RICA

LAMINA 1.—MAPA FISIOGRAFICO DE COSTA RICA

84°
83°30′
83°
82°30′
11°
10° 30′
10°
9° 30′
9°
8° 30′
8°

MAR CARIBE

GOLFO DULCE

PENINSULA DE OSA

COSTA RICA
PANAMA

Río Indio
Río Sucio
Río Parismina
Río Matina
Río Reventazón
Río Banano
Río Estrella
Río Telire
Río Sixaola
Río Terraba
Río General
Río Grande de Térraba
Río Chirripó Atlántico
Río Pacuare
Río Chirripó Pacífico
Río Pejibaye
Río Chirripó Norte
Río Coen
Río Chico

Trinidad
Tigra
Tortuguero
Buenos Aires
Parismina
Pavones
Matina
Limón
Cahuita
Puerto Viejo
Punta Mona
Punta Cahuita
Quepos
Dominical
Uvita
Palmar Norte
Sierpe
Golfito
Puerto Jiménez
Punta Llorona
Cabo Matapalo
Punta Nicaragua
Quebrada de Talo
Punta de Burica
Esperanza
Divalá
Progreso
Canoas
Santo Domingo
Las Antiras
Piedras Pintadas
Platanillo
Piedras Blancas
Quebrada Honda
Plaza de Piedra
Cuesta de Piedra
Río Piedras
Río Chirripó Pacífico
Río Chirripó Atlántico
Río Pejibaye
Río Chirripó Norte
Río Coen
Río Chico

CERRO CHIRRIPO
CERRO DURIRI
CERRO KAMUK
CERRO ITSIMU
CERRO DICHIBETA
CERRO HOJA
CERRO KABIR
CERRO HARRISON
CERRO ITSIRU
CERRO URI
CERRO BERUCA
CERRO BERUCASUK

CORDILLERA DE TALAMANCA

CORDILLERA COSTERA

Río Division
Río Terraba
Río Cabagra
Río Coen
Río Chirripó
Río Pacuare
Río Reventazón
Río Sucio
Río Parismina
Río Matina
Río Banano
Río Estrella
Río Telire
Río Sixaola
Río Chico

100 fms
1000
1000fms

GEOLOGY OF COSTA RICA

By
Steve Ludington, Rolando Castillo M., and
Hannia Azuola

INTRODUCTION

The geologic map shows the distribution of rocks that have been grouped into map units to facilitate the mineral resource assessment (pl. 2). For example, a large number of sedimentary stratigraphic units, spanning several geologic periods, are grouped into only three map units, because details of the nature and ages of the sedimentary rocks are not particularly important in the delineation of domains favorable for the types of metallic mineral deposits found in Costa Rica. In distinct contrast, the Intergraben volcanic rocks, have been differentiated although their nature and distribution are imperfectly known, because these details are important in the assessment of metallic mineral resources. Table 1 summarizes the way in which stratigraphic units recognized in previous publications were grouped to make this geologic map. The use of stratigraphic nomenclature in Costa Rica is confusing; the studies that proved most helpful in understanding the depositional history of the marine sequence in Costa Rica were those by Weyl (1980), Sprechmann (1984), and Baumgartner and others (1984). The following discussion defines the units shown on plate 2 and relates some units to those of previous studies.

STRATIGRAPHY

OCEAN-FLOOR ROCKS

Rocks deposited on the sea-floor include basalts and minor associated pelagic deposits that are present on most of the Nicoya and Osa peninsulas (pl. 2). The basalts are mostly flows, and are primarily tholeiitic in composition; they range in age from Jurassic on the Nicoya peninsula (Galli-Olivier, 1977, 1979) to Eocene on the Osa peninsula (Lew, 1983). The rocks are intruded by mafic stocks and dikes, which have not been mapped in detail. Numerous volcanogenic exhalative manganese deposits (Kuypers and Denyer, 1979b), and a few massive sulfide deposits (Organización de los Estados Americanos, 1978) are known on the Nicoya peninsula.

Rocks of a peridotite complex occur only on the Santa Elena peninsula, a piece of oceanic crust that was apparently obducted onto its present position during the Cretaceous. Although the lithologies of these rocks have been described by several authors (Harrison, 1953; Dengo, 1962a; De Boer, 1979; Azéma and Tournon, 1980), a detailed map showing the rock distribution has not been published. The complex consists primarily of dunite and harzburgite, in part layered, and, in part, tectonized. Diabase dikes and plutons intrude the rocks of the peninsula in many places. A few small podiform chromite deposits occur on the Santa Elena peninsula.

SEDIMENTARY ROCKS

Deep-water sedimentary rocks, which include a series of pelagic limestones, siliceous limestones, siliceous shales and mudstones, and turbidites, are distributed widely throughout the country, most extensively in the southern half. In many places, the turbidites are interbedded with the pelagic strata. These rocks range in age from late Cretaceous to Pliocene, although representative sequences younger than middle Miocene are found only on the Osa and Burica peninsulas. These rocks are included in a map unit that corresponds approximately to the Garza Supergroup of Baumgartner and others (1984).

Shallow-water sedimentary rocks are thin sequences of neritic deposits which formed at least five times during the marine sedimentary history of Costa Rica. Their deposition was episodically interrupted by tectonic uplift of the ocean floor (Baumgartner and others, 1984). These deposits are of late Cretaceous, Paleocene to early Eocene, middle to late Eocene, Oligocene to early Miocene, and late Miocene to Pleistocene age. All of these sequences have been grouped together into one map unit. Most of these rocks are of limited extent, and form layers less than 10 m thick, with outcrops of only a few square kilometers. The Barra Honda Formation (Dengo, 1962a) is an exception; it is a fairly widespread algal limestone occurring in the northern part of Costa Rica. Other lithologies in this map unit include clean, fossiliferous sandstones and conglomerates. This map unit corresponds approximately to the Mal País Supergroup of Baumgartner and others (1984).

The map unit made up of volcaniclastic sedimentary rocks has rocks of varied lithologies, including marine limestones and reefs in more distal facies. These rocks immediately underlie, or in some cases represent lateral counterparts to the major late Tertiary volcanic piles; they are of Miocene, Pliocene, or Quaternary age. The amount of recognizable volcanic material varies as a function of the distance from the source. In areas close to volcanic rocks, these sedimentary deposits contain abundant brecciated volcanic material and are easily confused with primary volcanic deposits. These rocks are in part continental (nonmarine). In areas distant from concurrent volcanic rocks, such as parts of the Limón basin, the deposits are mostly fine grained volcaniclastic sandstones. The greatest thickness of these deposits corresponds to the great volume of volcanic rocks produced during the late Miocene. The same sort of deposition occurs throughout much of the Pliocene in many areas.

VOLCANIC AND SHALLOW INTRUSIVE ROCKS

Tertiary intrusive rocks are distributed widely along the inner magmatic arc of Costa Rica. The most widespread outcrops are in the Cordillera de Talamanca. In the Cordillera de Tilarán significant areas of recent volcanic deposits are underlain by the Guacimal intrusive and related intrusions, and numerous smaller intrusive bodies are found scattered along the mountain chain between these two areas. Most of the Tertiary intrusive rocks cut Tertiary volcanic rocks, but they were also emplaced into Tertiary sedimentary rocks, notably near San José (Escazú stock) and on the northern flank of the Cordillera de Talamanca.

The Tertiary intrusive rocks vary widely in composition. As summarized by Weyl (1980), modal compositions include diorite, monzodiorite, quartz diorite, quartz monzodiorite, granodiorite, quartz monzonite, and granite. The rocks are distinctly alkalic given their tectonic setting; quartz monzonite and quartz monzodiorite appear to predominate; granodiorite is rare. Silica contents range from less than 50 percent to more than 70 percent, and a few intrusions have rocks that contain tourmaline and trace amounts of tin.

The ages of the Talamanca intrusions range from 8 to 12 ma (Weyl, 1980); the Escazú stock has been dated at 7.2 ma (Sáenz, 1982a) and 5.2 ma (Bergoeing, 1982). The Guacimal intrusive and related intrusions (Chaves and Sáenz, 1974) are petrographically very similar to the Talamanca rocks. A single K-Ar age determination of 4 to 5 ma for the Guacimal intrusive was obtained during the present study. These dates suggest a northwestward migration of the locus of intrusion during the middle and late Miocene and earliest Pliocene. The present study also identified numerous small intrusions of rhyolitic composition in the Cordillera de Tilarán, some of which may be genetically related to the Guacimal intrusion.

Tertiary volcanic rocks crop out in a nearly continuous belt from the Panamanian border to the Cordillera de Guanacaste, where they are covered by Quaternary ash-flow tuffs and modern volcanoes. Most of these rocks are of basaltic or andesitic composition, and they are records of the prior existence of volcanic chains much like those containing the present volcanoes. Lava flows, lahars, and agglomerates are the most common rocks, although tuff and tuff-breccia are included in the map unit. The Tertiary volcanic rocks are the hosts for the epithermal vein precious-metal deposits in the Cordillera de Tilarán.

The age of these volcanic rocks ranges from Oligocene to Pliocene. On the basis of stratigraphy, most appear to be middle and upper Miocene and Pliocene in age, but only a few radiometric dates are available. Older rocks were identified on the northeast slopes of the Cordillera de Talamanca (Fisher and Pessagno, 1965), and Sáenz (1982a) reported K-Ar ages of 25.7 and 35.6 ma (million years) from this area. The age of the volcanic rocks in the Cordillera de Talamanca area is poorly known.

Intergraben volcanics mapped in the northeastern part of Costa Rica are known from exposures of strongly alkalic volcanic rocks that form low hills standing a few hundred meters high above the alluvial plain of the Atlantic coast. The rocks are primarily lava flows, although at Tortuegero there is a very young cone formed of lapilli and bombs. These rocks were first identified by Malavassi and Cháves (1970). Their distribution is poorly known, and some areas on plate 2 have probably been misclassified. Azambre and Tournon (1977) discussed the occurrence of alkaline rocks to the south of Siquirres along the Río Revantazón, but published no geologic map showing their distribution; they are not depicted on plate 2. Most of the intergraben rocks are thought to be Quaternary and Pliocene in age; one radiometric date of 1.2 ma was obtained by Bellon and Tournon (1978). Although field relations are poorly understood, the rocks are thought by some to be related to extensional tectonics and the recent development of the Nicaraguan depression, or possibly to the deeper part of the present subduction zone. Many of these rocks are no more strongly alkalic than, for example, the lavas of Irazú and a definitive tectonic explanation for the origin of these rocks remains elusive (Carr, 1978; Robin and Tournon, 1978). Rocks of similar composition and tectonic setting have been studied throughout the Caribbean region by Wadge and Wooden (1982).

Ignimbrites made up of ash-flow tuffs of intermediate to felsic composition cover the southwest flank of the Cordillera de Guanacaste in the northwestern part of Costa Rica. Although their sources are largely unknown, it appears likely that the most recent rhyolitic tuffs known as the Liberia Formation (Dengo, 1962a) issued from the Guayabo caldera. The Guayabo caldera is partially filled in and covered by lavas from the Miravalles volcano. The lower part of the ash-flow sequence consists of dacitic to rhyodacitic tuffs, and was called the Bagaces Formation by Dengo (1962a). Detailed descriptions of these rocks are given in Maineri (1976); radiometric ages as old as 7.5 ma and as young as 0.14 ma have been reported (Maineri, 1975, 1976; Sáenz, 1982a). In the mountains north of Lake Arenál, the Cote Formation described by Malavassi and Madrigal (1970) as containing Pliocene to Pleistocene ignimbrites, has been included in the ignimbrite map unit. The glowing avalanche deposits of Williams (1952) and the Orotina Formation of Madrigal (1970), both of Quaternary age, having apparent sources in the Cordillera Central, are also included in this unit.

The distal facies of modern volcanic rocks includes rocks distributed primarily on the flat, jungle-covered plain northeast of the Cordillera Central and the Cordillera de Guanacaste, and on the flanks of those cordilleras. Although the composition of these rocks is the same as that of the modern edifices, this unit is made up of fine- to coarse-grained distal laharic deposits. Sáenz (1982a) reported an age of 29 ma, indicating that some rocks in this unit are probably older than Quaternary.

The unit made up of rocks deposited as volcanic proximal facies includes all products of currently or recently active volcanoes in the Cordillera Central and the Cordillera de Guanacaste. Deposits formed on the present cones, including lava flows, agglomerate, and pyroclastic rocks, are mapped as proximal facies. These rocks are primarily basalt and andesite in composition and contain between 50 percent and 60 percent SiO_2; there is a wide range in alkalinity, with the lavas from Arenál being the most calcic and those from Irazú being the most alkalic (Alvarado, 1985; fig. 1). Although the volcanoes from which these rocks developed are considered recent, some of them began their activity in the Pliocene, previous to 2 ma ago (Bellon and Tournon, 1978). Because the Monteverde Formation has been dated radiometrically at 1–2 ma in the Cordillera de Tilarán it is included in this map unit. In the Cordillera de Talamanca, volcanic rocks mapped by Gregorio Escalante (written commun., 1986) as younger than the Talamanca intrusive series, are included in this unit.

SURFICIAL DEPOSITS

Alluvial and colluvial deposits of Quaternary age, both unconsolidated and indurated, landslides and fanglomerates of recent origin, and marsh and beach deposits are mapped together. The largest areas covered with these deposits are on the Atlantic coast, from Limón to the Nicaraguan border, and on the Pacific coast, in the vicinity of Quepos. Large areas in the lowlands that separate the Osa and Nicoya peninsulas from the mainland are also covered by these deposits.

GEOLOGIC HISTORY OF COSTA RICA

The geologic terranes of Costa Rica are very young. The oldest known rocks are Jurassic sea-floor basalts, and the basement of the

Table 1.--Comparison of published stratigraphic names and ages with map units used in this Costa Rican folio

Cuadro 1.--Comparación de los nombres y las edades estratigráficas publicadas con las unidades de mapas como presentadas en este folio de Costa Rica

Age[1] (published in literature) / Edad[1] (en la literatura publicada)	Map unit (this folio) / Unidad de Mapa (presentada en esta obra)	Supergroup (published in literature) / Supergrupo (en la literatura publicada)	Group (published in literature) / Grupo (en la literatura publicada)	Formation (published in literature) / Formación (en la literatura publicada)	Reference[2] / Referencia[2]
Quat	QTsc			El General	1
Quat	QTsc			Pie de Monte	2
Quat	QTvi			Orotina	2
Quat	QTvi			Liberia	1,2
Quat	Qvp			Fortuna	1
Quat	Qvp		Volcánico	Colima	1
Quat	Qvp		Volcánico	Barba	1
Quat	Qvp			Poas	1
Quat	Qvp		Volcánico	Tiribi	1
Quat	Qvp			Río Agua Caliente	1
Quat	Qvp			Arenal	1
Quat	Qvp			San Jerónimo	1
Quat	Qvp			Lavas Intracañon	1
Quat	Qvp		Irazú	Sapper	1
Quat	Qvp			Zurquí	1
Quat	Qvp			Ujarráz	1
Quat	Qvp		Irazú	Reventado	1
Quat	Qvp			Rincón de la Vieja	1
Quat	Qvp		Irazú	Cervantes	1
Quat	Qvp		Irazú	Birrís	1
Plio(?)	QTsc			Tivives	2
Plio	QTsc			Suretka	1,2
Plio	QTsc			Esparza	2
Plio-Pleisto	QTvi			Bagaces	1,2
Plio-Quat(?)	QTvig			Volcánicos del intergraben	1
Plio-Quat(?)	Qvp			Monteverde	1
Plio-Quat(?)	Qvp			Volcánicos del perigraben	1
Plio	TKsd	Garza	Sámara	Punta la Chancha	3
Plio	TKsd	Garza	Sámara	Charco Azul	1,2,3
Plio	TKss			Armuelles	1,2
Plio-Pleisto	TKss	Mal País		Montezuma	1,2,3
Plio	Tv		Aguacate	La Garita	1
Plio(?)	Tv			Cureña	2
Mio	QTsc			Punta Caballo	1,2
Mio	QTsc			Curré	1
Mio	QTsc			Turrúcares	1,2
Mio	QTsc			Coris	1,2
Mio	QTsc			Gatún	2
Mio	QTsc			Uscari	1
Mio	QTsc			Río Banano	1,2
Mio-Plio(?)	QTvi			Cote	2
Mio-Plio	TKsd	Garza	Sámara	Burica	3
Mio	TKsd			San Miguel	1,2
Mio	TKsd			Pacacua	1,2
Mio	TKsd			Uscari	1
Mio	TKss			Venado	2
Mio	Ti			Guacimal	1
Mio	Ti			Talamanca	1
Mio	Ti			Escazú	1,2
Mio	Tv			Doan	1,2
Mio-Plio	Tv			Aguacate	1
Mio	Tv		Aguacate	Miramar	1
Mio(?)	Tv			Brecha Verde	1
Mio	Tv			Paso Real	1,2
Mio	Tv		Aguacate	La Unión	1
Oligo	TKsd			Senosri	1,2
Oligo-Mio	TKsd	Garza	Sámara	Térraba	1
Oligo	TKsd			Masachapa	1,2
Oligo	TKss	Mal País		Punta Peladas	3
Eo	QTsc			David	1
Eo	TKsd	Garza	Sámara	Brito	1,2
Eo(?)	TKsd	Garza	Sámara	Junquillal	3
Eo	TKsd			Salsipuedes	
Eo	TKsd			Tuis	1,2
Eo	TKsd	Garza	Sámara	Las Palmas	1,2
Eo	TKsd	Garza	Sámara	Punta Quepos	3
Eo	TKsd	Garza	Sámara	Punta Serrucho	3
Eo	TKsd	Garza	Sámara	Brito	1,2
Eo	TKss	Mal País		El Cajón	3
Eo	TKss	Mal País		Sta. Teresa	3
Eo	TKss	Mal País		Punta Cuevas	3
Eo	TKss	Mal País		Damas	3
Eo-Mio	TKss			Barra Honda	1,2,3
Paleo	TKsd			Las Animas	1,2
Paleo	TKss			Las Palmas	1
Paleo(?)	Tv			Río Lari	1
Cret	TJb			Tulin	2
Cret	Kp	Papagayo		Perid. de Sta. Elena	1,2,3
Cret	TKsd			Rivas	1,2
Cret	TKsd			Sabana Grande	1,2
Cret	TKsd	Garza		Brecha de Puerto Carillo	3
Cret-Eo	TKsd	Garza	Sámara	Barco Quebrado	3
Cret	TKsd	Garza		Barbudal	1
Cret	TKsd	Garza	Sabana Grande	Buenavista	3
Cret(?)	TKsd	Garza	Sámara	Guajiniquil	3
Cret	TKsd	Garza	Sabana Grande	Golfito	1,2,3
Cret	TKsd	Garza	Sabana Grande	Bahía Murciélago	3
Cret	TKss	Mal País		El Viejo	3
Cret	(3)			Changuinola	1
Tert-Jura	JTb	Papagayo	Nicoya (Complex)		1,2,3

[1] Quat, Quaternary; Plio, Pliocene; Pleisto, Pleistocene; Mio, Miocene; Oligo, Oligocene; Eo, Eocene; Paleo, Paleocene; Cret, Cretaceous; Tert, Tertiary; Jura, Jurassic; queried where uncertain.
[2] 1, Sprechmann (1984); 2, Sáenz (1982b); 3, Baumgartner and others (1984).
[3] Found only in Panamá.

[1] Quat, Cuaternario; Plio, Plioceno; Pleisto, Pleistoceno; Mio, Mioceno; Oligo, Oligoceno; Eo, Eoceno; Paleo, Paleoceno; Cret, Cretácico; Tert, Terciario; Jura, Jurásico; indicado con punto de interrogación donde no seguro.
[2] 1, Sprechmann (1984); 2, Sáenz (1982b); 3, Baumgartner y otros (1984).
[3] Ubicado solo en Panamá.

GEOLOGIA DE COSTA RICA

Por
Steve Ludington, Rolando Castillo M. y
Hannia Azuola

INTRODUCCION

El mapa geológico presenta la distribución de las rocas que se han clasificado específicamente bajo generales unidades de mapas para facilitar la evaluación de los recursos minerales (véase Lámina 2). Por ejemplo, una cantidad grande de unidades estratigráficas sedimentarias que representan varios períodos geológicos, se encuentran agrupadas bajo solo tres unidades del mapa, consecuencia de que la información detallada sobre las características y edades de dichas rocas sedimentarias no son de gran significancia para la delineación de los dominios que son favorables para la ocurrencia de los tipos de yacimientos metalíferos ubicados en Costa Rica. En contraste, las rocas vulcánicas de la Depresión de Nicaragua (rocas vulcánicas del intergraben) se han diferenciado aunque sus características y distribución no son completamente conocidas, porque dichos detalles son importantes para la evaluación de recursos minerales metálicos. El Cuadro 1 presenta un resumen de como las unidades estratigráficas presentadas en publicaciones previas han sido agrupadas para la producción del presente mapa geológico. El uso en Costa Rica de nombres estratigráficos no es claro; los estudios previos que han servido más en el entendimiento de la historia deposicional de la secuencia marina en Costa Rica han sido los de Weyl (1980), Sprechmann (1984) y Baumgartner y otros (1984). La siguiente discusión defina las unidades presentadas en Lámina 2 y relaciona algunas de las unidades con las de estudios previos.

ESTRATIGRAFIA

ROCAS DEL FONDO OCEANICO

Las rocas depositadas en ambiente de fondo oceánico que incluyen basaltos y depósitos pelágicos menores asociados, están presentes en la mayor parte de las penínsulas de Nicoya y Osa (Lámina 2). Los basaltos son principalmente coladas de lava y son toleíticos en composición; oscilan en edad desde Jurásico en la Península de Nicoya (Galli-Olivier, 1977, 1979) hasta Eoceno en la Peninsula de Osa (Lew, 1983). Las rocas están intruidas por stocks y diques máficos, los cuales no se han cartografiado en detalle. Numerosos yacimientos vulcanogénicos exhalativos de manganeso (Kuypers y Denyer, 1979b) y unos pocos yacimientos de sulfuros masivos (Organización de los Estados Americanos, 1978) se conoce que existen en la Península de Nicoya.

Las rocas de un complejo peridotítico se presentan solamente en la Península de Santa Elena, la cual representa un pedazo de corteza oceánica que fue en aparencia obducida durante el Cretácico. Aunque las litologías de estas rocas han sido descritas por varios autores (Harrison, 1953; Dengo, 1962a; DeBoer, 1979; Azema y Touron, 1980), todavía no se ha publicado un mapa detallado que muestre la distribución de estas rocas. El complejo consta principalmente de dunita y harzburgita, en parte en capas y, en parte, tectonizado. Las rocas de la península están intruidas por diques y plutones de diabasa en muchos locales. Unos escasos yacimientos de cromita podiforme pequeños ocurren en la Península de Santa Elena.

ROCAS SEDIMENTARIAS

Rocas sedimentarias de aguas profundas, inclusivo de una serie de calizas pelágicas, calizas silíceas, lutitas y lodolitas silíceas y turbiditas se distribuyen ampliamente en todo el territorio, más extensamente en la mitad meridional. En muchos lugares, las turbiditas se presentan intercaladas con los estratos pelágicos. Las rocas tienen rango en edad desde el Cretácico Tardío hasta el Plioceno, aunque secuencias representativas más jovenes que el Mioceno Medio se encuentran solamente en las penínsulas de Osa y Burica. Estas rocas se incluyen en una unidad del mapa que corresponde aproximadamente con el Supergrupo Garza de Baumgartner y otros (1984).

Rocas sedimentarias de aguas someras están representadas por secuencias delgadas de depósitos neríticos formados durante por lo menos cinco intervalos en la historia sedimentaria marina de Costa Rica. Su deposición fue interrumpida por episodios del levantamiento tectónico del fondo océanico, (Baumgartner y otros, 1974). Estos depósitos son del Cretácico Tardío, Paleoceno al Eoceno Temprano, Eoceno Medio a Tardío, Oligoceno a Mioceno Temprano y Mioceno Tardío a Pleistoceno en edad. Todas estas secuencias han sido agrupadas para formar una sola unidad del mapa. La mayoría de estas rocas son de extensión lateral limitada y forman capas con espesor de menos de 10 m, con afloramientos que comprenden una superficie máxima de unos pocos kilómetros cuadrados. La Formación Barra Honda (Dengo, 1962a) es una excepción; consta de una caliza algal con distribución amplia y ocurre en la parte norte de Costa Rica. Otras litologías que se han incluido en esta unidad de mapa son areniscas fosíliferas y conglomerados. Esta unidad de mapa corresponde aproximadamente con el Supergrupo Mal País de Baumgartner y otros (1984).

La unidad de mapa compuesta de las rocas sedimentarias vulcanoclásticas contiene rocas de litologías muy variables, inclusivo de calizas y recifales marinos en las facies más distales. Estas rocas están inmediatamente subyacente de, o en algunos casos representan contrapartes laterales de las rocas vulcánicas mayores del Terciario Tardío; son de edades Mioceno, Plioceno o Cuaternario. La cantidad de material vulcánico varía como función de la distancia de los desprendios. En las áreas más cercana de las rocas vulcánicas, estos depósitos sedimentarios contienen abundante material vulcánico brechoso y se confunden facílmente con depósitos vulcánicos primarios. Estas rocas son en parte continentales (no marinas). En las áreas lejos de las rocas vulcánicas concurrentes, como por ejemplo partes de la Cuenca de Limón, los depósitos son por lo más areniscas vulcanoclásticas de grano fino. El espesor máximo de estos depósitos corresponde con el gran volumen de rocas vulcánicas producidas durante el Mioceno Tardío. El mismo tipo de depósito se presenta por la mayoría del Plioceno en muchas áreas.

ROCAS VULCANICAS E INTRUSIONES DE POCA PROFUNDIDAD

Las rocas intrusivas del Terciario se encuentran distribuidas ampliamente a lo largo del arco magmático interno de Costa Rica. Los afloramientos más ampliamente distribuidos son los de la Cordillera de Talamanca. En la Cordillera de Tilarán existen áreas significantes constituídas por depósitos vulcánicos recientes que están subyacidos por el Intrusivo de Guacimal e intrusiones relacionadas y por numerosos cuerpos intrusivos más pequeños diseminados a lo largo de la cadena montañosa entre estas dos cordilleras. La mayoría de rocas intrusivas del Terciario atraviezan rocas vulcánicas del Terciario, pero estas también están emplazadas dentro de rocas sedimentarias del Terciario, notablemente cerca de San José el Intrusivo Escazú (Castillo, 1969) y en el flanco noreste de la Cordillera de Talamanca.

Las rocas intrusivas Terciarias varían mucho en cuanto a su composición. Según lo resume Weyl (1980) las composiciones modales incluyen diorita, monzodiorita, diorita cuarcífera, monzodiorita cuarcífera, granodiorita, monzonita cuarcífera y granito. Las rocas son claramente alcálicas dado su situación tectónica; la monzonita y monzodiorita cuarcífera aparecen predominando; la granodiorita es escasa. Los contenidos de sílice oscilan de menos de 50 por ciento a más de 70 por ciento, y unas pocas intrusiones muestran rocas que contienen turmalina y cantidades trazas de estaño.

Las edades de las intrusiones de Talamanca oscilan desde 8 a 12 millones de años (ma) (Weyl, 1980); el stock el Intrusivo de Escazú se ha determinado como de 7,2 ma (Sáenz, 1982a) y 5,2 ma (Bergoeing, 1982). El Intrusivo de Guacimal e intrusiones relacionadas (Cháves y Sáenz, 1974) son petrográficamente muy semejantes a las rocas de Talamanca. Una sola determinación de edad de K-Ar de 4 a 5 ma para el Intrusivo de Guacimal se obtuvo para este estudio. Las determinaciones de edad sugieren una migración gradual hacia el noroeste de la fuente de intrusión durante el Mioceno Medio y Tardío, y el Plioceno más temprano. El presente estudio también identificó numerosas intrusiones pequeñas de composición riolítica en la Cordillera de Tilarán, algunas de las cuales pueden estar genéticamente relacionadas con el Intrusivo de Guacimal.

Las rocas vulcánicas del Terciario afloran en forma de una faja casi continua que se extiende desde la frontera con Panamá hasta la Cordillera de Guanacaste, donde se encuentran cubiertas por tobas de flujos de ceniza del Cuaternario y por los volcanes modernos. La mayoría de estas rocas son de composición basáltica o andesítica, y éstas son testigo de la anterior existencia de cadenas vulcánicas semejantes a las actuales que definen los volcanes presentes. Las rocas más comunes son coladas de lava, lahares y aglomerados, pero se incluyen también en la unidad de mapa las tobas y brechas de tobas. Las rocas vulcánicas Terciarias son las rocas huéspedes de los yacimientos de vetas epitermales de metales preciosos en la Cordillera de Tilarán.

Las edades de estas rocas vulcánicas oscilan desde Oligoceno hasta Plioceno. A base de la estratigrafía, la mayoría parecen ser del Mioceno Medio y Superior y del Plioceno, pero solamente unas pocas edades radiométricas están disponibles. Rocas más antiguas fueron identificadas en los flancos noreste de la Cordillera de Talamanca (Fisher y Pessagno, 1965), y Sáenz (1982a) reportó edades radiométricas de K-Ar de 25,7 y 35,6 ma en estas áreas. La edad de las rocas vulcánicas en la Cordillera de Talamanca es poco conocida.

Las rocas vulcánicas del intergraben (la Depresión de Nicaragua) cartografiadas en la parte noroeste de Costa Rica se conocen por la presencia de afloramientos de rocas vulcánicas fuertemente alcálicas que forman las colinas bajas de pocos cientos de metros de elevación sobre la llanura aluvial de la costa Atlántica. Las rocas son principalmente coladas de lava, aunque en Tortuguero se encuentra un cono muy joven formado de lapilli y bombas vulcánicas. Estas rocas fueron identificadas primero por Malavassi y Cháves (1970). Su distribución es poco conocida, y algunas áreas en Lámina 2 probablemente no fueron bien clasificadas. La existencia de rocas alcálicas al sur de Siquirres a lo largo del Río Revantazón, ha sido descrito por Azambre y Tournon (1977), pero no publicaron un mapa geológico mostrando su distribución; tampoco se presentan en la Lámina 2. La mayoría de las rocas del intergraben se piensa que sean del Cuaternario y del Plioceno; una determinación de edad de K-Ar de 4 a 5 ma para el Intrusivo de Guacimal se obtuvo para este estudio. Aunque la relaciones de campo de las rocas no son bien comprendidas, se considera por algunos que las rocas están relacionadas a una tectónica extensional y reciente desarrollo de la Depresión de Nicaragua, o posiblemente a la parte más profunda de la presente zona de subducción. Muchas de estas rocas no son más alcálicas que, por ejemplo, las lavas del volcán Irazú, y aún falta una definitiva explicación tectónica para estas rocas (Carr, 1978; Robin y Tournon, 1978). Rocas de composición y marco tectónico semejante han sido estudiadas por Wadge y Wooden (1982) en toda la región del Caribe.

Ignimbritas constituídas por tobas de flujo de ceniza, de composición intermedia a félsica, cubren el flanco sudoeste de la Cordillera de Guanacaste en la parte noroeste de Costa Rica. Aunque sus fuentes son desconocidas, parece ser más probable que las tobas riolíticas más recientes, denominadas como Formación Liberia (Dengo, 1962a), desprendieron de la Caldera de Guayabo. La Caldera de Guayabo está parcialmente llenada y cubierta por lavas desprendidas del volcán Miravalles. La parte inferior de la secuencia de flujo de ceniza consiste de tobas dacíticas a riodacíticas y fue denominada como Formación Bagaces por Dengo (1962a). Descripciones detalladas de estas rocas se presentan por Maineri (1976); edades radiométricas variables desde 7,5 ma hasta 0,14 ma han sido reportadas (Maineri, 1975, 1976; Sáenz, 1982a). En las montañas al norte del Lago Arenal, la Formación Cote, descrita por Malavassi y Madrigal (1970) como contener ignimbritas del Plioceno a Pleistoceno, se ha incluído en la unidad de mapa de ignimbritas. Se incluyen también en ésta unidad los depósitos de avalancha incandescente de Williams (1952) y la Formación Orotina de Madrigal (1970), ambos de edad Cuaternaria y de aparente desprendido en la Cordillera Central.

Las facies distales de las rocas vulcánicas modernas incluyen rocas distribuidas principalmente en las llanuras planas, cubiertas de selva, del noreste de la Cordillera Central y de la Cordillera de Guanacaste y en los flancos de éstas cordilleras. Aunque la composición de estas rocas es la misma que la de los aparatos vulcánicos modernos, esta unidad consta de depósitos laháricos distales de grano fino a grueso. Sáenz (1982a) reportó una edad de 29 ma, indicativo de que algunas rocas de ésta unidad son probablemente más antiguas que el Cuaternario.

La unidad constituida por rocas depositadas como facies vulcánicas proximales incluye todos los productos derivados de aparatos vulcánicos activos o recientemente activos en la Cordillera Central y de Guanacaste. Los depósitos formados en los conos actuales, inclusivo de coladas de lava, aglomerados y rocas piroclásticas se cartografiaron como facies proximal. Estas rocas son principalmente

Mesozoic as a result of the parting of the North and South American plates. This oceanic crust is overlain by Upper Cretaceous and Tertiary marine deposits that accumulated in a complex series of basins. As a result of interactions between the Caribbean and several Pacific plates, most of the country was uplifted during Miocene and later time to form the present mountainous isthmus. This uplift was accompanied by intense igneous activity related to the Middle American trench. The resulting igneous (chiefly volcanic) rocks cover more than half of present-day Costa Rica. Modern volcanism is part of the life of the country today and provides fertile soil, but also volcanic and seismic hazards.

MESOZOIC DEVELOPMENT

The oldest rocks in Costa Rica are the tholeiitic basalts of the Nicoya and Osa peninsulas. They consist primarily of a thick sequence of basalt flows, many containing pillow structures, as well as small amounts of tuffs, mafic intrusions, radiolarites, siliceous siltstones and limestones, and breccia flows. None of the nonbasaltic rocks types are distinguished on the map. Areas underlain by these rocks are generally small and, although the rocks (especially on the Nicoya peninsula) have been the subject of many studies that describe the various lithologies, no detailed geologic maps of large areas have been published.

There is little agreement on the tectonic interpretation of the rocks on the Nicoya peninsula (Dengo, 1962a; Schmidt-Effing, 1979a, b; Stibane and others, 1977; Galli-Olivier, 1977, 1979; Kuypers, 1979, 1980; de Boer, 1979; and Baumgartner and others, 1984). There is agreement that most of the basalts formed on the ocean floor during the Cretaceous, but the oldest basalts are Jurassic (Galli-Olivier, 1977; 1979) and the youngest basalts are Eocene in the south (Lew, 1983).

Whether the rocks on the Nicoya peninsula should be considered an ophiolite complex is open to debate. The debate centers around how much of the volcanism is related to development of sea mounts, how much oceanic volcanism is on- or off-rift oceanic volcanism, and how many of the characteristics of ophiolite complexes are really present or can be demonstrated not to have been structurally removed from the Nicoya and Osa peninsulas. The question will not be resolved until detailed mapping provides definitive data that (1) establishes the relation between dominantly pillow basalt and clastic pillow basalt breccias intercalated with clastic limestone turbidites; (2) proves the presence of sheeted dike complexes or the structural relationship of diabasic rocks to the other basaltic volcanic rocks; and (3) substantiates the presence of other characteristics of ophiolite assemblages.

The basalts that makeup this oceanic crust formed somewhere to the west of their present location (Kesler, 1971; Pinet, 1972; MacDonald, 1976; Perfit and Heezen, 1978). The debate about how far to the west centers on the amount of left-lateral slip that has occurred along the Cayman trench, but the data necessary to resolve the question are far from adequate. There is evidence to suggest that the basalts had arrived near their present location by the end of the Cretaceous (Dengo, 1985), although they did not emerge from the sea until the Oligocene. There is no evidence that any of the overlying strata are allocthonous. The rocks on the Nicoya peninsula were deformed before the late Cretaceous. Schmidt-Effing (1979a, b) and Stibane and others (1977) showed that there are many age discontinuities between lithologically similar basalts and intercalated sedimentary assemblages that are now side-by-side.

The Santa Elena peninsula, north of the Nicoya peninsula is composed of a different sort of oceanic crust. These rocks are peridotite and harzburgite, in part layered, and diabase. There are peridotite boulders in the nearby Upper Cretaceous Rivas Formation, indicating that the two units have been in a similar relationship since Upper Cretaceous time (Harrison, 1953). Azeńa and Tournon (1980) have suggested that the ultramafic mass was obducted onto a subjacent mass of Upper Cretaceous ocean-floor basalts dated from intercalated radiolarites. The original location of this serpentinized block of oceanic crust is unknown. Bellon and Tournon (1978) reported a K-Ar age of 88.8 ma for an amphibole from the Santa Elena peninsula.

TERTIARY MARINE SEDIMENTATION

Pelagic sedimentation and turbidite deposition began in the late Cretaceous throughout much of Costa Rica. This deposition continued, with only minor interruptions, throughout the Tertiary, until early or middle Miocene time. The source area for much of the sediment that was deposited seems to have been from the southwest (Henningsen, 1966).

Deep-water sedimentation continued longer in the central and southeastern parts of the country than on the Nicoya and Osa peninsulas, where the sedimentary rocks of Oligocene and lower Miocene age are largely missing, and presumably were not formed. From the Valle Central to the Pacific coast, however, thick sequences of marine sandstones (Térraba and Pacacua Formations) were deposited throughout the Oligocene and early Miocene (Castillo, 1969). In the Limón basin, this time interval is represented by the Senosri and Uscari Formations. During the same time interval, limestone reefs and other shallow-water facies were being deposited in other areas.

CENOZOIC IGNEOUS ACTIVITY

By middle Miocene time, volcanic activity became widespread. There is only scattered evidence of early Tertiary volcanism in Costa Rica, although there are abundant Cretaceous and Eocene island-arc volcanic rocks in Panamá. Volcanic rocks of this age have commonly been mapped with sedimentary formations. By the middle Miocene, volcanic rocks were formed nearly everywhere in the country. Nearshore marine clastic sedimentation accompanied this volcanism. The sedimentary rocks contain significant or dominant amounts of volcanic debris that apparently were transported only short distances. Younger rocks with sedimentary characteristics suggestive of deep-water environments occur only in the Osa and Burica peninsulas (Charco Azul and Punta la Chancha Formations).

The middle Miocene was a time of very complex paleogeography. Subaerial volcanics are found side-by-side with areally restricted marine sediments such as the San Miguel Limestone of the Valle Central and parts of the Gatún Formation in the Limón basin. By the end of the Miocene, the marine environments were largely gone, and the isthmus separating the Caribbean from the Pacific had become complete. In middle Miocene time the source areas of sedimentary detritus were in the southwest; from middle Miocene onward, the source of sediment was primarily the present landmass of Costa Rica.

The volcanic rocks that began to form in the Miocene are best preserved in the Cordilleras de Tilarán and Talamanca where a differentiated series of mildly alkalic plutonic rocks with ages of 10 ma or less were intruded; these are referred to as the Guacimal intrusive and the Talamanca intrusive series, respectively.

Deformation and uplift continued at a rapid pace, and by late Pliocene time these intrusive rocks were exposed at nearly their present level. In the Cordillera de Tilarán, these intrusive and older volcanic rocks are overlain by a sequence of younger volcanic rocks called the Monteverde Formation by Chaves and Sáenz (1974). In the Valle Central, these intrusive rocks which have yielded radiometric ages older than 2 ma (Bellon and Tournon, 1978) are covered by the present-day volcanoes.

An interpretation of the onset of volcanism in the Miocene based on plate tectonics is not straightforward. Pre-Miocene rocks are found both to the north, in Nicaragua, and to the south, in Panamá. An explanation for this could be that the present Middle American trench developed from northwest to southeast after the collision of Yucatan with Honduras and Nicaragua in the early Tertiary (interpretation of Perfit and Heezen, 1978). This could explain the extensive development of Eocene and Oligocene rocks in Nicaragua (see Weyl, 1980) followed by Miocene development in Costa Rica. The maturing of the volcanic cycle, resulting in the eruption of silicic, caldera-forming, ash-flow tuffs seems also to have spread southeastward through the middle and late Tertiary. The silicic ignimbrite field of the Cordillera de Guanacaste has older counterparts farther northwest in Nicaragua and Honduras.

The Pliocene volcanic history of Costa Rica is no better known than that of the earlier episodes. Detailed geologic mapping and extensive radiometric dating will be necessary to supplement the few dates available (between 10 and 2 ma) before orderly subdivisions of these rocks can be made. Both island-arc and alkalic rocks are present; the alkalic rocks, most of which are Pleistocene, occur in the northeastern lowlands, primarily behind the modern magmatic arc.

The scarcity of active Central American volcanoes southeast of Costa Rica, is probably due to the decoupling of the Middle American trench by the Panamá fracture zone, which intersects the modern trench near the Costa Rica-Panamá border. Although present plate motions (Minster and Jordan, 1978) suggest that this intersection has migrated from northwest to southeast along the trench during the last 10 ma or so, the history of the interaction of the Panamá fracture zone with the Middle American trench is far from clear.

THE PRESENT DAY

The distribution of present-day volcanoes is related to the position of the Middle American trench, which extends from southern Mexico to Costa Rica. The modern volcanic rocks mark the southern end of a narrow belt of volcanoes that is essentially parallel to the trench and to the coast. No modern volcanic rocks have been found southeast of the the Río Reventazón, which corresponds to the eastern edge of the landward extension of the Cocos ridge. The petrochemistry of the lavas that issue from Costa Rican volcanoes cannot be related in any simple way to the depth of the Benioff zone. Alvarado (1985) showed significant differences in K_2O content between rocks from different volcanoes (fig. 1).

In the region of the Osa and Burica peninsulas, oceanic sediments continued to accumulate during the Pliocene (Lew, 1983). Their present elevation, as well as the strong Pleistocene uplift of the southern Cordillera de Talamanca is regarded as being the result of underthrusting of the aseismic Cocos ridge beneath the southern part of Costa Rica, a theory that is supported by the distribution of deep focus earthquakes below the region (Mora, 1983).

In addition to fluvial sedimentation along the major rivers, some coastal areas are covered by extensive marshes and are sites of modern shallow marine deposition. The area continues to be tectonically active, with some areas rising while others subside.

PRESENT-DAY TECTONICS

The tectonic setting of Costa Rica, shown on figure 2, was generalized from a variety of sources. Present-day tectonics are controlled by the interaction of three plates, the Cocos, the Nazca, and the Carribbean. In the northwest half of the country, the Cocos plate is actively subducting beneath the Carribbean plate, as evidenced by deep earthquake foci (Mora, 1983) and by the chain of active volcanoes along the central axis of Costa Rica, in the Cordillera de Guanacaste, and Cordillera Central.

At the lineament formed by the lower course of the Río Reventazón, the tectonic situation changes markedly. No volcanism is found to the southeast, and the topographically high Cordillera de Talamanca is displaced towards the Pacific Ocean from the Cordillera Central by about 30 km. Earthquake foci are absent below a depth of about 70 km, and the entire area is undergoing rapid uplift, as evidenced by the emergence of the Pleistocene to Pliocene turbidites of the Osa peninsula. This discontinuity appears to be due to the presence of the aseismic Cocos ridge (fig. 2), which is being thrust beneath the Caribbean plate by Cocos plate motion, but, because of the ridge's lower density, is not descending into the mantle. The thrust faults in the Limón basin and offshore Panamá formed as a response to these primarily horizontal compressive forces.

Farther to the south, the Nazca plate also has a northeastward absolute motion. Its relative motion to the Panamá portion of the Carribean plate appears to be largely accomodated by submarine faulting off the south coast of Panamá. The Nazca plate is actively subducting beneath the South American plate off the coast of Colombia.

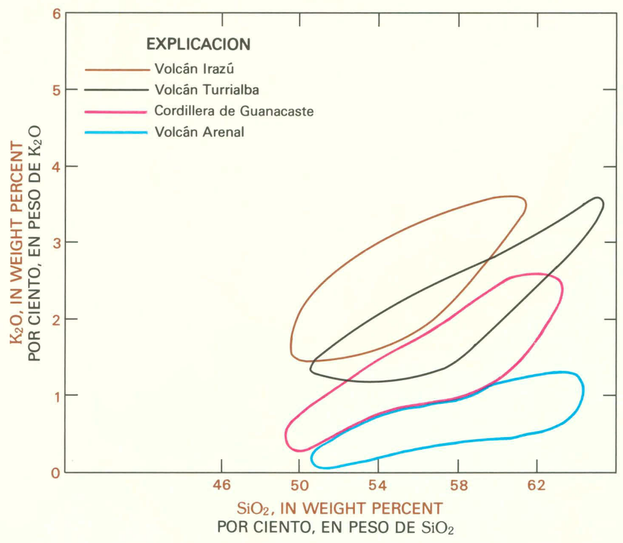


Figure 1.—Plot showing K_2O-SiO_2 variation in rocks from Costa Rican volcanoes. (Modified from Alvarado, 1985).

Figura 1.—Diagrama mostrando variación de K_2O-SiO_2 en rocas de los volcanes de Costa Rica (Modificado de Alvarado, 1985)

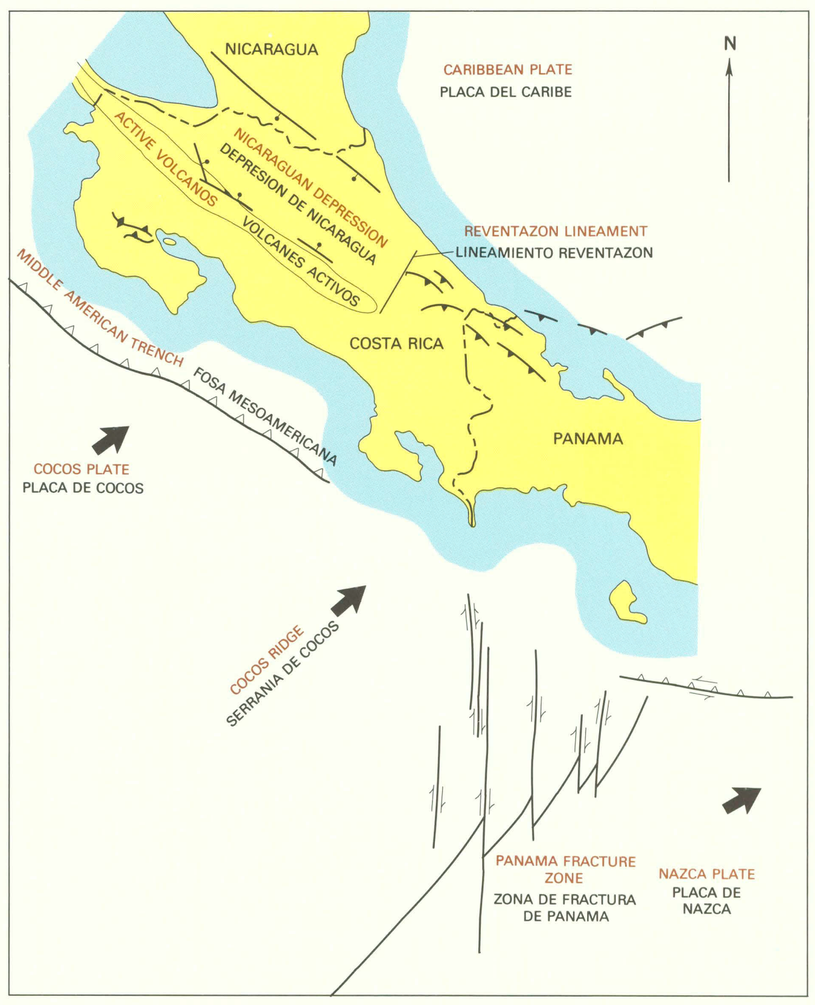


Figure 2.—Present-day plate boundaries and other tectonic features in and near Costa Rica.

Figura 2.—Límites de placas tectónicas actuales y otros rasgos tectónicos en y cerca de Costa Rica.

basalto y andesita y contienen entre 50 y 60 por ciento de $Si0_2$; la alcalinidad tiene ámbito amplio, con las lavas del volcán Arenal siendo las más cálcicas y las del volcán Irazú siendo las más alcálicas (Alvarado, 1985; fig. 1). Aunque los aparatos vulcánicos que desprendieron estas rocas se consideran como ser recientes, algunos de ellos iniciaron su actividad en el Plioceno, antes de 2 ma (Bellon y Tournon, 1978). La Formación Monteverde en la Cordillera de Tilarán se incluye en ésta unidad del mapa a base de su edad radiométrica de 1–2 Ma. Se incluyen también en esta unidad las rocas vulcánicas en la Cordillera de Talamanca, cartografiadas por Gregorio Escalante (comun. escrita, 1986) como ser más recientes que la serie intrusiva de Talamanca.

DEPOSITOS SUPERFICIALES

Los depósitos aluviales y coluviales del Cuaternario, ambos los indurados y no consolidados, los deslizamientos y fanglomerados de origen reciente, y depósitos de pantano y de playa se cartografiaron en conjunto. Las áreas más grandes recubiertas por estos depósitos se distribuyen en la costa Atlántica, desde Limón hasta la frontera con Nicaragua, y en la costa Pacífica, en las cercanas de Quepos. Se encuentran también en las tierras bajas que separan las penínsulas de Osa y Nicoya con las tierras más altas, grandes áreas recubiertas con dichos depósitos.

HISTORIA GEOLOGICA DE COSTA RICA

Los terrenos geológicos de Costa Rica son geologicamente muy recientes. Las rocas más antiguas conocidas son los basaltos Jurásicos del fondo oceánico y el basamento del país se presume que está compuesto de corteza oceánica formada durante el Mesozóico como resultado de la separación de las placas de Norte y Suramérica. Esta corteza oceánica está sobreyacida por depósitos marinos del Cretácico Superior y del Terciario, acumulados dentro de una compleja serie de cuencas. Como resultado de las interacciones entre la placa del Caribe y varias del Pacífico, la mayor parte del territorio fue levantado durante el Mioceno y posteriormente, para formar el presente istmo montañoso. Dicho levantamiento fue acompañado por actividad ígnea intensa relacionada con la Fosa Mesoamericana. Las rocas ígneas (predominantemente vulcánicas) resultantes se extienden sobre más de la mitad del territorio actual de Costa Rica. El vulcanismo moderno es hoy en día parte de la vida del país, pues además de producir suelos fértiles también ocasiona peligros vulcánicos y sísmicos asociados con el tectonismo activo.

DESARROLLO DEL MESOZOICO

Las rocas más antiguas de Costa Rica son los basaltos toleíticos de las penínsulas de Nicoya y Osa. Constan principalmente de una secuencia gruesa de coladas de basalto, muchos mostrando estrucutra de almohadilla y con cantidades menores de tobas, intrusiones máficas, radiolaritas, limolitas y calizas silíceas, y brechas de flujo. No se han diferenciado las varias litologías no basálticas en el mapa geológico. Por lo general, dichas rocas funden áreas pequeñas y, aunque las mismas se han estudiado en cuanto a sus litologías (especialmente en la Península de Nicoya), no se han publicado mapas geológicos detallados de áreas con extensión más grande.

Hay poco concenso general en la interpretación tectónica de las rocas de la Península de Nicoya (Dengo, 1962a; Schmidt-Effing, 1979a,b; Stibane y otros, 1977; Galli-Olivier, 1977, 1979; Kuypers, 1979, 1980; de Boer, 1979; y Baumgartner y otros, 1984). Hay acuerdo en que la mayoría de los basaltos se formaron en el fondo oceánico durante el Cretácico, pero los basaltos más antiguos son del Jurásico (Galli-Olivier, 1977; 1979) y los más recientes son del Eoceno, ubicados más al sur (Lew, 1983).

Hay discordia sobre si las rocas de la Península de Nicoya se puedan considerar como un complejo ofilítico. El debate se enfoca en dilucidar qué cantidad de vulcanismo está relacionado con el desarrollo de montes oceánicos submarinos, que proporción del vulcanismo es de serranía oceánica (vulcanismo de "on-rift" o "off-rift"), y cuantas de las características de complejos ofiolíticos están realmente presentes o pueden demostrarse estar removidas estructuralmente de las penínsulas de Nicoya y Osa. Estas cuestiones no se podrán resolver hasta que se logre un mapa detallado que provenga datos definitivos que: (1) establezcan las relaciones entre los basaltos en almohadilla y las brechas clásticas de basaltos en almohadilla intercaladas con turbiditas de calizas clásticas; (2) prueban la presencia de complejos de diques laminados o que prueban las relaciones estructurales entre las rocas diabásicas y las otras rocas vulcánicas basálticas; y (3) confirman la presencia de otras características comunes a las asociaciones de ofiolitas.

Los basaltos que comprenden esta corteza oceánica se formaron originalmente al oeste de su ubicación actual (Kesler, 1971; Pinet, 1972; MacDonald, 1976; Perfit y Heezen, 1978). El debate sobre qué tan al oeste se formaron se enfoca en la cantidad de movimiento lateral sinistral que ha ocurrido a lo largo de la Fosa de Cayman; más los datos necesarios para resolver el dilema son mucho menos que adecuados. Hay evidencias que sugieren que los basaltos se situaron cerca de su presente localización al final del Cretácico (Dengo, 1985), aún no emergieron del mar hasta el Oligoceno. No hay evidencias que sugieren que los estratos suprayacentes sean alóctonos. Las rocas de la Península de Nicoya fueron deformadas antes del Cretácico Tardío. Schmidt-Effing (1979a,b) y Stibane y otros (1977) presentaron que existen muchas discontinuidades de edad entre basaltos y las asociaciones sedimentarias intercaladas, litológicamente similares, las cuales ahora se encuentran adyacentes.

La Península de Santa Elena, al norte de la Península de Nicoya, está compuesta por un tipo diferente de corteza oceáncia. Estas rocas son peridotitas y harzburgitas, estratificadas en partes, y diabasas. Existen en la cercana Formación Rivas del Cretácico Superior bloques de peridotita, indicativo de que las dos unidades han mantenido una relación similar a la actual desde el Cretácico Superior (Harrison, 1953). Azéma y Tournon (1980) sugieren que la masa utlramáfica fue obducida sobre una masa subyacente de basaltos del fondo oceánico del Cretácico Superior, cuya edad fue determinada por medio de radiolaritas intercaladas. La ubicación original de este bloque de corteza océancia serpentinizado es desconocida. Bellon y Tournon (1978) reportan una edad radiométrica de K-Ar de 88,8 ma para una amfibolita de la Península de Santa Elena.

SEDIMENTACION MARINA DEL TERCIARIO

La sedimentación pelágica y depositación de turbidita comenzó en el Cretácico Tardío a lo largo de Costa Rica. Esta depositación continuó durante el Terciario, con solo interrupciones menores, hasta el Mioceno Temprano o Medio. El área fuente de muchos de estos sedimentos parece haberse ubicado al sudoeste (Henningsen, 1966).

La sedimentación en aguas profundas prosiguió en las regiones centrales y sudorientales del país, no así en las penínsulas de Nicoya y Osa, donde rocas sedimentarias del Oligoceno y Mioceno Inferior están ausentes, y se presume que no se formaron ahí. Por otra parte, desde el Valle Central hasta la costa del Pacífico, se depositaron gruesas secuencias de areniscas marinas de las formaciones Térraba y Pacacua (Castillo, 1969) durante el Oligoceno y Mioceno Temprano. Este mismo intervalo de tiempo está representado en la Cuenca de Limón por las formaciones Senosri y Uscari, y en otras áreas se depositaron arrecifales de caliza y otras facies de aguas someras.

ACTIVIDAD IGNEA DEL CENOZOICO

Ya en el Mioceno Medio, la actividad ígnea estaba ampliamente distribuida. Existen solo escasas evidencias del vulcanismo en Costa Rica durante el Terciario Temprano, aunque existen en Panamá abundantes rocas vulcánicas de arco de islas del Cretácico y del Eoceno. Las rocas vulcánicas de ésta edad frecuentemente han sido cartografiadas junto con formaciones sedimentarias. Al acaecer el Mioceno Medio se formaban por casi todo el país rocas vulcánicas, acompañadas por sedimentación clástica nerítica. Las rocas sedimentarias contienen cantidades significantes o dominantes de escombros vulcánicos que aparentemente fueron transportados distancias cortas. Ocurren solo en las penínsulas de Osa y Burica rocas más recientes con características sedimentarias que sugieren un ambiente de agua más profunda (formaciones Charco Azul y Punta la Concha).

El Mioceno Medio fue una época de paleogeografía muy compleja. Rocas vulcánicas subaéreas se encuentran adyacente con sedimentos marinos de extensión restringida como, por ejemplo, la Caliza San Miguel en el Valle Central y partes de la Foramción Gatún en la cuenca de Limón. A finalizar el Mioceno, los ambientes de depósito marino habían desaparecido y el istmo separando el Mar Caribe y el Océano Pacífico se completó. En el Mioceno Medio, las áreas fuentes que provenieron el detritus sedimentario se encontraban hacia el sudoeste; desde el Mioceno en adelante estas fuentes de sedimentos fueron principalmente las tierras actuales de Costa Rica.

Las rocas vulcánicas que comenzaron a formarse en el Mioceno se han preservado mejor en las cordilleras de Tilarán y Talamanca, donde se intruyó una serie diferenciada de rocas plutónicas ligeramente alcálicas, con edades de 10 ma o menos. Estas se conocen como el Intrusivo de Guacimal y la serie intrusiva de Talamanca, respectivamente.

Se mantuvieron a un ritmo acelerado las deformaciones y los levantamientos y en el Plioceno Tardío, las rocas intrusivas estaban expuestas a un nivél similar al actual. En la Cordillera de Tilarán, dichas rocas intrusivas y las rocas vulcánicas más antiguas están sobreyacidas por una secuencia de rocas vulcánicas más recientes denominada la Formación Monteverde por Cháves y Sáenz (1974). En el Valle Central dichas rocas intrusivas, las cuales han provenido edades radiométricas de más de 2 ma (Bellon y Tournon, 1978), se encuentran cubiertas por los volcanes actuales.

Una interpretación de la comenzación de vulcanismo durante el Mioceno, fundida en teoría de tectónica de placas, no es sencillo. Rocas premioceánicas ubican tanto al norte, en Nicaragua, como en el sur, en Panamá. Una explicación de esto podría ser que la Fosa Mesoamericana actual se desarrolló desde el noroeste hacia el sudeste, duespués de la colisión de Yucatan con Honduras y Nicaragua durante el Terciario Temprano (interpretación de Perfit y Heezen, 1978). Esto puede dar razón al extensivo desarrollo de rocas del Eoceno y Oligoceno en Nicaragua (véase Weyl, 1980) y el subsiguiente desarrollo durante el Mioceno en Costa Rica. La madurez del ciclo vulcánico, con la resultante erupción de tobas de flujo de ceniza silícicas, formadora de calderas, parece haberse desarrollado también hacia el sudeste durante el Terciario Medio y Tardío. El campo de ignimbritas silícicas en la Cordillera de Guanacaste tiene sus contrapartes más antiguas hacia el noroeste en Nicaragua y Honduras.

La historia vulcánica del Plioceno de Costa Rica es tan poco conocida como la de los episodios previos. Antes de poder subdividir estas rocas se necesitarán elaborar mapas geológicos detallados y extensivas determinaciones de edades radiométricas para suplementar las pocas disponibles entre 10 y 2 ma. Se encuentran ambos rocas de arco de islas y de composición alcálica; las rocas alcálicas ubican en las planicies nororientales, principalmente detrás del arco magmático actual.

La escazes de aparatos vulcánicos activos al sureste de Costa Rica se debe probablemente al desacoplamiento de la Fosa Mesoamericana por efecto de la zona de fractura de Panamá, la cual cruza la fosa actual cerca de la frontera entre Costa Rica y Panamá. Aunque el presente movimiento de placas (Minster y Jordan, 1978) sugiere que ésta intersección se ha migrado desde el noroeste hacia el sudeste a lo largo de la fosa durante los últimos 10 ma, la historia de la interacción entre la zona de fractura de Panamá y la fosa Mesoamericana no es clara.

TIEMPO ACTUAL

La distribución actual de los aparatos vulcánicos se relaciona con la posición de la Fosa Mesoamericana, la cual se extiende desde México meridional hasta Costa Rica. Las rocas vulcánicas modernas marcan el límite meridional de una angosta faja de volcanes orientados aproximadamente paralelos a la fosa y a la costa. No han sido encontradas rocas vulcánicas modernas al sudeste del Río Reventazón, el cual corresponde con el limite oriental de la extensión en tierra de la Serranía del Coco. La petroquímica de las lavas desprendidas de los volcanes de Costa Rica no se relaciona de manera simple con la profundidad de la zona Benioff. Alvarado (1985) presentó que existen significantes diferencias en el contenido de K_2O entre las rocas de los diferentes volcanes (Fig. 1).

Continuaron acumulándose sedimentos oceánicos durante el Plioceno (Lew, 1983) en la región de las penínsulas de Osa y Burica. Su elevación actual, lo mismo que el fuerte levantamiento durante el Pleistoceno de la parte meridional de la Cordillera de Talamanca se consideran como el resultado del cabalgamiento subcutáneo de la Serranía del Coco debajo de la parte meridional de Costa Rica, teoría complementada con la distribución de los terremotos de foco profundo bajo ésta región (Mora, 1983).

Además de sedimentación fluvial a lo largo de los ríos mayores, algunas áreas costeras están cubiertas por pantanos muy extensivos, las cuales son sitios de deposición moderna marina somera. El área continúa ser tectónicamente activa, con algunas áreas elevándose al tiempo que otras se hunden.

TECTONICA ACTUAL

El marco tectónico actual de Costa Rica se presenta en Figura 2, la cual está generalizada de varias fuentes. La tectónica del día presente está controlada por la interacción entre tres placas: la del Coco, de Nazca, y del Caribe. En la mitad noroeste del país, la Placa del Coco se subduce activamente bajo la Placa del Caribe, tal como lo evidencia la sismicidad de foco profundo (Mora, 1983) y la cadena de volcanes activos a lo largo del eje central de Costa Rica, en la Cordillera de Guanacaste y la Cordillera Central.

En el alineamiento formado por el curso bajo del río Reventazón, las condiciones tectónicas cambian distintivamente. No se ha encontrado vulcanismo al sudeste, y la topográficamente alta Cordillera de Talamanca está desplazada unos 30 km hacia el Océano Pacífico con referencia a la Cordillera Central. No existen focos de terremotos por debajo de aproximadamente los 70 km y el área entera está pasando por un levantamiento ligero, evidenciado por la existencia en la Península de Osa de turbiditas del Pleistoceno a Plioceno. Esta discordancia parece ser el resultado de la presencia de la Serranía asismica del Coco (Fig. 2) la cual se está cabalgando bajo la Placa del Caribe por el movimiento de la Placa Cocos, pero, por razón de la menor densidad de la serranía, ésta no desciende al manto. Las fallas de corrimiento en la Cuenca de Limón y en las aguas de Panamá se formaron como resultado de estas fuerzas compresivas principalmente horizontales.

Más al sur, la Placa Nazca muestra también un movimiento absoluto hacia el noreste. Su movimiento relativo a la porción de la Placa del Caribe adyacente a Panamá parece acomodarse por medio de afallamientos submarinos fuera de la costa meridional de Panamá. La Placa Nazca se subduce activamente bajo la Placa Sudamericana fuera de la costa de Colombia.

DEPARTMENT OF THE INTERIOR
U.S. GEOLOGICAL SURVEY

Base from U.S. Defense Mapping Agency, Tactical Pilotage Chart K-25C, 3rd. edition

Base de la Agencia U.S. Defense Mapping, Carta de Pilotaje Táctico K-25C, 3ra. edición

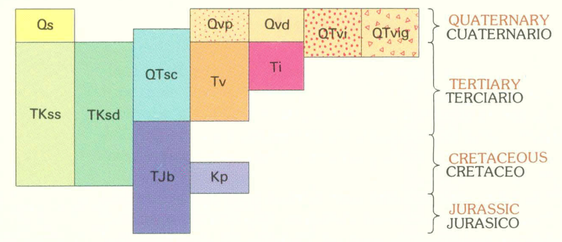
1:500 000

10 0 10 20 30 40 50 KILOMETROS

PLATE 2.—GEOLOGIC MAP OF COSTA RICA

LAMINA 2.—MAPA GEOLOGICO DE COSTA RICA

CORRELATION OF MAP UNITS
CORRELACION DE UNIDADES DE MAPA



DESCRIPTION OF MAP UNITS

SURFICIAL DEPOSITS

Qs — **Alluvial and colluvial deposits (Quaternary)**—Includes landslide, fanglomerate, marsh, and beach deposits

VOLCANIC AND SHALLOW INTRUSIVE ROCKS

Qvp — **Proximal facies of modern volcanic rocks (Quaternary)**—Lava flows, agglomerates, lahars, and ash

Qvd — **Distal facies of modern volcanic rocks (Quaternary)**—Primarily laharic deposits

QTvi — **Ignimbrites (Quaternary and Pliocene)**—Andesite to rhyolite ash-flow tuffs with intercalated fluvial deposits

QTvig — **Intergraben volcanics (Quaternary and Pliocene)**—Strongly alkalic lava flows and pyroclastic rocks

Tv — **Tertiary volcanic rocks (Tertiary)**—Andesite flows, tuffs, and tuff breccias

Ti — **Intrusive rocks (Tertiary)**—Gabbro to granite and subvolcanic rhyolite

SEDIMENTARY ROCKS

QTsc — **Volcaniclastic sedimentary rocks (Eocene to Quaternary)**—Grades from volcaniclastic breccia to sandstone; includes some marine carbonate rocks

TKss — **Shallow-water sedimentary rocks (Cretaceous to Pliocene)**—Neritic limestone, sandstone, and siltstone

TKsd — **Deep-water sedimentary rocks (Cretaceous to Quaternary)**—Limestone, sandstone, shale, and turbidite

OCEAN-FLOOR ROCKS

Kp — **Peridotite Complex (Cretaceous?)**—Layered and massive peridotite and harzburgite

TJb — **Sea-floor basalts (Jurassic to Eocene)**—Tholeiitic basalt, with intercalated pelagic sediment

Contact

Faults and photolineaments

Thrust fault—Teeth on upper plate

Caldera margin

DESCRIPCION DE UNIDADES DE MAPA

DEPOSITOS SUPERFICIALES

Qs — **Depósitos aluviales y coluviales (Cuaternario)**—Incluye depósitos de deslizamiento, fanglomerado, pantano y playa

ROCAS VOLCANICAS E INTRUSIVAS SOMERAS

Qvp — **Facies proximales de rocas volcánicas recientes (Cuaternario)**—Coladas de lava, aglomerados, lahar y ceniza volcánica

Qvd — **Facies distales de rocas volcánicas recientes (Cuaternario)**—Principalmente depósitos de lahar

QTvi — **Ignimbritas (Cuaternario y Plioceno)**—Tobas de flujo de ceniza incandescente de andesita hasta riolita con intercalaciones de depósitos fluviales

QTvig — **Volcánitas del intergraben (Depresión de Nicaragua) (Cuaternario y Plioceno)**—Coladas de lava y rocas piroclásticas muy alcálinas

Tv — **Rocas volcánicas (Terciario)**—Coladas, tobas, y brechas tobáceas andesíticas

Ti — **Rocas intrusivas (Terciario)**—Desde gabro hasta granito y riolita subvulcánica

ROCAS SEDIMENTARIAS

QTsc — **Rocas sedimentarias volcanoclásticas (Eoceno a Cuaternario)**—Varían desde brecha hasta arenisca volcanoclástica; incluye algunas rocas de carbonatos marinos

TKss — **Rocas sedimentarias de aguas someras (Cretáceo a Plioceno)**—Caliza, arenisca y limolita neritícos

TKsd — **Rocas sedimentarias de aguas profundas (Cretáceo a Plioceno)**—Caliza, arenisca, lutita y turbidita

ROCAS DEL FONDO OCEANICO

Kp — **Complejo de peridotita (Cretáceo?)**—Peridotita y harzburgita estratificada y masiva

TJb — **Basaltos del fondo del mar (Jurásico a Eoceno)**—Basalto toleítico, con sedimentos pelágicos intercalados

Contacto

Fallas y fotolineamentos

Falla inversa—Picos indican lado levantado

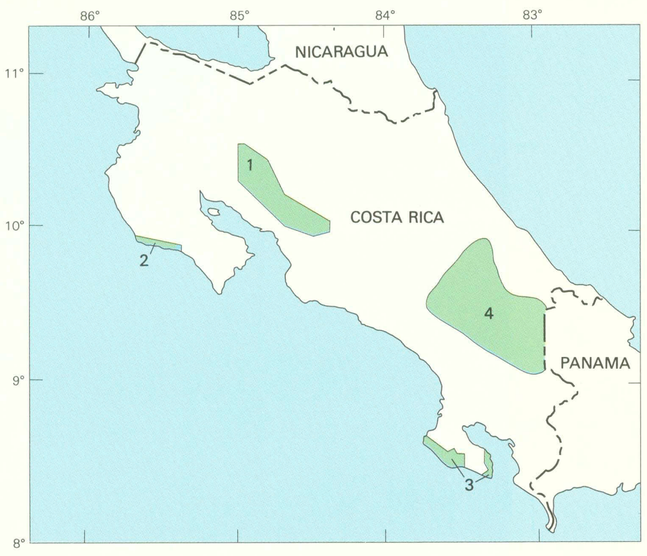
Borde de caldera

SOURCES OF GEOLOGIC DATA

The primary source of geologic data was a series of 1:200,000-scale maps by Sáenz (1982b). No attempt was made to determine the original sources of these maps. Additional sources include the following: 1, plate 7, this report; 2, Baumgartner and others (1984); 3, Lew (1983); and 4, Gregorio Escalante, figure 48 *in* Castillo (1984).

FUENTES DE DATOS GEOLOGICOS

La fuente principal de los datos geológicos es una serie de mapas a escala de 1:200.000 confeccionados por Sáenz (1982b). No se ha intentado determinar las fuentes originales que funden dichos mapas. Fuentes adicionales incluyen: 1, lámina 7, esta obra; 2, Baumgartner y otros (1984); 3, Lew (1983); y 4, Gregorio Escalante, figura 48 *en* Castillo (1984).



SOURCES OF GEOLOGIC DATA
FUENTES DE DATOS GEOLOGICOS

Geology mapped in 1986 and compiled from published geologic maps in 1985-86. Digitized by Rosalinda Jara, 1986

Geología de trabajos del campo realizados en 1986 y de copilación de mapas impresados en 1985-86. Digitalizados por Rosalinda Jara, 1986

GEOPHYSICAL INTERPRETATION OF COSTA RICA

By
D. A. Ponce and J. E. Case

INTRODUCTION

As part of this mineral resource assessment of Costa Rica, complete Bouguer (pl. 3) and isostatic (pl. 4) gravity anomaly maps were compiled, the first such maps for Central America. In addition, aeromagnetic maps of the Pacific coastal region, northeastern Cordillera de Talamanca, and the Caribbean coastal region were compiled (pl. 5).

Some of the features that have been inferred from geophysical data include rock types that produce anomalies, depth to the sources of the anomalies, and structural features. Geophysical areas identified on plates 3, 4, and 5 result from interpretation of the character of the Bouguer and isostatic anomaly maps, geologic data, and where available aeromagnetic data.

The gravity maps primarily reflect lateral density variations in the subsurface. The isostatic gravity anomaly map generally reflects density distributions of rock types in the mid-crust to upper crust whereas the Bouguer gravity anomaly map reflects distribution of rock types based on density at deeper levels. In order to infer the subsurface geologic configuration from gravity data, the densities of subsurface rocks have been estimated from surface rock samples (table 2) and from assumed average densities of rocks from other areas (Dobrin, 1976; Daly and others, 1966; Johnson and Olhoeft, 1984). Igneous and metamorphic rocks are generally denser than most sedimentary rocks. Densities of unconsolidated sediments and poorly consolidated volcanic rocks can vary greatly, typically in the range from about 1.4 to 2.3 g/cm^3.

The aeromagnetic maps indicate lateral variations in magnetization of the underlying rocks, caused either by their interaction with the Earth's main magnetic field or as a result of permanent magnetization. Magnetic susceptibility is a measure of the ease or degree to which a substance may be magnetized; in this section the centimeter-gram-second system (cgs units) is used. In general, sedimentary rocks are relatively nonmagnetic and have average susceptibility values less than about 0.0001 cgs units. Igneous rocks are generally much more magnetic than sedimentary rocks, and mafic igneous rocks tend to be more magnetic than felsic igneous rocks. The susceptibility of a rock is approximately equal to the product of the volume percent of magnetite and the magnetic susceptibility of magnetite (about 0.3 cgs units), because the magnetization of most rocks is related to their magnetite content. Magnetic susceptibility measurements of rock samples are shown in table 3.

INTERPRETATION OF GRAVITY ANOMALIES

GENERAL FEATURES OF THE GRAVITY PATTERNS

The Bouguer anomaly values along the Pacific margin of Costa Rica are generally positive, and correlate with areas of mafic igneous rocks. The Bouguer anomaly values become increasingly negative inland, especially in the mountainous regions, where silicic volcanic rocks and thick sedimentary sequences are present. Inland in northern Costa Rica the anomaly values are conspicuously uniform and are separated from the Pacific coastal region by a steep gravity gradient. To the southeast, one of the most prominent gravity features of Costa Rica is a gravity low over Fila Costeña caused by low-density Paleogene and Neogene sedimentary rocks about 5 km or more thick. Another prominent Bouguer and isostatic gravity low occurs in central Costa Rica over a thick low-density Quaternary volcano complex in the Cordillera Central, north of San José. The most prominent feature in the Caribbean coastal region is the Limón basin, a gravity low of about 20 mGal. Gravity and drill-hole data indicate that sedimentary rocks in the Limón basin are at least 3 km thick.

A gravity profile across Costa Rica from the Pacific to Atlantic Oceans (fig. 4) was constructed using seismic-refraction data as control. This profile suggests that the Santa Elena, Nicoya, and Osa peninsulas and the Quepos area are composed of high-density stacked slices of oceanic crust about 20–30 km thick; a lower density crust thickens to about 40 km below the central volcanic belt in Costa Rica; and along the Atlantic margin, the crustal thickness is about 25 km.

A prominent northeast-trending gravity lineament separates northern and southern Costa Rica and may be the expression of a major northeast-trending fracture zone in central Costa Rica. The lineament is defined by the termination of several major gravity anomalies including the following: the Fila Costeña anomaly, the Cordillera Central anomaly, the Quepos anomaly, and the Limón basin anomaly. In addition, the lineament correlates with other geologic and geophysical features including a diffuse belt of northeast-trending faults extending from Quepos to the Limón basin, the southernmost extent of large Quaternary volcanoes in Costa Rica, and a seismicity gap.

OFFSHORE REGION

A major negative free-air anomaly off the Pacific margin of Costa Rica extends from the shelf to water depths of more than 2,000 m and indicates the presence of a major sedimentary basin. Multichannel seismic-reflection data show that 7 km or more of stratified material above acoustic basement underlies the anomaly (Crowe and Buffler, 1985). No known test holes have been drilled in this basin for oil and gas resources.

Along the offshore Caribbean margin, anomalies are of low amplitude (0 to about 20 mGal) and no geologic features were outlined by the sparse gravity data.

PACIFIC COASTAL REGION

NICOYA AREA

Bouguer gravity anomalies range from about +50 to +120 mGal over the Nicoya peninsula, a complex terrane of mafic marine volcanic and intrusive rocks that are thought to be oceanic and primitive magmatic arc assemblages. Isostatic anomalies range from about +40 to +100 mGal. The ovoid shape of the isostatic anomaly on plate 4 closely outlines the peninsula. Density measurements are lacking, however, similar rocks to the southeast in eastern Panamá that cause strongly positive gravity anomalies, have densities ranging from about 2.8 to 3.0 g/cm^3 (Case, 1974). The density values from Panamá are consistent with measurements on similar rocks from other mafic complexes throughout the Caribbean region.

Superimposed on the gravity high of the Nicoya area, is a nearly circular relative negative anomaly on both the Bouguer and isostatic anomaly maps. Our data suggest that a datum shift may exist in the older data. Assuming the negative anomaly is real, a low-density mass, perhaps a sedimentary block or concealed low-density pluton about 15 km in diameter may be the source of the low. These source rocks are probably younger than the adjacent mafic rocks.

INTERPRETACION GEOFISICA DE COSTA RICA

Por
D. A. Ponce y J. E. Case

INTRODUCCION

Como parte de esta evaluación de recursos minerales de Costa Rica, se han compilado mapas de anomalías gravimétricas de Bouguer (Lámina 3) e isostáticas (Lámina 4), los primeros de este tipo elaborados para America Centrál, como parte de la evaluación de los recursos minerales de Costa Rica. Adicionalmente, mapas aeromagnéticos han sido compilados (Lámina 5) de la región costanera del Pacífico, la parte nororiental de la Cordillera de Talamanca y la región costanera del Caribe.

Algunas de las facciones que han sido inferidas de los datos geofísicos incluyen: los tipos de rocas que producen anomalías, la profundidad de las fuentes de las anomalías y los rasgos estructurales. Las áreas geofísicas identificadas en las láminas 3, 4 y 5 resultan de la interpretación de las características de los mapas de anomalías de Bouguer e isostáticas, los datos geológicos y, donde disponibles, los datos aeromagnéticos.

Los mapas gravimétricos reflejan principalmente las variaciones laterales de la densidad debajo de la superficie. El mapa de las anomalías de la gravedad isostáticas refleja generalmente la distribución de rocas en los niveles medio y superior de la corteza; en contraste, el mapa de las anomalías gravimétricas de Bouguer refleja la distribución de rocas a base de la densidad a niveles más profundos. Para lograr inferencias sobre las configuraciones geológicas bajo de la superficíe, basadas en los datos gravimétricos, las densidades de las rocas bajo la superficie han sido estimadas con muestras de rocas de la superficie (Cuadro 2) y por el valor promedio de densidades presumida de rocas de otras áreas (Dobrin, 1976; Daly y otros, 1966; Johnson y Olhoeft, 1984). Generalmente, las rocas ígneas y metamórficas son más densas que la mayoría de rocas sedimentarias. Las densidades de sedimentos sin consolidar y de las rocas vulcánicas no bien consolidadas varían mucho, típicamente entre aproximadamente 1,4 a 2,3 g/cm^3.

Los mapas aeromágneticos indican variaciones laterales de la magnetización de las rocas subyacentes, causadas por su interacción con el campo magnético terrestre o como resultado de magnetización permanente. La susceptibilidad magnética es una medida de que facíl, o a que nivel, se puede magnetizar una substancia; en esta obra se utiliza el sistema de centímetro-gramo-segundo (cgs). Generalmente, las rocas sedimentarias son relativamente no magnéticas y muestran valores promedio de la susceptibilidad de menos de 0,0001 cgs. Las rocas ígneas generalmente son mucho más magnéticas que las rocas sedimentarias y las rocas ígneas máficas tienden ser más magnéticas que las ígneas félsicas. La susceptibilidad de una roca es aproximadamente igual que el producto del volumen de magnetita en por ciento y la susceptibildad magnética de magnetita (aproximadamente 0,3 cgs), porque la magnetización de la mayoría de rocas está relacionada con su contenido de magnetita. Medidas de la susceptibilidad magnética de muestras de roca se presentan en el Cuadro 3.

INTERPRETACION DE LAS ANOMALIAS GRAVIMETRICAS

FACCIONES GENERALES DE LOS PATRONES GRAVIMETRICOS

Los valores de las anomalías de Bouguer a lo largo del margen Pacífico de Costa Rica son generalmente positivos y correlacionan bien con áreas de rocas ígneas máficas. Los valores de las anomalías de Bouguer aumentan a más negativos hacia el interior, especialmente en las regiones montañosas donde están presente rocas vulcánicas silícicas y secuencias sedimentarias gruesas. En el interior, en la parte norteña de Costa Rica los valores de anomalías son conspicuamente uniformes y están separadas de la región costanera del Pacífico por un gradiente gravimétrico muy inclinado. Al sudeste, una de las facciones gravimétricas más prominantes de Costa Rica es una gravedad baja sobre la Fila Costeña, resultante de la presencia de rocas sedimentarias del Paleogeno y Neogeno, de densidad baja, con espesor de 5 o más kilómetros. Otro área de gravedad baja de Bouguer e isostática se presenta en la parte central de Costa Rica sobre un complejo vulcánico grueso, de densidad baja, del Cuaternario, en la Cordillera Central al norte de San José. La facción más prominante en la región costanera del Caribe es la Cuenca de Limón, siendo una gravedad baja de aproximadamente 20 mGal. Los datos gravimétricos y de perforaciones indican que las rocas sedimentarias en la Cuenca de Limón tienen un espesor de a lo menos 3 kilómetros.

Un perfil gravimétrico (Figura 4) que cruza Costa Rica desde el Océano Pacífico al Atlántico se construyó usando datos de refracción sísmica como control. Este perfil sugiere que: las penínsulas de Santa Elena, Nicoya, y Osa y el área de Quepos están constituídas de rebanandas amontonadas de corteza oceánica de densidad alta, con espesor de 20 a 30 km; una corteza con densidad baja aumenta en espesor y alcanza 40 km bajo la faja vulcánica central de Costa Rica; y, a lo largo del margen Atlántico, el espesor de la corteza es aproximadamente 25 kilómetros.

Un prominante lineamento gravimétrico con rumbo noreste, separa las partes norte y sur de Costa Rica y puede ser la expresión de una zona de fractura mayor con rumbo noreste en la parte central de Costa Rica. El lineamento se defina por la terminación de varias anomalías gravimétricas mayores, inclusivo de: la anomalía de la Fila Costeña, la anomalía de la Cordillera Central, la anomalía de Quepos y la anomalía de la Cuenca de Limón. Adicionalmente, el lineamento está correlacionado con otras facciones geológicas y geofísicas, inclusivo de: una difusa faja de fallas con rumbo noreste extendida desde Quepos hasta la Cuenca de Limón, el límite meridional de los grandes aparatos vulcánicos Cuaternarios en Costa Rica y un gap sísmico.

REGION DE ALTA MAR

Se extiende una mayor anomalía de aire libre fuera del margen Pacífico desde la plataforma continental hasta aguas profundas que exigen 2.000 m, lo cual indica la presencia de una cuenca sedimentaria mayor. Datos de reflección sísmica de multicanal indican que a lo menos 7 km de material estratificado sobre un basamento acústico subyace la anomalía (Crowe and Buffler, 1985). No se conocen perforaciones de exploración de recursos de petróleo y gas en esta cuenca.

A lo largo del margen del Caribe las anomalías son de amplitud baja (0 a aproximadamente 20 mGal), y no se delimitaron facciones geológicas con los datos gravimétricos esparsos.

REGION COSTANERA DEL PACIFICO

AREA DE NICOYA

Sobre la Península de Nicoya, siendo un terreno complejo constituido de rocas vulcánicas máficas marinas e intrusivas consideradas ser asociaciones oceánicas y de arco magmático primitivo, las anomalías gravimétricas de Bouguer varían desde aproximadamente +50 a +120 mGal. Las anomalías isostáticas varían desde aproximadamente +40 a +100 mGal. La forma ovoide de la anomalía

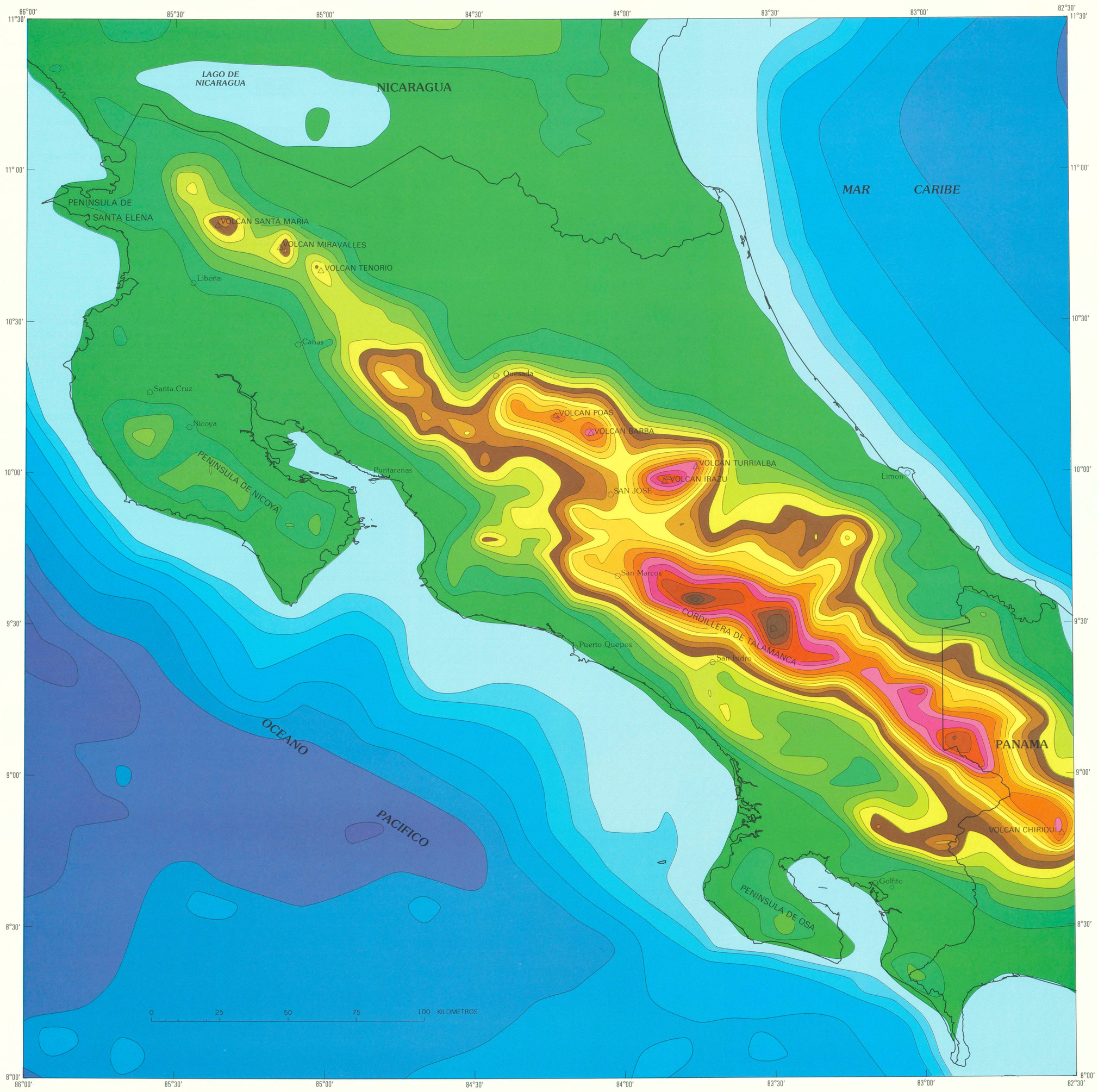


Figure 3.—The digital elevation model of Costa Rica is composed of 2 data sets. Within the approximate borders of Costa Rica, 3-minute average elevations were estimated from 1:200,000-scale topographic maps by J. M. Glen, D. A. Ponce, and T. V. Bare (written commun., 1985). Areas beyond the borders of Costa Rica are 5-minute elevation data (available from the U.S. National Geophysical and Solar-Terrestrial Data Center, 325 Broadway, Boulder, Colo., 80303) regridded at a 3-minute interval and merged with the above data set. Some of the 5-minute elevation data for Central America were derived from 10-minute data (Heirtzler, 1985). Contour interval 500, >1,000, and 2,000 ft.

Figura 3.—El modelo de elevaciones digitalizadas de Costa Rica está compuesto de dos juegos de datos. Entre las fronteras de Costa Rica las elevaciones promedias de 3 minutos han sido estimadas de las cartas topográficas de escala 1:200.000 por J. M. Glen, D. A. Ponce y T. V. Bare (comunicación escrita, 1985). Las áreas fuera de las fronteras son de datos estimados cada 5 minutos (disponibles del National Geophysical and Solar-Terrestrial Data Center, 325 Broadway, Boulder, Colo., 80303) transformados a intervalos de tres minutos y combinados con el juego mencionado anteriormente. Algunos de los datos de 5 minutos de América Central han sido derivados de datos de 10 minutos (Heirtzler, 1985). Intervalos de líneas son de 500, >1.000 y 2.000 pies.

Table 2.--Mean bulk density of rock samples from Costa Rica

[Leaders (--) indicate insufficient data]

Lithology	Number of samples	Mean saturated bulk density (g/cm^3)	Standard error
Andesite	12	2.64	0.13
Basalt (partly altered)	1	2.68	--
Dacite	11	2.66	0.10
Granitic rocks	4	2.61	0.17
Latite	1	2.11	--
Limestone	1	2.11	--
Sandstone	1	1.93	--

Cuadro 2.--Promedio de densidad aparente de muestras de roca de Costa Rica

[Rayas (--) indican datos insuficientes. En esta obra se escriben las cifras con comas en lugar de puntos para separar los grupos de mil y se escriben los numerales fraccionarios con punto en lugar de coma, según reglamiento gramático de inglés]

Litología	Número de muestras	Promedio de densidad aparente saturado (g/cm^3)	Error estandar
Andesita	12	2.64	0.13
Basalto (parcialmente alterado)	1	2.68	--
Dacita	11	2.66	0.10
Rocas graníticas	4	2.61	0.17
Lutita	1	2.11	--
Caliza	1	2.11	--
Arenisca	1	1.93	--

Table 3.--Mean magnetic susceptibility of rock samples from Costa Rica

[Leaders (--) indicate insufficient data]

Lithology	Number of samples	Mean magnetic susceptibility (cgs units)	Standard error	Location or geologic complex
Ultramafic intrusive rocks[1]	--	0.0013	--	Not available.
Serpentinized peridotite[2]	32	.0007	0.0005	Santa Elena peninsula.
Pillow basalt[2]	18	.0092	.0014	Bahía Culebra complex.
Volcanic rocks[1]	90	.0031	--	Not available.
Volcanic rocks[1]	45	.0027	--	Nicoya complex.
Volcanic rocks[2]	18	.0056	.0005	Bahía Culebra.
Volcanic rocks[2]	28	.0136	.0012	San Antonio igneous complex.
Tholeiitic basalts[2]	77	.0025	.0011	Nicoya complex.
Mafic intrusive rocks[1]	39	.0023	--	Not available.
Gabbroic and diorite intrusive rocks[2]	64	.0042	.0016	Bahía Culebra.
Intrusive rocks[1]	53	.0058	--	Bahía Culebra.
Intrusive rocks[1]	21	.0011	--	Santa Elena complex.
Basalt	1	.00050	--	Not available.
Andesite	12	.00196	.0016	Do.
Dacite	11	.00254	.00127	Do.
Rhyolite	5	.00050	.00074	Do.
Latite	1	.00100	--	Do.
Pyroclastic rocks[1]	29	.0011	--	Do.
Altered rocks[1]	21	.0004	--	Do.
Granitic rocks	4	.00310	.00299	Do.
Sedimentary rocks[1]	73	.0005	--	Do.
Limestone	1	.00010	--	Do.
Sandstone	1	.00050	--	Do.

[1] Naciones Unidas (1975c)
[2] de Boer (1979)

Cuadro 3.--Promedio de susceptibilidad magnética de muestras de roca de Costa Rica

[Rayas (--) indican datos insuficientes. En esta obra se escriben las cifras con comas en lugar de puntos para separar los grupos de mil y se escriben los numerales fraccionarios con punto en lugar de coma, según reglamiento gramático de inglés]

Litología	Número de muestras	Promedio de susceptibilidad (Unidades cgs)	Error estandar	Ubicación o complejo geológico
Rocas intrusivas ultramáficas[1]	--	0.0013	--	No disponible.
Peridotita serpentinizada[2]	32	.0007	0.0005	Península Santa Elena.
Basalto de almohadilla[2]	18	.0092	.0014	Complejo Bahía Culebra.
Rocas volcánicas[1]	90	.0031	--	No disponible.
Rocas volcánicas[1]	45	.0027	--	Complejo Nicoya.
Rocas volcánicas[2]	18	.0056	.0005	Bahía Culebra.
Rocas volcánicas[2]	28	.0136	.0012	Complejo ígneo San Antonio.
Basaltos tholeiíticos[2]	77	.0025	.0011	Complejo Nicoya.
Rocas intrusivas máficas[1]	39	.0023	--	No disponible.
Intrusivo gabróico y de diorita[2]	64	.0042	.0016	Bahía Culebra.
Rocas intrusivas[1]	53	.0058	--	Bahía Culebra.
Rocas intrusivas[1]	21	.0011	--	Complejo Santa Elena.
Basalto	1	.00050	--	No disponible.
Andesita	12	.00196	.0016	" "
Dacita	11	.00254	.00127	" "
Riolita	5	.00050	.00074	" "
Latita	1	.00100	--	" "
Rocas piroclásticas[1]	29	.0011	--	" "
Rocas alteradas[1]	21	.0004	--	" "
Rocas graníticas	4	.00310	.00299	" "
Rocas sedimentarias[1]	73	.0005	--	" "
Caliza	1	.00010	--	" "
Arenisca	1	.00050	--	" "

[1] Naciones Unidas (1975c)
[2] de Boer (1979)

SANTA ELENA AREA

No gravity stations were established on the Santa Elena peninsula as part of this study. Most of the peninsula consists of a large peridotite body, partly serpentinized, but several patches of basalt and gabbro are known (Sáenz, 1982b). Bouguer anomaly contours controlled by stations in nearby areas have values similar to those on the Nicoya peninsula.

QUEPOS AREA

Rocks similar to those on the Nicoya peninsula are exposed in the Quepos area. A general gravity high is interrupted by a relative low near the Río Pirris. The axis of this relatively negative gravity anomaly trends northeast and the anomaly is 20–25 km wide. The gravity low overlies Paleogene and Late Cretaceous sedimentary rocks and is probably caused by low-density sedimentary rocks that extend inland from the Pacific shelf. Relative gravity highs over the northwestern part of the Quepos area near Punta Conejo, and over the southeastern part of the area, near Punta Quepos, are lower than anomalies over the Nicoya area and are probably caused by thinner masses of mafic rock.

OSA AND BURICA AREAS

Gravity coverage over the Osa and Burica peninsulas, is very sparse. Bouguer and isostatic anomalies over the Osa and Burica peninsulas, that are based on data from only a few stations combined with data from adjacent areas, range from about 20 to 30 mGal. As on the Nicoya peninsula, gravity highs are caused by mafic rocks.

FILA COSTEÑA AREA

One of the most conspicuous gravity anomalies in Costa Rica is in the southern part of the country near the Pacific margin, where a very large, northwest-trending low occurs in the area of the coastal mountains. The anomaly is about 25 km wide and extends 175 km southeast from San Isidro into Panamá. The anomaly is caused by a belt of Paleogene and Neogene sedimentary rocks, including minor belts of volcanic and volcanogenic material. We estimate that these low-density sedimentary rocks are at least 5 km thick. Apparently, these homoclinal, northeast-dipping rocks have been downdropped or deposited in a basin between the Puerto Cortez and San Isidro lineaments.

CENTRAL REGION

RIVAS AREA

Near the Nicaraguan border in the northwestern part of the country, a Bouguer and isostatic anomaly high occurs over sedimentary rocks of the Cretaceous and Paleozoic Rivas Formation. We interpret these highs as indicating concealed mafic rocks at depth, similar to the situation on the Nicoya peninsula.

UPALA AREA

An ovoid gravity high about 30 km wide and 50 km long is present northeast of the Volcán Miravalles. The rocks exposed in the area of the anomaly are principally Quaternary ignimbrites and laharic deposits. However, concealed, relatively dense possibly andesitic, volcanic rocks, are probably the cause of this gravity high. An ovoid negative gravity anomaly occurs in the center of the Upala area and may indicate an area of thick valley fill, or possibly a caldera filled with low-density material.

SANTA MARIA AREA

A gravity low occurs in the region around the Volcán Santa Maria where relatively low density Tertiary and Quaternary volcanic deposits of undetermined thickness crop out.

CORDILLERA DE TILARAN AND MONTES DEL AGUACATE AREA

Bouguer and isostatic gravity anomalies in the Cordillera de Tilarán and Montes del Aguacate area are relatively flat and are separated from the Pacific coastal area by a steep gravity gradient designated the Guanacaste lineament. The low amplitudes and gentle gradients in the Cordillera de Tilarán and Montes del Aguacate area reflect small lateral variations in density.

CORDILLERA CENTRAL AREA

A major negative gravity anomaly occurs over a thick, low-density Quaternary volcanic complex in the region north of San José. The ovoid anomaly trending northwest-southeast is about 140 km long and is about 60 km across. This large negative anomaly not only may be the result of low-density volcanic rocks but also may indicate a small, isolated block of thick, low-density, "continental" crust (Case, 1980). A crustal thickness of more than 40 km has been delineated using seismic-refraction techniques (Matsumoto and others, 1977). On the southwest corner of this negative anomaly, a satellite low occurs over a shield volcano in somewhat older volcanic rocks and might represent a caldera.

A positive gravity nose southwest of San José is coincident with a Tertiary pluton and Tertiary sedimentary rocks.

CORDILLERA DE TALAMANCA AREA

Gravity data over the Cordillera de Talamanca are virtually nonexistent, except along one north-northeast trending highway that crosses the range. From sparse control in adjacent areas, Bouguer and isostatic anomalies suggest that the intermediate to granitoid plutons that crop out probably comprise most of the block.

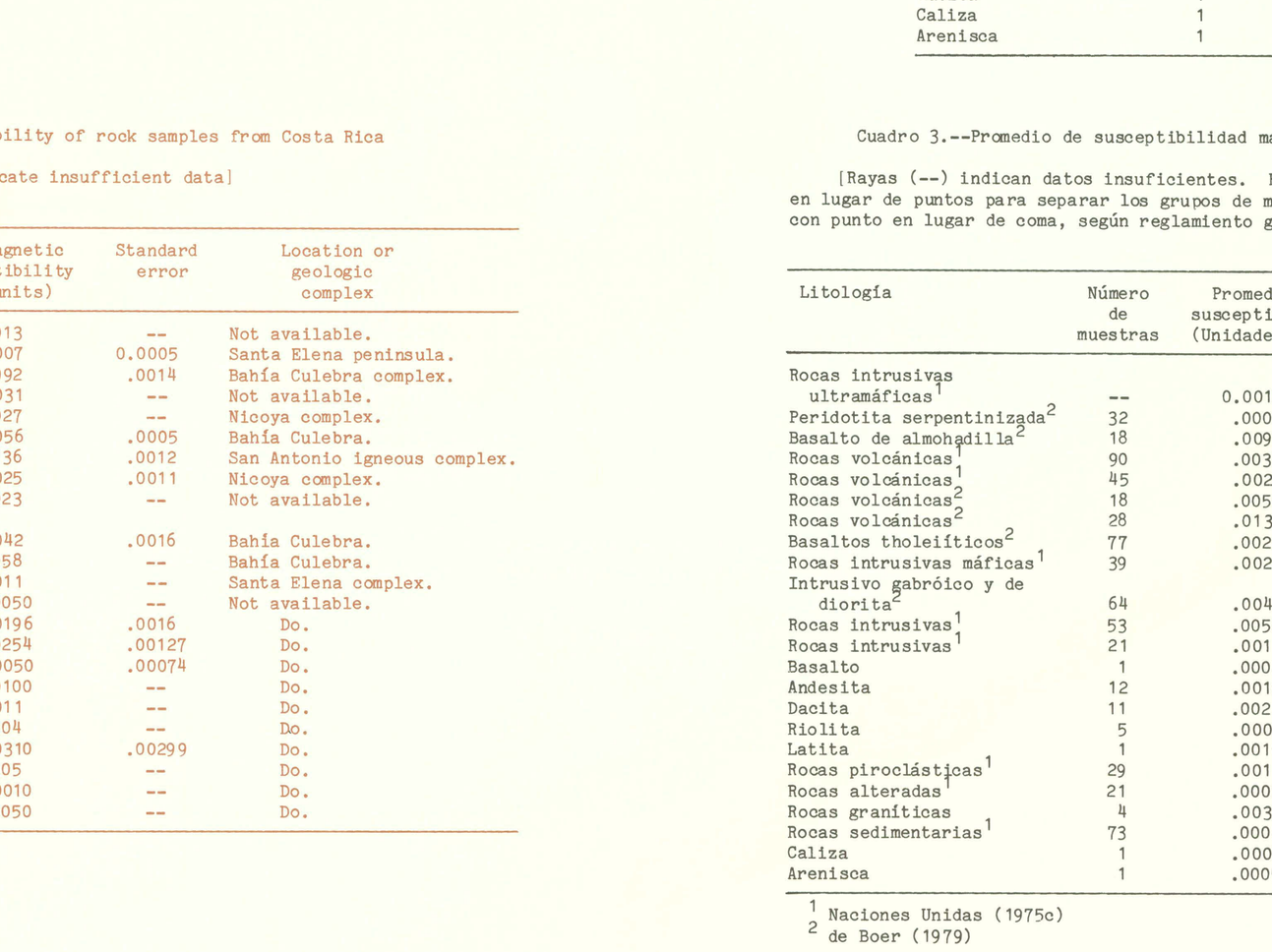


Figure 4.—Schematic crustal model of northern Costa Rica inferred from gravity data. Gravity anomaly data were projected onto profile line *A-A'* (pl. 3). Crustal structure and density distribution on the Pacific margin are inferred from seismic-reflection and refraction data (Buffler and others, 1985). Crustal structure and density values near the Cordillera Central are inferred from refraction data of Matsumoto and others (1977). The computed gravity profile is based on the two-dimensional model shown.

CARIBBEAN COASTAL REGION

The Bouguer and isostatic anomaly field over the Caribbean coastal region ranges from about –30 to +20 mGal. The most prominent feature of the region is a Bouguer gravity low near the Limón basin. From its magnitude, especially in the south, we estimate that more than 3 km of low-density sedimentary rocks are present at depth. Several drill holes have exceeded 10,000 ft in depth and probably bottomed in sedimentary rocks (Sass and Neff, 1964; Gregorio Escalante, oral commun., 1986). The Limón basin is characterized by numerous northwest-trending folds and by thrust faults that dip southwest. Some of the anticlines are expressed as gravity highs, but others are not.

MAJOR AND PROPOSED LINEAMENTS

Several major northwest-trending zones of steep gravity gradients represent lineaments marking the separation of the dominantly positive gravity field of the Pacific margin from the much more negative field of interior Costa Rica. The northernmost, the Guanacaste lineament (pl. 3), extends southeast from near the northern end of the Nicoya peninsula to the margin of mafic rocks in the northern part of the Quepos area near San Rafael. The Bouguer gravity anomalies decrease 40 mGal northeastward across the lineament; on the isostatic anomaly map (pl. 4), the same lineament can be identified but it does not extend as far to the south and values decrease about 30 mGal northeastward.

To the southeast, a northwest-trending zone of steepened gradient coincides with a zone of mapped faults. This feature, termed the Puerto Cortez lineament, separates the Osa and Burica areas from the Fila Costeña area (pl. 3) and extends from near Domenical about 150 km southeast into Panamá. Bouguer and isostatic anomaly values decrease northeastward across the lineament. The Puerto Cortez lineament may be an interrupted extension of the Guanacaste lineament.

A third northwest-trending zone bounds the northeast side of the Fila Costeña anomaly. Termed the San Isidro lineament, it extends from near San Isidro about 70 km southeast to Buenos Aires. Bouguer and isostatic anomaly values decrease southwestward indicating that the Fila Costeña area is like a graben or asymmetrical basin.

Features on both the Bouguer and isostatic anomaly maps suggest a major northeast-trending gravity lineament that extends across Costa Rica. This major gravity lineament that separates northern and southern Costa Rica may be the expression of a major northeast-trending fracture zone as discussed by Ludington and others (this report). Geophysical evidence for this includes the following: (1) the main negative gravity anomaly of the Fila Costeña terminates near Quepos; (2) the large negative gravity anomaly in the Cordillera Central area appears to terminate in the Tucurrique-Siqurres region; and (3) the main negative gravity anomaly in the Limón basin terminates near Matina.

The geologic map (pl. 2) shows a diffuse zone of northeast-trending faults extending from the Quepos area on the Pacific side to the Limón basin on the Caribbean side of Costa Rica. This fault system delimits the southernmost extent of the belt of large Quaternary volcanoes. Stoiber and Carr (1974) and Carr (1984) have described segmentation of the Middle America volcanic belt from México to Costa Rica. Evidence for segmentation includes differences in seismicity, differing dips of the Benioff zone, and offsets of lines of volcanoes. The southeast segment boundary in Costa Rica defined by Stoiber and Carr (1974) is also a seismicity gap (Pennington and others, in press; fig. 5). This segmentation has been ascribed to differences in dip of the Benioff zone and to rates of convergence. For the proposed segment boundary in Costa Rica, subduction of the northeast-trending Cocos ridge may also play a part (Burbach and others, 1984).

Figura 4.—Modelo esquemático de la corteza en la parte norte de Costa Rica basándose en datos gravimétricos. Datos de anomalías gravimétricas se proyectaron hacia la línea de perfil A-A' (Lámina 6–1). La estructura cortical y distribución de la densidad en el borde del Pacífico se deducen de datos de reflección y refracción sísmica (Buffler y otros, 1985) y de las áreas cercanas a la Cordillera Central de datos de Matsumoto y otros (1977). El perfil gravimétrico se basa en el modelo bidimensional mostrado.

isostática presentada en la Lámina 4 coincide bien con la Península de Nicoya. Carecen medidas de la densidad; aún, rocas similares ubicadas al sudeste, en la parte oriental de Panamá, que resultan en fuertes anomalías gravimétricas positivas, tienen densidades que varían desde aproximadamente 2,8 a 3,0 g/cm^3 (Case, 1974). Los valores de medidas de la densidad de Panamá son consistentes con las medidas de rocas similares de los complejos máficos ubicados por toda la región Caribe.

Hay superimpuesto con la gravedad alta del área de Nicoya una anomalía relativamente negativa de forma casi circular, presentada en ambos los mapas de anomalías de Bouguer y de anomalías isostáticas. Nuestros datos sugieren que puede existir una traslación de los datos previos. Si se presume que la anomalía negative es real, una masa de baja densidad, tal vez un bloque sedimentario o un escondido pluton de densidad baja con diametro de 15 km, puede ser la fuente de éste bajo. Dichas rocas fuentes probablemente son más recientes que las rocas máficas adyacentes.

AREA DE SANTA ELENA

No se establecieron estaciones gravimétricas en la Península de Santa Elena en este estudio. La mayoría de la península consta de un cuerpo de peridotita grande, parcialmente serpentinizado, pero se conocen también varios afloramientos de basalto y gabro (Sáenz, 1982b). Las líneas de nivel de anomalía de Bouguer, controladas por estaciones en áreas adyacentes, muestran valores semejantes a los de la Península de Nicoya.

AREA DE QUEPOS

En el área de Quepos afloran rocas semejantes a las de la Península de Nicoya. Una gravedad alta general se encuentra interrumpida por una gravedad relativamente baja cerca del Río Pirris. El eje de esta anomalía gravimétrica relativamente negativa tiene rumbo noreste y anchura de 20 a 25 km. La gravedad baja sobreyace rocas sedimentarias del Paleogeno y Cretácico Tardío y probablemente es resultado de rocas sedimentarias de densidad baja que se extienden hacia la tierra desde la plataforma del Pacífico. Gravedades relativamente altas ubicadas sobre la parte noroccidental del área Quepos, cerca de Punta Conejo, y sobre la parte sudoriental del área, cerca de Punta Quepos, son más bajas que las anomalías ubicadas sobre el área de Nicoya y probablmente son resultado de la presencia de masas de rocas máficas más delgadas.

AREAS DE OSA Y BURICA

El muestreo gravimétrico sobre las penínsulas de Osa y Burica es muy esparcido. Anomalías de Bouguer e isostáticas sobre las penínsulas, basadas en solo unas pocas estaciones combinadas con los datos de áreas adyacentes, varían desde aproximadamente 20 a 30 mGal. Así como en la Península de Nicoya, las gravedades altas resultan de la presencia de rocas máficas.

AREA DE LA FILA COSTEÑA

Una de las anomlías gravimétricas más conspicuas en la parte meridional de Costa Rica cerca del margen del Pacífico, es una gravedad baja con rumbo noroeste en el área de las montañas contaneras. La anomalía muestra una anchura de 25 km y se exiende 175 km hacia el sudeste desde San Isidro hasta Panamá. La anomalía es resultado de una faja de rocas sedimentarias Paleogenas y Neogenas, inclusivo de fajas menores de material vulcánico y vulcanogénico. Se calcula que estas rocas sedimentarias de densidad baja tienen espesor de a lo menos 5 km. Aparentemente, estas rocas homoclinales, inclinadas hacia el noreste, han sido hundidas o depositadas en una cuenca entre los lineamentos de Puerto Cortez y de San Isidro.

REGION CENTRAL

AREA DE RIVAS

Cerca de la frontera entre Nicaragua en la parte noroccidental del país, una anomalía de Bouguer e isostática alta ocurre sobre las rocas sedimentarias de la Formación Rivas del Cretácico y Paleozóico. Estas anomalías altas han sido interpretadas como indicar la presencia de rocas máficas a profundidad, similar a la situación en la Península de Nicoya.

AREA DE UPALA

Una gravedad alta de forma ovoide con anchura de unos 30 km y extensión de unos 50 km se presenta al noreste del Volcán Miravalles. Las rocas expuestas en el área de la anomalía son principalmente ignimbritas y depósitos laháricos Cuaternarios. Pero rocas vulcánicas escondidas de posible composición andesítica, relativamente densas, probablemente son la fuente de esta gravedad alta. Una anomalía negativa ovoide se presenta en el centro del área de Upala, y puede indicar un área del rellenamiento de valles por sedimento, o posiblemente una caldera llenada con material de densidad baja.

AREA DE SANTA MARIA

Una gravedad baja se presenta en la región cerca del Volcán de Santa María, donde afloran depósitos vulcánicos del Terciario y Cuaternario con densidad relativamente baja y con espesor no determinado.

AREA DE LA CORDILLERA DE TILARAN Y MONTES DEL AGUACATE

Las anomalías gravimétricas de Bouguer e isostáticas en la Cordillera de Tilarán y Montes del Aguacate son relativamente planas y están separadas del área costanera del Pacífico con un gradiente gravimétrico muy inclinado, denominado el Lineamento de Guanacaste. Las amplitudes bajas y gradientes suaves en el área de la Cordillera de Tilarán y Montes del Aguacate reflejan las pequeñas variaciones laterales de la densidad.

AREA DE LA CORDILLERA CENTRAL

Una anomalía gravímetrica negativa mayor, sobre un complejo vulcánico grueso del Cuaternario, se presenta en la región al norte de San José. La anomalía ovoide tiene rumbo noroeste-sudeste y extensión de unos 140 km y anchura de unos 60 km. Esta grande anomalía negativa no solo puede ser el resultado de rocas vulcánicas de densidad baja, sino también pueden indicar la presencia de un pequeño aislado bloque de corteza "continental" grueso de densidad baja (Case, 1980). El espesor de la corteza se a delineado ser 40 km, usando métodos de refracción sísmica (Matsumoto y otros, 1977). En la esquina sudoccidental de esta anomalía negativa se presenta otra anomalía baja más pequeña, localizada sobre un volcán de escudo en rocas algo más antiguas, lo cual puede representar una caldera. Un promontorio de gravedad positiva al sudoeste de San José coincide con un pluton Terciario y rocas sedimentarias Terciarias.

AREA DE LA CORDILLERA DE TALAMANCA

El área que comprende la Cordillera de Talamanca carece casi completamente de datos gravimétricos, excepto de unos datos a lo largo de una carretera con rumbo nornoreste que cruza la cordillera. A base de los datos control de las áreas adyacentes, las anomalías de Bouguer e isostáticas sugieren que los plutones de composición intermedia a granitoide que afloran en el área probablemente constituyen la mayoría del bloque.

REGION COSTANERA DEL CARIBE

El campo de anomalías de Bouguer e isostáticas sobre la región Costanera del Caribe varía aproximadamente desde –30 a +20 mGal. La facción más prominante en la región es una anomalía de Bouguer baja cerca de la Cuenca de Limón. A base de su magnitud, especialmente hacia el sur, se calcula que hay presente a profundidades más de 3 km, rocas sedimentarias de densidad baja. Varias perforaciónes que exigen 10.000 pies probablemente se fundaron en rocas sedimentarias (Sass y Neff, 1963; Gregorio Escalante, comunicación personal, 1986). La Cuenca de Limón está caracterizada con numerosos pliegues con rumbo noroeste y con fallas de corrimiento que buzan al sudoeste. Algunos de los anticlinales demuestran gravedad alta, pero otros no.

LINEAMENTOS MAYORES Y PROPUESTOS

Varias zonas mayores de gradientes gravimétricos muy inclinados, con rumbo noroeste, representan lineamentos que marcan la separación del campo de gravedad dominantemente positiva, en el margen Pacífico, y el campo de gravedad mucho más negativa, en el interior de Costa Rica. El lineamento más norteño, denominado el Lineamento de Guanacaste (Lámina 3), se extiende hacia el sudeste desde cerca de la terminación del norte de la Península de Nicoya hasta el margen de las rocas máficas en la parte norteña del área Quepos cerca de San Rafael. Las anomalías gravimétricas de Bouguer disminuyen 40 mGal hacia el noroeste al cruzar el lineamento; se observa en el mapa de anomalías isostáticas (Lámina 4) que este mismo lineamento se puede indentificar pero no se extiende hacia el sur y los valores disminuyen aproximadamente 30 mGal hacia el noreste.

Al sudeste, una zona con gradiente muy inclinado y con rumbo noroeste coincide con una zona de fallas. Esta facción, denominada el Lineamento del Puerto de Cortez, separa las áreas de Osa y Burica del área de la Fila Costeña (Lámina 3) y se extiende, desde cerca de Domenical, unos 150 km hacia el sudeste, hasta Panamá. Los valores de anomalías de Bouguer e isostáticos disminuyen hacia el noreste al cruzar el lineamiento. El Lineamento de Puerto Cortez puede representar la extensión interrumpida del Lineamento de Guanacaste.

RIVAS AREA
AREA DE RIVAS

SANTA ELENA AREA
AREA DE SANTA ELENA

SANTA MARIA AREA
AREA DE SANTA MARIA

UPALA AREA
AREA DE UPALA

CORDILLERA DE TILARAN AND MONTES DEL AGUACATE AREA
AREA DE LA CORDILLERA DE TILARAN Y LOS MONTES DEL AGUACATE

CORDILLERA CENTRAL AREA
AREA DE LA CORDILLERA CENTRAL

NICOYA AREA
AREA DE NICOYA

QUEPOS AREA
AREA DE QUEPOS

SEDIMENTARY BASIN
CUENCA SEDIMENTARIA

GUANACASTE LINEAMENT
LINEAMENTO DE GUANACASTE

OCEANO PACIFICO

Base from U.S. Defense Mapping Agency, Tactical Pilotage Chart K-25C, 3rd. edition

Base de la Agencia U.S. Defense Mapping, Carta de Pilotaje Táctico K-25C, 3ra. edición

1:500 000

10 0 10 20 30 40 50 KILOMETROS

PLATE 3.—COMPLETE BOUGUER GRAVITY ANOMALY MAP OF COSTA RICA, WITH FREE-AIR ANOMALIES OFFSHORE

SCITEX[1] color plates prepared by D. S. Aitken; gravity anomaly areas digitized by D. F. Huber, 1986

Láminas de color de SCITEX[1] preparados por D. S. Aitken; interpretacion gravimetica digitalizada por D. F. Huber, 1986

LAMINA 3.—MAPA DE ANOMALIAS DE LA GRAVEDAD BOUGUER COMPLETA DE COSTA RICA CON ANOMALIAS DE AIRE LIBRE EN ALTA MAR

EXPLANATION

- **Gravity contours**—Contour interval 10 milligals
- **Gravity station**
- **Outline of areas discussed in text**—Dashed in areas of poor control
- **Gravity lineament**
- **Outline of areas with no gravity control**
- **Cross section A–A' shown on figure 4**

EXPLICACION

- **Líneas de nivel gravimétrico**—Intervalo de lineas es 10 miligales
- **Estación gravimétrica**
- **Delineación de áreas discutidas en el texto**—Indicado con rayitas en áreas con poco control
- **Lineamento gravimétrico**
- **Delineación de áreas sin control gravimétrico**
- **Sección transversal A–A' presentada en la Figura 4**

GRAVITY METHODS

The following standard gravity corrections were made to all the data: (1) Earth-tide correction, which removes the effect of the tidal attraction of the sun and moon: (2) instrument drift correction; (3) free-air correction, which accounts for the fact that each station is at a different elevation; (4) simple Bouguer correction, which accounts for the attraction of rock material between the station and sea level; (5) latitude correction, which takes into account the variation of the Earth's gravity at sea level with latitude; and (6) curvature correction, which corrects for the effect of the Earth's curvature. Data were reduced for a density of 2.67 g/cm^3 using the Geodetic Reference System of 1967 (International Union of Geodesy and Geophysics, 1971) and referenced to the International Gravity Standardization Net 1971 gravity datum (Morelli, 1974).

LaCoste and Romberg gravity meter G614[1] with a calibration factor of 1.00038, in addition to the factory calibration tables, was used in a regional gravity survey of part of Costa Rica in 1986. Performance and calibration of the gravity meter were checked on mountain calibration loops in California and Nevada (Ponce and Oliver, 1981) prior to and after the Costa Rican field work. All gravity readings were made at bench marks, spot elevations, or altimetric survey points. Bench marks are considered accurate to within about 0.5 m; spot elevations and altimetric survey points are considered accurate to within about 3 m. A 3 m uncertainty in elevation results in a Bouguer and isostatic anomaly uncertainty of about 0.6 mGal, which is well below the acceptable error for most regional gravity work. Other gravity data are collected by H. R. Blank and S. L. Robbins on Vulcan Irazu and in the vicinity of San Jose in 1965 (U.S. Geological Survey, written commun., 1986).

Terrain corrections are usually made at each gravity station to remove the effect of the surrounding topography. Two terrain correction systems are generally in use at present. Hayford and Bowie (1912) devised a system that divides the terrain surrounding a gravity station into zones and compartments. In practice, calculating a terrain correction is accomplished by placing a transparent template, centered at a gravity station on the largest scale topographic map available, estimating the average elevation within each compartment, and calculating the gravity effect for each compartment. The circular rings on the template divide the topography into lettered zones and the radial lines divide each zone into equal compartments. The second system, devised by Hammer (1939), was modeled after the Hayford-Bowie system of 1912 and was designed to obtain equidimensional compartments by relating the ratio of the outer and inner radii of a zone to the width of the compartments in that zone. Hammer believed that this second method maximized accuracy while minimizing the total number of compartments.

Modern terrain corrections are considered to be a three part process: (1) the estimation of the innermost or field terrain correction, (2) the calculation of the inner-zone correction, and (3) the calculation of the outer-zone terrain correction by computer analysis.

Because topographic contour maps do not usually show the detail required near a gravity station, the innermost terrain correction is estimated in the field with the aid of templates and charts, or sketched and later calculated in the office. The innermost zones correspond to zones A and B of Hayford and Bowie (1912) with an outer radius of 68 m (223 ft), or to zones A, B, and C of Hammer (1939) with an outer radius of 53 m (175 ft).

The inner-zone corrections are calculated by estimating average compartment elevations using a transparent template based on either the zones of Hayford and Bowie (1912) or Hammer (1939). The inner zones generally correspond to zones C, D, E, and F of Hayford and Bowie (1912) with an outer radius of 2.29 km (7,513 ft), or to zones D, E, F, G, and H of Hammer (1939) with an outer radius of 2.61 km (8,578 ft).

The outer-zone terrain correction, which extends from the outer radius of the inner-zone correction to a radial distance of 166.7 km (zone 0 of Hayford and Bowie, 1912), is computer calculated using a digital elevation model and a method designed by Plouff (1977). The starting radius of a computer terrain correction is a function of the accuracy and availability of a digital elevation model. The computer terrain correction may start as close as 590 m (outer radius zone D of Hayford and Bowie, 1912) from a station provided digital terrain data are available with average elevations estimated on a 0.25-minute geographic grid.

Because manual terrain corrections are tedious and time consuming, and only a 3-minute average elevation model is available for Costa Rica, a 3-minute digital elevation model (fig. 3) was used to make a preliminary estimate of the terrain corrections from a radius of 0.0 to 166.7 km.

Data were contoured by computer based on a 2-km grid derived from the scattered data points. The map has been edited for gross errors, however, spurious anomalies may be introduced by computer contouring in areas of widely scattered data points. Anomalies that reflect the gravitational field at only a single station are suspect.

SOURCES OF DATA

Offshore gravity data have been collected by Oregon State University, Lamont-Doherty Geological Observatory, Woods Hole Oceanographic Institution, and others and are available from the U.S. National Geophysical Data Center. Land data have been collected by the Instituto Geografico Nacional, Refinadora Costarricense de Petroleo, and Instituto Costarricense Electricidad and are also available from the U.S. National Geophysical Data Center. Additionally, data have been collected by the U.S. Geological Survey (D. A. Ponce, 1986; R. H. Blank and S. L. Robbins, written commun., 1986). Proprietary data on the Atlantic margin of Costa Rica were also used to produce the contour map. Station locations of proprietary data have not been shown.

[1]Any use of trade names is for descriptive purposes only and does not imply endorsement by the U.S. Geological Survey.

METODOS GRAVIMETRICOS

Las siguientes correcciónes gravimétricas estandares han sido aplicadas a todos los datos: (1) correción de la marea terrestre, la cual remueve el efecto de la atracción mareal del sol y la luna; (2) corrección de cambios (drift) de calibración de instrumento; (3) corrección de aire libre, la cual compensa para la diferencia entre las elevaciones de las estaciones; (4) corrección de Bouguer simple, la cual compensa para la atracción de rocas entre la estación y el nivel del mar; (5) corrección de latitud, la cual compensa la variación de la gravedad terrestre al nivel del mar en diferentes latitudes; (6) corrección de la curvatura global de la tierra. Los datos han sido reducidos para una densidad de 2.67 g/cm^3 usando el Sistema de Referencia Geodético de 1967 (International Union of Geodesy and Geophysics, 1971) y referenciados al dato gravimétrico de 1971 de la Red de Estandarización Gravimétrica Internacional (Morelli, 1974).

Un gravímetro tipo La Coste Y Romberg G614[1] con un factor de calibración de 1.00038, en adición a los cuadros de calibración de la fábrica, se usó en un reconocimiento gravimétrico regional de Costa Rica en 1986. El funcionamiento y calibración del gravímetro se comprobaron por medio de una red de calibración en las montañas de California y Nevada (Ponce y Oliver, 1981) antes y despues del trabajo de campo. Todas las medidas se realizaron en los "bench mark", puntas de elevación "spot" ("spot elevations") o puntos de elevación altimétrica. Los "benchmark" se consideran exactos a aproximadamente 0.5 m; puntos de elevación "spot" y de altímetros se consideran exactos a aproximadamente 3 m. Una incertidumbre de 3 m en la elevación resultaría en una incertidumbre de aproximadamente 0.6 mGal en las anomalías de Bouguer e isostáticas, siendo un valor suficiente menos que el error aceptable para la mayoría de los estudios gravimétricos regionales. Otros datos gravimétricos se recolectaron del Volcan Irazu y en las acercas de San Jose por H. R. Blank y S. L. Robbins en 1965 (U.S. Geological Survey, communicación escrita, 1986).

Correcciones del terreno típicamente se realizan en cada estación gravímetrica para remover el efecto de la topografía cercana. En el presente se usan dos métodos de correción del terreno. Hayford y Bowie (1912) desarrollaron un sistema que divide el terreno cerca de la estación entre zonas o compartimientos. En práctica, una corrección del terreno se calcula por medio de poner un patrón transparente sobre la estación en un mapa topográfico a la escala más mayor disponible, y estimar la elevación promedio dentro de cada compartimiento y al tiempo calculando el efecto gravimétrico de cada celda. Los anillos circulares del patrón dividen la topografía en zonas denominadas alfabeticamente y las líneas radiales dividen las zonas en compartimientos con área igual. Un segundo sistema, desarollado por Hammer (1939), fue modelado según el sistema de Hayford-Bowie de 1912 y se diseñó para obtener compartimientos equidimensionales por medio de relacionar la razón entre los radios interiores y exteriores de una zona con el anchura de los compartimientos en la zona. Hammer consideraba que este segundo método aprovecha a lo máximo la exactitud y disminuye el número de compartimientos.

Las correcciones del terreno modernas se consideran como un proceso en tres partes: (1) el cálculo de la corrección del terreno más interior o de campo; (2) el cálculo de la corrección del terreno de la zona interior; y (3) el cálculo de la corrección del terreno de la zona exterior (periférica), realizada con análisis de computadora.

Porque los mapas topográficos generalmente no son suficiente detallados para realizar la corrección del campo cerca de la estación gravimétrica, el cálculo se aproxima en el campo utilizando patrones y tablas, o se dibuja y se calcula posteriormente en la oficina. La zona más interior corresponde con las zonas A y B de Hayford y Bowie (1912), con un radio exterior de 68 m, o con las zonas A, B y C de Hammer (1939), con radio exterior de 53 m.

Las correciones de la zona interior (parte 2) se realizan por medio del cálculo de la elevación promedio de los compartimientos, usando un patrón transparente basado en las zonas de Hayford y Bowie (1912) o las de Hammer (1939). La zona interior generalmente corresponde con la zonas C, D, E y F de Hayford y Bowie (1912), con radio exterior de 2.29 km, o con las zonas D, E, F, G, y H de Hammer (1939), con radio exterior de 2.61 km.

La correción de la zona exterior, la cual abarca la distancia desde el radio exterior de la zona interior hasta la distancia radial de 166.7 km (zona 0 de Hayford-Bowie, 1912), se calcula por computadora usando un modelo de elevaciones digitalizadas y un método desarrollado por Plouff (1977). El radio inicial de la corrección de terreno por computadora es una función de la exactitud y disponabilidad del modelo de terreno digitalizado. La corrección de terreno por computadora puede iniciarse tan cerca como 590 m de la estación (radio exterior de zona D de Hayford y Bowie, 1912), presumiendo que los datos de terreno digitalizados están disponibles juntos con elevaciones promedios calculados en una red geográfica con intervalo de 0.25 minutos.

Siendo que las correciones de terreno manuales son muy laboriosas y que hay disponible para Costa Rica solo un modelo de elevación promedio con intervalo de 3 minutos, se ha usado en el cálculo preliminar de las correcciones de terreno entre los radios de 0.0 a 166.7 km, un modelo de elevación digitalizado de 3 minutos (Figura 3).

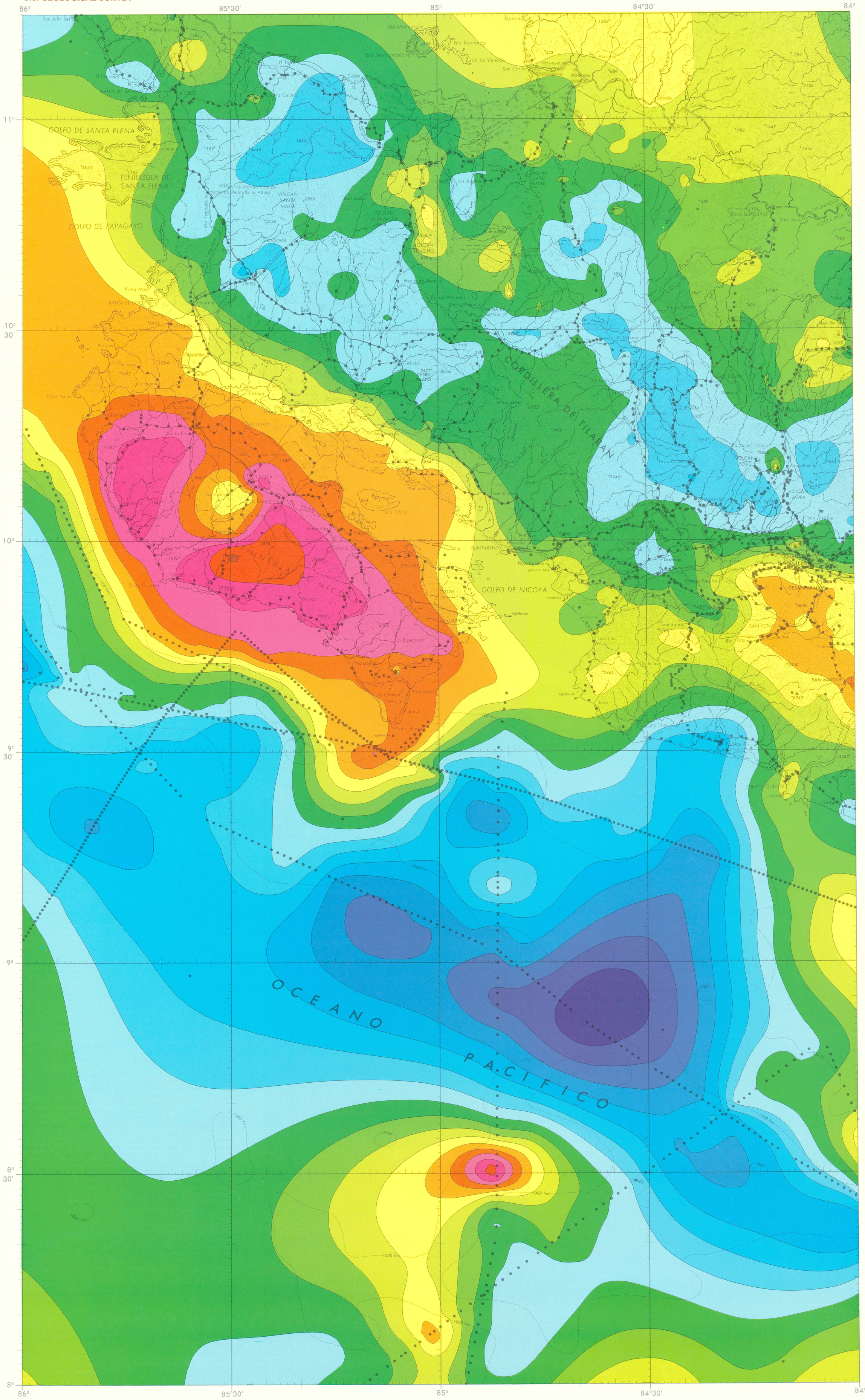
Las líneas de nivel de los datos se confeccionaron con computadora a base de una red con intervalo de 2 km, derivada de los esparcidos puntos de datos. El mapa ha sido revisado para eliminar errores grandes; aún, anomalías espúreas pueden introducirse en áreas con puntos de datos muy separados al delinear con computadora las líneas de nivel. Anomalías que reflejan el campo gravimétrico a base de solo un punto son sospechosas.

FUENTES DE DATOS

Datos gravimétricos de la zona marina han sido recolectados por Oregon State University, Lamont-Doherty Geological Observatory, Woods Hole Oceanographic Institution y otros. Datos de la tierra han sido recolectados por el Instituto Geográfico Nacional, Refinadora Costarricense de Petróleo y el Instituto Costarricense de Electricidad. Todos los datos están disponibles al pedir del U.S. National Geophysical Data Center. Adicionalmente, datos han sido recolectados por el U.S. Geological Survey (Ponce, 1986; R. H. Blank y S. L. Robbins, communicación escrita, 1986). Datos propietarios del borde Atlántico de Costa Rica también han sido usados para eleborar el mapa de líneas de nivel. Las ubicaciones de las estaciones de datos propietarios no se presentan en el mapa.

[1]Uso de marca de fábrica es solo para descripción y no consituye endorso de parte del U.S. Geological Survey

DEPARTMENT OF THE INTERIOR
U.S. GEOLOGICAL SURVEY



Base from U.S. Defense Mapping Agency, Tactical Pilotage Chart K-25C, 3rd. edition

Base de la Agencia U.S. Defense Mapping, Carta de Pilotaje Táctico K-25C, 3ra. edición

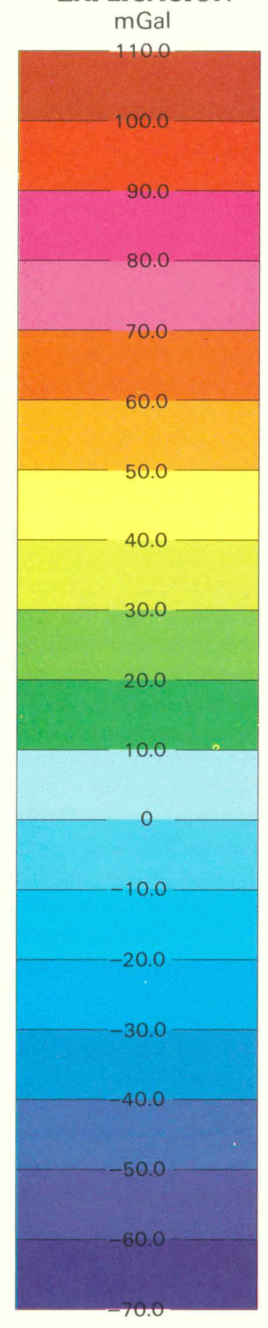
1:500 000

10 0 10 20 30 40 50 KILOMETROS

PLATE 4.—ISOSTATIC GRAVITY ANOMALY MAP OF COSTA RICA WITH FREE-AIR ANOMALIES OFFSHORE

EXPLANATION

EXPLICACION



Gravity contours, in milligals— Contour interval 10 milligals

Gravity station

Líneas de nivel gravimétrico, en miligales— Intervalo de líneas es 10 miligales

Estación gravimétrica

Isostatic corrections which remove long wavelength variation of the gravity field due to deep sources are based on Airy-Heiskanen isostatic compensation (Heiskanen and Vening Meinesz, 1958) with an assumed upper-crustal density of 2.67 g/cm^3, a crustal thickness of 25 km, and a density contrast between the lower crust and upper mantle of 0.4 g/cm^3 (Jachens and Griscom, 1985). A 3-minute average elevation model (fig. 3) was used to calculate the isostatic effect from 0.0 to 166.7 km using a program by Simpson and others (1983). A combined topographic and isostatic correction for all regions beyond 167 km were derived from maps of Karki and others (1961) averaged at 1-degree intervals.

Data were contoured by computer based on a 2-km grid derived from the scattered data points. The map has been edited for gross errors; however, spurious anomalies may be introduced by computer contouring in areas of poor control. Anomalies that are controlled by only a single station are suspect.

Correcciones isostáticas que remueven la variación de la longitud de onda larga del campo gravimétrico, resultado de fuentes profundas, están basadas en la compensación isostática Airy-Heiskanen (Heiskanen y Vening Meinesz, 1958) presumíendo una densidad de la corteza superior de 2.67 g/cm^3, un espesor de la corteza de 25 km y un contraste de densidad entre las partes superior e inferior de la corteza de 0.4 g/cm^3 (Jachens y Griscom, 1985). El modelo de elevación promedio con intervalo de tres minutos (Figura 3) ha sido usado para calcular el efecto isostático desde 0.0 a 166.7 km, usando un programa desarrollado por Simpson y otros (1983). Una corrección combinada incluyendo topográficas e isostáticas para todas las regiones fuera de un radio de 167 km ha sido derivada de mapas de Karki y otros (1961), con un intervalo promedio de 1 grado.

Las líneas de nivel de los datos se confeccionaron con computadora a base de una red con intervalo de 2 km, derivada de los esparcidos puntos de datos. El mapa ha sido revisado para eliminar errores grandes; aún, anomalías espúreas pueden introducirse en áreas con puntos de datos muy separados al delinear las líneas de nivel con computadora. Anomalías que reflejan el campo gravimétrico a base de solo un punto son sospechosas.

[1] Any use of trade names is for descriptive purposes only and does not imply endorsement by the U.S. Geological Survey.

[1] Uso de marca de fabrica es solo para descripcion y no consituye endorso de parte del U.S. Geological Survey

SCITEX[1] color plates prepared by D. S. Aitken, 1986

Láminas de color de SCITEX[1] preparados por D. S. Aitken, 1986

LAMINA 4.—MAPA DE ANOMALIAS DE LA GRAVEDAD DE COSTA RICA CON ANOMALIAS DE AIRE LIBRE EN ALTA MAR

The gravity lineament appears to be related to the apparent termination of gold and copper occurrences in Costa Rica. The southern extent of gold occurrences in the western Cordillera Central foothills and the northern extent of porphyry copper occurrences in the eastern Cordillera de Talamanca foothills are approximately defined by this lineament.

CRUSTAL SEISMIC-REFRACTION AND SEISMICITY DATA

Crustal seismic-refraction data, although limited, provide a framework for the regional gravity variations and were used in the construction of the gravity model (fig. 4). From analysis of small earthquakes, Matsumoto and others (1976, 1977) determined a crustal thickness of about 44 km in the vicinity of San José. They identified two main crustal layers: an upper layer, about 8 km thick, having a velocity of about 5.1 km/sec, and a lower layer, about 36 km thick, in which the velocity increases from 6.1 to 6.6 km/sec. In general, mantle velocity is about 7.9 km/sec. Near the Golfo de Nicoya, 7 km of material (mainly sedimentary rocks) having velocities of 5.0 km/sec, or less, overlies 13 km of 5.9 km/sec material, which, in turn, overlies material having velocities of 6.4 km/sec (lower crust); mantle velocities were not detected (Buffler and others, 1985). Offshore, in the vicinity of the southern Nicoya peninsula, a crustal layer, about 30 km thick, having velocities of 5.9 to 6.5 km/sec, overlies mantle having a 7.9 km/sec velocity. Farther to the southwest, across the Middle America trench, the depth to the Mohorovicic discontinuity is 10 to 15 km, normal for oceanic crust (Buffler and others, 1985). Deep Sea Drilling Project hole 565, just landward of the Middle America trench, bottomed in Miocene deposits at a depth of 3,428 m after penetrating 328 m of sedimentary strata.

Epicenters, sizes, and depths of earthquakes in the Caribbean region between 1964 and 1982 were compiled by Pennington and others (in press). Figure 5 shows earthquakes having magnitudes greater than 4.5 in and near Costa Rica. Most of the earthquakes are associated with subduction at the Middle America trench and transform faulting along the Panamá fracture zone, which separates the Cocos and Nazca plates.

There are three important features that affect the regional tectonic setting of Costa Rica. First, the frequency of earthquakes diminishes markedly in northern Costa Rica as compared with areas to the northwest. Second, the earthquake frequency diminishes greatly just east of the border with Panamá, where the Panamá fracture zone intersects the filled Middle America trench. Third, few earthquakes having focal depths greater than 70 km have occurred in central Costa Rica (Mora, 1983). This difference in the frequency of earthquakes probably represents differences in relative rates of convergence across the Middle America trench: fast convergence (about 7–9 cm/yr) northwest of Costa Rica; intermediate convergence (about 3–5 cm/yr) across most of Costa Rica; and slow convergence (about 1–3 cm/year) east of the Panamá fracture zone south of Costa Rica.

In addition to the gravity lineament and the seismicity gap described previously a second northeast-trending seismic gap is shown by the 1964–1982 data in northern Costa Rica along a strip that extends from the southern Nicoya peninsula northeast to the northern boundary of Costa Rica (fig. 5). This seismic gap remains unexplained.

INTERPRETATION OF MAGNETIC ANOMALIES

Aeromagnetic surveys are available for three areas of Costa Rica: the Pacific coastal region (de Boer, 1974), an area over part of the northeastern Cordillera de Talamanca (Government of Costa Rica, written commun., 1986), and the Caribbean coastal region (de Boer, 1974). In zones of steepened magnetic gradient some groups of anomalies and single anomalies have been identified on plate 5 for the purpose of this discussion.

PACIFIC COASTAL REGION

The aeromagnetic survey of the Pacific coastal region was flown for the United Nations Development Project and the Costa Rican government. The survey was drape-flown, and terrain clearance was 150 m; east-west flightlines were spaced at 1-km intervals. De Boer (1979) produced a residual anomaly map and a comprehensive interpretation. We have reinterpreted the data in some areas.

Many of the prominent negative anomalies are paired with large magnetic highs on plate 5, and probably are edge or polarization effects, however, a few negative anomalies represent reversed magnetization of rocks probably dating from Cretaceous time. Many of the rock samples measured in the laboratory have a remanent magnetization in a direction reversed from the present magnetic field of the Earth.

An obvious magnetic "grain" appears in various segments of the aeromagnetic map. In the southern part of the Nicoya peninsula, linear features trend east-west; in the central part, trends are northwest; in the north-central part, near Bahía Coco, trends are east-northeast; and near the Santa Elena peninsula and to the north, trends are dominantly east-west. The cause of this magnetic "grain" is not fully understood because the geology in these areas has not been mapped in sufficient detail.

Many of the north-trending faults (pl. 2) in the southern part of the Nicoya peninsula are not reflected by offsets in magnetic anomalies. This suggests that displacements are relatively small and any sedimentary deposits covering the mafic complex near faults are relatively thin.

LA CRUZ AREA

North of the Santa Elena peninsula, in the La Cruz area (pl. 5, area A), a group of east-trending magnetic highs of moderate amplitude occurs in an area covered by Paleogene and Late Cretaceous deposits. These highs are probably produced by east-trending mafic and ultramafic(?) rocks buried at depths of 1–3 km. De Boer (1979) correlated the largest high with an anticline, but the position of his anticlinal axis and that shown by Sáenz, (1982b) do not coincide.

SANTA ELENA AREA

On the Santa Elena peninsula (pl. 5, area B), south of a major east-trending fault, the partly serpentinized peridotite is locally overlain by or is in fault contact with patches of mafic volcanic rocks. The peridotite complex has a low mean susceptibility of about 0.0007 cgs units, and the volcanic rocks have a much higher mean susceptibility of 0.009 cgs units. The magnetic anomalies with high amplitude are mainly produced by basalt lying at shallow to moderate depth (0.5–1.5 km). Areas underlain by peridotite are characterized by anomalies of moderate amplitude with sources at similar depths. North of the east-west fault, an east-trending band of magnetic highs of moderate amplitude over an area of Paleogene sedimentary rocks indicates mafic-ultramafic rocks are buried at moderate depth.

Area B anomalies extend eastward across alluvium in the Río Tempisquita drainage, indicating that the ultramafic-mafic belt continues beneath the alluvial cover.

NICOYA AREA

The Nicoya area has been subdivided into areas C through G on plate 5 to distinguish terranes with different characters on the aeromagnetic map. From inspection of detailed aeromagnetic maps (de Boer, 1979), it is evident that virtually all of the high magnetic anomalies are caused by rocks that are exposed or are buried at very shallow depths (about 0.5–1.0 km). A large region on the Nicoya peninsula (area C) is characterized by high-amplitude magnetic anomalies over exposed mafic igneous rocks of the Nicoya complex. Rocks of the Nicoya area have susceptibilities between about 0.0009 to 0.0025 cgs units (de Boer, 1979). The high-amplitude, steep-gradient anomalies extend across large areas covered by Cretaceous and Tertiary sedimentary rocks and are undoubtedly caused by concealed mafic rocks. Other magnetic anomalies, including those having amplitudes greater than 400 gammas, extend from areas of mafic exposures across Cretaceous sedimentary rocks. Mafic pillow basalts and massive flows, and gabbro bodies on the Nicoya peninsula produce high-amplitude magnetic anomalies that trend east-west in the south, northwest in the central, and various directions in the northern part of the peninsula. These anomalies may reflect the dominant trends of flows or sills and most of which have shallow sources. Many of the high-amplitude closed lows in area C are probably polarization or edge effects; however, some very prominent northwest-trending lows of more than 400 gammas probably represent belts of reversely magnetized mafic rocks (de Boer, 1979). In some areas, the remanent magnetization is greater than the induced magnetization produced by the Earth's present field. The ratio of remanent (inherited) to induced magnetization ranges from 2:1 to 4:1. North-trending faults, including the major fault near the eastern end of the peninsula that separates mafic rocks from Cretaceous deposits, have little or no signature in the magnetic data.

Several elongate high-amplitude anomalies and one major magnetic low are the most prominent magnetic features of the region near San Antonio (area D). The anomalies trend west-northwest to northwest and have amplitudes as great as 2,700 gammas (de Boer, 1979). Some of the anomalies occur over exposed mafic rocks, but most of area D is covered by folded Cretaceous or Paleogene strata or by alluvium. Some of the magnetic highs coincide with anticlinal axes in the sedimentary sequence, indicating that mafic rocks constitute a part of the anticlinal cores. The large low in the western part of area D may, in part, be an edge effect or may be caused by thick sedimentary fill, but its breadth and position, with respect to adjacent highs, suggests that at least part of the low is an expression of reversed remanent magnetization.

An isolated group of northwest-trending high-amplitude anomalies is present north of the Río Tempisque (area E). This group of anomalies termed the Cachimbas complex by de Boer (1979), is caused by mafic intrusive and extrusive rocks. Only a few small patches of mafic rocks are exposed through the alluvial deposits and Cretaceous and Paleogene strata that cover most of area E. The average susceptibility of the volcanic rocks is 0.014 cgs units (de Boer, 1979).

Area F, which includes part of the Culebra complex of de Boer (1979), has east-west-trending anomalies in the southern part, northwest anomalies in the west central part, and east-northeast anomalies in the northern part. The amplitudes are generally moderate, but one anomaly has an amplitude greater than 400 gammas. Mafic volcanic and intrusive rocks crop out in much of area F. From the magnetic data, de Boer (1979) identified a fracture zone, here termed the Bélen lineament, that trends east-northeast; he inferred right-lateral displacement along the zone. The north edge of areas F and G is defined by a lineament parallel to the Bélen lineament.

Area G, near Bahía el Coco, is characterized by magnetic anomalies with amplitudes as high as 1,800 gammas. These anomalies are produced by mafic intrusive and extrusive rocks of the Culebra complex which have susceptibilities of 0.002 to 0.075 cgs units; the average susceptibility value for 18 samples of mafic rock is 0.004 cgs units, and the average ratio of remanent to induced magnetization is about 0.8:1. The magnetic anomalies trend both northeast and northwest.

Una tercera zona con rumbo noroeste forma el borde noreste de la anomalía de la Fila Costeña, denominado el Lineamento de San Isidro. Este se extiende unos 70 km hacia el sudeste hasta Buenos Aires. Los valores de las anomalías de Bouguer e isostáticas disminuyen hacia el sudoeste, indicando que el área de la Fila Costeña es un graben o una cuenca asimétrica.

Facciones en ambos los mapas de anomalías de Bouguer e isostáticas sugieren la presencia de un lineamento gravimétrico mayor que se extiende a través de Costa Rica. Este lineamento que separa el norte y sur de Costa Rica puede ser la expresión de una zona de fractura mayor con rumbo noreste, como se ha discutido por Ludington y otros (ésta obra). Las evidencias geofísicas de esto incluyen lo siguiente: (1) la anomalía negativa principal de la Fila Costeña se termina cerca de Quepos; (2) la grande anomalía gravimétrica negativa de la Cordillera Central parece terminarse en la región de Tucurrique-Siquerres; y (3) la anomalía negativa principal en la Cuenca de Limón se termina en la región de Matina.

El mapa geológico (Lámina 2) muestra una difusa zona de fallas con rumbo noreste extendida a través de Costa Rica desde el área de Quepos, en el lado Paicífico, hasta la Cuenca de Limón, en el lado del Caribe. Este sistema de fallas delimita la extensión más meridional de la faja de los grandes volcanes Cuaternarios. Stoiber y Carr (1974) y Carr (1984) han descrito la segmentación de la faja Mesoamericana vulcánica, extendida desde México hasta Costa Rica. La evidencia soportando la segmentación incluye las diferencias de sismicidad, diferencias en el buzamiento de la zona Benioff y desplazamientos de las líneas de volcanes. El borde sudeste del segmento en Costa Rica como definido por Stoiber y Carr (1974) es también un gap sísmico (Pennington y otros, en prensa; Figura 5). Esta segmentación ha sido atriubuida a diferencias en el buzamiento de la zona Benioff y a las razones de convergencia. En cuanto al borde del segmento propuesto en Costa Rica, la subducción de la Serranía del Coco con rumbo noreste puede también hacer papel importante (Burbach y otros, 1984).

El lineamento gravimétrico parece estar relacionado con la aparente terminación de las ocurrencias de oro y cobre en Costa Rica. La extensión meridional de las ocurrencias de oro en las colinas occidentales de la Cordillera Central y la extensión norteña de las ocurrencias de pórfido de cobre en las colinas orientales de la Cordillera de Talamanca están definidas aproximadamente por este lineamento.

DATOS DE REFRACCION SISMICA Y SISMICIDAD DE LA CORTEZA

Los datos de refracción sísmica de la corteza, aunque limitados, provienen un marco para las variaciones regionales de la gravedad y se han usado también para construir el modelo gravimétrico (Figura 4). Matsumoto y otros (1976, 1977) determinaron a base de análisis de terremotos pequeños que la corteza tiene un espesor de aproximadamente 44 km en las cercanías de San José. Identificaron también dos capas mayores de la corteza: una capa superior con espesor de aproximadamente 8 km, mostrando una velocidad de 5,1 km/seg, y una capa inferior con espesor de aproximadamente 36 km, en el cual la velocidad aumenta desde 6,1 hasta 6,6 km/seg. Generalmente, la velocidad del manto es aproximadamente 7,9 km/seg. Cerca del Golfo de Nicoya, 7 km de material (principalmente rocas sedimentarias) con velocidades de 5,0 km/seg o menos, sobreyacen 13 km de material con velocidad de 5,9 km/seg, los cuales sobreyacen materiales con velocidades de 6,4 km/seg (corteza inferior); no se observaron velocidades del manto (Buffler y otros, 1985). En alta mar, cerca de la parte meridional de la Península de Nicoya, una capa de corteza con espesor de 30 km mostrando velocidades de 5,9 a 6,5 km/seg, sobreyace manto con velocidad de 7,9 km/seg. Más al sudoeste, cruzando la Fosa Mesoamericana, la profundidad de la discontinuidad de Mohorovicic es 10 a 15 km, lo cual es normal para corteza oceánica (Buffler y otros, 1985). La perforación No. 565 del Deep Sea Drilling Project (DSDP), logrado en la Fosa Mesoamericana al lado interior de la fosa, se fundió en depósitos del Mioceno a profundidades de 3.428 m después de haber penetrado 328 m de estratos sedimentarios.

Fueron recopilados por Pennington y otros (en prensa) los epicentros, tamaños y profundidades de terremotos acaecidos entre 1964 y 1982 en la región del Caribe. Figura 5 presenta los terremotos de magnitud más que 4,5 acaecidos en y cerca de Costa Rica. La mayoría de los terremotos están asociados con subducción en la Fosa Mesoamericana y affallamientos transformantes a lo largo de la Zona de Fractura de Panamá, la cual separa las placas del Coco y la de Nazca.

Hay tres facciones importantes que afectan el ambiente tectónico regional de Costa Rica. Primero, la frecuencia de terremotos disminuye notablemente en la parte norte de Costa Rica en comparación con las áreas al noroeste. Segundo, la frecuencia de terremotos disminuye mucho inmediatamente al este de la frontera entre Costa Rica y Panamá, donde la Zona de Fractura de Panamá cruza con la rellenada Fosa Mesoamericana. Tercero, han acaecido pocos terremotos con focos de profundidad más de 70 km en la parte central de Costa Rica (Mora, 1983). Esta diferencia en la frecuencia de terremotos probablemente representa diferencias entre las relativas razones de convergencia a través de la Fosa Mesoamericana: convergencia rápida (aproximadamente 7 a 9 cm/año) al noroeste de Costa Rica; convergencia intermedia (aproximadamente 3 a 5 cm/año) a través de la mayoría de Costa Rica; y convergencia lenta (aproximadamente 1 a 3 cm/año) al este de la Zona de Fractura de Panamá, al sur de Costa Rica.

Ademas del lineamento gravimétrico y el gap sísmico descritos previamente, un segundo gap sísmico con rumbo noreste se muestra por los datos de 1964–1982 en el norte de Costa Rica a lo largo de un área que se extiende hacia el noreste desde la parte sur de la Península de Nicoya hasta la frontera norteña de Costa Rica (Figura 5). Este gap sísmico sigue sin explicarse.

INTERPRETACION DE ANOMALIAS MAGNETICAS

Reconocimientos areomagnéticos existen para tres áreas de Costa Rica: la región costanera del Pacífico (de Boer, 1974), un área de la parte noreste de la Cordillera de Talamanca (República de Costa Rica, comunicación escrita, 1986), y la región costanera del Caribe (de Boer, 1974). En las zonas de gradientes magnéticos muy inclinados, algunos grupos de anomalías y anomalías singulares se han identificado en la Lámina 5 para complementar esta discusión.

REGION COSTANERA DEL PACIFICO

El vuelo del reconocimiento aeromagnético de la región costanera del Pacífico se logró para el Proyecto de Desarrollo de las Naciones Unidas y la República de Costa Rica. El reconocimiento se realizó a vuelo "drape-flown," con una elevación de 150 m sobre el terreno; las líneas de vuelo están orientadas este-oeste con intervalo de 1 km. De Boer (1979) elaboró un mapa de anomalía residual y una interpretación comprensiva. Se han reinterpretado los datos en algunas áreas en el presente estudio.

Muchas de las anomalías prominantes negativas están asociadas con grandes magnetismos altos en la Lámina 5 y probablemente son efectos de la orilla (periféricos) o de polarización; aún, algunas anomalías negativas representan magnetización reversada de rocas, probablemente del Cretácico. Muchas de las muestras de rocas medidas en el laboratorio demuestran magnetización remanente en el sentido reverso del campo magnético terrestre actual.

Un patrón magnético es aparente en varias partes del mapa aeromagnético. En la parte meridional de la Península de Nicoya se observan rasgos lineales con rumbo este-oeste; en la parte central los rumbos son al noroeste; en la parte nor-central, cerca de la Bahía Coco, rumbos son hacia el este-noreste; y cerca de la Península de Santa Elena y hacia el norte, los rumbos son más predominantemente hacia el este-oeste. La causa de esta disposición no está completamente entendida porque la geología en estas áreas no se ha cartografido a una escala suficientemente detallada.

Muchas de las fallas con rumbo norte (Lámina 2) en la parte meridional de la Península de Nicoya no se marcan por desplazamientos en las anomalías magnéticas. Esto sugiere que los desplazamientos son relativamente pequeños y que los depósitos sedimentarios recubriendo el complejo máfico cerca de las fallas son delgados.

AREA DE LA CRUZ

Al norte de la Península de Santa Elena, en el área de La Cruz (Lámina 5, área A), un grupo de anomalías magnéticas altas de amplitud moderada con rumbo este ocurre en un área cubierto por depósitos del Paleogeno y Cretácico Tardío. Dichas altas probablemente son resultado de la ocurrencia de rocas máficas y ultramáficas(?) con rumbo este, bajo la superficie a una profundidad de 1 a 3 km. De Boer (1979) correlacionó la alta más grande con un anticlinal, pero la posición del eje del anticlinal como él lo presenta no coincide con el presentado por Sáenz (1982b).

AREA DE SANTA ELENA

En la Península de Santa Elena (Lámina 5, área B), al sur de una falla mayor con rumbo al este, la peridotita parcialmente serpentinizada se encuentra sobreyacida por o está en contacto de falla con rocas vulcánicas máficas. El complejo de peridotita muestra un valor promedio de susceptibilidad bajo de unos 0,0007 unidades cgs, y las rocas vulcánicas muestran un valor promedio de susceptibilidad de unos 0,009 cgs. Las anomalías con amplitud alta resultan por lo más de basaltos ubicados a niveles bajo la superficie entre poco profundos a moderados (0,5 a 1,5 km). Las áreas fundidas con peridotita están caracterizadas por anomalías de amplitud moderada, con sus fuentes ubicadas a niveles semejantes. Al norte de la falla con rumbo este-oeste, una faja de magnetismos altos con amplitud moderada sobre un área de rocas sedimentarias del Paleogeno indica que rocas máficas-ultamáficas están enterradas a una profundidad moderada.

Las anomalías del área B se extienden hacia el este, atravezando aluvión en la cuenca hidrográfica del Río Tempisquita, indicando que la faja de rocas ultramáficas-máficas continua bajo del recubierto de aluvión.

AREA DE NICOYA

El área de Nicoya ha sido subdividido entre las subáreas C hasta G en la Lámina 5 para distinguir los terrenos con diferentes características en el mapa aeromagnético. Se pone de evidencia a base de estudios de mapas aeromagnéticos detallados (de Boer, 1979), que casi todas las anomalías magnéticas altas son resultado de rocas que están expuestas o enterradas a niveles muy someros (unos 0,5 a 1,0 km). Una región grande en la Península de Nicoya (área C) está caracterizada con anomalías magnéticas de amplitud alta, ubicadas sobre rocas ígneas máficas del Complejo de Nicoya. Rocas del área de Nicoya muestran susceptibilidades entre aproximadamente 0,0009 a 0,0025 unidades cgs (de Boer, 1979). Las anomalías con amplitud alta y gradiente muy inclinado se extienden a través de grandes áreas recubiertas por rocas sedimentarias Cretácicas y Terciarias y son indudablemente el resultado de rocas máficas escondidas. Otras anomalías magnéticas, inclusivo de las que muestran amplitudes que exceden 400 gammas, se extienden desde áreas de afloramientos de rocas máficas hasta depósitos Cretácicos. Los basaltos en almohadillas, coladas máficas masivas y cuerpos de gabro en la Península de Nicoya producen anomalías magnéticas con amplitud alta con rumbo, en el sur, de este-oeste y en la parte central, de

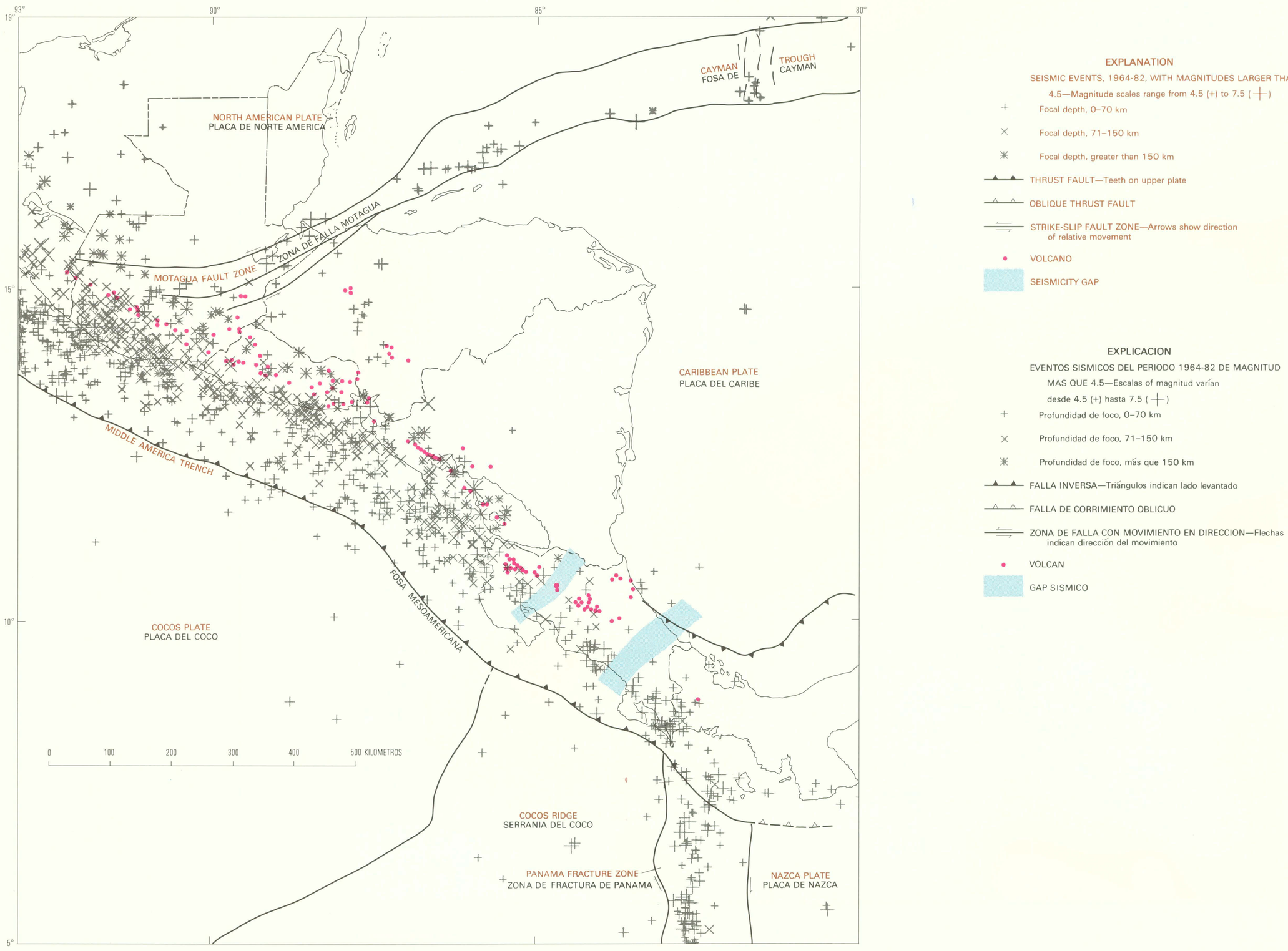


Figure 5.—Seismicity map of Costa Rica and adjacent areas.

Figura 5.—Map sísmico de Costa Rica y áreas adyacentes.

NORTHEASTERN CORDILLERA DE TALAMANCA

A detailed aeromagnetic survey was flown over a small area in the northeastern region of the Cordillera de Talamanca for CIMCA. The survey was flown northwest to southeast, at a mean terrain clearance of 500 m; flightlines were spaced at 1-km intervals. Magnetic anomalies in the area have a total range of about 2,400 gammas. Local magnetic highs as positive as 1,000 gammas and local lows as negative as –600 gammas were recorded. No regional field was removed.

The principal rock types in the southern part of this area are quartz monzonite to diorite plutons, Cretaceous(?) and Tertiary volcanic deposits, Tertiary sedimentary deposits, and Quaternary and (or) Tertiary volcanic rocks of variable composition, mainly andesitic to dacitic. Comparison of the geologic and aeromagnetic maps indicates that many of the plutonic rocks are moderately to strongly magnetic. Certain areas of plutonic rocks, such as in the Uri and Tilere areas, may be virtually nonmagnetic and have large relative lows of several hundred gammas. Numerous small aeromagnetic lows of 10–50 gammas result from terrain effects, rock alteration, or reversed magnetization of source rocks.

AREA OF RIO COEN LINEAMENT

The area covered by the aeromagnetic survey in the northeastern Cordillera de Talamanca is divided into two large segments by a major east-west-trending zone of steepened magnetic gradient, informally termed the Río Coen lineament (pl. 5) and thought to be related to a major fault zone, and a northwest-trending zone, termed the Río Broí lineament. The general level of the magnetic field south of the Río Coen lineament is about 300–400 gammas more negative than the field to the north. Several individual anomalies terminate along the Río Coen lineament. The lineament is a short distance north of the mapped contact of the Talamanca plutonic complex that trends roughly east-west, although this contact has been mapped as an irregular rather than linear contact. From the linearity of the magnetic features, especially on more detailed aeromagnetic maps, we propose that the lineament is a concealed or unrecognized fault or fault zone rather than an expression of the contact.

KASIR AREA

The area near Cerro Kasir (pl. 5, area H) has exposed Tertiary plutons, Cretaceous(?) and Tertiary(?) volcanic deposits, Tertiary volcanic rocks, and Tertiary sedimentary rocks (pl. 2). The area is dominated by a large positive anomaly mainly over volcanic and sedimentary rocks with local exposures of Tertiary plutonic rocks. The magnetic field is generally positive and includes highs of several hundred gammas or more; most of the anomalies are probably caused by plutons or volcanic rocks. The anomaly sources are shallow, 0.5–1 km beneath the surface; this indicates that sedimentary deposits and other nonmagnetic covering rocks are thin.

URI AREA

North of the Kasir area H, a large negative anomaly (about 300 gammas) is present near Cerro Uri (pl. 5, area J). The anomaly is mainly over plutons and partly over volcanic and sedimentary deposits. Although this low may be in part a polarization low related to the Kasir rocks to the south, it also has either a nonmagnetic or reversely magnetized source. If the source is relatively nonmagnetic, the original rock could have had a low magnetite content, or could have been affected by broad-scale hydrothermal alteration of the plutonic rocks.

CERRO BETSU AREA

In the area of Cerro Betsu and Cerro Biricuacua (pl. 5, area K), the principal mapped rocks are plutonic; several small volcanic centers occur in the area. Magnetic highs range from 100 to more than 300 gammas in amplitude and are mainly caused by the plutons. Some magnetic lows over Tertiary volcanic rocks may indicate reversed remanent magnetization.

A near circular anomaly near Cerro Siola in the eastern part of area K may indicate a distinct plutonic body. A small magnetic low (not apparent at this scale) occurs in the central part of the anomaly and may be caused by alteration.

RIO BROI AREA

North of the Río Coen lineament, near Río Broí and Cerro Jacsini (pl. 5, area L), a magnetic high is present over volcanic and sedimentary deposits and exposures of the plutonic complex. Magnetic lows to the north and east over volcanic rocks, sedimentary(?) strata, and plutonic bodies are probably caused by edge effects or alteration. The area is bounded on the northeast by the Río Broí lineament, a zone of steepened magnetic gradient trending northwest, that may indicate a concealed or unmapped fault zone.

CERRO PUNIBETA AREA

In the area near Cerro Punibeta and San José Cabecar (pl. 5, area N), a major west- to northwest-trending zone of magnetic highs occurs over exposed Cretaceous(?) and Tertiary volcanic rocks, plutons, small exposures of Tertiary volcanic rocks, and Tertiary sedimentary rocks. A few mapped fold axes trend west to northwest (Sáenz, 1982b). The steepness of gradients on the flanks of the anomalies indicate that the sources are shallow, 0.5–1 km below the surface. Granitoid rocks are exposed locally and are probably the source of some positive anomalies which have amplitudes as great as 500 gammas. In some parts of area N, anomalies trend westerly over a few exposures of granitoid rocks, and such a zone of magnetic highs may be bordered by faults. Elsewhere, small negative magnetic anomalies may indicate alteration zones.

TILERE AREA

Large relative negative anomalies (–200 gammas) occur in the area north of the Río Coen lineament, near the town of Tilere and Cerro Dichata (pl. 5, area O). The lows are present over Cretaceous(?) to Tertiary volcanic and sedimentary rocks, Tertiary volcanic rocks, and small plutons. The northern margin of the largest low coincides with an arcuate south-dipping thrust fault (pl. 2). A northeast-trending high crosses most of the magnetic low and may indicate fault-bounded uplifted blocks of plutons or dikelike bodies; northeast- to north-northeast-trending faults have been mapped in the area. The main low could be related to alteration, but polarization or edge effects probably are the principal source, and sedimentary rocks may be thick in the area. A low northwest of part of area N overlies Tertiary volcanic rocks, and remanent magnetization as well as edge effects from the adjacent highs may affect it.

FILA DE MATAMA AREA

The Fila de Matama area is mainly one of Cretaceous(?) and Tertiary volcanic rocks, small areas of Neogene sedimentary rocks, and a few small plutons (pl. 5, area P). Relative magnetic highs range from 100 to more than 200 gammas in amplitude. Steep to moderate gradients indicate burial to depths of 0.5–3 km, but shallow sources are the most common. Positive anomalies of about 100 gammas in an area near Cerro Dichibeta coincide closely with exposures of plutons. Positive anomalies of more than 100 gammas in some areas occur over Tertiary volcanic rocks and, presumably, are caused by them; some negative anomalies over these rocks may indicate reversed magnetization. The largest low in the Fila de Matama area includes the site of the Río Nari copper deposit, and may be in part related to large-scale hydrothermal alteration. There are numerous small lows within the larger low; some of the small lows occur near mineral occurrences and may correlate with areas of intense alteration.

RIO BANANO

In the northern part of the Cordillera de Talamanca near Río Banano (pl. 5, area Q), Cretaceous(?) and Tertiary volcanic and sedimentary rocks and a few small areas of intrusive rocks are exposed. Magnetic anomalies range from about 100 to 200 gammas in amplitude, and gentle gradients indicate depths of 1–3 km to most sources. In the northernmost part of area Q, one anomaly has a shallower depth (0.5–1 km) and an amplitude of more than 200 gammas, perhaps indicating a plutonic or volcanic source. Another high of about 200 gammas, in the southwestern part of area Q, roughly coincides with the axis of a mapped anticline in the Paleogene sequence (Sáenz, 1982b). A large low in the central part of area Q which is interrupted by small highs, may indicate greater depth to magnetic basement (thicker sedimentary sequence), altered basement rocks, or reversed magnetization of basement rocks.

CARIBBEAN COASTAL REGION

Residual magnetic anomalies for the Caribbean coastal region were compiled by de Boer (1974; survey parameters were not given). The area includes most of the Limón basin, a folded and faulted basin in which numerous oil and gas exploration wells have been drilled. Principal folds and faults trend northwest, and many thrust faults dip southwest. This deformed belt continues offshore from Costa Rica and Panamá, and seismic-reflection data show that the Caribbean crust is being slowly subducted southward beneath the Costa Rica-Panamá block (Lu and McMillen, 1983). Several wells were drilled deeper than 3,000 m and no significant thickness of consolidated igneous rocks (potential source of magnetic anomalies) was penetrated (Sass and Neff, 1964). Most wells bottomed in Paleogene to Neogene sedimentary rocks. However, Gregorio Escalante (oral commun., 1986) reported that Pliocene to Recent(?) andesitic conglomerates of the Suretka Formation were penetrated in several wells and are a few hundred to more than 1,000 m thick. These andesitic conglomerates could cause magnetic anomalies. Aeromagnetic surveys in the Caribbean coastal region and vicinity were flown over an extensive area of Tertiary sedimentary rocks, alluvial deposits, and minor volcanic areas. The aeromagnetic map has been divided into four arbitrary anomaly areas (R, T, U, V) in the Caribbean coastal region and smaller anomaly groups can be identified in each of these areas. Most of the anomaly sources are buried at moderate depth (1–3 km), except in the extreme north, where a shallow source produces anomaly V.

LIMON BASIN AREA

In the Limón basin (pl. 5, area R) the dominant trend of magnetic anomalies in the southern part of the area is northwest and in the northern part of the area is more westerly. Anomaly amplitudes are 200 to more than 500 gammas and the gradients on the flanks of the positive anomalies indicate burial at depths of 1 km to more than 3 km. This is in agreement with drill-hole data which indicates that sedimentary sequences are as thick as 3 km. The nature of the rocks that are the source of the magnetic highs is unknown; in addition to the younger andesitic conglomerates, such as in the Suretka Formation, possible older and deeper sources may be present. In Panamá, along the same deformed belt, a thick sequence (thicker than 1,200 m) of Upper Cretaceous limestone and tuffaceous sandstone and shale includes a 270-m thick sequence of volcanic agglomerates in the upper part and a 90-m sequence of volcanic material in the lower part (Fisher and Pessagno, 1965). Similarly, the magnetic highs may represent buried Cretaceous volcanic sequences in the Limón basin.

Axes of some anticlines shown on the geologic map by Sáenz (1982b) do not coincide with magnetic highs; at several places the highs are over synclines. One possibile explanation is that the sources of the magnetic highs could be slices of magnetic Caribbean crust beneath a décollement such as that shown by Lu and McMillen (1983) on marine seismic profiles off Panamá.

A large magnetic low of more than 200 gammas in the southern part of the area is too large with respect to adjacent highs to be a simple polarization or edge effect. It coincides with a mapped syncline and probably is a reflection of greater depth to magnetic basement than that of adjacent areas.

Just to the north of this low, a transverse northeast-trending string of small highs (100 gammas) is caused by a relatively shallow and narrow magnetic body.

GUAPILES AND SIQUIRRES AREA

Anomalies in the area near Guapiles and Siquirres (pl. 5, area T) are similar to those in the Limón basin. Zones of magnetic gradients trend crudely east-west and amplitudes range from 200 to more than 400 gammas. Gradients indicate moderate depth of burial (1–4 km). Quaternary laharic deposits and alluvium cover the area, but sources of the magnetic anomalies are believed to be buried volcanic rocks.

AREA U

A large part of the northern Caribbean coastal region is covered by alluvium. Gradients on the flanks of the magnetic anomalies indicate burial at shallow to intermediate depths. Anomalies generally range from 200 to 400 gammas, but exceed 400 gammas in a few places. Patches of exposed volcanic rocks include alkalic lava flows, pyroclastic rocks, and laharic deposits.

Large magnetic lows, some more than 200 gammas in amplitude, in the Río Sucio and Tortuguero areas, are partly edge or polarization lows, however they may also indicate reversed remanent magnetization; the lows are probably indications that a greater depth to magnetic basement occurs here than in adjacent areas. Magnetic highs of more than 200 gammas in several areas correlate well with exposures of alkalic volcanic rocks. Similar magnetic highs in other areas are produced by exposed volcanic rocks that extend beneath alluvial cover.

AREA V

In the extreme northern part of area V, along the Nicaraguan border, two small anomalies exceed 400 gammas in amplitude. Steep gradients indicate shallow sources. Rocks mapped in the area are mainly Quaternary laharic deposits, but these very pronounced highs may indicate the presence of volcanic flows or shallow plugs.

noroeste y, en la parte norte de la península, con varios rumbos. Estas anomalías pueden ser manifestación de los dominantes rumbos de coladas o sills, la mayoría de las cuales tienen fuentes someras. Muchos de los bajos magnéticos cerrados, con amplitud alta, en área C son resultado de efectos de polarización o de la orilla (periféricos); aún, algunos bajos muy prominantes con rumbo noroeste que muestran más de 400 gamas probablemente representan fajas de rocas máficas con magnetismo reversado (de Boer, 1979). En algunas áreas el magnetismo remanente excede el magnetismo inducido, producido por el campo magnético terrestre actual. La razón de magnetismo remanente (heredado) con el magnetismo inducido es aproximadamente 2:1 a 4:1. Fallas con rumbo norte, inclusivo de la falla mayor cerca de la terminación oriental de la Península, entre rocas máficas y depósitos Cretácicos, tienen muy poco o ningun afecto en los datos magnéticos.

Varias anomalías elongadas de amplitud alta y una mayor con magnetismo bajo, son las facciones magnéticas más prominantes en la región cerca de San Antonio (área D). Las anomalías tienen rumbos de oeste-noroeste a noroeste y muestran amplitudes que alcanzan 2.700 gamas (de Boer, 1979). Algunas de las anomalías ocurren sobre afloramientos de rocas máficas, pero la mayoría del área D está recubierto con estratos plegados Cretácicos o Paleogenos, o con aluvión. Algunos magnetismos altos coinciden con los ejes de anticlinales en la secuencia sedimentaria, indicando que los núcleos de los anticlinales están constituidos por rocas máficas. El bajo grande presente en la parte occidental del área D puede ser, en parte, un efecto de la orilla, o el resultado de relleno de sedimentos de gran espesor, pero su alcance y posición con respecto a altos adyacentes sugiere que a lo menos parte del bajo es una expresión de magnetismo remanente reversado.

Un grupo aislado de anomalías con amplitud alta y rumbo noroeste se presenta al norte del Río Tempisque (área E). Este grupo de anomalías, denominado el Complejo de Cachimbas por de Boer (1979), es resultado de la presencia de rocas intrusivas y extrusivas máficas. Solamente unos pocos pedazos pequeñas de rocas máficas afloran por los depósitos aluviales y estratos Cretácicos y Paleogenos que cubren la mayoría del área E. El valor promedio de la susceptibilidad de las rocas vulcánicas es 0,014 unidades cgs (de Boer, 1979).

El área F, lo cual incluye parte del complejo Culebra de de Boer (1979), contiene anomalías con rumbo este-oeste en la parte sur, anomalías noroeste en la parte oeste-central y anomalías este-noreste en la parte norte. Las amplitudes son generalmente moderadas, pero una anomalía muestra una amplitud que excede 400 gamas. Rocas vulcánicas e intrusivas máficas afloran por mucho del área F. A base de los datos magnéticos, de Boer (1979) ha identificado una zona de fractura, denominada en esta obra el Lineamento de Bélen, con rumbo este-noreste; de Boer ha inferido un desplazamiento lateral dextral a lo largo de la zona. El borde norte de áreas F y G también se defina con un lineamento magnético paralelo con el lineamento Bélen.

El área G, cerca de la Bahía del Coco, está caracterizada con anomalías magnéticas con amplitudes que alcanzan 1.800 gamas. Estas anomalías son resultado de rocas intrusivas y extrusivas máficas del complejo Culebra que muestran susceptibilidades de 0,002 a 0,075 unidades cgs; el valor promedio de la susceptibilidad para 18 muestras de rocas máficas es 0,004 cgs, y el valor promedio de la razón de la magnetización remanente con magnetización inducida es aproximadamente 0,8:1. Las anomalías magnéticas tienen rumbos ambos noreste y noroeste.

PARTE NORESTE DE LA CORDILLERA DE TALAMANCA

Un reconocimiento aeromagnético detallado se realizó para CIMCA en un área pequeño en la región noreste de la Cordillera. El reconocimiento se voló con rumbo noroeste a sudeste, a una elevación promediando 500 m sobre el terreno; las líneas de vuelo tienen intervalo de un kilómetro. Las anomalías magnéticas en el área tienen rango total de unos 2.400 gamas. Altos magnéticos locales con valores tan positivos que 1.000 gamas y bajos magnéticos tan negativos que –600 gamas se notaron. Ningun campo regional se removió.

Los principales tipos de rocas en la parte meridional de ésta área son plutones de monzonita cuarcífera a diorita, depósitos vulcánicos Cretácicos(?) y Terciarios, depósitos sedimentarios Terciarios y rocas vulcánicas Cuaternarias y(o) Terciarias de composición variable, principalmente andesítica a dacítica. Comparaciones del mapa geológico y el mapa magnético indican que muchas de las rocas plutónicas son moderadamente a fuertemente magnéticas. Ciertas áreas de rocas plutónicas, como las áreas Uri y Tilere, son esencialmente no magnéticas y muestran grandes bajos relativos, con valores de varios cientos de gamas. Numerosos bajos aeromagnéticos pequeños de 10 a 15 gamas resultan de efectos de terreno, alteración de roca, o magnetización reversada de rocas fuente.

AREA DEL LINEAMENTO RIO COEN

El área incluido en el reconocimiento del noreste de la Cordillera de Talamanca está dividido entre dos segmentos grandes por: una zona mayor de gradiente magnético inclinado, con rumbo este-oeste, informalmente denominado el lineamento del Río Coen (Lámina 5) y considerado estar relacionado con una zona de falla mayor; y una zona con rumbo noroeste, denominada el lineamento del Río Broí. El nivel general del campo magnético al sur del lineamento del Río Coen es aproximadamente 300 a 400 gamas más negativo que él del campo al norte. Varias anomalías individuales se terminan a lo largo del lineamento Río Coen. El lineamento está a una poca distancia al norte del contacto del complejo plutónico de Talamanca que tiene rumbo más o menos este-oeste, aunque el contacto ha sido carografiado como un contacto irregular en vez de lineal. A base de la forma lineal de los rasgos magnéticos, especialmente como se observan en los mapas magnéticos más detallados, se propone que el lineamento es una falla o zona de falla escondida o no conocida, en vez de una expresión del contacto plutónico.

AREA DE KASIR

El área cerca de Cerro Kasir (Lámina 5, área H) tiene expuestos plutones Terciarios, depósitos vulcánicos Terciarios(?), rocas vulcánicas Terciarias y rocas sedimentarias Terciarias (Lámina 2). El área está dominado por una grande anomalía positiva, principalmente sobre rocas vulcánicas y sedimentarias, con afloramientos locales de rocas plutónicas Terciarias. El campo magnético es generalmente positivo e incluye altos de varios cientos de gamas o más; la mayoría de anomalías probablemente resultan de plutones o rocas vulcánicas. Las fuentes de las anomalías son someras, entre 0,5 a 1 km bajo la superficie; esto indica que los depósitos sedimentarios y las otras rocas no magnéticas son delgadas.

AREA DE URI

Al norte del área H de Kasir, una anomalía negativa grande (aproximadamente 300 gamas) está ubicada cerca del Cerro Uri (Lámina 5, área J). La anomalía ocurre principalmente sobre plutones y parcialmente sobre depósitos vulcánicos y sedimentarios. Aunque este bajo puede ser en parte un bajo de polarización relacionado con las rocas de Kasir al sur, también tiene una fuente no magnética o con magnetismo reversado. Si la fuente es relativamente no magnética, entonces la roca original podría haber contenido poca magnetita, o podría haber sido afectada por una amplia alteración hidrotermal de las rocas plutónicas.

AREA DEL CERRO BETSU

En el área del Cerro Betsu y Cerro Biricuacua (Lámina 5, área K), las rocas principales cartografiadas son plutónicas; varios centros vulcánicos pequeños ubican en el área. Altos magnéticos varían en amplitud desde 100 a más de 300 gamas y resultan principalmente de los plutones. La presencia de bajos magnéticos sobre las rocas vulcáncias Terciarias puede indicar magnetización remanente reversada.

Una anomalía casi circular, ubicada cerca del Cerro Siola, en la parte este del área K, puede indicar la presencia de un cuerpo plutónico distintivo. Un pequeño magnetismo bajo (no aparente a esta escala) se presenta en la parte central de la anomalía y probablemente resulta de alteración.

AREA DEL RIO BROI

Al norte del lineamento Río Coen, cerca del Río Broí y el Cerro Jacsini (Lámina 5, área L), un magnetismo alto se presenta sobre depósitos vulcánicos y sedimentarios y afloramientos del complejo plutónico. Magnetismos bajos al norte y este, sobre rocas vulcánicas, estratos sedimentarios(?) y cuerpos plutónicos probablemente son resultado de efectos periféricos o de alteración. El área está bordada al noreste con el lineamento Río Broí, una zona de gradiente magnético inclinado con rumbo noroeste, el cual puede indicar una zona de falla escondida o no cartografiada.

AREA DEL CERRO PUNIBETA

En el área cerca del Cerro Punibeta y San José Cabecar (Lámina 5, área N), una zona mayor de magnetismos altos con rumbo oeste a noroeste se presenta sobre afloramientos de rocas vulcánicas Cretácicas(?) y Terciarias, plutones, pequeños afloramientos de rocas vulcánicas Terciarias y rocas sedimentarias Terciarias. Unos pocos ejes de pliegues con rumbo oeste a noroeste también han sido cartografiados (Sáenz, 1982b). La inclinación de los gradientes en los flancos de las anomalías indican que las fuentes de las anomalías son poco profundos, a unos 0,5 a 1 km bajo la superficie. Rocas granitoides están expuestas localmente y probablemente son las fuentes de algunas anomalías positivas que muestran amplitudes que alcanzan 500 gamas. En algunas partes del área N las anomalías tienen rumbo al oeste sobre unos afloramientos de rocas granitoides y tal tipo de zona de magnetismo alto puede estar bordada con fallas. En otros lugares, pequeñas anomalías negativas pueden indicar zonas de alteración.

AREA DE TILERE

Grandes anomalías relativas bajas (–200 gamas) se presentan en el área al norte del lineamento Río Coen, cerca del poblado de Tilere y Cerro Dichata (Lámina 5, área O). Las anomalías bajas están presente sobre rocas vulcánicas y sedimentarias Cretácicas(?) a Terciarias, rocas vulcánicas Terciarias y plutones pequeños. El margen norteño de la anomalía baja más grande coincide con una falla de corrimiento arqueada, buzando hacia el sur (Lámina 2). Un magnetismo alto con rumbo noreste cruza la mayoría del magnetismo bajo y puede indicar la presencia de bloques de plutones levantados y bordados por fallas o cuerpos en forma de diques; fallas con rumbo nor-noreste han sido cartografiadas en el área. El bajo mayor puede estar relacionado con alteración, pero efectos de polarización o periféricos probablemente son la fuente principal y las rocas sedimentarias en el área pueden tener gran espesor en el área. Una anomalía baja al noroeste del área N sobreyace rocas vulcánicas Tericiarias y magnetización remanente, tanto como efectos periféricos de los altos adyacentes, pueden afectarla.

AREA DE LA FILA DE MATAMA

El área de la Fila de Matama es principalmente una de rocas vulcánicas Cretácicas(?) y Terciarias, áreas pequeñas de rocas sedimentarias Neogenas y unos pocos plutones pequeños (Lámina 5, área P). Magnetismos relativos altos varían en amplitud desde 100 a más de 200 gamas. Gradientes muy inclinados a moderadamente inclinados indican enterramiento de las fuentes a niveles de 0,5 hasta 3 km, pero las fuentes someras son más comunes. Anomalías positivas de unos 100 gamas en algunas áreas se presentan sobre rocas vulcánicas Terciarias y se presume que resultan de éstas; algunas anomalías negativas sobre estas mismas rocas pueden indicar magnetización reversada. La anomalía baja más grande en el área de la Fila de Matama incluye el sitio del yacimiento de cobre del Río Ñari y puede ser en parte el resultado de alteración hidrotermal amplia. Existen numerosas pequeñas anomalías bajas dentro de la anomalía baja mayor; algunas de estas anomalías pequeñas se presentan cerca de ocurrencias minerales y pueden correlacionar con áreas de alteración intensiva.

RIO BANANO

En la parte norte de la Cordillera de Talamanca cerca del Río Banano (Lámina 5, área Q), afloran rocas vulcánicas y sedimentarias Cretácicas(?) y Terciarias y unas pocas áreas pequeñas de rocas intrusivas. Anomalías magnéticas varían en amplitud desde unos 100 a 200 gamas y los gradientes suaves indican profundidades de las fuentes de 1 a 3 km bajo la superficie. En la parte más norte del área Q una anomalía muestra una profundidad menor (0,5 a 1 km) y una amplitud de más de 200 gamas, probablemente indicando una fuente plutónica o vulcánica. Otra anomalía alta de unos 200 gamas en la parte sudoeste del área Q coincide aproximadamente con el eje de un anticlinal cartrografiado en la secuencia Paleogena (Sáenz, 1982b). Una grande anomalía baja en la parte central del área Q, interrumpida con pequeños altos, puede indicar una profundidad más grande del basamento magnético (una secuencia sedimentaria más gruesa), rocas del basamento alteradas, o magnetización reversada de las rocas del basamento.

REGION COSTANERA DEL CARIBE

Anomalías magnéticas residuales de la región costanera del Caribe han sido compiladas por de Boer (1974; parámetros del reconocimiento no se presentaron). El área comprende la mayoría de la Cuenca de Limón, siendo una cuenca plegada y afallada en la cual se han realizado numerosas perforaciones de exploración petrolera. Los pliegues y fallas principales tienen rumbo noroeste, y muchas fallas de corrimiento buzan al sudoeste. Esta faja deformada continúa, en mar abierta, desde Costa Rica hasta Panamá, y los datos de reflección sísmica presentan que la corteza del Caribe está pasando paulatinamente por una subducción hacia el sur, por debajo del bloque de Costa Rica-Panamá (Lu y McMillen, 1983). Varias perforaciones alcanzan más de 3.000 m sin penetrar rocas ígneas consolidadas de espesor significante (fuente potencial de anomalías magnéticas) (Sass y Neff, 1964). La mayoría de perforaciones se fundieron en rocas sedimentarias Paleogenas a Neogenas. Gregorio Escalante (comunicación oral, 1986) reporta que conglomerados andesíticos de edades Plioceno a Reciente(?) de la Formación Suretka han sido penetrados en varias perforaciones y muestran espesores desde unos pocos cientos a más de 1.000 m. Estos conglomerados andesíticos pueden causar anomalías magnéticas. Reconocimientos aeromagnéticos en la región costanera del Caribe y las acercas se realizaron sobre una extensiva área de rocas sedimentarias Terciarias, depósitos aluviales y áreas vulcánicas menores. El mapa aeromagnético ha sido dividido entre cuatro áreas arbitrarias de anomalías (áreas R, T, U, V) en la región costanera del Caribe y grupos de anomalías más pequeños se pueden identificar dentro de cada de éstas áreas. La mayoría de fuentes de anomalías están enterradas a niveles moderados (1 a 3 km), excepto de la parte más norte donde una fuente somera produce la anomalía V.

AREA DE LA CUENCA DE LIMON

En la Cuenca de Limón (Lámina 5, área R) el rumbo dominante de las anomalías magnéticas en la parte meridional del área es hacia el noroeste y en la parte norte del área es más hacia el oeste. La amplitud de las anomalías es desde 200 a más de 500 gamas y los gradientes a los flancos de las anomalías positivas indican que las fuentes están enterradas a profundidades de 1 a más de 3 km. Esto corresponde con datos de perforaciones que indican que secuencias sedimentarias alcazan unos 3 km. Las características de las rocas que son las fuentes del magnetismo alto no son conocidas; además de los conglomerados andesíticos más recientes, como la Formación Suretka, pueden presentarse fuentes más antiguas y más profundas. En Panamá, a lo largo de la misma faja deformada, una secuencia gruesa (más de 1.200 m) de caliza del Cretácico Superior, arenisca y lutita tobácea incluye una secuencia de 270 m de aglomerados vulcánicos en la parte superior y una secuencia de 90 m de material vulcánico en la parte inferior (Fisher y Pessagno, 1965). Igualmente, los magnetismos altos pueden representar secuencias vulcánicas Cretácicas enterradas en la Cuenca de Limón.

Los ejes de algunos anticlinales presentados en el mapa geológico elaborado por Sáenz (1982b) no coinciden con los magentismos altos; en varios locales los altos se presentan sobre sinclinales. Una explicación posible de esto es que las fuentes del magnetismo alto pueden ser rajas de corteza del Caribe magnética debajo de una despegadura (décollment), como la presentada por Lu y McMillen (1983) en perfiles sísmicos marinos de Panamá.

Un grande magnetismo bajo de más de 200 gamas en la parte meridional del área es demaciado grande, con respecto a los adyacentes altos, para atribuirse simplemente a efectos de polarización o de la periferia. La anomalía coincide con un sinclinal cartografiado y probablemente es la manifestación de la profundidad más grande del basamento magnético que el de las áreas adyacentes.

Inmediatamente al norte de esta anomalía baja, una línea transversa con rumbo noreste de pequeñas anomalías altas (100 gamas) es resultado de un cuerpo magnético relativamente somero y angosto.

AREA DE GUAPILES Y SIQUIRRES

Las anomalías en el área cerca de Guapiles y Siquirres (Lámina 5, área T) son semejantes a las de la Cuenca de Limón. Zonas de gradientes magnéticos tienen rumbos de aproximadamente este-oeste y amplitudes de 200 a más de 400 gamas. Los gradientes indican que las fuentes se encuentran a niveles de 1 a 4 km. Depósitos laháricos Cuaternarios y aluvión cubren el área, pero las fuentes de las anomalías magnéticas se consideran ser rocas vulcánicas enterradas.

AREA U

Una parte grande de la región costanera del Caribe norteña está cubierta con aluvión. Los gradientes por los flancos de las anomalías magnéticas indican ubicación de las fuentes a profundidades someras a intermedias. Anomalías generalmente varían desde 200 a 400 gamas, pero exceden 400 gamas en unos pocos locales. Afloramientos de rocas vulcánicas incluyen coladas de lavas alcálicas, rocas piroclásticas y depósitos laháricos.

Grandes anomalías de magnetismo bajo, algunas mostrando amplitud que excede 200 gamas, ubicadas en las áreas del Río Sucio y Tortuguero, son en parte bajos periféricos o de polarización; aún, pueden también indicar magnetización remanente reversada. Los bajos probablemente indican que la profundidad del basamento magnético es más grande que en las áreas adyacentes. Anomalías de magnetismo alto de más de 200 gamas en varias áreas correlacionan bien con afloramientos de rocas vulcánicas alcálicas. Anomalías altas similares en otras áreas resultan de afloramientos de rocas vulcánicas extendidas bajo el cubrimiento aluvial.

AREA V

En la parte más norte del área V, a lo largo de la frontera entre Nicaragua, dos anomalías pequeñas exceden una amplitud de 400 gamas. Los gradientes muy inclinados indican fuentes someras. La mayoría de rocas cartografiadas en el área son depósitos laháricos Cuaternarios, pero las anomalías altas muy definidas pueden indicar la presencia de coladas vulcánicas o tapones vulcánicos someros.

Anomaly produced by mafic or ultramafic igneous rocks buried at depths of about 1–3 km

Anomalía resultada de rocas ígneas máficas o ultramáficas enterradas a profundidades de 1 a 3 km

High-amplitude anomalies are produced mainly by basalt at shallow to moderate depth. Moderate anomalies at shallow to intermediate depths are characteristic of peridotite

Anomalías de amplitud alta son resultado de basaltos a profundidades baja o moderada. Las anomalíes moderadas a profundidedes someras a intermedias son características de peridotita

Anomaly coincides with a mapped anticline

Anomalía coincide con un anticlinal cartográfiado

A few negative anomalies represent inherited reversed magnetization probably acquired during the Cretaceous

Algunas anomaliás negativas representan magnetismo reversado, probablemente heredado en el Cretáceo

1:500 000

10 0 10 20 30 40 50 KILOMETROS

PLATE 5.—INTERPRETIVE AEROMAGNETIC MAP OF PARTS OF COSTA RICA

LAMINA 5.—MAPA AEROMAGNETICO INTERPRETATIVO DE PARTES DE COSTA RICA

High-amplitude anomalies may indicate a pluton or highly magnetic volcanic rocks

Anomalías de amplitud alta pueden indicar la presencia de un plutón o de rocas vulcanicas muy magnéticas

Alkalic volcanic rocks produce short wavelength magnetic highs near the coast

Rocas vulcanicas alcalinas producen magnetismos altos de longitud de onda corta cerca de la costa

Magnetic highs are probably produced by buried volcanic rocks interlayered with Cretaceous and Tertiary sedimentary rocks

Magnetismos altos probablemente resultados de rocas vulcánicas enterradas e intercaladas con rocas sedimentarias Cretácicas y Terciarias

Magnetic lows are common near the site of the Río Ñari copper deposit

Magnetismos bajos son comunes cerca del yacimiento de cobre Río Ñari

A major east-trending magnetic lineament separates the northeastern Cordillera de Talamanca into northern and southern magnetic provinces. It probably coincides with an unmapped or concealed fault zone

Un lineamento magnético mayor con rumbo este separa la parte noreste de la Cordillera de Talamanca en provincias magnéticas norte y sur. Esto probablemente coincide con una zona de falla no cartografiada o escondida

Magnetic lows over Tertiary volcanic rocks may be produced by reversed remanent magnetization

Magnetismos bajos ubicados sobre rocas vulcánicas Terciarias pueden producirse por magnetización remanente reversada

An ovoid magnetic high having a central low may indicate a plutonic body where the central part is altered

Un magnetismo alto de forma ovoide, conteniendo un área de magnetismo bajo en el centro, puede indicar un cuerpo plutónico donde la parte central está alterada

Large magnetic lows may indicate weakly magnetic plutonic rocks or rock alteration

Grandes magnetismos bajos pueden indicar rocas plutónicas débilmente magnéticas o alteración de roca

Cordillera de Talamanca

Pacific coastal region
Caribbean coastal region
Región costanera del Pacífico
Región costanera del Caribe

AEROMAGNETIC ANOMALIES, IN GAMMAS
ANOMALIAS MAGNETICAS, EN GAMAS

EXPLANATION

All boundaries approximately located. Contour interval variable, generally 50, 100, and 200 gammas

- Area of major anomaly groups
- Outline of larger positive anomaly groups
- Outline of some larger negative anomalies
- Magnetic lineament; zone of elongate steepened magnetic gradient

KEY TO ANOMALY CLASSIFICATION

A subjective and arbitrary anomaly classification of magnetic anomalies is as follows:

- **I** — Anomalies greater than 400 gammas in amplitude, highly magnetic (susceptibilities >0.003 cgs units)
- **II** — Anomalies between 200 and 400 gammas in amplitude, moderately magnetic (susceptibilities 0.001 to 0.003? cgs units)
- **III** — Anomalies between 0 and 200 gammas in amplitude, moderately magnetic (susceptibilities <0.001? cgs units)
- **S** — Shallow; steep gradients indicate sources between 0.3 and 1 km below the aircraft
- **M** — Intermediate depth; moderate gradients indicate sources between 1 and 3 km below the aircraft
- **D** — Deep; very gentle gradients (plus geologic control) indicate depths of 3 km or greater

SOME ANOMALY SOURCES

- **R** — Reversed remanent magnetization
- **P** — Polarization low

Cordillera de Talamanca—All sites approximately located

- Small low possibly produced by alteration
- Small low probably produced by terrain
- × Geochemical anomaly related to veins or porphyry bodies

EXPLICACION

Todos los bordes están localizados aproximadamente. Intervalo de líneas de nivel es variable, generalmente 50, 100 y 200 gamas

- Area de grupos de anomalías mayores
- Delineación de grupos de anomalías positivas más grandes
- Delineación de algunas anomalías negativas más grandes
- Lineamiento magnético; zona de gradiente magnético inclinado y elongando

LEYENDA DE CLASIFICACION DE ANOMALIAS

La siguiente es una clasificación de anomaliás subjetiva y arbitraria:

- **I** — Anomalías con amplitud que excede 400 gamas, altamente magneticas (susceptibilidades de >0,003 unidades cgs)
- **II** — Anomalías con amplitud entre 200 y 400 gamas, moderadamente magnéticas (susceptibilidades de 0,001 a 0,003? unidades cgs)
- **III** — Anomalías con amplitud entre 0 y 200 gamas, moderadamente magnéticas (susceptibilidades >0,001? unidades cgs)
- **S** — Somera; gradientes muy inclinados indican fuentes entre 0,3 y 1 km bajo del avión
- **M** — Intermedia; gradientes moderados indican fuentes entre 1 y 3 km bajo del avión
- **D** — Profundo; gradientes muy suaves (más control geológico) indica profundidades de 3 o más km

ALGUNAS FUENTES DE ANOMALIAS

- **R** — Magnetización remanente reversada
- **P** — Bajo de polarización

Cordillera de Talamanca—Todos sitios localizados aproximadamente

- Bajo pequeño, posiblemente producido por alteración
- Bajo pequeño, probablemente producido por efectos de terreno
- × Anomalía geoquímica relacionada con vetas o cuerpos porfídicos

NOTE ON INTERPRETATION

Magnetic anomalies are mainly produced by grains of magnetite, contained in rocks, in amounts that normally range from 0.1 to 1.0 percent. The higher the amount of magnetite, the higher the magnetic susceptibility, and, hence the magnetic anomaly. Rocks low in iron such as dacite or true granite tend to be weakly magnetic; rocks high in iron, such as basalt or gabbro tend to be moderately to strongly magnetic; most sedimentary rocks are nonmagnetic to weakly magnetic. Many igneous rocks in Costa Rica, both extrusive and intrusive, cause moderate to strong anomalies as detected by magnetometers.

The distance of a rock body below the magnetometer also affects the size or amplitude of the anomaly. This distance can be estimated from the spacing of contours defining the anomaly in Costa Rica: very close spacing (steep gradients) indicates exposed rocks or shallow depth of burial, 0.3-1 km below the aircraft; wider spacing indicates intermediate depth, 1-3 km; and very wide spacing indicates depth of the source body greater than 3 km.

Relative magnetic lows may be produced in several ways: (1) they may be edge effects (polarization lows) related to adjacent magnetic highs, because the magnetic body behaves as a bar magnet, positive at one end, negative at the other, (2) they may indicate a strong reversed magnetization inherited from some time in the past when the Earth's magnetic field was reversed from its present polarity as it has been many times in the past, (3) they may be areas where the original magnetite in part of the rock has been destroyed by processes such as hydrothermal alteration, and (4) they may be caused by terrain in areas where the aircraft could not maintain a constant elevation above the ground surface. In many parts of the world, such lows may be guides for deposits of porphyry copper, molybdenum, and other metals that are commonly associated with hydrothermal alteration.

Magnetic anomalies, especially when used in conjunction with gravity data, are useful in tracing rock bodies concealed by alluvium, water, and younger nonmagnetic deposits. Estimates of depths to magnetic sources can be made from the shape of the anomalies in profile.

COMENTO EN INTERPRETACION

Anomalías magnéticas son, por lo mayor, resultado de granos de magnetita contenidos en rocas en cantidades típicamente variables entre 0.1 y 1.0 por ciento. La susceptibilidad magnética aumenta con creciente contenido de magnetita y resulta en una anomalía magnética. Rocas con bajo contenido de hierro, como por ejemplo dacita o granito, tienden mostrar magnetismo débil; rocas ricas de hierro, como por ejemplo basalto o gabro, tienden mostrar magnetismo moderado a fuerte; la mayoría de rocas sedimentarias son no magnéticas ha débilmente magnéticas. Muchas rocas ígneas en Costa Rica, ambos ambas extrusivas e intrusivas, muestran anomalías moderadas a fuertes como detectadas por magnetómetros.

La distancia a que se encuentra ubicado el cuerpo de roca bajo el magnetómetro también afecta el tamaño o amplitud de la anomalía. Dicha distancia se puede calcular a base de qúe apretadas están las curvas o líneas de nivel que definan las anomalías. En Costa Rica, un intervalo muy apretado o cerrado (gradientes inclinados) indica que las rocas están expuestas a la superficie o ubicadas a un nivel poco profundo, de unos 0,3 a 1 km bajo el avión; intervalos más abiertos indican profundidadés intermedias, de 1 a 3 km; intervalos muy abiertos indican qùe el cuerpo fuente está ubicado a profundidades que exceden 3 km.

Magnetismos relativamente bajos se pueden producir de varios modos: (1) pueden ser efectos periféricos (bajos de polarización) relacionados con magnetismos altos adyacentes, porque los cuerpos magnéticos funcionan como un iman en forma de barra, con polo positivo a una terminación de la barra y negativo en la otra; (2) pueden indicar magnetización reversada fuerte, heredada durante un tiempo pasado cuando el campo magnético global estaba reversado de lo actual, como lo ha sido muchas veces en el pasado; (3) los magnetismos bajos pueden indicar áreas donde la magnetita original ha sido destruida en partes de la roca por procesos como alteración hidrotermal; y (4) pueden ser resultado de efectos del terreno en áreas donde el avión no puede mantener una elevación constante sobre la superficie. En muchas partes del mundo los magnetismos bajos pueden servir como guías para descubrimiento de yacimientos de pórfido de cobre, molibdeno y otros metales que comúnmente estân asociados con alteración hidrotermal.

Anomalías magnéticas son útiles en el busquejo de cuerpos de rocas recubiertos por aluvión, agua y depósitos no magnéticos más recientes, especialmente cuando las anomalías se usan en conjunto con datos gravimétricos. Cálculos de la profunidad de las fuentes magnéticas se pueden realizar a base de la forma del perfil de las anomalías.

Digitized by Rosalinda Jara, 1986
Digitalizado por Rosalinda Jara, 1986

MINES, PROSPECTS, AND MINERAL OCCURRENCES IN COSTA RICA

By
Donald F. Huber, Norman J Page,
Stephen S. Howe, and Cristina Solano

The location and description of mines, prospects, and mineral occurrences and the grouping of them by mineral deposit type are integral parts of mineral resource assessments. All available information on deposits and mineral occurrences in Costa Rica has been compiled, and verified by field observations where possible. Table 4 contains a summary of this data, and plate 6 is a plot showing the locations of the deposits, both grouped by deposit type. Unlike many compilations which emphasize metallic commodities, this compilation is organized by deposit types; the deposit types have been used subsequently to model geologic processes and project economic characteristics as part of the mineral resource assessment. Mines, prospects, and occurrences were assigned to one of fourteen deposit types based on criteria in Cox and Singer (1986) or to an unassigned classification group. The unassigned classification means geologic information is insufficient for assignment to a specific deposit type. It is immediately evident from the plotted data (pl. 6) that deposits assigned to a deposit type tend to cluster in spatial groupings, and that these spatial groupings fall within areas of similar geology.

Location, rock type, deposit description, estimated production, grade, and references for specific sites are shown in table 4. This table contains selected information on every Costa Rican site contained in the Mineral Resource Data System (MRDS) computer file of the U.S. Geological Survey. The major sources of descriptive information on mines and prospects in Costa Rica are reports by the Organización de los Estados Americanos (1978), Naciónes Unidas (1975a, b, c), Castro and Vargas (1982), Sandoval (1977), Roberts and Irving (1957), and Roberts (1944); other sources are cited in table 4. Additional information was abstracted from concession reports contained in the files of the Dirección General de Geología, Minas e Hidrocarburos, was obtained from mine owners, managers, and geologists, and was the result of field observations made in this study.

The information in table 4 is only part of a larger pool of data that resides in the MRDS computer file. The MRDS file contains information on location, commodities, workings, deposit description, geology, production, and reserves for more than 86,000 sites. The MRDS data, synthesized primarily from the literature on mineral deposits and from field observations where available, has information for 319 Costa Rican sites. The MRDS files can be purchased either as hard copy on paper with map plots, or as computer tapes from two sources:

Mineral Resource Data System (MRDS)
U.S. Geological Survey, Mail Stop 984
345 Middlefield Road
Menlo Park, CA 94025 USA and

Mineral Resource Data System (MRDS)
U.S. Geological Survey, Mail Stop 920
12201 Sunrise Valley Road
Reston, VA 22092 USA.

The data for Costa Rica were entered into a microcomputer system using a menu-driven, screen-entry data base program developed by Schruben (1985). Selected data were extracted from the microcomputer data base, converted, and transferred to a word processor, and formatted into table 4. Site names and locations were assigned to concession numbers on the basis of information in the files of the Dirección General de Geología, Minas e Hidrocarburos. Tonnage and grade information includes everything that is available from the public record, but is far from complete. Plate 6 was produced using a digitizing and plotting program developed for microcomputers by Selner and others (1986).

MINAS, PROSPECTOS Y OCURRENCIAS MINERALES DE COSTA RICA

Por
Donald F. Huber, Norman J Page, Stephen S.
Howe y Cristina Solano

La ubicación y descripción de minas, prospectos y ocurrencias minerales y su clasificación según su tipo de yacimiento mineral son parte integral de la evaluación de recursos minerales. Todos los informes disponibles sobre los yacimientos y ocurrencias minerales costarricenses han sido recopilados y en lo posible se han comprobado con observaciones de campo. El Cuadro 4 presenta un resumen de dichos datos, y la Lámina 6 es un gráfico mostrando la ubicación de los yacimientos, ambas obras agrupadas según los tipos de yacimientos. En contraste con otras recopilaciones que dan énfasis a comodidades metálicas, esta recopilación está organizada según los tipos de yacimientos con el fin de utilizar los tipos de yacimientos posteriormente en el modelaje de procesos geológicos y en la proyección de características económicas como parte de la evaluación de recursos minerales. Las minas, prospectos y ocurrencias se clasificaron bajo catorce tipos de yacimientos con base en criterios presentados por Cox y Singer (1986) o agrupados bajo un grupo sin clasificación. La categoría sin clasificación indica que la información geológica no es suficiente para asignarlos a un tipo de yacimiento específico. El gráfico de los datos (Lámina 6) demuestra que depósitos asignados a un tipo de yacimiento tienden agruparse espacialmente, y que dichas agrupaciones espaciales están ubicadas en áreas con geología semejante.

La ubicación, tipos de roca, descripción de yacimientos, cálculos de producción, leyes y referencias de sitios específicos se presentan en el Cuadro 4 mostrando informes sobre cada sitio costarricense presentado en el archivo de computadora Mineral Resource Data System (MRDS) del U.S. Geological Survey. Las mayores fuentes de información de las minas y prospectos de Costa Rica son los reportes de la Organización de los Estados Americanos (1978), Naciones Unidas (1975a,b,c), Castro y Vargas (1982), Sandoval (1977), Roberts y Irving (1957) y Roberts (1944); otras fuentes se presentan en el Cuadro 4. Informes adicionales se obtuvieron de los reportes concesionarios que se encuentran en los archivos de la Dirección de Geología, Minas e Hidrocarburos; de los dueños, encargados de la producción y de los geólogos de las minas, así como de observaciones logradas en este estudio.

Los informes en el Cuadro 4 son parte de una fuente más grande ubicada en los archivos de la computadora MRDS. Este archivo contiene información sobre la ubicación, las commodidades, labores, descripción de yacimientos, geología, producción y reserva de más de 86.000 sitios. Los datos de MRDS, sintetizados primariamente de la literatura de yacimientos minerales y de las observaciones de campo disponibles, incluyen informes sobre 319 sitios costarricenses. Se pueden obtener los archivos de MRDS en forma escrita con gráficos de mapas o en forma de cintas magnéticas de computadora; los pedidos pueden hacerse directamente a:

Mineral Resource Data System (MRDS)
U.S. Geological Survey, Mail Stop 984
345 Middlefield Road
Menlo Park, CA 94025 EEUU y

Mineral Resource Data System (MRDS)
U.S. Geological Survey, Mail Stop 920
12201 Sunrise Valley Drive
Reston, VA 22092 EEUU.

Los datos de Costa Rica se incluyeron en MRDS utilizando un sistema de microcomputadora por medio de un programa de base de datos usando un sistema de "menú-driven" (opciones) y con un despliegue de datos por la pantalla, confeccionado por Schruben (1985). Los datos seleccionados fueron extraídos de la base de datos de la microcomputadora y convertidos y transferidos a un procesador de palabras cuya salida está presentada en el Cuadro 4. El nombre y localidades de los sitios fueron asignados números de concesiones a base de informes de los archivos de la Dirección de Geología, Minas e Hidrocarburos. Información sobre ley y tonelaje incluye todos los datos en el registro público disponibles, los cuales pueden ampliarse eventualmente. La Lámina 6 se reprodujo usando un programa para digitalizar y plotear mapas para uso con microcomputadoras, desarrollado por Selner y otros (1986).

Table 4.--Table of mines, prospects, and occurrences in Costa Rica.
[Leaders (--) indicate no data available. Where there are multiple entries in the resources and grade columns for a particular site, the grade is opposite the appropriate resource entry]

Map no.	Concession nos.	Site name (Synonym) Vein Lat N., Long W. (deg, min, sec)	Rock type (R), ore minerals (O), non-ore minerals (N), and alteration (A)	Deposit description	Estimated production (P), reserves (R), and potential resources (PR) (Keefer and Calkins, 1977)	Grade (Cox and Singer, 1986)	References[1]
			Podiform Chromite				
1	--	B-7 10 53 10, 85 45 40	R, Harzburgite, lherzolite, dunite O, Chromite A, Laterization, serpentinization	Small pockets of chromite in serpentinized harzburgite and lherzolite exposed in outcrop. Chromite and peridotite highly fractured.	--	5 samples range from 25.50 to 32.44% Cr; average 28.23% Cr	Jager, 1977; Kuypers and Jager, 1979.
2	--	B-8 10 53 05, 85 45 25	R, Harzburgite, dunite O, Chromite A, Laterization, serpentinization	Exposed in outcrop. Pod consists of several separate blocks.	--	3 samples range from 27.45 to 32.75% Cr; average 30.32% Cr	Jager, 1977; Kuypers and Jager, 1979.
3	(5344)	A-6 10 52 30, 85 40 20	R, Harzburgite, lherzolite, dunite O, Chromite A, Laterization, serpentinization	Exposed in outcrop. Mineralization thickest towards east, thins towards south. Pod 3.5 m long, 2 m wide, 35 cm thick.	--	30.85% Cr	Jager, 1977; Kuypers and Jager, 1979.
4	(5344)	A-2 10 52 30, 85 39 40	R, Harzburgite, lherzolite, dunite O, Chromite A, Laterization, serpentinization	Exposed in a northwest-trending outcrop; mineralization maximum length of mineralization 4.4 m, less than 0.5 m thick.	--	22.65% Cr	Jager, 1977; Kuypers and Jager, 1979.
5	(5344)	A-1 10 52 25, 85 40 10	R, Harzburgite, lherzolite, dunite O, Chromite A, Laterization, serpentinization	Exposed in outcrop; pod 3.15 m long, 2.0 m wide, 45 cm thick. Pod consists of several separate blocks.	--	6 samples range from 31.23 to 38.47% Cr	Jager, 1977; Kuypers and Jager, 1979.
6	(5344)	A-3 10 52 20, 85 39 20	R, Harzburgite, lherzolite, dunite O, Chromite A, Laterization, serpentinization	Very small exposure; pod, 35 cm long, 15 cm thick.	--	--	Jager, 1977; Kuypers and Jager, 1979.
7	(5344)	A-5 10 52 15, 85 39 55	R, Harzburgite, lherzolite, dunite O, Chromite A, Laterization, serpentinization	Exposed in outcrop; pod, 3.5 m long, 1.8 m wide, 0.5 m thick.	--	26.24% Cr	Jager, 1977; Kuypers and Jager, 1979.
8	(5344)	A-4 10 52 15, 85 39 55	R, Harzburgite, lherzolite, dunite O, Chromite A, Laterization, serpentinization	Exposed in an east-trending outcrop; irregular pod 7.3 m long, 70 cm to 1.24 m wide.	--	41.75% Cr	Jager, 1977; Kuypers and Jager, 1979; Ulloa, 1977.
9	(5569)	Playa Respingue 10 52 10, 85 50 35	O, Chromite N, Quartz	Small float cobbles of podiform chromite in sand.	--	49.48% Cr	Jager, 1977.
			Volcanogenic Manganese				
10	--	Monte de Barco occurrence 10 36 40, 85 38 20	R, Greenstone O, Mn oxides	Minor Mn oxides staining along fractures in greenstone.	--	--	Roberts, 1944.
11	--	El Panamá occurrence 10 35 05, 85 39 40	R, Greenstone	Small amount of Mn (oxides?) in "glassy" material along fractures.	PR, Very small	Very low	Roberts, 1944.
12	--	Playa Hermosa occurrence 10 34 20, 85 41 20	R, Greenstone O, Mn oxides	Minor Mn oxides staining along fractures in greenstone.	--	--	Roberts, 1944.
13	--	Piedras Pintades prospect 10 34 00, 85 37 55	R, Sandy shale O, Mn oxides	Mn oxide stains on host rock locally cut by small Mn oxide veinlets, over a "large" zone.	PR, "Large" zone	Very low	Sears, 1919; Roberts, 1944.
14	--	Tule prospect 10 32 45, 85 38 10	--	Vein crosses small hill; float on each side slope.	--	Low	Sears, 1919.
15	--	Tabor occurrence 10 31 40, 85 38 45	R, Sandy shale O, Mn oxides	Mn oxides in small veinlets; host rocks stained.	--	Very low	Roberts, 1944.
16	--	Santisimo occurrence 10 30 40, 85 39 10	O, Mn oxides	A few scattered boulders.	--	Very low	Sears, 1919.
17	--	El Boquete del Ramo prospects (Justo Perez prospects) 10 30 25, 85 39 45	R, Igneous rock O, Fe oxides, Mn oxides	Two lenticular bodies, 7.6 m long by 3 m wide, and 10.7 m long by 4.6 m wide.	PR, Small	30% Fe, 1.5-4% Mn	Sears, 1919; Roberts, 1944.
18	--	Las Pilas occurrence 10 30 05, 85 41 35	R, Shale O, Mn oxides	Stringers a few centimeters thick and about 150 m long in shale zone trending northeast. Float upslope.	PR, Small amount stringers PR, Small amount float	High Low	Sears, 1919.
19	--	La Cuestacita occurrence 10 29 50, 85 42 00	R, Shaly chert O, Mn oxides	Mn oxide-stained host rock and a few boulders thinly encrusted with Mn oxides.	--	--	Roberts, 1944.
20	--	La Libertad prospect (Cerro Colorado prospect) 10 29 45, 85 39 00	O, Mn oxides	Boulders scattered about; siliceous Mn-bearing rock host rock stained; and layer of siliceous Mn-bearing rock exposed in one of the two small cuts on the south slope about 0.6-1 m thick striking N. 40° W., vertical.	--	Low, siliceous	Sears, 1919; Roberts, 1944.
21	(5561)	El Frances mine 10 29 40, 85 42 15	R, Chert, shale, jasper O, Wad, pyrolusite, psilomelane, braunite A, Silicification?	Lenticular orebodies along bedding planes and small faults overlain by a manganese nodule deposit.	R, 356 tonnes (1944)	31.60% Mn, 13.10% Fe,	Sears, 1919; Roberts, 1944; Kuypers and Denyer, 1979b; Hein and others, 1983.
22	--	Guatemati occurrence 10 29 05, 85 41 30	--	--	--	Extremely low	Sears, 1919.
23	--	Unnamed occurrence 10 27 10, 85 36 35	O, Mn oxides	--	--	--	Roberts, 1944.
24	--	Playa Blanca prospect 10 26 00, 85 47 30	R, Chert, shale, japser O, Psilomelane, pyrolusite A, Silicification	Deposit parallel to N. 60° W. bedding of host rocks.	R, 100 tonnes, 32.91% Mn PR, 100-200 tonnes	32.91% Mn, 4.43% Fe, ≤25 % Mn	Roberts, 1944.
25	--	Los Planes, Tierra Colorada, Cerro Colorado prospects 10 25 20, 85 37 10	O, Mn oxides	--	PR, Los Planes, large PR, Cerro Colorado, small	Very low Low	Sears, 1919.
26	--	Bahía Brasilito occurrence (Brasilito, Brazilito Bay) 10 24 25, 85 47 50	R, Chert, shale O, Mn oxides, Fe oxides	--	--	Very low	Sears, 1919; Hein and others, 1983; De Boer, 1979; Gursky and Schmidt-Effing, 1983.
27	--	Mina Cerro Zapote 10 23 50, 85 49 30	--	--	PR, Small	Siliceous	Roberts, 1944.
28	--	Mina de Barrante 10 23 50, 85 49 30	--	--	PR, Small	Siliceous	Roberts, 1944.
29	--	Unnamed occurrence 10 23 50, 85 41 25	O, Mn oxides	Very siliceous ore.	--	Very low	Sears, 1919.
30	--	El Zapotalillo occurrence (Puerto Viejo, Zapotillal, Playa Real mines) 10 23 40, 85 50 05	R, Shaly chert O, Mn oxides	Mineralization follows N. 45° W. bedding plane for 122 m. Two lenses, 23 m long and 30 m long, both about 1-1.5 m wide. Chert lenses cut by discontinuous Mn oxide veinlets, as wide as 2.5 cm.	PR, Small	--	Roberts, 1944; Kuypers and Denyer, 1979b.
31	--	El Encanto mine (Playa Real mines) 10 23 30, 85 49 55	R, Shale, chert, jasper O, Mn oxide A, Silicification	Mn oxide and jasper replace shale and chert parallel to bedding.	P, 1,000 tonnes (1917-1918)	34.23% Mn, 7.06% Fe	Roberts, 1944.
32	--	Unnamed occurrence 10 23 25, 85 48 50	O, Mn oxides	In scattered boulders.	--	--	Sears, 1919.
33	--	La Seba mine 10 23 20, 85 50 00	R, Chert, shale, jasper A, Silicification	Jasper zone parallel to bedding in chert and shale; trends N. 10° W., vertical dip.	P, 70 tonnes (1917) R, 10 tonnes PR, Small	-- 45% Mn Low	Roberts, 1944.
34	--	Canafitola occurrence 10 23 00, 85 42 35	R, Shale	Mn oxide stains.	--	--	Roberts, 1944.
35	--	Playa Real mines 10 22 55, 85 50 30	R, Shale, chert, jasper O, Pyrolusite, wad, braunite, hollandite romanechite, vernadite, bixbyite A, Silicification	Thin, elongate, subhorizontal bodies, lenses, and irregular pockets of pyrolusite and wad in red shale, chert, and jasper in a north-trending belt about 500 m long and 100 m wide.	P, 19,300 tonnes, 1915-1918 R, 10,000 tonnes PR, Several small orebodies	23.92-60.53% Mn	Sears, 1919; Roberts, 1944; Kuypers and Denyer, 1979b; Hein and others, 1983.
36	--	El Sesteo mine 10 22 35, 85 48 25	R, Chert, shale, jasper O, Mn oxides A, Silicification	Residual deposit of 60 by 30 m, to a depth of 60 cm to 1.2 m and boulders. Outcrops of chert, shale, and jasper east and west of workings have small veinlets of Mn oxides, but no orebodies.	P, 1,000 tonnes (1918) PR, 500 tonnes	-- 5-10% by weight Mn oxide nodules	Sears, 1919; Roberts, 1944.
37	--	La Esperanza mine (Playa Real mines) 10 22 30, 85 50 45	R, Chert, shale A, Silicification	Mineralized zone 1 m wide extends for about 60 m along a narrow ridge, N. 40° W.	P, 200 tonnes (1918) PR, 1 m layer	-- Low, siliceous	Sears, 1919; Roberts, 1944.

Table 4.--Table of mines, prospects, and occurrences in Costa Rica.-- Continued

Map no.	Concession nos.	Site name (Synonym) Vein Lat N., Long W. (deg, min, sec)	Rock type (R), ore minerals (O), non-ore minerals (N), and alteration (A)	Deposit description	Estimated production (P), reserves (R), and potential resources (PR) (Keefer and Calkins, 1977)	Grade (Cox and Singer, 1986)	References[1]
			Volcanogenic Manganese (continued)				
38	--	Miramar prospect 10 22 30, 85 50 30	R, Cherty shale, chert A, Silicification	Jasperoidal silica and Mn (oxides?) concentrated in a narrow zone along a low-angle fault striking northwest and dipping 35° northeast cuts cherty shale and chert that strike northeast and dip 47° northwest. Most of the ore in footwall.	PR, Small	Very siliceous	Webber, 1942; Kuypers and Denyer, 1979a.
39	--	Las Posas prospects 10 22 30, 85 41 10	--	--	--	Very low Mn, high Fe	Sears, 1919.
40	--	Cerro Diablo occurrence 10 22 25, 85 40 00	R, Shale	Mn oxide stains.	--	--	Roberts, 1944.
41	--	La Bejia prospect 10 22 20, 85 50 45	R, Chert, shale, jasper O, Pyrolusite, braunite A, Silicification	Southwest-dipping orebody pinches out to the northwest.	R, 20 tonnes PR, Small	High Low	Roberts, 1944.
42	--	El Mico occurrence 10 22 20, 85 48 55	R, Chert, shale	--	PR, Small	Siliceous	Roberts, 1944.
43	--	La Pedregosa prospect (Playa Pedregosa prospect) 10 22 10, 85 50 45	R, Jasper, chert A, Silicification	Ore in fractures in and replacing jasper zone that trends N. 50° E. and is at least 30 m long and 1 m wide.	--	Medium siliceous	Roberts, 1944; Hein and others, 1983.
44	--	Piedras Grandes occurrence 10 22 05, 85 44 00	R, Shale O, Mn oxides	--	--	Very low	Sears, 1919.
45	--	La Cuestacita occurrence 10 22 05, 85 40 15	R, Shale	Mn oxide stains.	--	--	Roberts, 1944.
46	--	Panamá prospect 10 21 50, 85 45 20	--	Grade decreases with depth.	--	Siliceous	Sears, 1919.
47	--	Huacas prospects (Iglesias) 10 21 45, 85 46 10	R, Chert	--	PR, Prospect 1, small PR, Prospect 2, "large" PR, Prospect 3, small PR, Prospect 4, "medium" PR, Prospect 5, --	51% Mn Very low Low ≥30% Mn Low	Sears, 1919; Hein and others, 1983.
48	--	Iglesias mine 10 21 45, 85 46 10	--	Mined out.	P, 100 tonnes	--	Sears, 1919.
49	--	Matapalo occurrence 10 21 40, 85 49 30	--	Boulders.	--	Low	Sears, 1919.
50	--	Marchena prospect 10 21 40, 85 45 10	--	North-trending Mn-bearing zone.	--	46-55% Mn	Sears, 1919.
51	--	Unnamed occurrence 10 21 35, 85 44 40	--	A small outcrop and numerous boulders in a northeast-trending zone crossing a low hill.	--	Siliceous	Sears, 1919.
52	--	Portegolpe No. 2 prospect 10 21 35, 85 43 30	--	Abundant float. Very small outcrops.	--	Medium	Sears, 1919.
53	--	Unnamed occurrence 10 21 35, 85 43 30	O, Mn oxide	--	PR, Small	Very low	Sears, 1919.
54	--	Granidillos occurrence 10 21 25, 85 42 55	O, Mn oxide	Scattered boulders.	--	Medium low, high	Sears, 1919.
55	--	Carbon claim 10 21 20, 85 52 30	--	--	--	Very low, siliceous	Roberts, 1944.
56	--	Wolf claim (Morro Hermosa area) 10 21 20, 85 51 40	R, Shale, chert, jasper O, Wad, Mn oxide A, Silicification?	Wad and hard Mn oxide nodules in clay from weathered host rock. Ore zone parallels bedding.	P, Small (1917)	Very low	Sears, 1919; Roberts, 1944.
57	--	Unnamed occurrence 10 20 55, 85 48 15	O, Mn oxides	Boulders.	--	Very low	Sears, 1919.
58	--	La Desdichada occurrence 10 20 55, 85 43 15	R, Shale O, Mn oxides	--	--	Shale, low; float, high	Roberts, 1944.
59	--	El Jocote claim 10 20 45, 85 50 50	R, Chert, shale O, Mn oxides	Zone of siliceous Mn oxides follows N. 55° E. bedding in chert and shale. Zone can be traced by float for 23 m and is as wide as 1 m where exposed in cuts.	PR, 10 tonnes	Low, siliceous	Roberts, 1944.
60	--	Los Limones prospect 10 20 45, 85 46 25	R, Chert, shale O, Mn oxides	Manganiferous zone near the top of a narrow ridge traced by float for about 60 m; contains sparsely distributed Mn oxides. Locally, pockets of medium-grade ore 30-90 cm wide and are exposed.	PR, Few tonnes PR, 100 tonnes	High Low	Roberts, 1944; Kuypers and Denyer, 1979b.
61	--	Playa Honda occurrence 10 20 25, 85 51 05	--	Surface indications good, but deposit only superficial.	--	--	Sears, 1919.
62	--	La Catasolapa prospect 10 20 20, 85 48 05	R, Chert, shale	Manganiferous zone.	--	Extremely low Float, medium	Roberts, 1944.
63	--	El Guastomate prospect 10 19 55, 85 46 10	R, Shale, chert O, Mn oxides	Two pods in zone parallel to N. 50° W. bedding of host rocks.	--	Average 20% Mn	Roberts, 1944.
64	--	Guayaquil occurrence 10 19 45, 85 48 00	--	--	--	Extremely low	Sears, 1919.
65	--	Unnamed occurrence 10 19 15, 85 45 40	O, Mn oxides	Boulders, most very low grade but a few high grade. No outcrop.	--	Most boulders very low; few boulders high	Sears, 1919.
66	--	El Licor mine 10 18 55, 85 47 25	R, Chert, shale, jasper O, Mn oxides A, Silicification	Mn oxides replaced chert lens along bedding. Two orebodies mined: 24 m long, 6 m wide, and 60 cm to 1.2 m thick, and 12 m long, 4.5 m wide, and as thick as 1.8 m.	P, 100 tonnes PR, Few tonnes	34.23% Mn, 1.13% Fe Medium	Webber, 1942; Roberts, 1944.
67	--	Puerto Humo occurrence 10 18 40, 85 21 00	--	--	--	High Fe	Sears, 1919.
68	--	Hatillo prospect 10 18 30, 85 43 25	--	--	--	Low to medium	Sears, 1919; Hein and others, 1983.
69	--	El Curiol mine 10 18 00, 85 46 05	R, Cherty shale, greenstone O, Pyrolusite, braunite N, Quartz, chalcedony in the greenstone A, Silicification, supergene enrichment	Two orebodies, main one trending east-west, the other northwest. Both are replacements of cherty shale along shale-greenstone contacts and along steeply dipping to nearly vertical fault zones.	P, 9,100 tonnes (1916-1920)	Average 50% Mn, 10% SiO_2 Some >55% Mn, 1-2% SiO_2	Sears, 1919; Webber, 1942; Roberts, 1944; Kuypers and Denyer, 1979b.
70	--	Loma Larga prospect 10 17 00, 85 43 40	--	Residual boulders.	R, 400 tonnes (1918)	52% Mn	Sears, 1919.
71	--	San Francisco prospect 10 16 25, 85 44 20	--	Boulders.	--	Medium	Sears, 1919.
72	--	Lagunilla occurrence 10 16 15, 85 38 50	O, Fe oxides	--	--	Very low	Sears, 1919.
73	--	El Guacalito mine 10 16 00, 85 47 30	R, Jasper, shale O, Mn oxides A, Silicification	Manganiferous zone 60 m long, 6 m wide contains pockets and veins of Mn oxides.	P, 300 tonnes, (1938) R, 300 tonnes, (1917) PR, Few tonnes (1944)	30% Mn Low Siliceous	Roberts, 1944.
74	--	Loma Blanca prospect 10 15 20, 85 43 45	R, Basalt, shale O, Mn oxides A, Silicification	Small veins and pockets.	PR, few tonnes (1944)	Low, ferruginous	Roberts, 1944.
75	--	El Cuchofino prospect 10 14 40, 85 47 45	R, Jasper, shale O, Mn oxides A, Silicification	Ore zone trends northwest, dips steeply, and can be traced 90 m. Soft Mn oxides in shears from the pit.	PR, Few tonnes (1944)	39.11% Mn, 11.07% Fe	Roberts, 1944.
76	--	Filacho Mula prospect 10 13 55, 85 47 50	R, Igneous rock O, Mn oxides, chiefly pyrolusite A, Silicification	Veinlets and small pockets throughout a silicified zone that trends N. 30° W., is 45 m long and 7 m wide.	PR, Small	High	Roberts, 1944.
77	--	Judas prospect 10 13 15, 85 48 05	R, Chert, jasper, basalt O, Mn oxides A, Silicification	Small pockets and veins of Mn oxides in and adjacent to a siliceous jasper zone in igneous rock. The zone trends about N. 20° E., is 14 m long and 3-4.5 m wide.	--	--	Roberts, 1944; Kuypers and Denyer, 1979b; Hein and others, 1983.
78	--	Pie Paloma prospect 10 13 00, 85 48 25	R, Jasper, shale O, Mn oxides	Thin veinlets of Mn oxides along fracture surfaces in a jasper zone that trends N. 20° E. along fault zone in shale.	--	Low	Roberts, 1944.
79	--	El Zapote prospect 10 12 40, 85 49 15	R, Jasper	Manganiferous jasper float scattered over a wide area surrounding 12 m long outcrop of jasper.	--	Low, siliceous	Roberts, 1944.
80	(4711)	Los Bolillos mine (El Pavo, Las Masas) 10 08 05, 85 42 10	R, Jasper, basalt O, Mn oxides	Small pockets and veinlets of Mn oxide in jasper zones trending north and east and replacing basalt. Orebody 14 m long, 2.5 m wide exposed in cut 60 m east of Pozo Azul; extends only a few meters below the surface.	PR, 75 tonnes, on dump	28.03% Mn, 12.45% Fe	Sears, 1919; Roberts, 1944.
81	(4711)	El Espavelar mine (Lagarto area) 10 08 00, 85 44 30	R, Jasper, shale, greenstone O, Pyrolusite, braunite A, Silicification	Irregular pockets in jasper formed by replacement of shale along a shale-greenstone contact; pockets follow northwest and west-trending fractures. Jasper zone nearly horizontal and as thick as 9 m. Deposit is mined out.	P, 2,000 tonnes (1917, 1918) R, Few tonnes on dumps PR, Exhausted	-- Variable	Sears, 1919; Roberts, 1944; Kuypers and Denyer, 1979b.
82	--	Cerro Grande occurrence 10 07 50, 85 26 40	R, Shale O, Fe oxides, Mn oxides, pyrolusite	Four lenses of siliceous iron-manganese oxide striking N. 50° W. exposed near road; another lens in stream to northwest. Largest lens 9 m long and 1.8 m wide.	PR, Small	Low	Roberts, 1944.
83	(4711)	El Cacao mine (Lagarto area) 10 07 35, 85 44 45	R, Shale, basalt O, Braunite, bementite, Mn oxides	Pockets and veins of braunite and bementite in 1.2 m-thick jasper zone that replaces red shale along bedding planes and thins to the northeast and southwest. Sparse veinlets and pockets of Mn oxides elsewhere.	PR, Small	Very low	Sears, 1919; Roberts, 1944.
84	(4028) (4711)	La Victoria mine (Victoria mine) 10 07 05, 85 45 45	R, Jasper, shale O, Mn oxides A, Silicification	Small pods and veinlets of Mn oxides in jasper.	P, 200 tonnes (1918) PR, Few tonnes, on dump	Low	Roberts, 1944; Sears, 1919; Kuypers and Denyer, 1979b.
85	--	La Cuesta de Matambu occurrence (La Cuesta de Matamba) 10 07 05, 85 26 35	R, Igneous rock, shale, chert O, Mn oxides, Fe oxides A, Silicification	Two lenses replacing shale and chert; 3 m long, 15 cm to 1 m wide and 1.5 m long, 30 cm wide.	PR, Small	Low, siliceous	Sears, 1919; Roberts, 1944.
86	--	Unnamed occurrence 10 06 45, 85 22 40	--	--	--	--	Roberts, 1944.
87	--	Quiriman occurrence 10 06 10, 85 30 10	--	--	--	--	Roberts, 1944.
88	(4589)	Los Saltos prospect 10 05 15, 85 40 15	R, Jasper O, Mn oxide A, Silicification	Northwest-trending jasper zone 240 m long contains small pockets and veins of Mn oxide ore, locally ferruginous.	--	34.23% Mn, 9.94% Fe	Roberts, 1944.
89	--	Los Chanchos mine 10 04 45, 85 42 40	R, Jasper, basalt O, Pyrolusite, braunite, wad	Northwest-trending jasper zone.	P, 50 tonnes (1937) PR, 100 tonnes	Low Siliceous Grab sample from dump 31.60% Mn, 13.10% Fe	Roberts, 1944; Kuypers and Denyer, 1979b.

Table 4.--Table of mines, prospects, and occurrences in Costa Rica.-- Continued

Map no.	Concession nos.	Site name (Synonym) Vein Lat N., Long W. (deg, min, sec)	Rock type (R), ore minerals (O), non-ore minerals (N), and alteration (A)	Deposit description	Estimated production (P), reserves (R), and potential resources (PR) (Keefer and Calkins, 1977)	Grade (Cox and Singer, 1986)	References[1]
			Volcanogenic Manganese (continued)				
90	(4589)	El Pital prospect 10 04 40, 85 39 45	R, Jasper, basalt O, Mn oxides, pyrolusite, Fe oxides A, Silicification	North-trending zone of manganiferous jasper in basalt. Small discontinuous and irregular orebodies of Mn oxide; one 12 m long and at least 6 m wide.	--	11.15% Mn, 16.94% Fe	Roberts, 1944; Kuypers and Denyer, 1979b.
91	--	Los Munecos prospect 10 04 40, 85 38 35	R, Jasper O, Mn oxides	Mn oxides in small pockets and veins in a zone of jasper about 100 m long and 9-24 m wide.	--	Very low	Roberts, 1944.
92	--	El Carrizal occurrence 10 04 40, 85 38 30	R, Jasper O, Mn oxides	Mn oxides sparsely disseminated in jasper.	--	--	Roberts, 1944.
93	--	Matina occurrence 10 04 35, 85 23 45	O, Fe oxides, Mn oxides	Lenses of oxides, crop out several places. One lens 15 m long and 2.5 m wide; other showings small and discontinuous.	--	--	Roberts, 1944.
94	(4589)	Piedra Amarilla occurrence 10 04 10, 85 40 25	R, Jasper O, Mn oxides N, Hematite	Streak of Mn oxides in a northeast-trending jasper layer.	--	--	Roberts, 1944.
95	--	Jazminal occurrence 10 03 20, 85 39 10	R, Basalt	--	--	--	Kuypers and Denyer, 1979b.
96	--	Unnamed occurrence 10 03 10, 85 45 10	R, Jasper, shale, basalt O, Psilomelane, Mn oxides	Red and yellow jasper zone about 6 m wide crops out on beach and contains generally low grade Mn oxides. Zone contains 1 lens of psilomelane 1 m long and as wide as 30 cm.	--	--	Roberts, 1944; Kuypers and Denyer, 1979b.
97	(4587)	El Rosario occurrence 10 01 20, 85 43 25	R, Basalt	--	--	--	Kuypers and Denyer, 1979b.
98	--	Pavones mine (Buena Vista mine) 09 59 05, 85 12 10	R, Shale, jasper, basalt O, Pyrolusite A, Silicification	Small sporadic lenses, pockets, and veins in ore zone averaging 6 m wide, parallel to bedding, locally offset and repeated by small faults. May be replacement of jasperized shale.	P, 80 tonnes (1918) PR, Few 100 tonnes	51.38% Mn, 1.22% Fe High	Sears, 1919; Roberts, 1944; Kuypers and Denyer, 1979b.
99	--	La Colonia Carmona prospect 09 58 50, 85 15 40	R, Carbonaceous shale?	Ore in small pocket.	--	--	Sears, 1919; Roberts, 1944.
100	--	Tambor occurrence 09 42 55, 85 01 15	--	Mn (oxides?) stains.	--	--	Roberts, 1944.
			Shoreline Placer Magnetite				
101	--	Playa Panamá 10 35 20, 85 39 10	R, Sand O, Magnetite	Titaniferous magnetite beach sands.	--	--	Weyl, 1969.
102	--	Playa Hermosa 10 34 30, 85 40 40	R, Sand O, Magnetite	Titaniferous magnetite beach sands.	--	18% magnetite, 58.70% FeO, 25.12% TiO_2	Weyl, 1969.
103	--	Playa del Coco 10 33 15, 85 41 35	R, Sand O, Magnetite	Titaniferous magnetite beach sands.	--	7% magnetite	Weyl, 1969.
104	--	Playa Ocotol 10 32 40, 85 43 25	R, Sand O, Magnetite	Titaniferous magnetite beach sands.	--	72.28% FeO, 18.46% TiO_2	Weyl, 1969; Guild, 1981.
105	--	Playa Blanca (Punta Gorda) 10 32 00, 85 45 50	R, Sand O, Magnetite	Titaniferous magnetite beach sands.	--	--	Sandoval, 1969; Castro and Vargas, 1982.
106	--	Playa Potrero 10 26 51, 85 46 30	R, Sand O, Magnetite	Titaniferous magnetite beach sands, 4,150 m long, 80 m wide, 2.94 m thick.	R, 1,606,549 tonnes sand; 302,030 tonnes magnetite	18.80% magnetite	Organización de los Estados Americanos, 1978; Castro and Vargas, 1982.
107	--	Playa Brasilito 10 24 48, 85 47 45	R, Sand O, Magnetite	Titaniferous magnetite beach sands, 2,400 m long, 80 m wide, 2.45 m thick.	R, 845,930 tonnes sand; 136,449 tonnes magnetite	16.13% magnetite	Organización de los Estados Americanos, 1978; Castro and Vargas, 1982.
108	(5409)	Playa Boca Barranca 09 57 35, 84 44 15	R, Sand O, Magnetite	Titaniferous magnetite beach sands.	--	--	Dengo and Levy, 1970.
109	--	Playa Caldera 09 53 50, 84 43 35	R, Sand O, Magnetite, ilmenite, olivine	Titaniferous magnetite beach sands, 2,500 long, 50 m wide, 4.57 m thick.	R, 1,096,937 tonnes sand; 274,315 tonnes magnetite	25.00% magnetite	Noe, 1964; Organización de los Estados Americanos, 1978; Guild, 1981.
110	--	Playa Bajamar (Playa Boca de Jesus Maria) 09 51 09, 84 41 24	R, Sand O, Magnetite	Titaniferous magnetite beach sands, 5,200 m long, 200 m wide, 6.10 m thick.	R, 7,575,946 tonnes sand; 2,117,476 tonnes magnetite	27.95% magnetite	Organización de los Estados Americanos, 1978; Castro and Vargas, 1982.
111	(361)	Playa Boca de Estrella (Bonifacio) 09 46 45, 82 54 55	R, Sand O, Magnetite	Titaniferous magnetite beach sands.	--	--	Fraser, 1911; Sandoval and others, 1977.
112	--	Playa Tarcoles Norte 09 46 42, 84 37 48	R, Sand O, Magnetite	Titaniferous magnetite beach sands, 2,500 m long, 150 m wide, 9.14 m thick.	R, 1,394,913 tonnes sand; 6,407,505 tonnes magnetite	21.77% magnetite	Organización de los Estados Americanos, 1978; Castro and Vargas, 1982.
113	--	Playa Boca de Tuba 9 45 45, 82 52 30	R, Sand O, Magnetite	Titaniferous magnetite beach sands.	--	--	Castro and Vargas, 1982.
114	--	Playa Comadre 09 42 25, 82 49 00	R, Sand O, Magnetite	Titaniferous magnetite beach sands.	--	--	Castro and Vargas, 1982.
115	--	Playa Boca de Carbón (Puerto Viejo, Playa Carbón, Hone Creek) 09 39 00, 82 45 35	R, Sand O, Magnetite	Titaniferous magnetite beach sands, with minor gold.	R, 3,400,000 tonnes Fe (1982) PR, 8,130,000 tonnes sand (1963)	Variable magnetite	Fraser, 1911; Anderson, 1963; Dengo and Levy, 1970; Castro and Vargas, 1982
116	--	Playa Boca de Coronado 09 02 50, 83 38 35	R, Sand O, Magnetite	Titaniferous magnetite beach sands.	--	--	Dengo and Levy, 1970; Guild, 1981; Castro and Vargas, 1982.
			Cyprus Massive Sulfide				
117	(5674)	Punta Gorda prospect (Matapalo prospect) 10 31 15, 85 45 10	R, Basalt, siliceous sedimentary rocks O, Pyrite, pyrrhotite, chalcopyrite, native Cu N, Pyrite, Fe oxides A, Oxidation	Tabular to lenticular mineralized zone at the contact between basalt and siliceous sedimentary rocks. The sulfide zone lies beneath an east-trending gossan that is as long as 170 m. Orebody 4.5 m long, 3.5 m wide, as much as 2.0 m thick.	PR, 180 tonnes ore	25 samples range from 0.53 to 5.48% Cu, 100 to 950 ppm Zn, 62 to 330 ppm Co	Flores, 1976; Kuypers and Denyer, 1979b; Schmidt-Effing, 1979; Organización de los Estados Americanos, 1978; Site visit, 1986.
118	--	Tempate occurrence 10 26 05, 85 42 35	--	--	--	--	Kuypers and Denyer, 1979b.
119	--	Santa Rosa occurrence 10 18 25, 85 47 55	R, Basalt, siliceous sedimentary rocks O, Pyrite	Lens of massive pyrite, 80 cm thick.	--	7.3% Cu	Organización de los Estados Americanos, 1978; Kuypers and Denyer, 1979b.
			Sado Epithermal Vein				
120	(1888) (5050?)	Río Chiquito mine 10 26 15, 84 52 05	R, Andesitic lavas and tuffs O, Native gold, argentite N, Quartz pyrite, marcasite A, Prophylitic, silicification, oxidation	Assayed samples collected across widths of 10 m, many represent vein or veins.	R, 3,600,000 tonnes ore PR, 707,000 tonnes ore	Au, 2.84 g/t; Ag, 62.95 g/t Au, 2.63 g/t	Mining Journal, 1984; DGMH unpub. file, 1986; Site visit, 1986.
121	(634)	Esperanza mine (Esperanza de Líbano, Líbano, El Líbano de Tilarán) Azul, Blanca, Fortuna, Maravilla, Chiricuaco, 40, Ciebo veins 10 25 00, 84 59 10	R, Andesite flows and flow breccias O, Electrum N, Quartz, calcite, pyrite, sphalerite A, Replacement and veining of andesite by calcite and epidote pervasive silicification	Azul and Blanca veins vary from continuous quartz structures of nearly constant width to tight or gouge filled north- and northeast-trending faults containing quartz pods locally. Quartz is in cockscomb bands and vugs.	P, 70,000 tonnes ore R, 49,490 tonnes, ore (1973) PR, 117,000 tonnes ore	Au, 33.9 g/t Au, 26.13 g/t; Ag, 27.37 g/t Au, 28.37 g/t	Bennett, 1939; William Bennett, oral commun., 1986; Site visit, 1986; Organización de los Estados Americanos, 1978.
122	--	Quebrada Delicias prospect Deliciosa vein 10 24 45, 85 00 20	--	--	--	Several samples range in Au content from 0.31 to 62 g/t	--
123	(3747) (5394)	Montes de Oro prospect El Gallo, La Culebra, 15, El Raicero, Los Duce veins 10 22 25, 84 55 25	R, Andesite N, Quartz	El Gallo vein strikes N. 30° W., dips 75°, and is 1.2 m thick; La Culebra strikes N., is vertical, and is 1.8 m thick; vein 15 strikes N. 30° E., dips 70° W., is 35-50 cm thick; El Raicero vein strikes N. 25° E., dips 70° E., is 1 m thick. Los Duce consists of six veins.	--	Maximum Au, 20 g/t in vein 15	DGMH unpub. files, 1986.
124	(5427) (5479)	Turin prospect 10 20 25, 84 51 55	--	Veins are small.	--	--	DGMH unpub. files, 1986.
125	(5689)	Gongolona (Boston-Gongolona) 10 19 15, 84 54 10	--	One "large" vein striking N. 45° E.	--	--	Castillo, 1984.
126	--	La Luz mine La Pita, La Olga veins 10 19 10, 84 57 50	--	Two veins.	--	--	Organización de los Estados Americanos, 1978.
127	--	Recio mine 10 18 35, 84 57 10	R, Andesite A, Oxidation, silicification	Recio vein strikes N. 20° E., dips 80° W., and is 5 m wide.	--	--	Site visit, 1986.
128	(878?)	Silencio mine (Recio mine) Silencio, Recio, Santa Ana, Villalobos veins 10 18 30, 84 56 55	R, Andesite to dacite(?) flows and breccias O, Pyrite, sphalerite, stibnite N, Quartz, pyrite, chalcopyrite, sphalerite, goethite, hematite A, Oxidation	Massive white quartz veins strike N. 20° E., near vertical dip. Minor quartz veining and Au values as much as 20 m from vein walls into host rock.	PR, 1,086,000 tonnes ore	Au, 8.19 g/t	Giovani Sosto, oral commun., 1986; Site visit, 1986.
129	(96)	Tres Hermanos mine Tres Hermanos, El Limon, Terciopela, Balsa, Nispero, Palo Negro, Pedernal veins 10 18 25, 84 56 25	R, Andesite to dacite(?) flows and breccias O, Electrum, native gold, sphalerite, galena, stibnite N, Pyrite, quartz, geothite, hematite A, Oxidation, argillization	Massive quartz veins strike N. 20° E.; near vertical dip.	PR, 2,940,600 tonnes ore	Au, 9.42 g/t	Reitz, 1902; Giovani Sosto, oral commun., 1986; Organización de los Estados Americanos, 1978; Site visit, 1986.
130	(5328) (5382) (5453)	Boston mine (Boston-Gongolona) Leona, Los Berros veins 10 18 25, 84 54 50	--	Both veins strike N. 45° E.	--	--	Reitz, 1902; William Bennett, oral comun., 1986.
131	(95)	San Martin mine (Tres Amigos) San Martin, San Rafael, Fortuna, Negra, Loca, Pajuila veins 10 17 55, 84 55 40	R, Andesite to dacite(?) flows, agglomerates, and breccias N, Pyrite, galena, chalcopyrite, quartz A, Silicification, pyritization	Massive quartz veins.	PR, 800,000 tonnes ore	Au, 7.41 g/t	Roberts and Irving, 1957; Castillo, 1984; Giovani Sosto, oral commun., 1986; Site visit, 1986; Organización de los Estados Americanos, 1978.
132	(558) (559)	Cuatro Vientos mine (Alajuelita) Madre vein 10 17 35, 84 57 05	--	--	--	--	Organización de los Estados Americanos, 1978; Castillo, 1984; DGMH unpub. files, 1986.
133	(4972)	Cerro Ojo de Agua prospect 10 16 10, 84 50 40	--	--	--	2 samples: Au, 10.6 g/t; Ag, 25.3 g/t; and Au, 36.6 g/t; Ag, 80 g/t; low Cu, Zn	Chaves, 1972; Organización de los Estados Americanos, 1978.
134	(4968)	San Luis prospect 10 15 35, 84 48 30	--	--	--	--	DGMH unpub. files, 1986.

Table 4.--Table of mines, prospects, and occurrences in Costa Rica.-- Continued

Map no.	Concession nos.	Site name (Synonym) Vein Lat N., Long W. (deg, min, sec)	Rock type (R), ore minerals (O), non-ore minerals (N), and alteration (A)	Deposit description	Estimated production (P), reserves (R), and potential resources (PR) (Keefer and Calkins, 1977)	Grade (Cox and Singer, 1986)	References[1]
			Sado Epithermal Vein (continued)				
135	(5023)	Río Canamazo prospect 10 12 10, 84 55 40	--	--	--	--	CODESA unpub. files, (1986).
136	(4976)	Río Acapulco prospects 10 11 45, 84 48 35	--	--	--	Average Au grade, 8.09 g/t	DGMH unpub. files, 1986.
137	(1586)	Unnamed prospect 10 10 55, 84 44 30	O, Native gold N, Pyrite, quartz, adularia A, Phyllic	--	--	--	DGMH unpub. files, 1986.
138	(1554) (1586)	El Encanto prospects (San Buenaventura, Río Aranjuez) Flor de Mayo, Central, Don Paulino, Alta veins 10 10 55, 84 44 30	--	--	--	--	Bennett, 1939; DGMH unpub. files, 1986.
139	(4970) (5583) (5584)	Beta Vargas prospect 10 10 30, 84 54 15	R, Dacite(?) N, Pyrite goethite, hematite	Quartz vein zone strikes N. 80° W., dips 85° W.	PR, 14,500 tonnes ore	Au, 5.83 g/t	Castillo, 1984; DGMH unpub. files, 1986; Site visit, 1986.
140	--	El Angel mine 10 09 50, 84 43 00	--	--	--	--	Castro and Vargas, 1982; Castillo, 1984.
141	(371) (372) (491) (501-504)	La Unión mine Negra, Reina, Bonanza, Santa Rita veins 10 09 25, 84 43 15	R, Porphyritic andesite flows and breccias N, Pyrite, chalcopyrite, sphalerite, galena, calcite, quartz A, Silicification	Veins strike N. 10° W., dip vertical. Negra vein richest and widest at depth of 245 m and was worked down to 367 m.	PR, 27,500 tonnes ore	Au, 19.91 g/t	Reitz, 1902; Bennett, 1939; DGMH unpub. files, 1986; Site visit, 1986; Organización de los Estados Americanos, 1978.
142	(921)	Velazquez mine 10 08 25, 84 44 45	--	--	--	--	DGMH unpub. files, 1986.
143	(5369)	Cerro Pan de Azucar prospect 10 08 10, 84 46 15	N, Sulfides	--	--	--	DGMH unpub. files, 1986.
144	(1518)	Zamora mine 10 07 40, 84 44 45	--	Veins, one of which strikes N. 5° W., and is vertical and another which strikes N. 40° W., in an east-trending zone.	--	--	Castro, and Vargas, 1982; Castillo, 1984.
145	(5004)	La Lucha mine 10 07 35, 84 43 10	--	--	--	--	DGMH unpub. files, 1986; Leo Piedmont, oral commun., 1986.
146	(1434)	La Trinidad mine (Trinidad mine) San Juan, El Gallo, Gemellos, La Culebra, La Fortuna, Providencia, Angel veins 10 06 50, 84 43 25	O, Native Au N, Quartz, Mn oxides A, Supergene(?), prophyllitzation, silicification	San Juan vein strikes N. 25° E., dip vertical; El Gallo vein strikes N. 25° W., dips north and is 1.4 m thick; Gemellos vein strikes N. 25° E.; La Culebra vein strikes N. 25° W., and is 75 cm thick; La Fortuna vein strikes N. 25° E., and is 1.2 m thick; Providencia vein strikes N. 5° W., dips east; Angel vein strikes N. 25° E. and is 1.6 m thick.	--	--	Reitz, 1902; Bennett, 1939; DGMH unpub. files, 1986.
147	(21A) (4832) (4965)	Bella Vista mine (Montezuma) Chimenea, Canal, Negra, Blanca, Colorado veins 10 06 45, 84 42 45	R, Andesite N, Quartz, pyrite, sphalerite, galena, goethite A, Silicification, clays	North-trending veins of quartz with ore in hanging wall of Liz fault.	PR, 340,000 tonnes ore R, 333,504 tonnes ore (1986) PR, 99,770 tonnes ore (1986)	Au, 6.85 g/t Au, 6.55 g/t Au, 6.54 g/t	Reitz, 1902; Site visit, 1986; Organización de los Estados Americanos, 1978; The Northern Miner, 1986.
148	(1446)	Corinto mine (Chassoul prospect) Cajeta, Virgilio veins 10 06 45, 84 37 30	B, Native gold	The Cajeta vein strikes N. 50° E.; Virgilio vein strikes north.	--	Cajeta, Au, 9.67 g/t Virgilio, Au, 7.34 g/t	DGMH unpub. files, 1986.
149	(21A) (4832)	Montezuma mine (Bella Vista, El Negro mines) 10 06 30, 84 42 40	--	--	--	--	Reitz, 1902; DGMH unpub. files, 1986.
150	(5258)	San Marcos prospect 10 06 20, 84 52 05	R, Andesite and tuff breccia A, Three alteration zones	Veins associated with 3 alteration zones trending N. 52° E.	--	--	DGMH unpub. files, 1986.
151	--	Penon mine 10 03 35, 84 31 05	--	--	--	--	Bennett, 1939.
152	--	Cuarenta Leones mine (Leones mine) 10 03 15, 84 32 40	--	--	--	--	Castillo, 1984.
153	(770)	Moncada mine Moncada vein 10 03 10, 84 31 55	R, Andesite, rhyolite N, Quartz, pyrite, galena, sphalerite, chalcopyrite, sericite A, Silicification, oxidation, supergene(?)	Major vein strikes north with some deviation to the northeast and northwest. For a length of 18 m, the width of the vein ranges from 1.05 to 1.6 m.	PR, 11,000 tonnes ore	Au, 8.91 g/t Range of values along vein: Au, 4.35 to 119.12 g/t; Ag, 11.63 to 22.08 g/t	Bennett, 1939; Site visit, 1986; Gonzalo Moncada, oral commun., 1986.
154	(4921) (5104)	Cerro la Mina prospect 10 02 55, 84 39 30	R, Andesite, rhyolite N, Jasper, quartz, pyrite A, Silicification, oxidation	Zone of irregular stockwork and alteration veins strike N. 70° W., dip southwest.	--	--	Site visit, 1986.
155	(5507)	Buena Suerte mine Buena Suerte vein 10 02 50, 84 33 45	R, Andesite and andesitic tuffs O, Pyrite N, Pyrite, quartz A, Silicification, pyritization	Zone of major veins strikes N. 15° E. and dips 55° southeast; another zone of northwest-trending veins. Veins 2 to 5 cm wide.	--	--	Bennett, 1939; Site visit, 1986.
156	(960)	Río Barranca mine (Minas del Barranca) Rosa, Ancha, Caliente, Horagia veins 10 02 45, 84 36 10	R, Native gold	Rosa vein strikes from N. 10° E. to N. 40° E.; Ancha vein is discontinuous and parallels Rosa vein; Caliente vein strikes N. 45° E.; Horagio vein is small and parallels to Caliente vein.	--	Au, 12 g/t; Ag, 30 g/t	DGMH unpub. files, 1986.
157	(4984)	Rincon de Mora prospect 10 02 40, 84 28 25	--	Veins.	--	Au grades of 4 samples: 0.61, 0.98, 14.4, 108 g/t	DGMH unpub. files, 1986.
158	--	San Gerardo mine (Moncada mine) 10 02 30, 84 31 40	--	Most veins narrow with erratically distributed ore shoots. Ore rich but in pockets.	--	--	Bennett, 1939; Roberts and Irving, 1957.
159	--	Rudin mine 10 01 40, 84 36 00	--	--	--	--	Castillo, 1984.
160	(925)	Santa Clara mine Mondongo vein 10 01 10, 84 36 25	R, Andesite flows and tuffs, rhyolite O, Native gold N, Marcasite, quartz, pyrite A, Clay, pyrite, possibly nontronite	Veins 1-2 cm wide strike easterly and northeasterly.	PR, 5,200,000 tonnes ore	Au, 2.06 g/t	Bennett, 1939; Site visit, 1986.
161	--	Palmares mine 10 00 30, 84 29 15	--	--	--	--	Castillo, 1984.
162	(4921)	Cerro Pato prospect 09 59 00, 84 36 10	--	--	--	--	DGMH unpub. files, 1986; Site visit, 1986.
163	--	Llano Brenes prospect 09 59 00, 84 29 30	--	Most veins narrow with erratically distributed ore shoots.	--	--	Bennett, 1939; Huttl, 1942; Roberts and Irving, 1957.
164	(238) (4999)	La Libertad mine El Goteroso vein 09 58 50, 84 29 20	R, Andesite O, Free gold N, Goethite A, Silicification	Northeast- to north-striking vein system 100 m long, less than 5 m wide; veins less than 2 cm wide.	--	--	DGMH unpub. files, 1986; Site visit, 1986.
165	--	La Britania prospect (Britannia prospect) 09 58 35, 84 28 40	--	--	--	--	Bennett, 1939; Huttl, 1942.
166	--	El Porvenir mine 09 58 50, 84 29 20	--	Main vein trends N. 30° E., can be traced 800 m on surface; includes several smaller veins.	--	--	Reitz, 1902; Chaves, 1974.
167	--	El Fuego mine 09 58 50, 84 29 20	--	--	P, 52 tonnes ore (1874) R, 1,000 tonnes ore (1902)	Au, 662.5 g/t; Ag, 376.35 g/t	Reitz, 1902; Chaves, 1974.
168	--	Quebrada Honda mine 09 58 40, 84 28 25	--	Three main veins, 1-3 m wide; many feeder veins.	P, $1,000,000 ore (pre-1857)	--	Reitz, 1902; Chaves, 1974.
169	--	Paciencia prospect 09 58 30, 84 28 40	N, Quartz	Mn-oxide-stained quartz vein 2-4 m wide.	PR, 300 tonnes ore (1907)	--	Crespi, 1907.
170	--	San Juan Uno mine 09 58 30, 84 28 40	--	--	--	--	Chaves, 1974; Castillo 1984.
171	--	Esperanza mine Sacra Familía vein 09 58 15, 84 27 50	--	Vein 1-2 m wide.	--	--	Crespi, 1907; Site visit, 1986.
172	--	San Francisco mine Sacra Familía vein 09 58 15, 84 27 50	R, Andesite N, Pyrite, galena, chalcopyrite, sphalerite, quartz, rhodonite A, Silicification, oxidation, supergene	Ore occurs in nearly vertical to southwest-raking pods in a northeast-trending vein along a nearly vertical fault. Pods about 60-100 m wide. Vein material brecciated.	PR, 124,300 tonnes ore	Au, 5.52 g/t	Site visit, 1986.
173	--	San Miguel mine San Miguel vein 09 58 10, 84 27 50	R, Andesite N, Quartz	Quartz vein crop out for about 700 m.	--	Average values: Au, 24.88 g/t; Ag, 65.31 g/t	Attwood, 1882; Reitz, 1902; Chaves, 1974.
174	--	Los Castros mine Compañía vein 09 58 05, 84 27 50	R, Andesite N, Pyrite, calcite, quartz, spalerite, chalcopyrite, rhodochrosite A, Silicification, oxidation	Major vein 2 m wide, strikes N. 50° E., dips near vertical.	--	--	Attwood, 1882; Reitz, 1902; Malozemoff, 1942; Huttl, 1942; Site visit, 1986.
175	--	La Ciguena mine 09 58 05, 84 27 50	--	--	P, $21,000 (1902)	Au, 202.17 g/t; Ag, 140 g/t	Reitz, 1902; Chaves, 1974.
176	--	El Balsa mine (Mina de San Rafael) La Minita, Compañía, Oreamunos veins 09 58 05, 84 27 50	--	--	--	Au, 883.3 g/t; Ag, 326.6 g/t Dump sample Au, 15.55 g/t; Ag, 18.66 g/t	Reitz, 1902; Chaves, 1974.
177	--	Guapinol mine (Pilar, La Mina del Pilar, Los Oreamunos) Compañía vein 09 58 05, 84 27 50	R, Andesite, rhyolite O, Arsenopyrite N, Pyrite, realgar, quartz A, Silicification, sericitization	Vein 2-3 m wide, strikes N. 50° E., dip near vertical.	--	Au, 21.77 g/t; Ag, 139.96 g/t	Reitz, 1902; Crespi, 1907; Chaves, 1974; Site visit, 1986.
178	--	La Minita mine (La Minita) 09 58 05, 84 27 50	--	--	--	--	Reitz, 1902; Leo Piedmont, oral commun., 1986.
179	--	Oreamunos mine (Los Castros, Guapinol) Compañía vein 09 58 05, 84 27 50	--	--	--	--	Reitz, 1902; Site visit, 1986.
180	(885)	La Unión del Aguacate (La Unión; Mina Unión del Aguacate; La Unión del Aguacate) 09 58 00, 84 28 45	--	--	--	--	Bennett, 1939; Malozemoff, 1942; Huttl, 1942; Roberts and Irving, 1957.

Table 4.--Table of mines, prospects, and occurrences in Costa Rica.-- Continued

Map no.	Concession nos.	Site name (Synonym) Vein Lat N., Long W. (deg, min, sec)	Rock type (R), ore minerals (O), non-ore minerals (N), and alteration (A)	Deposit description	Estimated production (P), reserves (R), and potential resources (PR) (Keefer and Calkins, 1977)	Grade (Cox and Singer, 1986)	References[1]
			Native Copper				
181	--	San Rafael occurrence 09 51 00, 84 17 50	R, Andesite, basalt O, Native Cu	Thin sheets of native copper fill fractures in andesite and basalt. Mineralized zone trends north, dips steeply west, and is about 7.6 m wide where exposed in small stream bed. Sheets commonly about 1 m apart.	--	Low	Roberts and Irving, 1957.
182	--	Guayabo occurrence (Guayabo de Mora occurrence) 09 51 00, 84 16 20	R, Andesite, basalt O, Native Cu	Thin sheets of native copper fill fractures in andesitic and basaltic lavas. Sheets average 1 m thick and are as large as 0.1 m^2; commonly 15 cm to 1 m apart. Sheets exposed for about 40 m in a stream cut, and placer copper can be panned for 450 m downstream.	--	<0.2-3% Cu	Roberts and Irving, 1957; Sandoval, 1969.
183	--	Tarbaca prospect 09 48 55, 84 06 10	O, Native Cu, malachite A, Propylitization	Mineralization over 0.2 km^2 area	--	2% Cu	Naciónes Unidas, 1975c.
			Native Sulfur				
184	(5037) (5559) (5575)	Gongora prospect (Quebrada Grande) 10 54 00, 85 27 00	R, Lava, ignimbrite O, Native sulfur	Lava, ignimbrite impregnated by native sulfur.	R, 4,921,000 tonnes ore; 4,352,000 tonnes ore; 5,080,000 tonnes ore	15.1% S 15.7% S --	Ashley, 1968; Sandoval, 1969; Ashley and Briggs, 1970; Sandoval, 1977; Organización de los Estados Americanos, 1978; Castro and Vargas, 1982.
185	(5546)	Santa Maria occurrence (Hacienda Santa, Maria occurrence) 10 45 45, 85 18 30	R, Ignimbrite O, Native sulfur	Ignimbrite impregnated by native sulfur.	--	--	Sandoval, 1977; Madrigal, 1978.
186	(5739)	Miravalles occurrence (Miravalles de Bagaces occurrence) 10 42 35, 85 10 50	R, Lava, scoria, pumice O, Native sulfur	Lava, scoria, and pumice impregnated by native sulfur.	--	--	Sandoval, 1969; Dengo and Levy, 1970; Sandoval, 1977.
187	--	La Fortuna prospect 10 40 40, 85 11 45	O, Native sulfur N, Pyrite	Pyrite at depth.	R, 760,000 tonnes ore	29.9% S	Ashley 1967, 1968, 1969.
188	(727)	Poco Sol prospect (Poco Sol de San Carlos prospect) 10 22 00, 84 39 00	R, Lava O, Native sulfur N, Pyrite, analcite, opal A, Kaolinization	Native sulfur as coarse crystals and microcrystalline masses replaced analcite which had replaced lava.	R, 20,320,000 tonnes ore	--	Sandoval, 1969; Sandoval, 1977; Guild, 1981 Castro and Vargas, 1982.
189	--	Ciudad Quesada area 10 19 20, 84 25 30	R, Lava O, Native sulfur	Lava impregnated by native sulfur.	--	--	Sandoval, 1969; Sandoval 1977; Madrigal, 1978.
190	--	Chocosuela prospect 10 17 35, 84 19 45	R, Lava, fanglomerate O, Native sulfur	Lava fanglomerate impregnated by native sulfur.	R, 34,210,000 tonnes ore, 8,315,000 tonnes S	10-29% S 17.3-20.2% S	Sandoval, 1969; Organización de los Estados Americanos, 1978.
191	(383) (4930) (5410)	Volcan Viejo prospect (Cerros Volcan Viejo prospect) 10 16 40, 84 20 00	R, Lava O, Native sulfur	Lava impregnated by native sulfur.	R, 500,000 tonnes ore PR, 2,964,000 tonnes ore	-- 30.25% S	Castro and Vargas, 1982; DGMH unpub. files, 1986.
192	--	Cerro Congo prospect (Cerro el Congo prospect) 10 15 15, 84 13 40	R, Lava O, Native sulfur	Lava impregnated by native sulfur.	R, 8,448,040 tonnes ore	--	Castro and Vargas, 1982.
193	(5298)	Quebrada Azufrada prospect 10 14 50, 84 20 05	R, Lava O, Native sulfur	Lava impregnated by native sulfur.	--	--	DGMH unpub. files, 1986.
194	--	El Cedral prospect (Cerros de Cedral prospect) 10 13 00, 84 40 20	R, Lava O, Native sulfur	Lava impregnated by native sulfur.	--	--	Ashley, 1969; Sandoval, 1969; Sandoval, 1977.
195	--	Poas occurrence (Volcan Poas occurrence) 10 11 50, 84 13 50	R, Lava O, Native sulfur	Lava impregnated by native sulfur.	--	--	Dengo and Levy, 1970; Sandoval, 1977; Guild, 1981; Castro and Vargas, 1982.
196	--	Turrialba occurrence (Volcan Turrialba occurrence) 10 01 15, 83 45 35	R, Lava O, Native sulfur	Lava impregnated by native sulfur.	--	--	Sandoval, 1977; Madrigal, 1978.
			Copper Vein				
197	(5140)	Siberia mine 09 33 10, 83 42 30	O, Chalcocite, malachite, azurite	Veins.	--	--	Ashley and Briggs, 1970.
198	(5135)	Boruca prospect (Cerro Boruca prospect) 09 29 00, 83 42 40	R, Dacite tuffs and breccias O, Chalcopyrite, bornite, chalcocite N, Hematite, pyrite, pyrrhotite, magnetite, Cu oxides A, Chloritization	Veins.	P, 17,208 tonnes Cu and Ag ore	22.51% Cu 9.94 oz/short ton Ag 0.128 oz/short ton Au	DGMH unpub. files, 1986; Site visit, 1986.
199	--	Fila Uruca prospect 09 28 20, 83 42 00	O, Bornite, chalcocite, malachite chalcopyrite, azurite	Veins crop out.	--	2 samples 0.8-1% Cu; 14-16% Cu	Sandoval, 1969.
200	(5093)	Pueblo Nuevo prospect 09 27 20, 83 40 20	R, Andesitic rocks O, Bornite, chalcocite N, Hematite A, Chloritization	--	PR, 7,256,000 tonnes Cu, Ag, Au ore	26% Cu; Ag, 617.3 g/t; Au, 3.1 g/t One sample, 32% Cu; Ag, 569.18 g/t; Au, 23.64 g/t	World Mining, 1983; Hyde and Martino, 1983; Site visit, 1986.
			Polymetallic Vein				
201	--	Unnamed occurrence 09 58 40, 84 21 30	--	--	--	--	Madrigal, 1978.
202	--	Unnamed occurrence 09 56 50, 84 13 00	--	--	--	--	Madrigal, 1978.
203	--	Río Virilla prospect (Piedras Negras prospect) 09 55 20, 84 18 00	O, Galena, sphalerite	--	--	--	Sandoval, 1969.
204	--	Bajo de Limon mine (El Bajo mine) 09 55 00, 84 26 55	R, Black shale, andesitic tuff, gabbro O, Galena, sphalerite, chalcopyrite N, Pyrite, calcite, quartz	Veins and breccia zones.	PR, 500,000 tonnes ore	Stream sediment, Pb, 41-60 ppm; Zn, 161-2,400 ppm; Cu, 91-120 ppm	DeFilippo, 1974; Sandoval, 1969; Naciones Unidas, 1975c; Organización de los Estados Americanos, 1978.
205	(5014)	Quebrada Curtiembre prospect (Villa Colon, Piedras Negras) 09 54 40, 84 18 15	R, Lutite O, Malachite	--	--	--	Sandoval, 1969; DGMH unpub. files, 1986.
206	--	San Pablo mine 09 53 50, 84 27 20	--	--	--	--	Madrigal, 1978.
207	--	Unnamed occurrence 09 52 30, 84 16 00	--	--	--	--	Madrigal, 1978.
208	--	Río Poas prospect (Cerro San Miguel, Aserri) 09 52 00, 84 07 40	--	--	--	--	Sandoval, 1969; Dengo and Levy, 1970.
209	--	Escazú prospect (Cerros de Escazú prospect) 09 50 35, 84 06 55	R, Diorite O, Sphalerite, galena, chalcopyrite	Vein strikes north-south, dips west, and is 15-20 m long.	--	Stream sediment, Zn, 80-7,500 ppm; Mn, 1,000-4,250 ppm; Cu, 40-215 ppm.	Naciónes Unidas, 1975c.
210	--	Concavas prospect 09 50 10, 83 53 20	O, Chalcopyrite, bornite, chalcocite, malachite	Narrow stringers.	--	--	Malozemoff, 1942; Sandoval, 1969; Dengo and Levy, 1970; Guild, 1981.
211	--	Unnamed occurrence 09 50 00, 84 17 15	--	--	--	--	Madrigal, 1978.
212	--	Chirraca occurrence 09 49 00, 84 10 40	--	--	--	--	Madrigal, 1978.
213	--	Puriscal prospect (San Ignacio prospect) 09 47 50, 84 09 45	O, Chalcopyrite, bornite, chalcocite	Narrow stringers.	--	--	Malozemoff, 1942; Ashley, 1968.
214	--	Orosi prospect 09 47 35, 83 51 40	--	--	--	--	Fraser, 1911.
215	--	Unnamed occurrence 09 47 00, 84 04 00	--	--	--	--	Madrigal, 1978.
216	(5278)	Tapanti prospect 09 46 00, 83 48 00	O, Chalcopyrite, bornite, azurite	--	--	--	Sandoval, 1969.
217	--	Bajo La Palma occurrence 09 45 20, 84 14 40	--	--	--	--	Madrigal, 1978.
218	(5165)	Río Savegre prospect (Río Providencia prospect) 09 33 00, 83 48 30	--	--	--	--	DGMH unpub. files, 1986.
219	--	Playas prospect 09 32 40, 83 38 00	--	--	--	--	Castro and Vargas, 1982.
220	--	Alaska prospect 09 31 15, 83 39 30	R, Andesite, rhyolite, granodiorite intrusions O, Chalcopyrite, possibly silver minerals N, Pyrite, pyrrhotite, magnetite, galena, barite, quartz	Numerous veins including one 50 m long, 30 cm thick.	--	--	Naciónes Unidas, 1975c.
221	--	Piedra occurrence 09 31 00, 83 40 30	--	--	--	--	Castro and Vargas, 1982.
222	(5140)	Division prospect 09 30 55, 83 42 45	R, Rhyolite, granodiorite O, Chalcopyrite, galena N, Pyrite, pyrrhotite, magnetite, barite, quartz	Numerous veins.	--	--	DGMH unpub. files, 1986.
223	--	San Ramon prospect 09 27 10, 83 44 10	--	--	--	--	Castro and Vargas, 1982.
224	--	Santa Cruz prospect 09 24 20, 83 32 50	R, Andesite O, Bornite, chalcocite, covellite, malachite, chrysocolla	Veins.	--	--	Naciónes Unidas, 1975c; Castro and Vargas, 1982; DGMH unpub. files, 1986.
225	--	Río Ceibo prospect 09 17 20, 83 18 10	--	--	--	--	Castro and Vargas, 1982.
			Porphyry Copper				
226	--	Río Zent occurrence 09 53 45, 83 15 30	--	--	--	--	Fraser, 1911.
227	(4868)	Río Tercero occurrence 09 51 40, 83 13 50	--	--	--	--	Sandoval and others, 1977; Castro and Vargas, 1982.

Table 4.--Table of mines, prospects, and occurrences in Costa Rica-- Continued

Map no.	Concession nos.	Site name (Synonym) Vein Lat N., Long W. (deg, min, sec)	Rock type (R), ore minerals (O), non-ore minerals (N), and alteration (A)	Deposit description	Estimated production (P), reserves (R), and potential resources (PR) (Keefer and Calkins, 1977)	Grade (Cox and Singer, 1986)	References[1]
			Porphyry Copper (continued)				
228	(4865) (4868)	Río Banano prospect 09 50 35, 83 13 50	O, Chalcopyrite, molybdenite	--	--	--	Sandoval and others, 1977; Castro and Vargas, 1982; Goeffrey Evans, oral commun., 1986
229	(4855)	Río Chirripo occurrence 09 44 10, 83 23 45	--	--	--	--	Sandoval and others, 1977; Castro and Vargas, 1982.
230	(4874)	Río Estrella occurrence 09 44 05, 83 09 40	--	--	--	--	Sandoval and others, 1977; Castro and Vargas, 1982.
231	(4856)	Unnamed occurrence 09 43 00, 83 17 10	--	--	--	--	Sandoval and others, 1977; Castro and Vargas, 1982.
232	(4857)	Quebrada Susubri occurrence 09 41 55, 83 23 45	--	--	--	--	Sandoval and others, 1977; Castro and Vargas, 1982.
233	--	Río Ñari prospect 09 41 50, 83 21 30	R, Andesite, tonalite A, Potassic (biotitic), quartz-sericite-pyrite	Drill hole of 600 m.	--	Average, 0.28% Cu; 15 ppm Mo; <2 ppm Ag, Au	Castro and Vargas, 1982; Naciónes Unidas, 1975c; Organización de los Estados Americanos, 1978.
234	(4873)	Unnamed occurrence 09 40 50, 83 12 40	--	--	--	--	Sandoval and others, 1977; Castro and Vargas, 1982.
235	(4860)	Unnamed occurrence 09 40 15, 83 16 35	--	--	--	--	Sandoval and others, 1977; Castro and Vargas, 1982.
236	(4869)	Unnamed occurrence 09 37 30, 83 28 00	--	--	--	--	Castro and Vargas, 1982.
237	(4870)	Río Telire occurrence 09 36 20, 83 10 25	--	--	--	--	Sandoval and others, 1977; Castro and Vargas, 1982.
238	(4871)	Río Chiquei occurrence 09 33 40, 83 14 20	--	--	--	--	Sandoval and others, 1977; Castro and Vargas, 1982.
239	(4852)	Río Quei occurrence 09 32 00, 83 09 20	--	--	--	--	Sandoval and others, 1977; Castro and Vargas, 1982.
240	(4872)	Quebrada Cuen occurrence 09 31 30, 83 15 30	--	--	--	--	Sandoval and others, 1977; Castro and Vargas, 1982.
241	(4876)	Río Coen occurrence 09 30 50, 83 04 35	--	--	--	--	Sandoval and others, 1977; Castro and Vargas, 1982.
242	--	Río Yuani occurrence 09 28 05, 83 03 20	R, Tonalite A, Hydrothermal	--	--	--	Naciónes Unidas, 1975c.
243	(4853)	Río Pato occurrence 09 25 25, 83 06 40	--	--	--	--	Sandoval and others, 1977; Castro and Vargas, 1982.
244	--	Sukut prospect (Copper Range prospect) 09 22 10, 82 58 35	R, Andesite O, Chalcopyrite, chalcocite N, Sphalerite, galena, barite A, Strong quartz-sericite-pyrite	Includes several polymetallic veins.	--	Veins, 0.11-3.3% Cu; 0.34-9.2% Zn; 540 ppm Pb	Castro and Vargas, 1982; Naciónes Unidas, 1975c; Organización de los Estados Unidos, 1978.
245	(4854)	Río Lari prospect 09 19 00, 83 03 30	R, Quartz diorite	--	--	1,000 ppm Cu	Sandoval and others, 1977; Castro and Vargas, 1982.
246	(4861)	Río Uren occurrence 09 18 30, 83 00 05	--	--	--	--	Sandoval and others, 1977; Castro and Vargas, 1982.
247	(4863)	Río Wonyet occurrence 09 16 15, 82 59 40	--	--	--	--	Sandoval and others, 1977; Castro and Vargas, 1982.
248	(4858)	Río Sini occurrence 09 12 25, 83 00 05	--	--	--	--	Sandoval and others, 1977; Castro and Vargas, 1982.
249	(4867)	Unnamed occurrence 09 09 10, 82 56 50	--	--	--	--	Sandoval and others, 1977; Castro and Vargas, 1982.
			Lateritic Bauxite				
250	--	Río Cuarto occurrence (Venecia de San Carlos) 10 24 30, 84 12 10	R, Laterite	Bauxitic laterite.	--	--	Sandoval, 1969.
251	--	Guacimo prospect 10 10 35, 83 43 40	R, Laterite	Bauxitic laterite.	PR, 40 million tonnes laterite	30% alumina	Sandoval, 1969; Patterson and others, 1986.
252	--	Paraiso prospects 09 51 40, 83 48 35	R, Laterite O, Gibbsite	Bauxitic laterite 1.3 to 1.8 m thick, above a clay-rich zone more than 10 m thick, in andesite and alluvium.	R, 12-15 million tonnes laterite; 4,000,000 tonnes alumina	44% alumina; 30% recoverable 9 samples, 39.4-51.4% alumina	Dondoli, 1970; Ashley and Briggs, 1970; Patterson and others, 1986.
253	(45) (5370)	Jardin occurrence (Abejonal, San Marcos de Tarrazu) 09 42 45, 83 58 15	R, Laterite O, Gibbsite	Bauxitic laterite gibbsitic concretions.	--	--	Castillo, 1966; Sandoval, 1969.
254	--	Cerro Abejonal prospect (Abejonal, San Marcos de Tarrazu) 09 42 15, 84 02 50	R, Laterite	Bauxitic laterite.	PR, 40 million tonnes laterite	30-35% alumina	Castillo, 1966; Sandoval, 1969; Castro and Vargas, 1982; Patterson and others, 1986.
255	(5370)	Canon occurrence 09 41 00, 83 55 10	R, Laterite	Bauxitic laterite.	PR, 40 million tonnes laterite	30-35% alumina	Sandoval, 1969; Patterson and others, 1986.
256	(5093) (5135)	Cerro Boruca mine 09 29 15, 83 41 45	R, Laterite	Bauxitic laterite.	--	--	DeFilippo, 1974.
257	--	San Isidro prospect (San Isidro de El General) 09 23 35, 83 40 40	R, Laterite O, Gibbsite	Bauxitic laterite in beds averaging 2-2.5 m thick over an area of 250 km^2. Laterite in volcanic and sedimentary rocks and terrace gravels.	R, 152,400,000 tonnes laterite from all of San Isidro de General (1963)	35-40% alumina	Anderson, 1963; Noe, 1964; Sandoval, 1969; Theofilos, 1976; Velasco, 1980; Organización de los Estados Americanos, 1978; Patterson and others, 1986.
258	--	Río San Pedro occurrence (San Isidro de El General) 09 18 00, 83 33 30	R, Laterite	Bauxitic laterite.	R, 118,000,000 tonnes laterite from all of San Isidro de El General (1978)	31.5% alumina	Organización de los Estados Americanos, 1978.
259	(4788) (5097)	Quebrada Casa occurrence (San Isidro de El General) 09 14 10, 83 27 10	R, Laterite	Bauxitic laterite.	--	--	Organización de los Estados Americanos, 1978.
260	--	Buenos Aires occurrence (San Isidro de El General) 09 10 00, 83 19 00	R, Laterite	Bauxitic laterite.	--	--	Organización de los Estados Americanos, 1978.
261	--	Punta Uvita occurrence 09 09 20, 83 45 00	R, Laterite O, Bauxite	Bauxitic laterite.	--	--	Ashley, 1967.
262	(5465)	Brujo occurrence (San Isidro de El General) 09 06 00, 83 16 15	R, Laterite	Bauxitic laterite.	--	--	Castro and Vargas, 1982; Organización de los Estados Americanos, 1978.
263	(5465)	Río San Antonio occurrence (San Isidro de El General) 09 04 00, 83 15 30	R, Laterite	Bauxitic laterite.	--	--	Organización de los Estados Americanos, 1978.
264	--	Fila de Trucho occurrence (Río Coto Brus) 08 53 00, 82 58 00	R, Laterite	Bauxitic laterite.	--	--	Castro and Vargas, 1982; Organización de los Estados Americanos, 1978.
265	--	Bajo Los Reyes occurrence (Río Coto Brus) 08 50 55, 82 58 50	R, Laterite	Bauxitic laterite.	--	--	Castro and Vargas, 1982; Organización de los Estados Americanos, 1978.
			Placer Gold				
266	--	Río Sierpe 08 51 05, 83 27 15	R, Gravel, sand O, Native gold	--	--	--	Castro and Vargas, 1982; DGMH unpub. files, 1986.
267	(466) (953)	Isla Violin (Isla Violinas, Río Sierpe) 08 47 00, 83 38 30	R, Gravel, sand O, Native gold	--	P, 69,145 g from 346,000 m^3 gravel (1984)	--	Ashley, 1965; Ivosevic, 1979; Castro and Vargas, 1982; DGMH unpub. files, 1986.
268	(1108) (1406) (1807)	Río San Juan 08 45 00, 83 31 15	R, Gravel, sand O, Native gold	--	--	--	DGMH unpub. files, 1986.
269	(1664)	Río Esquinas 08 44 20, 83 17 40	R, Gravel, sand O, Native gold	--	--	--	Castro and Vargas, 1982; DGMH unpub. files, 1986.
270	(1653)	Quebrada Salto 08 43 40, 83 34 10	R, Gravel, sand O, Native gold	--	--	--	DGMH unpub. files, 1986.
271	(5510)	Quebrada Sardinal 08 43 30, 83 12 50	R, Gravel, sand O, Native gold	--	--	--	DGMH unpub. files, 1986.
272	(1021)	Quebrada Aguabuena 08 42 20, 83 31 30	R, Gravel, sand O, Native gold	--	PR, 66,414 m^3 gravel	Au, 0.245 g/m^3	DGMH unpub. files, 1986.
273	(5423)	Río Drake 08 41 00, 83 36 50	R, Gravel, sand O, Native gold	--	--	--	Castro and Vargas, 1982; DGMH unpub. files, 1986.
274	(5528)	Río Riyito 08 41 00, 83 17 30	R, Gravel, sand O, Native gold	--	--	--	DGMH unpub. files, 1986.
275	(1041) (1201)	Quebrada Banegas 08 40 40, 83 31 55	R, Gravel, sand O, Native gold	--	--	--	DGMH unpub. files, 1986.
276	(1025) (5452)	Río Riyito 08 38 05, 83 31 45	R, Gravel, sand O, Native gold	--	--	--	Castro and Vargas, 1982; DGMH unpub. files, 1986.
277	(989) (1012)	Río Rincon 08 37 50, 83 28 35	R, Gravel, sand O, Native gold	--	--	--	Castro and Vargas, 1982; DGMH unpub. files, 1986.
278	(5418)	Quebrada Danta 08 36 30, 83 29 20	R, Gravel, sand O, Native gold	--	--	--	DGMH unpub. files, 1986.
279	(5419)	Quebrada Palma 08 36 25, 83 28 45	R, Gravel, sand O, Native gold	--	--	--	DGMH unpub. files, 1986.
280	(961-964)	Río Conte 08 36 10, 83 26 50	R, Gravel, sand O, Native gold N, Pyrite, quartz	--	--	--	Castro and Vargas, 1982; DGMH unpub. files, 1986.
281	(1761)	Quebrada Tarde 08 34 35, 83 29 35	R, Gravel, sand O, Native gold	--	--	--	DGMH unpub. files, 1986.

Table 4.--Table of mines, prospects, and occurrences in Costa Rica-- Continued

Map no.	Concession nos.	Site name (Synonym) Vein Lat N., Long W. (deg, min, sec)	Rock type (R), ore minerals (O), non-ore minerals (N), and alteration (A)	Deposit description	Estimated production (P), reserves (R), and potential resources (PR) (Keefer and Calkins, 1977)	Grade (Cox and Singer, 1986)	References[1]
			Placer Gold (continued)				
282	(879) (992) (5530)	Río Barrigones 08 34 25, 83 25 35	R, Gravel, sand O, Native gold	Gravel is 1.35 m thick.	P, 1,018 g Au from 3,502 m^3 gravel (1983) PR, 195,000 m^3 gravel	-- Au, 0.44 g/m^3	Castro and Vargas, 1982; DGMH unpub. files, 1986.
283	(1789)	Río Sabala 08 33 40, 83 25 15	R, Gravel, sand O, Native gold	--	PR, 120,150 m^3 gravel, 19,000 g Au	--	DGMH unpub. files, 1986.
284	(1789)	Río Riyito 08 33 10, 83 25 20	R, Gravel, sand O, Native gold	--	R, 218,200 m^3 gravel	Au, 0.46 g/m^3	DGMH unpub. files, 1986.
285	(1287) (1763)	Quebrada Terrones 08 33 00, 83 23 05	R, Gravel, sand O, Native gold	--	--	--	DGMH unpub. files, 1986.
286	(447) (974)	Río Agujas 08 32 45, 83 25 00	R, Gravel, sand O, Native gold	Conglomerate is 2 m.	P, small amount of gravel for 5 months in 1983	Au, 0.15-0.33 g/m^3 Au in conglomerate, 0.48 g/m^3	Castro and Vargas, 1982; DGMH unpub. files, 1986.
287	--	Río Sierna 08 32 30, 83 31 20	R, Gravel, sand O, Native gold	--	--	--	Castro and Vargas, 1982.
288	(1388) (5535)	Quebrada Salitre 08 32 15, 83 24 25	R, Gravel, sand O, Native gold	--	--	--	DGMH unpub. files, 1986.
289	(698) (702) (781) (787) (1026) (1114) (1115)	Río Tigre 08 31 45, 83 24 05	R, Gravel, sand O, Native gold	--	R, Finca Bellida, 100,000 m^3 gravel R, Finca Sanchez, 687,000 m^3 gravel	Au, 0.2 g/m^3 Au, 0.27 g/m^3	Velasco, 1980; Castro and Vargas, 1982; DGMH unpub. files, 1986.
290	(1113)	Dos Brazos 08 30 50, 83 24 15	R, Gravel, sand O, Native gold	--	--	--	DGMH unpub. files, 1986.
291	(979) (1563) (5438)	Río Nuevo 08 30 50, 83 20 55	R, Gravel, sand O, Native gold	--	R, 308,475 m^3 gravel	Au, 0.0024 g/t	Roberts and Irving, 1957; DGMH unpub. files, 1986.
292	(5397) (5690)	Laguna Cangrejo Verde 08 28 35, 82 59 05	R, Gravel, sand O, Native gold	--	--	--	DGMH unpub. files, 1986.
293	--	Río Claro 08 28 20, 83 34 20	R, Gravel, sand O, Native gold	--	--	--	Castro and Vargas, 1982.
294	(1784)	Playa Madrigal (Río Madrigal) 08 26 50, 83 30 20	R, Gravel, sand O, Native gold	--	--	--	Sandoval, 1969; Dengo and Levy, 1970; Guild, 1981; DGMH unpub. files, 1986.
295	(1249) (5537)	Río Nuevo 08 26 35, 83 24 50	R, Gravel, sand O, Native gold	--	--	--	Castro and Vargas, 1982; DGMH unpub. files, 1986.
296	(1883)	Río Carate 08 26 30, 83 27 50	R, Conglomerate, conglomeratic sandstone, mudstone, gravel, sand O, Native gold N, Pyrite, quartz	Three episodes of Quaternary sedimentary deposition.	--	Au, 1-5 g/m^3	Dengo and Levy, 1970; Ivosevic, 1979; Guild, 1981; Castro and Vargas, 1982; DGMH unpub. files, 1986.
297	(1088) (1793) (1802) (1803) (5096)	Río Pejeperro 08 26 10, 83 23 20	R, Gravel, sand O, Native gold	--	PR, concession 1802, 967,250 m^3, 154 kg Au PR, concession 1803, 202,137 m^3, 48 kg Au	Au, 0.227 g/m^3 Au, 0.23 g/m^3 Average 16 samples from conession 1793, 0.067 g/m^3 Au	Castro and Vargas, 1982; DGMH unpub. files, 1986.
298	(1596) (5613)	Río Conte 08 26 05, 83 02 50	R, Gravel, sand O, Native gold	--	--	--	DGMH unpub. files, 1986.
299	(5417)	Quebrada La Palma 08 25 00, 83 01 40	R, Gravel, sand O, Native gold	--	--	--	DGMH unpub. files, 1986.
300	(5434)	Río Incendio 08 24 50, 83 00 20	R, Gravel, sand O, Native gold	--	--	--	DGMH unpub. files, 1986.
301	(775) (926) (1748)	Río Caracol 08 24 30, 82 58 35	R, Gravel, sand O, Native gold	--	R, 264,800 m^3 gravel	Au, 0.348 g/m^3	DGMH unpub. files, 1986.
302	(977) (1854) (5752)	Quebrada Coyunda 08 24 25, 83 19 10	R, Gravel, sand O, Native gold	--	R, 308,180 m^3 gravel (probable) R, 60,836 m^3 gravel (proven)	Au, 0.0404 g/t Au, 0.0505 g/t	DGMH unpub. files, 1986.
303	(775) (785) (1098) (1316) (1762)	Río La Vaca 08 24 10, 82 58 45	R, Gravel, sand O, Native gold	Au values highest in older terrace gravels trending east-west across Río La Vaca. Bedrock is fossiliferous calcilutite and interbedded sandstone.	--	--	Castro and Vargas, 1982; DGMH unpub. files, 1986.
304	(1645)	Quebrada Carbonera 08 23 50, 83 17 30	R, Gravel, sand O, Native gold	--	--	--	DGMH unpub. files, 1986.
305	(1746)	Quebrada El Macho 08 23 30, 83 07 05	R, Gravel, sand O, Native gold	--	--	--	DGMH unpub. files, 1986.
306	(5601)	Río Caña Blanca 08 18 20, 83 02 35	R, Gravel, sand O, Native gold	--	--	--	Castro and Vargas, 1982; DGMH unpub. files, 1986.
307	(1776) (5611) (5646)	Río La Peña 08 13 10, 82 56 50	R, Gravel, sand O, Native gold	--	--	--	Castro and Vargas, 1982; DGMH unpub. files, 1986.
308	(1640)	Quebrada El Tigre 08 03 35, 82 54 15	R, Gravel, sand O, Native gold	--	--	--	DGMH unpub. files, 1986.
309	(1640)	Quebrada Huacas 08 03 00, 82 54 05	R, Gravel, sand O, Native gold	--	--	--	DGMH unpub. files, 1986.
			Lateritic Iron				
310	--	San Ramon mine 10 04 20, 84 29 45	R, Basalt O, Hematite, gibbsite	Three meter thick hematitic laterite overlies basalt.	--	53-56% Fe	Dondoli, 1966; Sandoval 1969.
			Copper Skarn				
311	(5140)	Unnamed occurrence (Siberia occurrence) 09 30 20, 83 45 40	R, Adamellite N, Tourmaline, pyrite, quartz, A, Sericite, skarn	--	--	--	Castro and Vargas, 1982; Naciónes Unidas, 1975c, p. 24.
			Unassigned				
312	(5730)	Cano Sucio prospect 10 35 20, 84 13 25	R, Saprolite	Saprolite.	--	Pt, 52.2 g/t Au, 15.5 g/t	DGMH unpub. files, 1986.
313	--	Cerro Grande and Nancite occurrences 10 30 45, 85 42 05	R, Greenstone, shale O, Pyrite, Mn oxides	Pyrite and Mn oxides stains along contact between greenstone and shale.	--	--	Roberts, 1944.
314	--	Chapernal occurrence 10 30 10, 85 45 50	R, Greenstone, shale O, Pyrite, Mn oxides	Pyrite and Mn oxide stains along contact between greenstone and shale. Greenstone is pyritized for 3 to 4 m from the contact.	--	--	Webber, 1942; Roberts, 1944.
315	--	Carbonal claim 10 22 20, 85 37 05	R, Shale, greenstone A, Cu oxides, Fe oxides	Cu and Fe oxides stains along contact between shale and greenstone.	--	--	Roberts, 1944.
316	(5260)	Río Barroso prospect 10 16 10, 84 16 35	--	--	--	Au in channel samples 0.30, 0.54, 1.00 g/t	DGMH unpub. files, 1986.
317	(4962)	La Carpintera prospect 09 53 15, 83 58 15	--	--	--	Au, 5 g/t	DGMH unpub. files, 1986.
318	(5380)	Quebrada Polocha prospect 09 50 35, 84 28 00	--	--	--	--	DGMH unpub. files, 1986.
319	(4937) (5463)	Río Pejibaye prospect 09 45 35, 83 42 45	R, Andesite O, Native gold N, Pyrite, quartz	Quartz veins.	--	Au, As much as 5.9 g/t	DGMH unpub. files, 1986.

[1]DGMH, Dirección General de Geología, Minas e Hidrocarburos; CODESA, Corporación Costarricense de Desarrollo

Cuadro 4.--Cuadro de minas, prospectos y ocurrencias en Costa Rica.

[Rayitas (--) indican carencia de datos. En los casos donde hay datos multiples para un sitio particular en las columnas de recursos y leyes, los datos de leyes se presentan enseguida del recurso correspondiente.]

No. de mapa	No. de concesión	Nombre de sitio (Sinónimo) Veta Lat N., Long O. (grad, min, seg)	Tipo de roca (R), minerales de mena (O), minerales ganga (N) y alteración (A)	Descripción del yacimiento	Estimación de la producción (P), reservas (R) y recursos potenciales (PR) (Keefer y Calkins, 1977)	Ley (Cox y Singer, 1986)	Referencias[1]
			Cromita Podiforme				
1	--	B-7 10 53 10, 85 45 40	R, Harzburgita, lherzolita, dunita O, Cromita A, Laterización, serpentinización	Pequeñas bolsadas de cromita dentro de harzburgita y lherzolita serpentinizada en afloramientos. Cromita y peridotita muy fracturada.	--	5 muestras varían desde 25,50 to 32,44% Cr; promedio de 28,23% Cr	Jager, 1977; Kuypers y Jager, 1979.
2	--	B-8 10 53 05, 85 45 25	R, Harzburgita, lherzolita, dunita O, Cromita A, Laterización, serpentinización	Afloramiento. Pod está compuesto de varios separados bloques.	--	3 muestras varían desde 27,45 hasta 32,75% Cr; promedio de 30,32% Cr	Jager, 1977; Kuypers y Jager, 1979.
3	(5344)	A-6 10 52 30, 85 40 20	R, Harzburgita, lherzolita, dunita O, Cromita A, Laterización, serpentinización	Afloramiento. Mineralización aumenta hacia el este y disminuge hacia el sur. Pod es 3,5 m de largo y 2 m de ancho con espesor de 35 cm.	--	30,85% Cr	Jager, 1977; Kuypers y Jager, 1979.
4	(5344)	A-2 10 52 30, 85 39 40	R, Harzburgita, lherzolita, dunita O, Cromita A, Laterización, serpentinización	Afloramiento con dirección noroeste; extensión máxima de mineralización es 4,4 m con espesor de menos de 0,5 m.	--	22,65% Cr	Jager, 1977; Kuypers y Jager, 1979.
5	(5344)	A-1 10 52 25, 85 40 10	R, Harzburgita, lherzolita, dunita O, Cromita A, Laterización, serpentinización	Afloramiento; pod es 3,15 m de largo y 2,0 m de ancho, con espesor de 45 cm. Pod consta de varios separados bloques.	--	6 muestras varían desde 31,23 hasta 38,47% Cr	Jager, 1977; Kuypers y Jager, 1979.
6	(5344)	A-3 10 52 20, 85 39 20	R, Harzburgita, lherzolita, dunita O, Cromita A, Laterización, serpentinización	Afloramiento muy pequeño; pod es 35 cm de largo, 15 cm de ancho.	--	--	Jager, 1977; Kuypers y Jager, 1979.
7	(5344)	A-5 10 52 15, 85 39 55	R, Harzburgita, lherzolita, dunita O, Cromita A, Laterización, serpentinización	Afloramiento. Pod es 3,5 m de largo y 1,8 m de ancho con espesor de 0,5 m.	--	26,24% Cr	Jager, 1977; Kuypers y Jager, 1979.
8	(5344)	A-4 10 52 15, 85 39 55	R, Harzburgita, lherzolita, dunita O, Cromita A, Laterización, serpentinización	Afloramiento con dirección al este; pod con forma irregular es 7,3 m de largo y 70 cm a 1,24 m de ancho.	--	41,75% Cr	Jager, 1977; Kuypers y Jager, 1979; Ulloa, 1977.
9	(5569)	Playa Respingue 10 52 10, 85 50 35	O, Cromita N, Cuarzo	Pequeños cantos de cromita podiforme en arena.	--	49,48% Cr	Jager, 1977.
			Manganeso Volcanogénico				
10	--	Ocurrencia mineral Monte del Barco 10 36 40, 85 38 20	R, Roca verde ("greenstone") O, Oxidos de Mn	Oxidos de Mn menores a lo largo de fracturas en roca verde ("greenstone").	--	--	Roberts, 1944.
11	--	Ocurrencia mineral El Panamá 10 35 05, 85 39 40	R, Roca Verde ("greenstone")	Poco de Mn (óxidos?) en material "vítreo" a lo largo de fracturas.	PR, Muy poco	Muy baja	Roberts, 1944.
12	--	Ocurrencia mineral Playa Hermosa 10 34 20, 85 41 20	R, Roca verde ("greenstone") O, Oxidos de Mn	Manchas de óxidos de Mn menores a lo largo de fracturas en roca verde ("greenstone").	--	--	Roberts, 1944.
13	--	Prospecto Piedras Pintadas 10 34 00, 85 37 55	R, Lutita arenosa O, Oxidos de Mn	Manchas de óxidos de Mn en roca huésped cruzada en locales por pequeñas vetillas de óxidos de Mn en una zona "grande".	PR, Zona "grande"	Muy baja	Sears, 1919; Roberts, 1944.
14	--	Prospecto Tule 10 32 45, 85 38 10	--	Veta corta una pequeña loma; derrubio en ambos lados.	--	Baja	Sears, 1919.
15	--	Ocurrencia mineral Tabor 10 31 40, 85 38 45	R, Lutita arenosa O, Oxidos de Mn	Oxidos de Mn en vetillas pequeñas; manchas en la roca huésped.	--	Muy baja	Roberts, 1944.
16	--	Ocurrencia mineral Santisimo 10 30 40, 85 39 10	O, Oxidos de Mn	Unos pocos bloques.	--	Muy baja	Sears, 1919.
17	--	Prospectos El Boquete del Ramo (Prospectos Justo Perez) 10 30 25, 85 39 45	R, Rocas ígneas O, Oxidos de Fe y de Mn	Dos cuerpos lenticulares 7,6 m de largo por 3 m de ancho y 10,7 m por 4,6 m.	PR, Poco	30% Fe, 1,5-4% Mn	Sears, 1919; Roberts, 1944.
18	--	Ocurrencia mineral Las Pilas 10 30 05, 85 41 35	R, Lutita O, Oxidos de Mn	Stringers de unos pocos cm de ancho y aproximadamente 150 m de largo dentro de lutita con rumbo noroeste. Derrubio más arriba.	PR, Poca cantidad de stringers PR, Poca cantidad de derrubio	Alta Baja	Sears, 1919.
19	--	Ocurrencia mineral la Cuestacita 10 29 50, 85 42 00	R, Pedernal limoso O, Oxidos de Mn	Roca huésped manchada con óxido de Mn y unos pocos bloques con cubertura delgada de óxidos Mn.	--	--	Roberts, 1944.
20	--	Prospecto la Libertad (Prospecto Cerro Colorado) 10 29 45, 85 39 00	O, Oxidos de Mn	Bloques dispersidos; roca huésped silícica conteniendo Mn manchada; y una capa de roca silícica conteniendo Mn, expuesta en uno de los dos cortes en el lado sur, con espesor de 0,6-1 m y rumbo N. 40° O., vertical.	--	Baja, silícica	Sears, 1919; Roberts, 1944.
21	(5561)	Mina El Frances 10 29 40, 85 42 15	R, Pedernal, lutita, jaspe O, Mena de óxido de Mn ("wad"), pirolusita, psilomelano, braunita A, Silicificación?	Cuerpos de mena lenticulares a lo largo del plano de capas y pequeñas fallas sobreyacidas con un yacimiento de nodulos de Mn.	R, 356 toneladas métricas (1944)	31,60% Mn, 13,10% Fe,	Sears, 1919; Roberts, 1944; Kuypers y Denyer, 1979b; Hein y otros, 1983.
22	--	Ocurrencia mineral Guatemati 10 29 05, 85 41 30	--	--	--	Extremamente baja	Sears, 1919.
23	--	Ocurrencia mineral sin nombre 10 27 10, 85 36 35	O, Oxidos de Mn	--	--	--	Roberts, 1944.
24	--	Prospecto Playa Blanca 10 26 00, 85 47 30	R, Pedernal, lutita, jaspe O, Psilomelano, pirolusita A, Silicificación	Yacimiento paralelo con los estratos de la roca huésped con rumbo N. 60° O.	R, 100 toneladas métricas 32,91% Mn PR, 100-200 toneladas métricas	32,91% Mn, 4,43% Fe, <25 % Mn	Roberts, 1944.
25	--	Prospectos Los Planes, Tierra Colorada Cerro Colorado 10 25 20, 85 37 10	O, Oxidos de Mn	--	PR, Los Planes, grande PR, Cerro Colorado, pequeña	Muy baja Baja	Sears, 1919.
26	--	Ocurrencia mineral Bahía Brasilito (Brasilito, Bahía Brazilito) 10 24 25, 85 47 50	R, Pedernal, lutita O, Oxidos de Mn y de Fe	--	--	Muy baja	Sears, 1919; Hein y otros, 1983; De Boer, 1979; Gursky y Schmidt-Effing, 1983.
27	--	Mina Cerro Zapote 10 23 50, 85 49 30	--	--	PR, Pequeña	Silícica	Roberts, 1944.
28	--	Mina de Barrante 10 23 50, 85 49 30	--	--	PR, Pequeña	Silícica	Roberts, 1944.
29	--	Ocurrencia mineral sin nombre 10 23 50, 85 41 25	O, Oxidos de Mn	Mena muy silícica.	--	Muy baja	Sears, 1919.
30	--	Ocurrencia mineral El Zapotalillo (Puerto Viejo, Zapotillal, Minas Playa Real) 10 23 40, 85 50 05	R, Pedernal limosa O, Oxidos de Mn	Mineralización a lo largo del plano de estratificación de N. 45° O. para 122 m. Dos lentes, 23 m.y. 30 m de largo y ambos 1-1.5 m de ancho. Lentes de pedernal cruzados por vetillas discontinuas de óxidos de Mn, alcanzando 2,5 cm de ancho.	PR, Pequeña	--	Roberts, 1944; Kuypers y Denyer, 1979b.
31	--	Mina El Encanto (Mina Playa Real) 10 23 30, 85 49 55	R, Lutita, pedernal, jaspe O, Oxido de Mn A, Silicificación	Oxido de Mn y jaspe reemplaza lutita y pedernal paralelo a la estratificación.	P, 1.000 toneladas métricas (1917-1918)	34,23% Mn, 7,06% Fe	Roberts, 1944.
32	--	Ocurrencia mineral sin nombre 10 23 25, 85 48 50	O, Oxidos de Mn	En esparsos bloques.	--	--	Sears, 1919.
33	--	Mina La Seba 10 23 20, 85 50 00	R, Pedernal, lutita, jaspe A, Silicificación	Zona de jaspe paralelo a la estratificación en pedernal y lutita; rumbo de N. 10° O., inclinación vertical.	P, 70 toneladas métricas (1917) R, 10 toneladas métricas PR, Pequeña	-- 45% Mn Baja	Roberts, 1944.
34	--	Ocurrencia mineral Canafitola 10 23 00, 85 42 35	R, Lutita	Manchas de óxidos de Mn.	--	--	Roberts, 1944.
35	--	Minas Playa Real 10 22 55, 85 50 30	R, Lutita, pedernal, jaspe O, Pirolusita, mena de óxido de Mn ("wad"), braunita, holandita, romanequita, vernadita, bixbita A, Silicificación	Cuerpos, lentes y bolsas de subhorizontales, delgadas y elongadas de pirolusita y "wad" dentro de lutita, pedernal y jaspe rojo en una faja con rumbo norte unos 500 por 100 m.	P, 19.300 toneladas métricas, 1915-1918 R, 10.000 toneladas métricas PR, Varios pequeños cuerpos de mena	23,92-60,53% Mn	Sears, 1919; Roberts, 1944; Kuypers y Denyer, 1979b; Hein y otros, 1983.
36	--	Mina El Sesteo 10 22 35, 85 48 25	R, Pedernal, lutita, jaspe O, Oxidos de Mn A, Silicificación	Depósito residual de 60 por 30 m, alcanzando profundidad de 60 cm a 1,2 m y en bloques. Afloramientos de pedernal, lutita y jaspe al este y oeste de los laboreos contienen pequeñas vetillas de óxidos de Mn, pero no cuerpos de mena.	P, 1.000 toneladas métricas (1918) PR, 500 toneladas métricas	-- 5-10% por paso de nodulos de óxidos de Mn	Sears, 1919; Roberts, 1944.
37	--	Mina La Esperanza (Mina Playa Real) 10 22 30, 85 50 45	R, Pedernal, lutita A, Silicificación	Zona mineralizada 1 m ancho se extiende unos 60 m a lo largo de una cordillera angosta, N. 40° O.	P, 200 toneladas métricas (1918) PR, capa de 1 m	-- Baja, silícea	Sears, 1919; Roberts, 1944.
38	--	Prospecto Miramar 10 22 30, 85 50 30	R, Lutita silícea, pedernal A, Silicificación	Sílice jasperoide y Mn (óxidos?) concentrados en una zona angosta a lo largo de una falla poco inclinada con rumbo noreste, buzando 35° noreste que cruza lutita pedernosa y pedernal con rumbo noreste e inclinación de 47° noroeste. Mayoría de mena en la espalda de filón.	PR, Pequeña	Muy silíceo	Webber, 1942; Kuypers y Denyer, 1979a.
39	--	Prospectos Las Posas 10 22 30, 85 41 10	--	--	--	Mn muy baja, Fe alto	Sears, 1919.
40	--	Ocurrencia mineral Cerro Diablo 10 22 25, 85 40 00	R, Lutita	Manchas de óxido de Mn.	--	--	Roberts, 1944.
41	--	Prospecto La Bejia 10 22 20, 85 50 45	R, Pedernal, lutita, jaspe O, Pirolusita, braunita A, Silicificación	Cuerpo de mena con inclinación al sudoeste que empequeña hacia el noroeste.	R, 20 toneladas métricas PR, Pequeña	Alto Bajo	Roberts, 1944.
42	--	Ocurrencia mineral El Mico 10 22 20, 85 48 55	R, Pedernal, lutita	--	PR, Pequeña	Silíceo	Roberts, 1944.
43	--	Prospecto La Pedregosa (Prospecto Playa Pedregosa) 10 22 10, 85 50 45	R, Jaspe, pedernal A, Silicificación	Mena en fracturas dentro de y reemplazando zona de jaspe con rumbo N. 50° E. y a lo menos 30 m de largo y 1 m de ancho.	--	Silíceo medio	Roberts, 1944; Hein y otros, 1983.
44	--	Ocurrencia mineral Piedras Grandes 10 22 05, 85 44 00	R, Lutita O, Oxidos de Mn	--	--	Muy bajo	Sears, 1919.
45	--	Ocurrencia mineral La Cuestacita 10 22 05, 85 40 15	R, Lutita	Manchas de óxidos de Mn.	--	--	Roberts, 1944.
46	--	Prospecto Panamá 10 21 50, 85 45 20	--	Ley disminuye con creciente profundidad.	--	Silíceo	Sears, 1919.
47	--	Prospecto Huacas (Iglesias) 10 21 45, 85 46 10	R, Pedernal	--	PR, Prospecto 1, pequeña PR, Prospecto 2, "grande" PR, Prospect 3, pequeña PR, Prospect 4, "medio" PR, Prospect 5, --	51% Mn Muy bajo Bajo ≥30% Mn Bajo	Sears, 1919; Hein y otros, 1983.
48	--	Mina Iglesias 10 21 45, 85 46 10	--	Agotado.	P, 100 toneladas métricas	--	Sears, 1919.

Cuadro 4.--Cuadro de minas, prospectos y ocurrencias en Costa Rica.--Continua

No. de mapa	No. de concesión	Nombre de sitio (Sinónimo) Veta Lat N., Long O. (grad, min, seg)	Tipo de roca (R), minerales de mena (O), minerales ganga (N) y alteración (A)	Descripción del yacimiento	Estimación de la producción (P), reservas (R) y recursos potenciales (PR) (Keefer y Calkins, 1977)	Ley (Cox y Singer, 1986)	Referencias[1]
			Manganeso Volcanogénico (Continua)				
49	--	Ocurrencia mineral Matapalo 10 21 40, 85 49 30	--	Bloques.	--	Bajo	Sears, 1919.
50	--	Prospecto Marchena 10 21 40, 85 45 10	--	Zona conteniendo Mn con rumbo norte.	--	46-55% Mn	Sears, 1919.
51	--	Ocurrencia mineral sin nombre 10 21 35, 85 44 40	--	Pequeño afloramiento y numerosos bloques en una zona con rumbo noreste cruzando un cerro bajo.	--	Silíceo	Sears, 1919.
52	--	Prospecto Portegolpe No. 2 10 21 35, 85 43 30	--	Derrubio abundante. Afloramientos muy pequeños.	--	Medio	Sears, 1919.
53	--	Ocurrencia mineral sin nombre 10 21 35, 85 43 30	Oxido de Mn	--	PR, Pequeña	Muy bajo	Sears, 1919.
54	--	Ocurrencia mineral Granidillos 10 21 25, 85 42 55	Oxido de Mn	Bloques esparcidos.	--	Bajo medio, alto	Sears, 1919.
55	--	Propiedad Carbon 10 21 20, 85 52 30	--	--	--	Muy bajo, silíceo	Roberts, 1944.
56	--	Propiedad Wolf (Area Morro Hermosa) 10 21 20, 85 51 40	R, Lutita, pedernal, jaspe O, Mena de óxidos de Mn A, Silicificación	Mena de óxidos de Mn ("wad") y nódulos de óxidos de Mn en arcilla resultante de meteorización de roca huésped. Zona de mena paralelo con la estratificación.	P, Pequeña (1917)	Muy bajo	Sears, 1919; Roberts, 1944.
57	--	Ocurrencia mineral sin nombre 10 20 55, 85 48 15	O, Oxidos de Mn	Bloques.	--	Muy bajo	Sears, 1919.
58	--	Ocurrencia mineral La Desdichada 10 20 55, 85 43 15	R, Lutita O, Oxidos de Mn	--	--	Lutita, baja; Derrubio, alto	Roberts, 1944.
59	--	Propiedad El Jocote 10 20 45, 85 50 50	R, Pedernal, lutita O, Oxidos de Mn	Zona de óxidos de Mn silíceos en el plano de estratificación de pedernal y lutita con rumbo N. 55° E. Zona indicada por derrubio sobre 23 m.y. alcanza 1 m de ancho donde aflora en cortes exploratorios.	PR, 10 toneladas métricas	Bajo, silíceo	Roberts, 1944.
60	--	Prospecto Los Limones 10 20 45, 85 46 25	R, Pedernal, lutita O, Oxidos de Mn	Zona conteniendo cerca de la cresta de una serranía angosta; indicada por derrubio sobre 60 m. Contiene óxidos de Mn esparcidos. Afloran localmente bolsas de mena de con ley medio, unos 30-40 cm de ancho.	PR, Pocas toneladas métricas PR, 100 toneladas métricas	Alto Bajo	Roberts, 1944; Kuypers y Denyer, 1979b.
61	--	Ocurrencia mineral Playa Honda 10 20 25, 85 51 05	--	Indicaciones en la superfice son buenas, pero el depósito es solamente superficial.	--	--	Sears, 1919.
62	--	Prospecto La Catasolapa 10 20 20, 85 48 05	R, Pedernal, lutita	Zona conteniendo manganeso.	--	Extremamente bajo Derrubio, medio	Roberts, 1944.
63	--	Prospecto El Guastomate 10 19 55, 85 46 10	R, Lutita, pedernal O, Oxidos de Mn	Dos pods en una zona paralela a la estratificación de roca huésped con rumbo N. 50° O.	--	Promedio 20% Mn	Roberts, 1944.
64	--	Ocurrencia mineral Guayaquil 10 19 45, 85 48 00	--	--	--	Extremamente bajo	Sears, 1919.
65	--	Ocurrencia mineral sin nombre 10 19 15, 85 45 40	O, Oxidos de Mn	Bloques, la mayoría de ley muy baja pero unos pocos con ley alta. No aflora.	--	Mayoría bloques muy bajo; algunos bloques alto	Sears, 1919.
66	--	Mina El Licor 10 18 55, 85 47 25	R, Pedernal, lutita, jaspe O, Oxidos de Mn A, Silicificación	Oxidos de Mn reemplazan lentes de pedernal a lo largo de estratificación. Dos cuerpos de mena han sido laboreados: 24 m por 6 m y 60 cm a 1,2 m y 12 m por 4,5 m yespesor que alcanza 1,8 m.	P, 100 toneladas métricas PR, Pocas toneladas métricas	34,23% Mn, 1,13% Fe Medio	Webber, 1942; Roberts, 1944.
67	--	Ocurrencia mineral Puerto Humo 10 18 40, 85 21 00	--	--	--	Fe Alto	Sears, 1919.
68	--	Prospecto Hatillo 10 18 30, 85 43 25	--	--	--	Bajo a medio	Sears, 1919; Hein y otros, 1983.
69	--	Mina El Curiol 10 18 00, 85 46 05	R, Lutita pedernosa, roca verde ("greenstone") O, Pirolusita, braunita N, Cuarzo, calcedonia en la roca verde A, Silicificación, enriquecimiento supergeno	Dos cuerpos de mena, el mayor con rumbo este-oeste, el otro al noroeste. Ambos son de reemplazamiento de lutita pedernosa a lo largo del contacto entre lutita y roca verde ("greenstone") y a lo largo de zonas de fallas muy inclinadas hasta casi verticales.	P, 9.100 toneladas métricas (1916-1920)	Promedio 50% Mn, 10% SiO_2, Algunos >55% Mn, 1-2% SiO_2	Sears, 1919; Webber, 1942; Roberts, 1944; Kuypers y Denyer, 1979b.
70	--	Prospecto Loma Larga 10 17 00, 85 43 40	--	Bloques residuales.	R, 400 toneladas métricas (1918)	52% Mn	Sears, 1919.
71	--	Prospecto San Francisco 10 16 25, 85 44 20	--	Bloques.	--	Medio	Sears, 1919.
72	--	Ocurrencia mineral Lagunilla 10 16 15, 85 38 50	O, Oxidos de Fe	--	--	Muy bajo	Sears, 1919.
73	--	Mina Guacalito 10 16 00, 85 47 30	R, Jaspe, lutita O, Oxidos de Mn A, Silicificación	Zona conteniendo manganeso 60 m por 6 m, con bolsas y vetas de óxidos de Mn.	P, 300 toneladas métricas (1938) R, 300 toneladas métricas (1917) PR, Pocas toneladas métricas (1944)	30% Mn Bajo Silíceo	Roberts, 1944.
74	--	Prospecto Loma Blanca 10 15 20, 85 43 45	R, Basalto, lutita O, Oxidos de Mn A, Silicificación	Pequeñas vetas y bolsas.	PR, Pocas toneladas métricas (1944)	Bajo con hierro	Roberts, 1944.
75	--	Prospecto El Cuchofino 10 14 40, 85 47 45	R, Jaspe, lutita O, Oxidos de Mn A, Silicificación	Zona de mena, con rumbo noroeste, muy inclinada con extensión de 90 m. Oxidos de Mn suaves en cizallamientos.	PR, Pocas toneladas métricas (1944)	39,11% Mn, 11,07% Fe	Roberts, 1944.
76	--	Prospecto Filacho Mula 10 13 55, 85 47 50	R, Roca ígnea O, Oxidos de Mn principalmente pirolusita A, Silicificación	Vetillas y pequeñas bolsas dentro de un área silicificada con rumbo N. 30° O., 45 m por 7 m.	PR, Pequeña	Alto	Roberts, 1944.
77	--	Prospecto Judas 10 13 15, 85 48 05	R, Pedernal, jaspe, basalto O, Oxidos de Mn A, Silicificación	Bolsas y vetas pequeñas de óxidos de Mn en y adyacente a una zona de jaspe silícea dentro de roca ígnea. La zona tiene rumbo de N. 20° E. y es 14 m por 3 a 4,5 m.	--	--	Roberts, 1944; Kuypers y Denyer, 1979b; Hein y otros, 1983.
78	--	Prospecto Pie Paloma 10 13 00, 85 48 25	R, Jaspe, lutita O, Oxidos de Mn	Angostas vetillas de óxidos de Mn a lo largo de la superficie de fracturas en una zona de jaspe con rumbo N. 20° E. a lo largo de una zona de falla en lutita.	--	Bajo	Roberts, 1944.
79	--	Prospecto El Zapote 10 12 40, 85 49 15	R, Jaspe	Derrubio de jaspe conteniendo manganeso distribuido sobre un area amplia alrededor de un afloramiento de jaspe 12 m de largo.	--	Bajo, siliceous	Roberts, 1944.
80	(4711)	Mina Los Bolillos (El Pavo, Las Masas) 10 08 05, 85 42 10	R, Jaspe, basalto O, Oxidos de Mn	Pequeñas bolsas y vetillas de óxido de Mn en zonas de jaspe con rumbos norte y este y reemplazando basalto. Cuerpo de mena 14 m por 2,5 expuesto en un corte 60 m este de Pozo Azul; alcanza solo unos pocos metros bajo la superficie.	PR, 75 toneladas métricas en desechadero	28,03% Mn, 12,45% Fe	Sears, 1919; Roberts, 1944.
81	(4711)	Mina El Espavelar (Area de Lagarto) 10 08 00, 85 44 30	R, Jaspe, lutita, roca verde ("greenstone") O, Pirolusita, braunita A, Silicificación	Bolsas irregulares dentro de jaspe formado por reemplazamiento de lutita a lo largo del contacto entre lutita y roca verde ("greenstone"); bolsas siguen fracturas con rumbo noroeste y oeste. Zona de jaspe casi horizontal con espesor que alcanza 9 m. Depósito agotado.	P, 2.000 toneladas métricas (1917, 1918) R, Pocas toneladas métricas en desechaderos PR, Agotado	-- Variable	Sears, 1919; Roberts, 1944; Kuypers y Denyer, 1979b.
82	--	Ocurrencia mineral Cerro Grande 10 07 50, 85 26 40	R, Lutita O, Oxidos de Fe y Mn, pirolusita	Cuatro lentes de óxido de hierro-manganeso silíceo con rumbo N. 50° O. expuestos cerca de camino; otro lente en la quebrada al noroeste. Lente más grande mide 9 m por 1.8 m.	PR, Pequeña	Baja	Roberts, 1944.
83	(4711)	Mina El Cacao (Area de Lagarto) 10 07 35, 85 44 45	R, Lutita, basalto O, Braunita, bementita, óxidos de Mn	Bolsas y vetillas de braunita y bementita dentro de zona de jaspe con espesor de 1,2 m que reemplaza lutita roja a lo largo de planos de estratificación y disminuye en espesor hacia el noreste y sudoeste. Vetillas y bolsas de Mn esparcidas en otros lugares.	PR, Pequeña	Muy baja	Sears, 1919; Roberts, 1944.
84	(4028) (4711)	Mina La Victoria (Mina Victoria) 10 07 05, 85 45 45	R, Jaspe, lutita O, Oxidos de Mn A, Silicificación	Pequeños pods y vetillas de óxidos de Mn en jaspe.	P, 200 toneladas métricas (1918) PR, Pocas toneladas métricas en desechaderos	Baja	Roberts, 1944; Sears, 1919; Kuypers y Denyer, 1979b.
85	--	Ocurrencia mineral La Cuesta de Matambu (La Cuesta de Matamba) 10 07 05, 85 26 35	R, Rocas ígneas, lutita, pedernal O, Oxidos de Mn y Fe A, Silicificación	Dos lentes reemplazando lutita y pedernal; 3 m por 15 cm a 1 m y 1,5 m por 30 cm.	PR, Pequeña	Baja, cilíceo	Sears, 1919; Roberts, 1944.
86	--	Ocurrencia mineral sin nombre 10 06 45, 85 22 40	--	--	--	--	Roberts, 1944.
87	--	Ocurrencia mineral Quiriman 10 06 10, 85 30 10	--	--	--	--	Roberts, 1944.
88	(4589)	Prospecto Los Saltos 10 05 15, 85 40 15	R, Jaspe O, Oxido de Mn A, Silicificación	Zona de jaspe con rumbo noroeste y extensión de 240 m conteniendo bolsas pequeñas y vetas de mena de óxido de Mn, parcialmente ferruginoso.	--	34,23% Mn, 9,94% Fe	Roberts, 1944.
89	--	Mina Los Chanchos 10 04 45, 85 42 40	R, Jaspe, basalto O, Pirolusita, braunita, mena de óxido de Mn ("wad")	Zona de jaspe con rumbo noroeste.	P, 50 toneladas métricas (1937) PR, 100 toneladas métricas	Baja Silíceo Muestra del desecho 31,60% Mn, 13,10% Fe	Roberts, 1944; Kuypers y Denyer, 1979b.
90	(4589)	Prospecto El Pital 10 04 40, 85 39 45	R, Jaspe, basalto O, Oxidos de Mn, pirolusita, óxidos de Fe A, Silicificación	Zona de jaspe manganífero con rumbo norte dentro de basalto. Cuerpos irregulares de mena discontinuous y pequeños de óxido de Mn; uno 12 m por a lo menos 6 m.	--	11,15% Mn, 16,94% Fe	Roberts, 1944; Kuypers y Denyer, 1979b.
91	--	Prospecto Los Munecos 10 04 40, 85 38 35	R, Jaspe O, Oxidos de Mn	Oxidos de Mn en bolsas y vetas pequeñas en una zona de jaspe unos 100 m por 9 and 24 m.	--	Muy baja	Roberts, 1944.
92	--	Ocurrencia mineral El Carrizal 10 04 40, 85 38 30	R, Jaspe O, Oxido de Mn	Oxido de Mn esparcidos diseminados en jaspe.	--	--	Roberts, 1944.
93	--	Ocurrencia mineral Matina 10 04 35, 85 23 45	O, Oxidos de Fe y Mn	Lentes de óxidos afloran en varios lugares. Un lente mide 15 m por 2,5 m; los otros son más pequeños y discontinuos.	--	--	Roberts, 1944.
94	(4589)	Ocurrencia mineral Piedra Amarilla 10 04 10, 85 40 25	R, Jaspe O, Oxidos de Mn N, Hematita	Raya de óxidos de Mn en una capa de jaspe con rumbo noreste.	--	--	Roberts, 1944.
95	--	Ocurrencia mineral Jazminal 10 03 20, 85 39 10	R, Basalto	--	--	--	Kuypers y Denyer, 1979b.
96	--	Ocurrencia mineral sin nombre 10 03 10, 85 45 10	R, Jaspe, lutita, y basalto O, Psilomelana, óxidos de Mn	Zona de jaspe rojizo y amarillo, 6 m de ancho aflora en la playa y contiene óxidos de Mn de ley generalmente baja. Zona contiene un lente de psilomelana 1 m por hasta 30 cm.	--	--	Roberts, 1944; Kuypers y Denyer, 1979b.

Cuadro 4.--Cuadro de minas, prospectos y ocurrencias en Costa Rica.--Continua

No. de mapa	No. de concesión	Nombre de sitio (Sinónimo) Veta Lat N., Long O. (grad, min, seg)	Tipo de roca (R), minerales de mena (O), minerales ganga (N) y alteración (A)	Descripción del yacimiento	Estimación de la producción (P), reservas (R) y recursos potenciales (PR) (Keefer y Calkins, 1977)	Ley (Cox y Singer, 1986)	Referencias[1]
			Manganeso Volcanogénico (Continua)				
97	(4587)	Ocurrencia mineral El Rosario 10 01 20, 85 43 25	R, Basalto	--	--	--	Kuypers y Denyer, 1979b.
98	--	Mina Pavones (Mina Buena Vista) 09 59 05, 85 12 10	R, Lutita, jaspe, basalto O, Pirolusita A, Silicificación	Lentes, bolsas y vetas pequeños y esporádicos con anchura promediando 6 m, paralelos con estratificación, localmente desplazados y repetidos por pequeñas faltas. Puede ser reemplazamiento de lutita jasperoide.	P, 80 toneladas métricas (1918) PR, Pocas toneladas métricas 100 toneladas métricas	51,38% Mn, 1,22% Fe Alta	Sears, 1919; Roberts, 1944; Kuypers y Denyer, 1979b.
99	--	Prospecto La Colonia Carmona 09 58 50, 85 15 40	R, Lutita carbonácea	Mena en bolsa pequeña.	--	--	Sears, 1919; Roberts, 1944.
100	--	Ocurrencia mineral Tambor 09 42 55, 85 01 15	--	Manchas de Mn (óxidos?).	--	--	Roberts, 1944.
			Placeres de Magnetita de Playa				
101	--	Playa Panamá 10 35 20, 85 39 10	R, Arena O, Magnetita	Arena de playa con magnetita titanífera.	--	--	Weyl, 1969.
102	--	Playa Hermosa 10 34 30, 85 40 40	R, Arena O, Magnetita	Arena de playa con magnetita titanífera.	--	18% magnetita, 58,70% FeO, 25,12% TiO_2	Weyl, 1969.
103	--	Playa del Coco 10 33 15, 85 41 35	R, Arena O, Magnetita	Arena de playa con magnetita titanífera.	--	7% magnetita	Weyl, 1969.
104	--	Playa Ocotol 10 32 40, 85 43 25	R, Arena O, Magnetita	Arena de playa con magnetita titanífera.	--	72,28% FeO, 18,46% TiO_2	Weyl, 1969; Guild, 1981.
105	--	Playa Blanca (Punta Gorda) 10 32 00, 85 45 50	R, Arena O, Magnetita	Arena de playa con magnetita titanífera.	--	--	Sandoval, 1969; Castro y Vargas, 1982.
106	--	Playa Potrero 10 26 51, 85 46 30	R, Arena O, Magnetita	Arena de playa con magnetita titanífera, 4.150 m por 8 m con espesor de 2,94 m.	R, 1.606.549 toneladas métricas de arena; 302.030 toneladas métricas magnetita	18,80% magnetita	Organización de los Estados Americanos, 1978; Castro y Vargas, 1982.
107	--	Playa Brasilito 10 24 48, 85 47 45	R, Arena O, Magnetita	Arena de playa con magnetita titanífera 2.400 m por 80 m con espesor de 2,45 m.	R, 845.930 toneladas métricas de arena; 136.449 toneladas métricas de magnetita	16,13% magnetita	Organización de los Estados Americanos, 1978; Castro y Vargas, 1982.
108	(5409)	Playa Boca Barranca 09 57 35, 84 44 15	R, Arena O, Magnetita	Arena de playa con magnetita titanífera.	--	--	Dengo y Levy, 1970.
109	--	Playa Caldera 09 53 50, 84 43 35	R, Arena O, Magnetita, ilmenita, olivina	Arena de playa con magnetita titanífera, 2.500 m por 50 m con espesor de 4,57 m.	R, 1.096.937 toneladas métricas arena; 274.315 toneladas métricas magnetita	25,00% magnetita	Noe, 1964; Organización de los Estados Americanos, 1978; Guild, 1981.
110	--	Playa Bajamar (Playa Boca de Jesus Maria) 09 51 09, 84 41 24	R, Arena O, Magnetita	Arena de playa con magnetita titanífera 2.500 m por 50 m con espesor de 4,57 m.	R, 7.575.946 toneladas métricas de arena; 2.117.476 toneladas métricas de magnetita	27,95% magnetita	Organización de los Estados Americanos, 1978; Castro y Vargas, 1982.
111	(361)	Playa Boca de Estrella (Bonifacio) 09 46 45, 82 54 55	R, Arena O, Magnetita	Arena de playa con magnetita titanífera.	--	--	Fraser, 1911; Sandoval y otros, 1977.
112	--	Playa Tarcoles Norte 09 46 42, 84 37 48	R, Arena O, Magnetita	Arena de playa con magnetita titanífera, 2.500 m por, 150 m con espesor de 9,14 m.	R, 1.394.913 toneladas métricas de arena; 6.407.505 toneladas de magnetita	21,77% magnetita	Organización de los Estados Americanos, 1978; Castro y Vargas, 1982.
113	--	Playa Boca de Tuba 9 45 45, 82 52 30	R, Arena O, Magnetita	Arena de playa con magnetita titanífera.	--	--	Castro y Vargas, 1982.
114	--	Playa Comadre 09 42 25, 82 49 00	R, Arena O, Magnetita	Arena de playa con magnetita titanífera.	--	--	Castro y Vargas, 1982.
115	--	Playa Boca de Carbón (Puerto Viejo, Playa Carbón, Hone Creek) 09 39 00, 82 45 35	R, Arena O, Magnetita	Arena de playa con magnetita titanífera.	R, 3.400.000 toneladas métricas de Fe (1982) PR, 8.130.000 toneladas métricas de arena (1963)	Magnetita variable	Fraser, 1911; Anderson, 1963; Dengo y Levy, 1970; Castro y Vargas, 1982
116	--	Playa Boca de Coronado 09 02 50, 83 38 35	R, Arena O, Magnetita	Arena de playa con magnetita titanífera.	--	--	Dengo y Levy, 1970; Guild, 1981; Castro y Vargas, 1982.
			Sulfuros Masivos Tipo Chipre				
117	(5674)	Prospecto Punta Gorda (Prospecto Matapalo) 10 31 15, 85 45 10	R, Basalta, rocas sedimentarias silíceas O, Pirita, pirotita, calcopirita, Cu nativo N, Pirita, óxidos de Fe A, Oxidación	Zona mineralizada tabúlar a lenticular en el contacto entre basalto y rocas sedimentarias silíceas. La zona de sulfuro subyace un gossan con rumbo este y extensión de alcanza 170 m. Cuerpo de mena 4,5 m por 3,5 m con espesor máximo de 2,0 m.	PR, 180 toneladas métricas de mena	25 muestras varían desde 0,53 to 5,48% Cu, 100 to 950 ppm Zn, 62 to 330 ppm Co	Flores, 1976; Kuypers y Denyer, 1979b; Schmidt-Effing, 1979; Organización de los Estados Americanos, 1978; Visita del campo, 1986.
118	--	Ocurrencia mineral Tempate 10 26 05, 85 42 35	--	--	--	--	Kuypers y Denyer, 1979b.
119	--	Ocurrencia mineral Santa Rosa 10 18 25, 85 47 55	R, Basalto, rocas sedimentarias silíceas O, Pirita	Lentes de pirita masiva con espesor de 80 cm.	--	7,3% Cu	Organización de los Estados Americanos, 1978; Kuypers y Denyer, 1979b.
			Veta Sado Epitermal				
120	(1888) (5050?)	Mina Río Chiquito 10 26 15, 84 52 05	R, Lavas y tobas andesíticas O, Oro nativo, argentita N, Cuarzo pirita, marcasita A, Propilitico, silicificación, oxidación	Ensayos de muestras recolectadas a través de 10 m; muchas representan vetas o vetillas.	R, 3.600.000 toneladas métricas de mena PR, 707.000 toneladas métricas de mena	Au, 2,84 g/t; Ag, 62,95 g/t Au, 2,63 g/t	Mining Journal, 1984; Archivos del DGMH, no publicados, 1986; Visita del campo, 1986.
121	(634)	Mina Esperanza (Esperanza de Líbano, Líbano, El Líbano de Tilarán) Vetas Azul, Blanca, Fortuna, Maravilla, Chiricuaco, 40, Ciebo 10 25 00, 84 59 10	R, Coladas y brecha de colada andesíticas O, Electro N, Cuarzo, calcita, pirita, esfalerita A, Reemplazamiento de andesita y vetillas de calcita y epidota, silicificación pervasiva	Vetas Azul y Blanca varían desde en forma de estructuras continuas de cuarzo de achura casi constante hasta fallas angostas o rellenas de jaboncillo de rumbo norte y noreste con pods de cuarzo en locales. Cuarzo es en forma de bandas de cresta de gallo y "vugs".	P, 70.000 toneladas métricas de mena R, 49.490 toneladas métricas de mena (1973) PR, 117.000 toneladas métricas de mena	Au, 33,9 g/t Au, 26,13 g/t; Ag, 27,37 g/t Au, 28,37 g/t	Bennett, 1939; William Bennett, communicación oral, 1986; Visita del campo, 1986 Organización de los Estados Americanos, 1978.
122	--	Prospecto Quebrada Delicias Veta Deliciosa 10 24 45, 85 00 20	--	--	--	Varias muestras varían en contenido de Au desde 0,31 hata 62 g/t	--
123	(3747) (5394)	Prospecto Montes de Oro Vetas El Gallo, La Culebra, 15, El Raicero, Los Duce 10 22 25, 84 55 25	R, Andesita N, Cuarzo	Veta El Gallo tiene rumbo N. 30° O., buzando 75° y tiene espesor de 1,2 m; La Culebra tiene rumbo N., es vertical y tiene espesor de 1,8 m; veta 15 tiene direción de N. 30° E., buzando 70° O., con espesor de 35-50 cm; la veta El Raicero tiene rumbo N. 25° E., buzando 70° E., con espesor de 1 m. Los Duce comprende seis vetas.	--	Máximo en veta 15 Au, 20 g/t	Archivos del DGMH no publicados, 1986
124	(5427) (5479)	Prospecto Turin 10 20 25, 84 51 55	--	Vetas son pequeñas.	--	--	Archivo del DGMH no publicados, 1986.
125	(5689)	Gongolona (Boston-Gongolona) 10 19 15, 84 54 10	--	Una "grande" veta con dirección N. 45° E.	--	--	Castillo, 1984.
126	--	Mina La Luz Vetas La Pita, La Olga 10 19 10, 84 57 50	--	Dos vetas.	--	--	Organización de los Estados Americanos, 1978.
127	--	Mena Recio 10 18 35, 84 57 10	R, Andesita A, Oxidación, silicificación	Veta Recio con dirección N. 20° E., buzando 80° O., con espesor de 5 m.	--	--	Visita de Campo, 1986.
128	(878?)	Mina Silencio (Mina Recio) Vetas Silencio, Recio, Santa Ana, Villalobos 10 18 30, 84 56 55	R, Coladas y brechas de andesita dacita(?) O, Pirita, esfalerita N, Cuarzo, pirita, calcopirita, esfalerita, goetita, hematita A, Oxidación	Vetas de cuarzo blanco masivas con rumbo N. 20° E., buzando casi vertical. Vetillas de cuarzo menores y valores elevados de Au en la roca encajante hasta 20 m distante de las parédes de las vetas.	PR, 1.086.000 toneladas métricas de mena	Au, 8,19 g/t	Giovani Sosto, comunicación oral, 1986; Visita del campo, 1986.
129	(96)	Mina Tres Hermanos Vetas Tres Hermanos, El Limon, Terciopelo, Balsa, Nispero, Palo Negro, Pedernal 10 18 25, 84 56 25	R, Coladas y brechas de andesita o dacita(?) O, Electro, oro nativo, esfalerita, galena, estibina N, Pirita, cuarzo, goetita, hematita A, Oxidación, argilización	Vetas de cuarzo masivas con rumbo N. 20° E., buzamiento casi vertical.	PR, 2.940.600 toneladas métricas de mena	Au, 9,42 g/t	Reitz, 1902; Giovani Sosto, comunicación oral, 1986; Organización de los Estados Americanos, 1978; Visita del campo, 1986.
130	(5328) (5382) (5453)	Mina Boston (Boston-Gongolona) Vetas Leona, Los Berros 10 18 25, 84 54 50	--	Ambas vetas con dirección N. 45° E.	--	--	Reitz, 1902; William Bennett, comunicación oral, 1986.
131	(95)	Mina San Martin (Tres Amigos) Vetas San Martin, San Rafael, Fortuna, Negra, Loca, Pajuila 10 17 55, 84 55 40	R, Coladas, aglomerados y brechas de andesita a dacita(?) N, Pirita, galena, calcopirita, cuarzo A, Silicificación, piritización	Vetas de cuarzo masivas.	PR, 800.000 toneladas métricas de mena	Au, 7,41 g/t	Roberts y Irving, 1957; Castillo, 1984; Giovani Sosto, comunicación oral, 1986; Visita del campo, 1986; Organización de los Estados Americanos, 1978.
132	(558) (559)	Mina Cuatro Vientos (Alajuelita) Veta Madre 10 17 35, 84 57 05	--	--	--	--	Organización de los Estados Americanos, 1978; Castillo, 1984; Archivos del DGMH no publicados, 1986.
133	(4972)	Prospecto Cerro Ojo de Agua 10 16 10, 84 50 40	--	--	--	Dos muestras: Au, 10,6 g/t; Ag, 25,3 g/t; y Au, 36,6 g/t; Ag, 80 g/t; bajo Cu, Zn	Chaves, 1972; Organización de los Estados Americanos, 1978.
134	(4968)	Prospecto San Luis 10 15 35, 84 48 30	--	--	--	--	Archivos del DGMH no publicados, 1986.
135	(5023)	Prospecto Río Canamazo 10 12 10, 84 55 40	--	--	--	--	Archivos de CODESA no publicados, 1986
136	(4976)	Prospectos Río Acapulco 10 11 45, 84 48 35	--	--	--	Ley promedio de Au, 8,09 g/t	Archivos del DGMH no publicados, 1986.
137	(1586)	Prospecto sin nombre 10 10 55, 84 44 30	O, Oro nativo N, Pirita, cuarzo, adularia A, Fídico	--	--	--	Archivos del DGMH no publicados, 1986.
138	(1554) (1586)	Prospectos El Encanto (San Buenaventura, Río Aranjuez) Vetas Flor de Mayo, Central, Don Paulino, Alta 10 10 55, 84 44 30	--	--	--	--	Bennett, 1939; Archivos del DGMH no publicados, 1986.

Cuadro 4.--Cuadro de minas, prospectos y ocurrencias en Costa Rica.--Continua

No. de mapa	No. de concesión	Nombre de sitio (Sinónimo) Veta Lat N., Long O. (grad, min, seg)	Tipo de roca (R), minerales de mena (O), minerales ganga (N) y alteración (A)	Descripción del yacimiento	Estimación de la producción (P), reservas (R) y recursos potenciales (PR) (Keefer y Calkins, 1977)	Ley (Cox y Singer, 1986)	Referencias[1]
			Veta Sado Epitermal (Continua)				
139	(4970) (5583) (5584)	Prospecto Beta Vargas 10 10 30, 84 54 15	R, Dacita(?) N, Pirita goetita, hematita	Zona de vetas de cuarzo con dirección N. 80° O., buzando 85° O.	PR, 14.500 toneladas métricas de mena	Au, 5,83 g/t	Castillo, 1984; Archivos del DGMH no publicados, 1986; Visita del campo, 1986.
140	--	Mina El Angel 10 09 50, 84 43 00	--	--	--	--	Castro y Vargas, 1982; Castillo, 1984.
141	(371) (372) (491) (501-504)	Mina La Unión Vetas Negra, Reina, Bonanza, Santa Rita 10 09 25, 84 43 15	R, Coladas y brechas de andesita porfirítica N, Pirita, calcopirita, esfalerita, galena, calcita, cuarzo A, Silicificación	Vetas con dirección N. 10° O., verticales. Riqueza y anchura máxima de Veta Negra a la profundidad de 245 m y ha sido laboreada hasta los 367 m.	PR, 27.500 toneladas métricas de mena	Au, 19,91 g/t	Reitz, 1902; Bennett, 1939; Archivos del DGMH no publicados, 1986; Visita del campo, 1986; Organización de los Estados Americanos, 1978.
142	(921)	Mina Velazquez 10 08 25, 84 44 45	--	--	--	--	Archivos del DGMH no publicados, 1986.
143	(5369)	Prospecto Cerro Pan de Azucar 10 08 10, 84 46 15	N, Sulfures	--	--	--	Archivos del DGMH no publicados, 1986.
144	(1518)	Mina Zamora 10 07 40, 84 44 45	--	Vetas; una con dirección N. 5° O. y vertical, otra con dirección N. 40° O., dentro de una zona con rumbo este.	--	--	Castro, y Vargas, 1982; Castillo, 1984.
145	(5004)	Mina La Lucha 10 07 35, 84 43 10	--	--	--	--	Archivos del DGMH no publicados, 1986; Leo Piedmont, comunicación oral, 1986.
146	(1434)	Mina La Trinidad (Mina Trinidad) Vetas San Juan, El Gallo, Gemellos, La Culebra, La Fortuna, Providencia, Angel 10 06 50, 84 43 25	O, Oro nativo N, Cuarzo, óxidos de Mn A, Supergeno(?), profilitización silicificación	Veta San Juan con dirección N. 25° E., vertical; veta El Gallo con dirección N. 25° E., buzando al norte y con espesor de 1,4 m; Veta Gemellos con dirección N. 25° E.; Veta La Culebra con dirección N. 25° E. y espesor de 75 cm; Veta La Fortuna con dirección N. 25° E. y espesor de 1,2 m; Veta Providencia con dirección N. 5° O., buzando al este; Veta Angel con dirección N. 25° E y espesor de 1,6 m.	--	--	Reitz, 1902; Bennett, 1939; Archivos del DGMH no publicados, 1986.
147	(21A) (4832) (4965)	Mina Bella Vista (Montezuma) Vetas Chimenea, Canal, Negra, Blanca, Colorado 10 06 45, 84 42 45	R, Andesita N, Cuarzo, pirita, esfalerita, galena, goetita A, Silicificación, arcillas	Vetas de cuarzo con rumbo norte conteniendo mena en el hastial superior de la falla Liz.	PR, 340.000 toneladas métricas de mena R, 333.504 toneladas métricas de mena (1986) PR, 99.770 toneladas métricas de mena (1986)	Au, 6,85 g/t Au, 6,55 g/t Au, 6,54 g/t	Reitz, 1902; Visita del campo, 1986; Organización de los Estados Americanos, 1978; The Northern Miner, 1986.
148	(1446)	Mina Corinto (Prospecto Chassoul) Vetas Cajeta, Virgilio 10 06 45, 84 37 30	B, Oro nativo	La Veta Cajeta con dirección N. 50° E.; Veta Virgilio con rumbo norte.	--	Cajeta, Au, 9,67 g/t Virgilio, Au, 7,34 g/t	Archivos del DGMH no publicados, 1986.
149	(21A) (4832)	Mina Montezuma (Mina Bella Vista, El Negro) 10 06 30, 84 42 40	--	--	--	--	Reitz, 1902; Archivos del DGMH no publicados, 1986.
150	(5258)	Prospecto San Marcos 10 06 20, 84 52 05	R, Andesita y brecha tobácea A, Tres zonas de alteración	Vetas asociadas con 3 zonas de alteración con rumbo N. 52° E.	--	--	Archivos del DGMH no publicados, 1986.
151	--	Mina Penon 10 03 35, 84 31 05	--	--	--	--	Bennett, 1939.
152	--	Mina Cuarenta Leones (Mina Leones) 10 03 15, 84 32 40	--	--	--	--	Castillo, 1984.
153	(770)	Mina Moncada Veta Moncada 10 03 10, 84 31 55	R, Andesita, riolita N, Cuarzo, pirita, galena, esfalerita, calcopirita, sericita A, Silicificación, oxidación, supergeno(?)	Veta mayor con dirección norte y desviación algo hacia el noreste noroeste. Sobre una distancia de 18 m La anchura de la veta varía entre 1,05 y 1,6 m sobre una distancia de 18 m.	PR, 11.000 toneladas métricas de mena.	Au, 8,91 g/t Rango de valores a lo largo de veta: Au, 4,35 to 119,12 g/t; Ag, 11,63 to 22,08 g/t	Bennett, 1939; Visita del campo, 1986; Gonzalo Moncada, comunicación oral, 1986.
154	(4921) (5104)	Prospecto Cerro la Mina 10 02 55, 84 39 30	R, Andesita, riolita N, Jaspe, cuarzo, pirita A, Silicificación, oxidación	Zona de "stockwork" irregular y vetas de alteración con dirección N. 70° O. y buzamiento al sudoeste.	--	--	Visita del campo, 1986.
155	(5507)	Mina Buena Suerte Veta Buena Suerte 10 02 50, 84 33 45	R, Andesita y tobas andesíticas O, Pirita N, Pirita, cuarzo A, Silicificación, piritización	Zona de vetas mayores con dirección N. 15° E., buzando 55° hacia el sudeste; otra zona de vetas con rumbo noroeste. Vetas con espesor de 2 a 5 cm.	--	--	Bennett, 1939; Visita del campo, 1986.
156	(960)	Mina Río Barranca (Minas del Barranca) Vetas Rosa, Ancha, Caliente, Horagio 10 02 45, 84 36 10	R, Oro nativo	La Veta Rosa con dirección N. 10° E. a N. 40° E.; Veta Ancha es discontinua y paralela a la Veta Rosa; Veta Caliente con dirección N. 45° E.; Veta Horagio es pequeña y paralela a la Veta Caliente.	--	Au, 12 g/t; Ag, 30 g/t	Archivos del DGMH no publicados, 1986.
157	(4984)	Prospecto Rincón de Mora 10 02 40, 84 28 25	--	Vetas.	--	Ley de Au de 4 muestras: 0,61, 0,98, 14,4, 108 g/t	Archivos del DGMH no publicados, 1986.
158	--	Mina San Gerardo (Mina Moncada) 10 02 30, 84 31 40	--	La mayoría de vetas son angostas, con clavos ("ore shoots" distribuidos irregularmente. Mena rica pero en bolsones.	--	--	Bennett, 1939; Roberts y Irving, 1957.
159	--	Mina Rudin 10 01 40, 84 36 00	--	--	--	--	Castillo, 1984.
160	(925)	Mina Santa Clara Veta Mondongo 10 01 10, 84 36 25	R, Coladas y tobas andesíticas, riolita O, Oro nativo N, Mascasita, cuarzo, pirita A, Arcilla, pirita, posiblemente nontronita	Vetas 1 a 2 cm de ancho con rumbo este a noreste.	PR, 5.200.000 toneladas métricas de mena	Au, 2,06 g/t	Bennett, 1939; Visita del campo, 1986.
161	--	Mina Palmares 10 00 30, 84 29 15	--	--	--	--	Castillo, 1984.
162	(4921)	Prospecto Cerro Pato 09 59 00, 84 36 10	--	--	--	--	Archivos del DGMH no publicados, 1986; Visita del campo, 1986.
163	--	Prospecto Llano Brenes 09 59 00, 84 29 30	--	Mayoría de vetas son angostas con clavos ("ore shoots") distribuidos irregularmente.	--	--	Bennett, 1939; Huttl, 1942; Roberts y Irving, 1957.
164	(238) (4999)	Mina La Libertad Veta El Goteroso 09 58 50, 84 29 20	R, Andesita O, Oro libre N, Goetita A, Silicificación	Sistema de vetas con rumbo noreste a norte con extensión de 100 m y menos de 5 m ancho; vetas menos que 2 cm ancho.	--	--	Archivos del DGMH no publicados, 1986; Visita del campo, 1986.
165	--	Prospecto La Britania (Prospecto Britannia) 09 58 35, 84 28 40	--	--	--	--	Bennett, 1939; Huttl, 1942.
166	--	Mina El Porvenir 09 58 50, 84 29 20	--	Veta mayor, con rumbo N. 30° E., se puede observar sobre 800 m en la superficie; incluye varias vetas más pequeñas.	--	--	Reitz, 1902; Cháves, 1974.
167	--	Mina El Fuego 09 58 50, 84 29 20	--	--	P, 52 toneladas métricas de mena (1874) R, 1.000 toneladas métricas de mena (1902)	Au, 662,5 g/t; Ag, 376,35 g/t	Reitz, 1902; Cháves, 1974.
168	--	Mina Quebrada Honda 09 58 40, 84 28 25	--	Tres vetas mayores, 1 a 3 m de ancho; muchas vetas alimentarias.	P, $1.000.000 mena (pre-1857)	--	Reitz, 1902; Cháves, 1974.
169	--	Prospecto Paciencia 09 58 30, 84 28 40	N, Cuarzo	Veta con pátina de óxido de Mn y 2 a 4 m de ancho.	PR, 300 toneladas métricas de mena (1907)	--	Crespi, 1907.
170	--	Mina San Juan Uno 09 58 30, 84 28 40	--	--	--	--	Cháves, 1974; Castillo 1984.
171	--	Mina Esperanza Veta Sacra Familia 09 58 15, 84 27 50	--	Veta 1 a 2 m de ancho.	--	--	Crespi, 1907; Visita del campo, 1986.
172	--	Mina San Francisco Veta Sacra Familía 09 58 15, 84 27 50	R, Andesita N, Pirita, galena, calcopirita, esfalerita, cuarzo, rhodonita A, Silicificación, oxidación, supergeno	Mena se presenta en pods casi verticales a buzando al sudoeste dentro de una veta con rumbo noreste a lo largo de una falla casi vertical. Pods aproximadamente 60-100 m de ancho. Material de veta brechos.	PR, 124.300 toneladas métricas de mena	Au, 5,52 g/t	Visita del campo, 1986.
173	--	Mina San Miguel Veta San Miguel 09 58 10, 84 27 50	R, Andesita N, Cuarzo	Veta de cuarzo aflora sobre unos 700 m.	--	Valores promedio: Au, 24,88 g/t; Ag, 65,31 g/t	Attwood, 1882; Reitz, 1902; Cháves, 1974.
174	--	Mina Los Castros Veta Compañía 09 58 05, 84 27 50	R, Andesita N, Pirita, calcita, cuarzo, esfalerita, calcopirita, rodocrosita A, Silicificación, oxidación	Veta mayor 2 m de ancho, rumbo N. 50° E., casi vertical.	--	--	Attwood, 1882; Reitz, 1902; Malozemoff, 1942; Huttl, 1942; Visita del campo, 1986.
175	--	Mina La Ciguena 09 58 05, 84 27 50	--	--	P, $21.000 (1902)	Au, 202,17 g/t; Ag, 140 g/t	Reitz, 1902; Cháves, 1974.
176	--	Mina El Balsa (Mina de San Rafael) Vetas La Minita, Compañía, Oreamunos 09 58 05, 84 27 50	--	--	--	Au, 883,3 g/t; Ag, 326,6 g/t Muestra de desechadero: Au, 15,55 g/t; Ag, 18,66 g/t	Reitz, 1902; Cháves, 1974.
177	--	Mina Guapinol (Pilar, La Mina del Pilar, Los Oreamunos) Veta Compañía 09 58 05, 84 27 50	R, Andesita, riolita O, Arsenopirita N, Pirita, realgar, cuarzo A, Silicificación, sericitización	Veta 2-3 m de ancho con dirección de N. 50° E., casi vertical.	--	Au, 21,77 g/t; Ag, 139,96 g/t	Reitz, 1902; Crespi, 1907; Cháves, 1974; Visita del campo, 1986.
178	--	Mina La Minita (La Minita) 09 58 05, 84 27 50	--	--	--	--	Reitz, 1902; Leo Piedmont, comunicación oral, 1986.
179	--	Mina Oreamunos (Los Castros, Guapinol) Veta Compañía 09 58 05, 84 27 50	--	--	--	--	Reitz, 1902; Visita del campo, 1986.
180	(885)	La Unión del Aguacate (La Unión; Mina Unión del Aguacate; La Unión del Aguacate) 09 58 00, 84 28 45	--	--	--	--	Bennett, 1939; Malozemoff, 1942; Huttl, 1942; Roberts y Irving, 1957.

Cuadro 4.--Cuadro de minas, prospectos y ocurrencias en Costa Rica.--Continua

No. de mapa	No. de concesión	Nombre de sitio (Sinónimo) Veta Lat N., Long O. (grad, min, seg)	Tipo de roca (R), minerales de mena (O), minerales ganga (N) y alteración (A)	Descripción del yacimiento	Estimación de la producción (P), reservas (R) y recursos potenciales (PR) (Keefer y Calkins, 1977)	Ley (Cox y Singer, 1986)	Referencias[1]
			Cobre nativo				
181	--	Ocurrencia mineral San Rafael 09 51 00, 84 17 50	R, Andesita, basalto O, Cu nativo	Láminas delgadas de cobre nativo rellenan fracturas en andesita y basalto. Zona mineralizada con rumbo al norte y buzando al oeste es 7,6 m de ancho donde aflora en una quebrada pequeña. Lajas comúnmente separadas por aproximadamente 1 m.	--	Baja	Roberts y Irving, 1957.
182	--	Ocurrencia mineral Guayabo (Ocurrencia mineral Guayabo de Mora) 09 51 00, 84 16 20	R, Andesita, basalto O, Cu nativo	Láminas delgadas de cobre nativo rellenan fracturas en lavas andesíticas y basálticas. Laminas con espesor promedio de 1 m con extensión máxima de 0,1 m^2; frecuentemente separadas por 15 cm a 1 m. Láminas expuestas sobre unos 40 m en una quebrada, y placeres de cobre se encuentran sobre 450 m por corriente abajo.	--	<0,2-3% Cu	Roberts y Irving, 1957; Sandoval, 1969.
183	--	Prospecto Tarbaca 09 48 55, 84 06 10	O, Cu nativo, malaquita A, Propylitización	Mineralización con extensión de 0,2 km^2	--	2% Cu	Naciones Unidas, 1975c.
			Sulfuro Nativo				
184	(5037) (5559) (5575)	Prospecto Gongora (Quebrada Grande) 10 54 00, 85 27 00	R, Lava, ignimbrita O, Sulfuro nativo	Lava, ignimbrita impregnada con sulfuro nativo.	R, 4.921.000 toneladas métricas de mena; 4.352.000 toneladas métricas de mena; 5.080.000 toneladas métricas de mena	15,1% S 15,7% S --	Ashley, 1968; Sandoval, 1969; Ashley y Briggs, 1970; Sandoval, 1977; Organización de los Estados Americanos, 1978; Castro y Vargas, 1982.
185	(5546)	Ocurrencia mineral Santa Maria (Ocurrencia mineral Hacienda Santa, Maria) 10 45 45, 85 18 30	R, Ignimbrita O, Sulfuro nativo	Ignimbrita impregnada con sulfuro nativo.	--	--	Sandoval, 1977; Madrigal, 1978.
186	(5739)	Ocurrencia mineral Miravalles (Ocurrencia mineral Miravalles de Bagaces) 10 42 35, 85 10 50	R, Lava, scoria, pumita O, Sulfuro nativo	Lava, scoria, y pumita impregnada con sulfuro nativo.	--	--	Sandoval, 1969; Dengo y Levy, 1970; Sandoval, 1977.
187	--	Prospecto La Fortuna 10 40 40, 85 11 45	O, Sulfuro nativo N, Pirita	Pirita a profundidad.	R, 760.000 toneladas métricas de mena	29,9% S	Ashley 1967, 1968, 1969.
188	(727)	Prospecto Poco Sol (Prospecto Poco Sol de San Carlos) 10 22 00, 84 39 00	R, Lava O, Sulfuro nativo N, Pirita, analcita, opalo A, Caolinización	Sulfuro nativo en forma de cristales gruesos y masa microcristalinas reemplazadas con analcita que ha reemplazado lava.	R, 20.320.000 toneladas métricas de mena	--	Sandoval, 1969; Sandoval, 1977; Guild, 1981 Castro y Vargas, 1982.
189	--	Area de Ciudad Quesada 10 19 20, 84 25 30	R, Lava O, Sulfuro nativo	Lava impregnada con sulfuro nativo.	--	--	Sandoval, 1969; Sandoval 1977; Madrigal, 1978.
190	--	Prospecto Chocosuela 10 17 35, 84 19 45	R, Lava, fanglomerado O, Sulfuro nativo	Fanglomerado de lava impregnado con sulfuro nativo.	R, 34.210.000 toneladas métricas de mena, 8.315.000 toneladas métricas S	10-29% S 17,3-20,2% S	Sandoval, 1969; Organización de los Estados Americanos, 1978.
191	(383) (4930) (5410)	Prospecto Volcan Viejo (Prospecto Cerros Volcan Viejo) 10 16 40, 84 20 00	R, Lava O, Sulfuro nativo	Lava impregnada con sulfuro nativo.	R, 500.000 toneladas métricas de mena PR, 2.964.000 toneladas métricas de mena	-- 30,25% S	Castro y Vargas, 1982; Archivos del DGMH no publicados, 1986.
192	--	Prospecto Cerro Congo (Prospecto Cerro el Congo) 10 15 15, 84 13 40	R, Lava O, Sulfuro nativo	Lava impregnada con sulfuro nativo.	R, 8.448.040 toneladas métricas de mena	--	Castro y Vargas, 1982.
193	(5298)	Prospecto Quebrada Azufrada 10 14 50, 84 20 05	R, Lava O, Sulfuro nativo	Lava impregnada con sulfuro nativo.	--	--	Archivos del DGMH no publicados, 1986.
194	--	Prospecto El Cedral (Prospecto Cerros de Cedral) 10 13 00, 84 40 20	R, Lava O, Sulfuro nativo	Lava impregnada con sulfuro nativo.	--	--	Ashley, 1969; Sandoval, 1969; Sandoval, 1977.
195	--	Ocurrencia mineral Poas (Ocurrencia mineral Volcan Poas) 10 11 50, 84 13 50	R, Lava O, Sulfuro nativo	Lava impregnada con sulfuro nativo.	--	--	Dengo y Levy, 1970; Sandoval, 1977; Guild, 1981; Castro y Vargas, 1982.
196	--	Ocurrencia mineral Turrialba (Ocurrencia mineral Volcan Turrialba) 10 01 15, 83 45 35	R, Lava O, Sulfuro nativo	Lava impregnada con sulfuro nativo.	--	--	Sandoval, 1977; Madrigal, 1978.
			Vetas de Cobre				
197	(5140)	Mina Siberia 09 33 10, 83 42 30	O, Calcocita, malaquita, azurita	Vetas.	--	--	Ashley y Briggs, 1970.
198	(5135)	Prospecto Boruca (Prospecto Cerro Boruca) 09 29 00, 83 42 40	R, Tobas y brechas dacíticas O, Calcopirita, bornita, calcocita N, Hematita, pirita, pirrotita, magnetita, óxidos de Cu A, Cloritización	Vetas.	P, 17.208 toneladas métricas de mena de Cu y Ag	22,51% Cu 9,94 oz/tonelada corta de Ag 0,128 oz/tonelada corta de Au	Archivos del DGMH no publicados, 1986; Visita del campo, 1986.
199	--	Prospecto Fila Uruca 09 28 20, 83 42 00	O, Bornita, calcocita, malaquita calcopirita, azurita	Vetas afloran.	--	2 muestras 0,8-1% Cu; 14-16% Cu	Sandoval, 1969.
200	(5093)	Prospecto Pueblo Nuevo 09 27 20, 83 40 20	R, Rocas andesíticas O, Bornita, calcocita N, Hematita A, Cloritización	--	PR, 7.256.000 toneladas métricas de mena de Cu, Ag, Au	26% Cu; Ag, 617,3 g/t; Au, 3,1 g/t Una muestra, 32% Cu; Ag, 569,18 g/t; Au, 23,64 g/t	World Mining, 1983; Hyde y Martino, 1983; Visita del campo, 1986.
			Veta Polimetálicas				
201	--	Ocurrencia mineral sin nombre 09 58 40, 84 21 30	--	--	--	--	Madrigal, 1978.
202	--	Ocurrencia mineral sin nombre 09 56 50, 84 13 00	--	--	--	--	Madrigal, 1978.
203	--	Prospecto Río Virilla (Prospecto Piedras Negras) 09 55 20, 84 18 00	O, Galena, esfalerita	--	--	--	Sandoval, 1969.
204	--	Mina Bajo de Limon (Mina El Bajo) 09 55 00, 84 26 55	R, Lutita negra, toba andesítica, gabro O, Galena, esfalerita, calcopirita N, Pirita, calcita, cuarzo	Vetas y zonas brechosas.	PR, 500.000 toneladas métricas de mena	Sedimento fluvial, Pb, 41-60 ppm; Zn, 161-2,400 ppm; Cu, 91-120 ppm	DeFilippo, 1974; Sandoval, 1969; Naciones Unidas, 1975c; Organización de los Estados Americanos, 1978.
205	(5014)	Prospecto Quebrada Curtiembre (Villa Colon, Piedras Negras) 09 54 40, 84 18 15	R, Lutita O, Malaquita	--	--	--	Sandoval, 1969; Archivos del DGMH no publicados, 1986.
206	--	Mina San Pablo 09 53 50, 84 27 20	--	--	--	--	Madrigal, 1978.
207	--	Ocurrencia mineral sin nombre 09 52 30, 84 16 00	--	--	--	--	Madrigal, 1978.
208	--	Prospecto Río Poas (Cerro San Miguel, Aserri) 09 52 00, 84 07 40	--	--	--	--	Sandoval, 1969; Dengo y Levy, 1970.
209	--	Prospecto Escazú (Prospecto Cerros de Escazú) 09 50 35, 84 06 55	R, Diorita O, Esfalerita, galena, calcopirita	Veta con rumbo norte-sur, buzando al oeste y 15-20 m de largo.	--	Sedimento fluvial, Zn, 80-7.500 ppm; Mn, 1.000-4.250 ppm; Cu, 40-215 ppm.	Naciones Unidas, 1975c.
210	--	Prospecto Concavas 09 50 10, 83 53 20	O, Calcopirita, bornita, calcocita, malaquita	Venillas ("stringers") angostas.	--	--	Malozemoff, 1942; Sandoval, 1969; Dengo y Levy, 1970; Guild, 1981.
211	--	Ocurrencia mineral sin nombre 09 50 00, 84 17 15	--	--	--	--	Madrigal, 1978.
212	--	Ocurrencia mineral Chirraca 09 49 00, 84 10 40	--	--	--	--	Madrigal, 1978.
213	--	Prospecto Puriscal (Prospecto San Ignacio) 09 47 50, 84 09 45	O, Calcopirita, bornita, calcocita	Venillas ("stringers") angostas.	--	--	Malozemoff, 1942; Ashley, 1968.
214	--	Prospecto Orosi 09 47 35, 83 51 40	--	--	--	--	Fraser, 1911.
215	--	Ocurrencia mineral sin nombre 09 47 00, 84 04 00	--	--	--	--	Madrigal, 1978.
216	(5278)	Prospecto Tapanti 09 46 00, 83 48 00	O, Calcopirita, bornita, calcocita, azurita	--	--	--	Sandoval, 1969.
217	--	Ocurrencia mineral Bajo La Palma 09 45 20, 84 14 40	--	--	--	--	Madrigal, 1978.
218	(5165)	Prospecto Río Savegre (Prospecto Río Providencia) 09 33 00, 83 48 30	--	--	--	--	Archivos del DGMH no publicados, 1986.
219	--	Prospecto Playas 09 32 40, 83 38 00	--	--	--	--	Castro y Vargas, 1982.
220	--	Prospecto Alaska 09 31 15, 83 39 30	R, Intrusiones de andesita, riolita, granodiorita O, Calcopirita, posiblemente minerales de plata N, Pirita, pirrotita, magnetita, galena, barita, cuarzo	Numerosas vetas inclusivo de una 50 m de largo con espesor de 30 m.	--	--	Naciones Unidas, 1975c.
221	--	Ocurrencia mineral Piedra 09 31 00, 83 40 30	--	--	--	--	Castro y Vargas, 1982.
222	(5140)	Prospecto Division 09 30 55, 83 42 45	R, Riolita, granodiorita O, Calcopirita, galena N, Pirita, pirrotita, magnetita, barita, cuarzo	Numerosas vetas.	--	--	Archivos del DGMH no publicados, 1986.
223	--	Prospecto San Ramon 09 27 10, 83 44 10	--	--	--	--	Castro y Vargas, 1982.
224	--	Prospecto Santa Cruz 09 24 20, 83 32 50	R, Andesita O, Bornita, calcocita, covellita, malaquita, crisocola	Vetas.	--	--	Naciones Unidas, 1975c; Castro y Vargas, 1982; Archivos del DGMH no publicados, 1986.
225	--	Prospecto Río Ceibo 09 17 20, 83 18 10	--	--	--	--	Castro y Vargas, 1982.

Cuadro 4.--Cuadro de minas, prospectos y ocurrencias en Costa Rica.--Continua

No. de mapa	No. de concesión	Nombre de sitio (Sinónimo) Veta Lat N., Long O. (grad, min, seg)	Tipo de roca (R), minerales de mena (O), minerales ganga (N) y alteración (A)	Descripción del yacimiento	Estimación de la producción (P), reservas (R) y recursos potenciales (PR) (Keefer y Calkins, 1977)	Ley (Cox y Singer, 1986)	Referencias[1]
			Pórfido de Cobre				
226	--	Ocurrencia mineral Río Zent 09 53 45, 83 15 30	--	--	--	--	Fraser, 1911.
227	(4868)	Ocurrencia mineral Río Tercero 09 51 40, 83 13 50	--	--	--	--	Sandoval y otros, 1977; Castro y Vargas, 1982.
228	(4865) (4868)	Prospecto Río Banano 09 50 35, 83 13 50	O, Calcopirita, molibdenita	--	--	--	Sandoval y otros, 1977; Castro y Vargas, 1982; Goeffrey Evans, comunicación oral 1986
229	(4855)	Ocurrencia mineral Río Chirripo 09 44 10, 83 23 45	--	--	--	--	Sandoval y otros, 1977; Castro y Vargas, 1982.
230	(4874)	Ocurrencia mineral Río Estrella 09 44 05, 83 09 40	--	--	--	--	Sandoval y otros, 1977; Castro y Vargas, 1982.
231	(4856)	Ocurrencia mineral sin nombre 09 43 00, 83 17 10	--	--	--	--	Sandoval y otros, 1977; Castro y Vargas, 1982.
232	(4857)	Ocurrencia mineral Quebrada Susubri 09 41 55, 83 23 45	--	--	--	--	Sandoval y otros, 1977; Castro y Vargas, 1982.
233	--	Prospecto Río Nari 09 41 50, 83 21 30	R, Andesita, tonalita A, Potásica (biotítica), cuarzo-sericita-pirita	Perforación de 600 m.	--	Promedio, 0,28% Cu; 15 ppm Mo; <2 ppm Ag, Au	Castro y Vargas, 1982; Naciones Unidas, 1975c; Organización de los Estados Americanos, 1978.
234	(4873)	Ocurrencia mineral sin nombre 09 40 50, 83 12 40	--	--	--	--	Sandoval y otros, 1977; Castro y Vargas, 1982.
235	(4860)	Ocurrencia mineral sin nombre 09 40 15, 83 16 35	--	--	--	--	Sandoval y otros, 1977; Castro y Vargas, 1982.
236	(4869)	Ocurrencia mineral sin nombre 09 37 30, 83 28 00	--	--	--	--	Castro y Vargas, 1982.
237	(4870)	Ocurrencia mineral Río Telire 09 36 20, 83 10 25	--	--	--	--	Sandoval y otros, 1977; Castro y Vargas, 1982.
238	(4871)	Ocurrencia mineral Río Chiquei 09 33 40, 83 14 20	--	--	--	--	Sandoval y otros, 1977; Castro y Vargas, 1982.
239	(4852)	Ocurrencia mineral Río Quei 09 32 00, 83 09 20	--	--	--	--	Sandoval y others, 1977; Castro y Vargas, 1982.
240	(4872)	Ocurrencia mineral Quebrada Cuen 09 31 30, 83 15 30	--	--	--	--	Sandoval y otros, 1977; Castro y Vargas, 1982.
241	(4876)	Ocurrencia mineral Río Coen 09 30 50, 83 04 35	--	--	--	--	Sandoval y otros, 1977; Castro y Vargas, 1982.
242	--	Ocurrencia mineral Río Yuani 09 28 05, 83 03 20	R, Tonalita A, Hidrotermal	--	--	--	Naciones Unidas, 1975c.
243	(4853)	Ocurrencia mineral Río Pato 09 25 25, 83 06 40	--	--	--	--	Sandoval y otros, 1977; Castro y Vargas, 1982.
244	--	Prospecto Sukut (Prospecto Copper Range) 09 22 10, 82 58 35	R, Andesita O, Calcopirita, calcocita N, Esfalerita, galena, barita A, Fuerte cuarzo-sericita-pirita	Incluye varias vetas polimetálicas.	--	Vetas, 0,11-3,3% Cu; 0,34-9,2% Zn; 540 ppm Pb	Castro y Vargas, 1982; Naciones Unidas, 1975c; Organización de los Estados Unidos, 1978.
245	(4854)	Prospecto Río Lari 09 19 00, 83 03 30	R, Diorita de cuarzo	--	--	1.000 ppm Cu	Sandoval y otros, 1977; Castro y Vargas, 1982.
246	(4861)	Ocurrencia mineral Río Uren 09 18 30, 83 00 05	--	--	--	--	Sandoval y otros, 1977; Castro y Vargas, 1982.
247	(4863)	Ocurrencia mineral Río Wonyet 09 16 15, 82 59 40	--	--	--	--	Sandoval y otros, 1977; Castro y Vargas, 1982.
248	(4858)	Ocurrencia mineral Río Sini 09 12 25, 83 00 05	--	--	--	--	Sandoval y otros, 1977; Castro y Vargas, 1982.
249	(4867)	Ocurrencia mineral sin nombre 09 09 10, 82 56 50	--	--	--	--	Sandoval y otros, 1977; Castro y Vargas, 1982.
			Bauxita Laterítica				
250	--	Ocurrencia mineral Río Cuarto (Venecia de San Carlos) 10 24 30, 84 12 10	R, Laterita	Laterita bauxítica.	--	--	Sandoval, 1969.
251	--	Prospecto Guacimo 10 10 35, 83 43 40	R, Laterita	Laterita bauxítica.	PR, 40 millones de toneladas métricas de laterita	30% alumina	Sandoval, 1969; Patterson y otros, 1986.
252	--	Prospecto Paraiso 09 51 40, 83 48 35	R, Laterita O, Gibbsita	Laterita bauxítica con espesor de 1,3 a 1,8 m sobre una zona rica de arcilla con espesor de más de 10 m, en andesita y aluvión.	R, 12-15 millones toneladas métricas de laterita; 4.000.000 toneladas métricas de alumina	44% alumina; 30% recuperable 9 muestras, 39,4-51,4% alumina	Dondoli, 1970; Ashley y Briggs, 1970; Patterson y otros, 1986.
253	(45) (5370)	Ocurrencia mineral Jardin (Abejonal, San Marcos de Tarrazu) 09 42 45, 83 58 15	R, Laterita O, Gibbsita	Laterita bauxítica, concreciones de gibbsita.	--	--	Castillo, 1966; Sandoval, 1969.
254	--	Prospecto Cerro Abejonal (Abejonal, San Marcos de Tarrazu) 09 42 15, 84 02 50	R, Laterita	Laterita bauxítica.	PR, 40 millones de toneladas métricas de laterita	30-35% alumina	Castillo, 1966; Sandoval, 1969; Castro y Vargas, 1982; Patterson y otros, 1986.
255	(5370)	Ocurrencia mineral Canon 09 41 00, 83 55 10	R, Laterita	Laterita bauxítica.	PR, 40 millones de toneladas métricas de laterita	30-35% alumina	Sandoval, 1969; Patterson y otros, 1986.
256	(5093) (5135)	Mina Cerro Boruca 09 29 15, 83 41 45	R, Laterita	Laterita bauxítica.	--	--	DeFilippo, 1974.
257	--	Prospecto San Isidro (San Isidro de El General) 09 23 35, 83 40 40	R, Laterita O, Gibbsita	Laterita bauxítica en capas con espesor promedio de 2-2,5 m sobre un área de 250 km^2. Laterita en rocas volcánicas y sedimentarias y gravas de terraza.	R, 152.400.000 toneladas métricas Laterita de todo de San Isidro de El General (1963)	35-40% alumina	Anderson, 1963; Noe, 1964; Sandoval, 1969; Theofilos, 1976; Velasco, 1980; Organización de los Estados Americanos, 1978; Patterson y otros, 1986.
258	--	Ocurrencia mineral Río San Pedro (San Isidro de El General) 09 18 00, 83 33 30	R, Laterita	Laterita Bauxítica.	R, 118.000.000 toneladas métricas laterite from all of San Isidro de El General (1978)	31,5% alumina	Organización de los Estados Americanos, 1978.
259	(4788) (5097)	Ocurrencia mineral Quebrada Casa (San Isidro de El General) 09 14 10, 83 27 10	R, Laterita	Laterita bauxítica.	--	--	Organización de los Estados Americanos, 1978.
260	--	Ocurrencia mineral Buenos Aires (San Isidro de El General) 09 10 00, 83 19 00	R, Laterita	Laterita bauxítica.	--	--	Organización de los Estados Americanos, 1978.
261	--	Ocurrencia mineral Punta Uvita 09 09 20, 83 45 00	R, Laterita O, Bauxita	Laterita bauxítica.	--	--	Ashley, 1967.
262	(5465)	Ocurrencia mineral Brujo (San Isidro de El General) 09 06 00, 83 16 15	R, Laterita	Laterita bauxítica.	--	--	Castro y Vargas, 1982; Organización de los Estados Americanos, 1978.
263	(5465)	Ocurrencia mineral Río San Antonio (San Isidro de El General) 09 04 00, 83 15 30	R, Laterita	Laterita bauxítica.	--	--	Organización de los Estados Americanos, 1978.
264	--	Ocurrencia mineral Fila de Trucho (Río Coto Brus) 08 53 00, 82 58 00	R, Laterita	Laterita bauxítica.	--	--	Castro y Vargas, 1982; Organización de los Estados Americanos, 1978.
265	--	Ocurrencia mineral Bajo Los Reyes (Río Coto Brus) 08 50 55, 82 58 50	R, Laterita	Laterita bauxítica.	--	--	Castro y Vargas, 1982; Organización de los Estados Americanos, 1978.
			Oro en Placeres				
266	--	Río Sierpe 08 51 05, 83 27 15	R, Grava, arena O, Oro nativo	--	--	--	Castro y Vargas, 1982; Archivos del DGMH no publicados, 1986.
267	(466) (953)	Isla Violin (Isla Violinas, Río Sierpe) 08 47 00, 83 38 30	R, Grava, arena O, Oro nativo	--	P, 69.145 g derivados de 346.000 m^3 de grava (1984)	--	Ashley, 1965; Ivosevic, 1979; Castro y Vargas, 1982; Archivos del DGMH no publicados, 1986.
268	(1108) (1406) (1807)	Río San Juan 08 45 00, 83 31 15	R, Grava, arena O, Oro nativo	--	--	--	Archivos del DGMH no publicados, 1986.
269	(1664)	Río Esquinas 08 44 20, 83 17 40	R, Grava, arena O, Oro nativo	--	--	--	Castro y Vargas, 1982; Archivos del DGMH no publicados, 1986.
270	(1653)	Quebrada Salto 08 43 40, 83 34 10	R, Grava, arena O, Oro nativo	--	--	--	Archivos del DGMH no publicados, 1986.
271	(5510)	Quebrada Sardinal 08 43 30, 83 12 50	R, Grava, arena O, Oro nativo	--	--	--	Archivos del DGMH no publicados, 1986.
272	(1021)	Quebrada Aguabuena 08 42 20, 83 31 30	R, Grava, arena O, Oro nativo	--	PR, 66.414 m^3 de grava	Au, 0,245 g/m^3	Archivos del DGMH no publicados, 1986.
273	(5423)	Río Drake 08 41 00, 83 36 50	R, Grava, arena O, Oro nativo	--	--	--	Castro y Vargas, 1982; Archivos del DGMH no publicados, 1986.
274	(5528)	Río Riyito 08 41 00, 83 17 30	R, Grava, arena O, Oro nativo	--	--	--	Archivos del DGMH no publicados, 1986.
275	(1041) (1201)	Quebrada Banegas 08 40 40, 83 31 55	R, Grava, arena O, Oro nativo	--	--	--	Archivos del DGMH no publicados, 1986.

Cuadro 4.--Cuadro de minas, prospectos y ocurrencias en Costa Rica.--Continua

No. de mapa	No. de concesión	Nombre de sitio (Sinónimo) Veta Lat N., Long O. (grad, min, seg)	Tipo de roca (R), minerales de mena (O), minerales ganga (N) y alteración (A)	Descripción del yacimiento	Estimación de la producción (P), reservas (R) y recursos potenciales (PR) (Keefer y Calkins, 1977)	Ley (Cox y Singer, 1986)	Referencias[1]
			Oro en Placeres (Continua)				
276	(1025) (5452)	Río Riyito 08 38 05, 83 31 45	R, Grava, arena O, Oro nativo	--	--	--	Castro y Vargas, 1982; Archivos del DGMH no publicados, 1986.
277	(989) (1012)	Río Rincon 08 37 50, 83 28 35	R, Grava, arena O, Oro nativo	--	--	--	Castro y Vargas, 1982; Archivos del DGMH no publicados, 1986.
278	(5418)	Quebrada Danta 08 36 30, 83 29 20	R, Grava, arena O, Oro nativo	--	--	--	Archivos del DGMH no publicados, 1986.
279	(5419)	Quebrada Palma 08 36 25, 83 28 45	R, Grava, arena O, Oro nativo	--	--	--	Archivos del DGMH no publicados, 1986.
280	(961- 964)	Río Conte 08 36 10, 83 26 50	R, Grava, arena O, Oro nativo N, Pirita, cuarzo	--	--	--	Castro y Vargas, 1982; Archivos del DGMH no publicados, 1986.
281	(1761)	Quebrada Tarde 08 34 35, 83 29 35	R, Grava, arena O, Oro nativo	--	--	--	Archivos del DGMH no publicados, 1986.
282	(879) (992) (5530)	Río Barrigones 08 34 25, 83 25 35	R, Grava, arena O, Oro nativo	Grava con espesor de 1.35 m.	P, 1.018 g Au de grava 3,502 m^3 (1983) PR, 195.000 m^3 de grava	-- Au, 0,44 g/m^3	Castro y Vargas, 1982; Archivos del DGMH no publicados, 1986.
283	(1789)	Río Sabala 08 33 40, 83 25 15	R, Grava, arena O, Oro nativo	--	PR, 120.150 m^3 de grava, 19.000 g Au	--	Archivos del DGMH no publicados, 1986.
284	(1789)	Río Riyito 08 33 10, 83 25 20	R, Grava, arena O, Oro nativo	--	R, 218.200 m^3 de grava	Au, 0,46 g/m^3	Archivos del DGMH no publicados, 1986.
285	(1287) (1763)	Quebrada Terrones 08 33 00, 83 23 05	R, Grava, arena O, Oro nativo	--	--	--	Archivos del DGMH no publicados, 1986.
286	(447) (974)	Río Agujas 08 32 45, 83 25 00	R, Grava, arena O, Oro nativo	Conglomerado con espesor de 2 m.	P, pequeña cantidad de grava para 5 meces en 1983.	Au, 0,15-0,33 g/m^3 Au in conglomerate, 0,48 g/m^3	Castro y Vargas, 1982; Archivos del DGMH no publicados, 1986.
287	--	Río Sierna 08 32 30, 83 31 20	R, Grava, arena O, Oro nativo	--	--	--	Castro y Vargas, 1982.
288	(1388) (5535)	Quebrada Salitre 08 32 15, 83 24 25	R, Grava, arena O, Oro nativo	--	--	--	Archivos del DGMH no publicados, 1986.
289	(698) (702) (781) (787) (1026) (1114) (1115)	Río Tigre 08 31 45, 83 24 05	R, Grava, arena O, Oro nativo	--	R, Finca Bellida, 100.000 m^3 de grava R, Finca Sanchez, 687.000 m^3 de grava	Au, 0,2 g/m^3 Au, 0,27 g/m^3	Velasco, 1980; Castro y Vargas, 1982; Archivos del DGMH no publicados, 1986.
290	(1113)	Dos Brazos 08 30 50, 83 24 15	R, Grava, arena O, Oro nativo	--	--	--	Archivos del DGMH no publicados, 1986.
291	(979) (1563) (5438)	Río Nuevo 08 30 50, 83 20 55	R, Grava, arena O, Oro nativo	--	R, 308.475 m^3 de grava	Au, 0,0024 g/t	Roberts y Irving, 1957; Archivos del DGMH no publicados, 1986.
292	(5397) (5690)	Laguna Cangrejo Verde 08 28 35, 82 59 05	R, Grava, arena O, Oro nativo	--	--	--	Archivos del DGMH no publicados, 1986.
293	--	Río Claro 08 28 20, 83 34 20	R, Grava, arena O, Oro nativo	--	--	--	Castro y Vargas, 1982.
294	(1784)	Playa Madrigal (Río Madrigal) 08 26 50, 83 30 20	R, Grava, arena O, Oro nativo	--	--	--	Sandoval, 1969; Dengo y Levy, 1970; Guild, 1981; Archivos del DGMH no publicados, 1986.
295	(1249) (5537)	Río Nuevo 08 26 35, 83 24 50	R, Grava, arena O, Oro nativo	--	--	--	Castro y Vargas, 1982; Archivos del DGMH no publicados, 1986.
296	(1883)	Río Carate 08 26 30, 83 27 50	R, Conglomerado, arenisca conglomerática, lodolita, grava, arena O, Oro nativo N, Pirita, cuarzo	Tres etapas de deposición sedimentaria del Cuaternario.	--	Au, 1-5 g/m^3	Dengo y Levy, 1970; Ivosevic, 1979; Guild, 1981; Castro y Vargas, 1982; Archivos del DGMH no publicados, 1986.
297	(1088) (1793) (1802) (1803) (5096)	Río Pejeperro 08 26 10, 83 23 20	R, Grava, arena O, Oro nativo	--	PR, concesión 1802: 967.250 m^3, 154 kg Au PR, concesión 1803: 202.137 m^3, 48 kg Au	Au, 0,227 g/m^3 Au, 0,23 g/m^3 Promedio de 16 muestras de concesión 1793	Castro y Vargas, 1982; Archivos del DGMH no publicados, 1986.
298	(1596) (5613)	Río Conte 08 26 05, 83 02 50	R, Grava, arena O, Oro nativo	--	--	--	Archivos del DGMH no publicados, 1986.
299	(5417)	Quebrada La Palma 08 25 00, 83 01 40	R, Grava, arena O, Oro nativo	--	--	--	Archivos del DGMH no publicados, 1986.
300	(5434)	Río Incendio 08 24 50, 83 00 20	R, Grava, arena O, Oro nativo	--	--	--	Archivos del DGMH no publicados, 1986.
301	(775) (926) (1748)	Río Caracol 08 24 30, 82 58 35	R, Grava, arena O, Oro nativo	--	R, 264.800 m^3 de grava	Au, 0,348 g/m^3	Archivos del DGMH no publicados, 1986.
302	(977) (1854) (5752)	Quebrada Coyunda 08 24 25, 83 19 10	R, Grava, arena O, Oro nativo	--	R, 308.180 m^3 de grava (probable) R, 60.836 m^3 de grava (comprobado)	Au, 0,0404 g/t Au, 0,0505 g/t	Archivos del DGMH no publicados, 1986.
303	(775) (785) (1098) (1316) (1762)	Río La Vaca 08 24 10, 82 58 45	R, Grava, arena O, Oro nativo	Valores de Au más elevados en gravas de terraza más antiguos con rumbo este-oeste a través del Río La Vaca. Roca madre es calcilutita y arenisca intercalada.	--	--	Castro y Vargas, 1982; Archivos del DGMH no publicados, 1986.
304	(1645)	Quebrada Carbonera 08 23 50, 83 17 30	R, Grava, arena O, Oro nativo	--	--	--	Archivos del DGMH no publicados, 1986.
305	(1746)	Quebrada El Macho 08 23 30, 83 07 05	R, Grava, arena O, Oro nativo	--	--	--	Archivos del DGMH no publicados, 1986.
306	(5601)	Río Caña Blanca 08 18 20, 83 02 35	R, Grava, arena O, Oro nativo	--	--	--	Castro y Vargas, 1982; Archivos del DGMH no publicados, 1986.
307	(1776) (5611) (5646)	Río La Peña 08 13 10, 82 56 50	R, Grava, arena O, Oro nativo	--	--	--	Castro y Vargas, 1982; Archivos del DGMH no publicados, 1986.
308	(1640)	Quebrada El Tigre 08 03 35, 82 54 15	R, Grava, arena O, Oro nativo	--	--	--	Archivos del DGMH no publicados, 1986.
309	(1640)	Quebrada Huacas 08 03 00, 82 54 05	R, Grava, arena O, Oro nativo	--	--	--	Archivos del DGMH no publicados, 1986.
			Hierro Laterítico				
310	--	Mina San Ramon 10 04 20, 84 29 45	R, Basalto O, Hematita, gibbsita	Laterita hematítica con espesor de 3 m sobreyace basalto.	--	53-56% Fe	Dondoli, 1966; Sandoval 1969.
			Skarn de Cobre				
311	(5140)	Ocurrencia mineral sin nombre (Ocurrencia mineral Siberia) 09 30 20, 83 45 40	R, Adamellita N, Turmalina, pirita, cuarzo A, Sericita, skarn	--	--	--	Castro y Vargas, 1982; Naciones Unidas, 1975c, p. 24.
			Sin Asignar				
312	(5730)	Prospecto Cano Sucio 10 35 20, 84 13 25	R, Saprolita	Saprolita.	--	Pt, 52,2 g/t Au, 15,5 g/t	Archivos del DGMH no publicados, 1986.
313	--	Ocurrencia mineral Cerro Grande and Nancite 10 30 45, 85 42 05	R, Roca verde ("greenstone"), lutita O, Pirita, óxidos de Mn	Pirita y pátinas de óxidos de Mn en lo largo del contacto entre roca verde ("greenstone") y lutita.	--	--	Roberts, 1944.
314	--	Ocurrencia mineral Chapernal 10 30 10, 85 45 50	R, Roca verde ("greenstone"), lutita O, Pirita, óxidos de Mn	Pirita y pátinas de óxidos de Mn a lo largo del contacto entre roca verde ("greenstone") y lutita. Roca verde está piritizada a una distancia de 3-4 m del contacto.	--	--	Webber, 1942; Roberts, 1944.
315	--	Carbonal concesión 10 22 20, 85 37 05	R, Lutita, roca verde ("greenstone") A, Oxidos de Cu y Fe	Pátinas de óxidos de Cu y Fe a lo largo del contacto entre lutita y roca verde ("greenstone").	--	--	Roberts, 1944.
316	(5260)	Prospecto Río Barroso 10 16 10, 84 16 35	--	--	--	Au en muestras de canal de corriente 0,30, 0,54, 1,00 g/t	Archivos del DGMH no publicados, 1986.
317	(4962)	Prospecto La Carpintera 09 53 15, 83 58 15	--	--	--	Au, 5 g/t	Archivos del DGMH no publicados, 1986.
318	(5380)	Prospecto Quebrada Polocha 09 50 35, 84 28 00	--	--	--	--	Archivos del DGMH no publicados, 1986.
319	(4937) (5463)	Prospecto Río Pejibaye 09 45 35, 83 42 45	R, Andesita O, Oro nativo N, Pirita, cuarzo	Vetas de cuarzo.	--	Au, hasta 5.9 g/t	Archivos del DGMH no publicados, 1986.

[1]DGMH, Dirección General de Geología, Minas e Hidrocarburos; CODESA, Corporación Costarricense de Desarrollo

DEPARTMENT OF THE INTERIOR
U.S. GEOLOGICAL SURVEY

Base from U.S. Defense Mapping Agency, Tactical Pilotage Chart K-25-C, 3rd edition

Base de Agencia U.S. Defense Mapping, Carta de Pilotaje Táctico, K-25-C 3ra edición

PLATE 6.—MAP SHOWING MINES, PROSPECTS, AND MINERAL OCCURRENCES IN COSTA RICA

EXPLANATION

- ★ Sado epithermal vein
- ■ Porphyry copper
- ✳ Lateritic bauxite
- ◆ Native sulfur
- ▲ Podiform chromite
- ● Cyprus massive sulfide
- \+ Copper skarn
- × Lateritic iron
- ★ Placer gold
- ■ Polymetallic vein
- ✳ Native copper
- ◆ Volcanogenic manganese
- ▲ Copper vein
- ● Shoreline placer magnatite
- × Unassigned

EXPLICACION

- ★ Vetas epitermales tipo Sado
- ■ Pórfido de cobre
- ✳ Bauxita laterítica
- ◆ Sulfuro nativo
- ▲ Cromita podiforme
- ● Sulfuro masivo tipo Chipre
- \+ Skarn de cobre
- × Hierro laterítico
- ★ Placeres auríferos
- ■ Vetas polimetálicas
- ✳ Cobre nativo
- ◆ Manganeso vulcanogénico
- ▲ Vetas de cobre
- ● Placeres de magnetita costeros
- × Sin asignar

See plate 2 for explanation and correlation of geologic map units.
Véase Lámina 2 para explicación y correlación de unidades geológicas.

LAMINA 6.—UBICACION DE MINAS, PROSPECTOS Y OCURRENCIAS MINERALES, COSTA RICA

VOLCANOLOGICAL FRAMEWORK FOR THE GOLD DEPOSITS IN THE CORDILLERA DE TILARAN AND MONTES DEL AGUACATE, COSTA RICA

By
Klaus Schulz, Robert Koeppen, Steve Ludington,
Siegfried Kussmaul, and Karen Gray

INTRODUCTION

The objective of this study was to establish the volcanological setting of the epithermal vein gold deposits in northwestern Costa Rica. The area containing epithermal vein gold deposits extends from Tilarán in the northwest to about Desmonte in the southeast, along the southwestern flank of the Cordillera de Tilarán and Montes del Aguacate. The area is about 110 km long, 30 km wide, and approximately 3,300 km² in size. This regional reconnaissance survey was designed to identify the dominant rock types and determine the volcanic history in order to establish the relationship of the epithermal vein gold deposits to the volcanic rocks (pl. 7).

VOLCANIC ROCKS OF THE CORDILLERA DE TILARAN AND MONTES DEL AGUACATE

PREVIOUS WORK

The first studies of the volcanic rocks of the region followed the discovery of gold in the early 1800's (Attwood, 1882; Mellis, 1890). Dengo (1962b) reviewed some of the early work and proposed the name Aguacate Volcanic Series for the late Tertiary rocks of the region. Madrigal (1970), Chaves and Sáenz (1974), Kussmaul and Sprechmann (1982), Laguna (1983b), and Amos and Rogers (1983) described these volcanic rocks and discussed their stratigraphic relations. The geochemical and petrologic aspects of these late Tertiary rocks have been examined by Pichler and Weyl (1975), Laguna (1983b), and Amos and Rogers (1983); isotopic age determinations (K-Ar) have been reported by Bellon and Tournon (1978) and Amos and Rogers (1983).

The Aguacate Volcanic Series in the Cordillera de Tilarán and Montes del Aguacate has been divided into two major units, the Aguacate Group and the Monteverde Formation by Madrigal (1970) and Kussmaul and Sprechmann (1982). The Aguacate Group consists of basalt and andesite flows, abundant breccias, agglomerates, tuffs, and less abundant interlayered lake sediments (Amos and Rogers, 1983). Kussmaul and Sprechmann (1982) proposed three formations within the Aguacate Group on the basis of lithologic and stratigraphic relationships: (1) the Miramar Andesite Formation, (2) the La Unión Breccia Formation, and (3) the La Garita Basalt Formation. The rocks of the Aguacate Group were described by Amos and Rogers (1983) as showing widespread hydrothermal alteration; this alteration is locally accompanied by gold mineralization which is usually associated with quartz veins. The geochemistry of volcanic rocks assigned to the Aguacate Group appears to vary as a function of location. Samples from the eastern part of the Montes del Aguacate are distinctly alkaline and silica undersaturated (Pichler and Weyl, 1975). Samples from south of San Ramón also show high potassium contents and some alkaline affinities (Laguna, 1983b). In contrast, samples collected further to the north and west are tholeiitic to calc-alkaline (Laguna, 1983b; Amos and Rogers, 1983).

Published isotopic age determinations of the Aguacate Group rocks are difficult to evaluate. Three age determinations, all made on samples from the southeast part of the area shown on plate 7, were published by Bellon and Tournon (1978). Sáenz (1982a) repeated these age determinations with more specific location information, however two of the dates are different from those reported by Bellon and Tournon. The first of these age determinations was on a sample of basalt from the La Garita bridge east of Atenas. The age reported by Bellon and Tournon (1978) is 2.8±0.4 ma; when repeated by Sáenz (1982a), it was given as 4.30 ma. This dated sample was probably from a flow in the gorge whose age relative to Montes del Aguacate rocks is unclear. The second age determination was on a sample of diorite that intrudes andesites collected about 10 km west of La Garita. The age reported by Bellon and Tournon (1978) is 2.1±0.1 ma; the age reported by Sáenz (1982a) was given as 2.30 ma and the locality as Desmonte. The third age determination was on a sample of andesite from about 10 km northwest of La Garita. Both Bellon and Tournon (1978) and Sáenz (1982a) reported the age as 3.20 ma and the locality as Santiago (3 km southwest of San Ramón).

Amos and Rogers (1983) published ten K-Ar whole-rock ages. Six of these are for rocks that probably belong to the Aguacate Group; the ages are 5.6, 5.8, 6.7, 8.7, 11.6, and 23.0 ma, and span most of Miocene time.

The Aguacate Group is cut by the Guacimal intrusion in the area northwest of Miramar. This pluton was reported to be lithologically diverse, consisting principally of granodiorite, diorite, gabbro, and monzonite (Chaves and Sáenz, 1974), and has been correlated with lithologically similar intrusions in the Cordillera de Talamanca. The Guacimal intrusion was apparently followed by a period of volcanic quiescence, uplift, and erosion.

The Monteverde Formation has been described as resting unconformably on the underlying Aguacate Group and the Guacimal intrusion (Kussmaul and Sprechmann, 1982). It consists of basalt and andesite flows, associated pyroclastics, and some sedimentary lenses. The rocks of the Monteverde Formation are described as generally less weathered and less affected by hydrothermal alteration than the rocks of the Aguacate Group. Amos and Rogers (1983) published two late Pliocene K-Ar whole-rock ages (1.8 and 2.2 ma) for rocks that probably belong to the Monteverde Formation. North of San Ramón, the Monteverde is overlain by younger volcanic rocks attributed to Quaternary to Recent volcanic centers. Amphibole-bearing dacite domes, termed the Fortuna Dacite by Kussmaul and Sprechmann (1982), are also reported in the area; the Fortuna Dacite is younger than the Monteverde Formation. No isotopic age dates exist for rhyolites of the Cordillera de Tilarán.

AGUACATE GROUP

Rocks assigned to the Aguacate Group on plate 7 are the oldest rocks examined as part of this study. The Aguacate Group was originally defined to include rocks in the Montes del Aguacate (Schaufelberger, 1932; 1933). Since that time, the name Aguacate Group has been applied to rocks extending northwest as far as Tilarán (Chavez and Sáenz, 1974; Kussmaul and Sprechmann, 1982).

In this study the Aguacate Group has been divided informally into 2 volcanic sequences, mapped as Aguacate unit 1 and Aguacate unit 2 on plate 7. The rocks designated Aguacate unit 1 are the oldest volcanic rocks exposed in the region. These rocks extend from the area near Desmonte on the southeast to near Miramar on the north. Near Miramar, Aguacate unit 1 is in contact with, and probably overlain, by Aguacate unit 2, but the nature of this contact has not been discerned in outcrop. To the north, Aguacate unit 1 rocks are overlain unconformably by the Monteverde Formation. To the east Aguacate unit 1 rocks are probably in contact with the La Garita Basalt Formation and volcanic rocks of Quaternary age. However, field examinations of contact relations in this area were not conducted. The base of Aguacate unit 1 has not been observed in the area of plate 7.

Basaltic and andesitic lava flows, flow breccias, tuff breccias, tuffs, lapillistone, and rare volcaniclastic sediments are the dominant lithologies in Aguacate unit 1. The lava flows are often highly amygdaloidal, and have rubbly tops and bottoms. Breccia, tuff breccia, and lapillistone are particularly well exposed along the Río Machuca northwest of Desmonte and in the Buena Suerte area along the Río Barranca. Clasts in these rocks are dominantly volcanic, polymict, subrounded to angular, and range from about 1 cm to over 100 cm in diameter. Clasts include fine-grained, aphanitic, porphyritic, and often highly amygdaloidal basalt and andesite, tuff, and tuff breccia. The matrix is generally fine grained volcanic material with lesser amounts of calcite, chlorite, pyrite, and locally, hematite. These rocks vary from clast supported to matrix supported, are usually massive, and without internal bedding. Thin interlayers of water-laid siltstones, sandstones, and conglomerates are present locally. Soft-sediment deformation and loading features are sometimes present where coarse breccias overlie siltstone and (or) sandstone beds. Thin lava flows also are commonly interstratified with the fragmental rocks. Some of the fragmental rocks are clearly pyroclastic in origin. The clasts in these pyroclastic rocks exhibit reactions with the hot matrix along their margins. Other fragmental rocks are probably the result of mud flows (lahars) and rapid deposition under fluviatile conditions.

Aguacate unit 1 basalts contain phenocrysts of plagioclase, clinopyroxene, and iron oxide, in a fine-grained devitrified matrix; a few of the basalts contain olivine phenocrysts. Hornblende andesites containing euhedral, green hornblende phenocrysts, which commonly have plagioclase inclusions and dark iron-rich rims (fig. 7), are particularly common in the area northeast of Desmonte.

Near-surface rhyolite intrusions and possible extrusions commonly cut Aguacate unit 1; they are particularly abundant in the southeastern part of the study area. Areas of moderate to intense hydrothermal alteration characterized by argillic assemblages and (or) silicification surround and engulf some of the rhyolite bodies (pl. 7). Some altered areas contain no identifiable rhyolite. Away from these centers of intense hydrothermal alteration, rocks of Aguacate unit 1 are propylitized and contain some combination of calcite, chlorite, epidote, prehnite, albite, actinolite, pyrite, and possible zeolites.

Aguacate unit 2 rocks extend from near Miramar to as far north as Líbano. These rocks can be distinguished from Aguacate unit 1 rocks because they generally are in a better state of preservation, show less alteration, and contain orthopyroxene; in the northwest they predominantly form lava flows rather than pyroclastics. Aguacate unit 2 locally overlies Aguacate unit 1 and is overlain by the Monteverde Formation and by sediments, pyroclastic rocks, and volcanic domes of the Juntas area. Aguacate unit 2 is also intruded by the Guacimal intrusion. The type localities given by Kussmaul and Sprechmann (1982) for the Miramar Andesite Formation and the La Unión Breccia Formation of the Aguacate Group are located in Aguacate unit 2.

Aguacate unit 2 is composed of basalt, andesite and dacite lava flows, breccias, tuffs, and volcaniclastic sedimentary rocks. Volcanic breccias and tuffs in Aguacate unit 2, although locally abundant, appear to be less common than in Aguacate unit 1. Hydrothermal alteration appears to be much less widespread than in Aguacate unit 1 rocks and generally occurs only in or near faults, veins, and rhyolite intrusions.

Two-pyroxene andesite lava flows ranging from massive to platy jointed appear to be the most common rocks in Aguacate unit 2. These flows contain phenocrysts of plagioclase, clinopyroxene, orthopyroxene, and iron oxide (fig. 8). Plagioclase is generally strongly zoned and inclusion rich, whereas orthopyroxene is commonly partially chloritized. Massive basalt flows with altered olivine phenocrysts are less common. Dacite lavas with hornblende, pyroxene, plagioclase, and iron oxide are also present. A particularly distinctive occurrence of dacite is at Cerro Marsellesa, north of Juntas, where flow-banded hornblende dacite forms a volcanic neck.

A distinctive lithologic unit was observed in two places, near Estrella and between Guacimal and Guaria along the road that connects Monteverde with the Interamerican Highway. This unit is probably dacitic in composition, but is of uncertain origin. Gray to buff porphyritic rocks characterize this unit and contain plagioclase, clinopyroxene, iron oxide, altered orthopyroxene, and rare quartz phenocrysts, as well as fine-grained mafic inclusions ranging from a few millimeters to 40 cm in diameter. The groundmass is cryptocrystalline, exhibiting thin, interconnecting fractures lined with hematite. This unit, which weathers to a loose, sandy soil was described by Amos and Rogers (1983) as a tuff (Guacimal Tuff Member) belonging to the Monteverde Formation. There is little evidence to support a pyroclastic origin for this unit, and it may represent a shallow intrusion or a volcanic flow-dome belonging to Aguacate unit 2; it is therefore included in Aguacate unit 2 on plate 7.

The volcaniclastic rocks of Aguacate unit 2 are similar to those recognized in Aguacate unit 1 and include pyroclastic, laharic, and fluvial deposits. Black, calcareous siltstones and shales have been recognized near the headwaters of the Río San Luis and Río Guacimal. Whether these represent sedimentary interbeds or an older sedimentary formation below volcanic rocks of Aguacate units 1 and 2 is unknown.

Preliminary trace-element data from rocks of Aguacate units 1 and 2 and major element data of Laguna (1983b) indicate that the basalts and andesites of the Montes del Aguacate are chemically distinct from the basalts and andesites of the Cordillera de Tilarán and may represent an alkaline suite of rocks. Figures 6 and 7 show distinctly higher strontium and cerium values for Aguacate unit 1 rocks from the

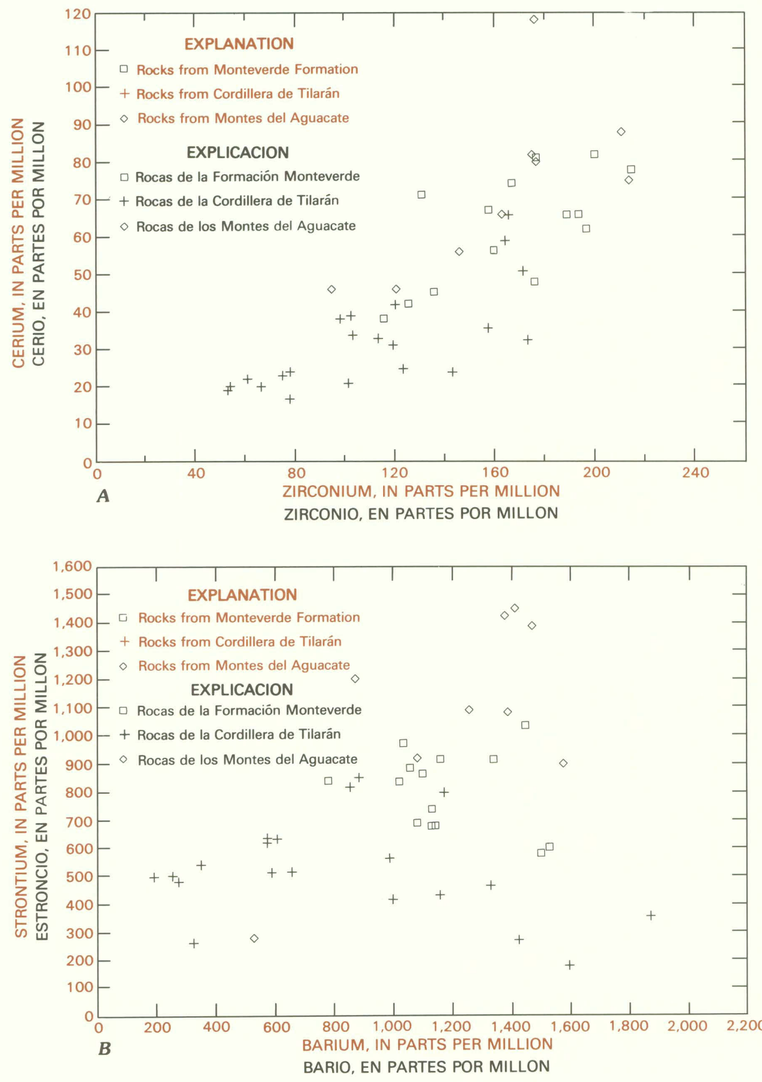


Figure 6.—Plots comparing trace-element geochemistry for rocks from the Aguacate Group in the Cordillera de Tilarán, the Aguacate Group in the Montes del Aguacate, and the Monteverde Formation. *A*, zirconium v. cerium; *B*, barium v. strontium. Analyses done by energy dispersive X-ray fluorescence methods. Original data are in table 13.

Figura 6.—Diagrama comparando la composición de algunos elementos traza en las rocas del Grupo Aguacate de la Cordillera de Tilarán, de los Montes del Aguacate y de la Formación Monteverde: *A*: zirconio contra cerio; *B*: bario contra estroncio. Analizado por el método de fluorescencia de rayos-X de tipo energía dispersa. Los datos originales se presentan en el Apéndice A.

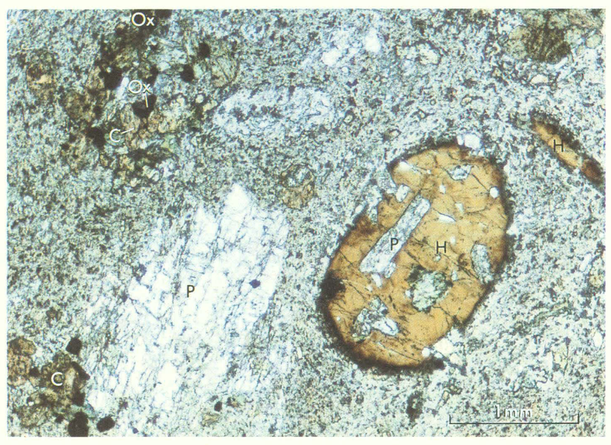


Figure 7.—Photomicrograph of phyric andesite containing crystals of plagioclase (P), clinopyroxene (C), and hornblende (H) and iron oxide (Ox) from the Aguacate unit 1 near Desmonte, Costa Rica (sample no. CR008AKS). Note plagioclase inclusions in the hornblende phenocrysts in the right center of photomicrograph.

Figura 7.—Microfotografía de una andesita con fenocristales de plagioclasa (P), clinopiroxeno (C), hornblenda (H) y óxidos de hierro (Ox) de la unidad Aguacate 1 cerca de Desmonte, Costa Rica (muestra No. CR0008AKS). Nótese las inclusiones de plagioclasa en el fenocristal de hornblenda en la parte central derecha de la fotografía.

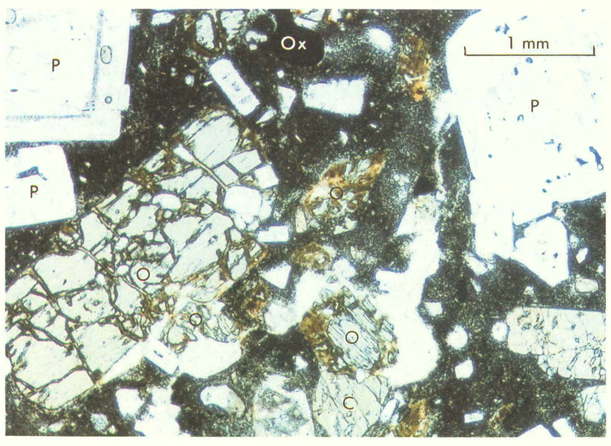


Figure 8.—Photomicrograph of phyric andesite containing crystals of plagioclase (P), clinopyroxene (C), and orthopyroxene (O) and iron oxide (Ox) from the Aguacate unit 2 near Pozo Azul, Costa Rica (sample no. CR013RSL). Note chlorite alteration of orthopyroxene and inclusion-rich zone in plagioclase.

Figura 8.—Microfotografía de una andesita con fenocristales de plagioclasa (P), clinopiroxeno (C), ortopiroxeno (O), y óxido de hierro (Ox) de la unidad Aguacate 2 cerca de Pozo Azul, Costa Rica (muestra No. CR013RSL). Nótese la alteración a clorita del ortopiroxeno y la zona rica en inclusiones en la plagioclasa.

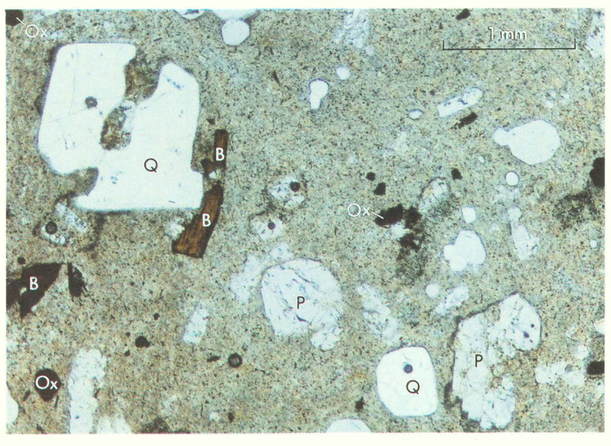


Figure 9.—Photomicrograph of phyric rhyolite containing crystals of plagioclase (P), quartz (Q), and biotite (B) and iron oxide (Ox) from the Aguacate unit 2 northwest of Guacimal, Costa Rica (sample no. CR032AKS). Note embayed quartz phenocrysts and biotite with iron oxide margins.

Figura 9.—Microfotografía de una riolita con fenocristales de plagioclasa (P), cuarzo (Q), biotita (B) y óxidos de hierro (Ox) de la unidad Aguacate 2 al noroeste de Guacimal, Costa Rica (muestra No. 032AKS). Nótese las bahías en los fenocristales de cuarzo y los bordes ricos en óxidos de hierro de la biotita.

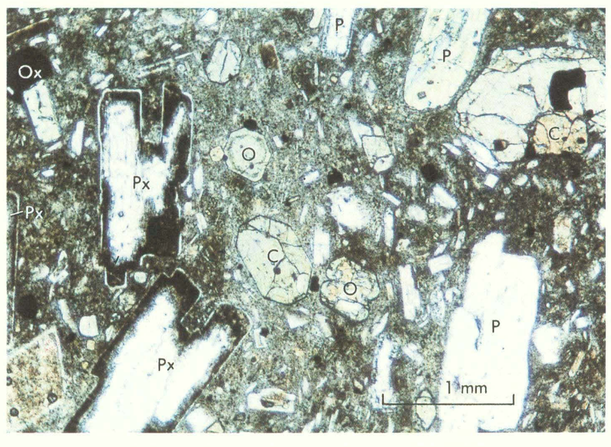


Figure 10.—Photomicrograph of two-pyroxene andesite containing crystals of plagioclase (P), clinopyroxene (C), and orthopyroxene (O) and iron oxide (Ox) from the Monteverde Formation, northwest of San Ramon, Costa Rica (sample no. CR020AKS). Note presence of embayed inclusion-rich plagioclase xenocrysts (Px).

Figura 10.—Microfotografía de una andesita con dos piroxenos con fenocristales de plagioclasa (P), clinopiroxeno (C), ortopiroxeno (O) y óxidos de hierro (Ox) de la Formación Monteverde al noroeste de San Ramón, Costa Rica (muestra No. CR020AKS). Nótese la presencia de xenocristales de plagioclasa ricos en inclusiones y con bahías (Px).

MARCO VULCANOLOGICO DE LOS YACIMIENTOS AURIFEROS EN LA CORDILLERA DE TILARAN Y LOS MONTES DEL AGUACATE, COSTA RICA

Por
Klaus Schulz, Robert Koeppen, Steve Ludington,
Siegfried Kussmaul y Karen Gray

INTRODUCCION

El objetivo del presente trabajo es establecer el marco vulcanológico de los yacimientos auríferos epitermales ubicados en el noroeste de Costa Rica. El área donde se presentan los yacimientos auríferos epitermales se extiende a lo largo del flanco sudoeste de la Cordillera de Tilarán y los Montes del Aguacate, desde Tilarán en el noroeste hasta cerca de Desmonte en el sureste. El área tiene una extensión de 110 km por 30 km, y comprende una superficie de 3.300 km². El énfasis se puso en un levantamiento geológico regional a nivel de reconocimiento con el fin de determinar los tipos de rocas predominantes y la historia vúlcanica para establecer las relaciones entre los yacimientos auríferos epitermales y las rocas volcánicas Lámina 7).

ROCAS VULCANICAS DE LA CORDILLERA TILARAN Y LOS MONTES DEL AGUACATE

TRABAJOS PREVIOS

Los primeros estudios de las rocas vulcánicas del área se realizaron después del descubrimiento de oro en los años 1800 (Attwood, 1882; Mellis, 1890). Dengo (1962b) revisó algunos de los trabajos antiguos y propuso para las rocas del Terciario Tardío el nombre de Serie Vúlcanica del Aguacate. Madrigal (1970), Cháves y Sáenz (1974), Kussmaul y Sprechmann (1982), Laguna (1983b) y Amos y Rogers (1983) describieron estas rocas vulcánicas y presentaron sus relaciones estratigráficas. Los aspectos geoquímicos y petrológicos de dichas rocas han sido estudiados por Pichler y Weyl (1975), Laguna (1983b), y Amos y Rogers (1983); determinaciones de edades radiométricas (K-Ar) fueron presentadas por Bellon y Tournon (1978) y Amos y Rogers (1983).

La Serie Vulcánica del Aguacate ubicada en la Cordillera de Tilarán y Montes del Aguacate fue dividida en dos unidades mayores, el Grupo Aguacate y la Formación Monteverde, por Madrigal (1970) y Kussmaul y Sprechmann (1982). El Grupo Aguacate consta de coladas de basaltos y andesitas, abundantes brechas, aglomerados, tobas y sedimentos lacustres interestratificados menos abundantes (Amos y Rogers, 1983). A base de las relaciones litológicas y estratigráficas, Kussmaul y Sprechmann (1982) han propuesto las siguientes tres formaciones dentro del Grupo Aguacate: (1) Formación Andesitas Miramar, (2) Formación Brechas La Unión, y (3) Formación Basaltos La Garita. Las rocas del Grupo Aguacate fueron descritas por Amos y Rogers (1983) como haber sido afectadas por una alteración hidrotermal amplia; en algunas locales dicha alteración se encuentra acompañada por mineralizaciones de oro asociadas con vetas cuarcíferas. La geoquímica de las rocas vulcánicas asignadas al Grupo Aguacate parece variar según la ubicación. Las muestras de la parte oriental de los Montes del Aguacate son distinctivamente alcalinas y subsaturadas en sílice (Pichler y Weyl, 1975). Las muestras del sur de San Ramón también exhiben un contenido elevado de potasio y afinidad alcalina (Laguna, 1983b). En contraste, las muestras provenientes del norte y oeste son del tipo toleítico a calco-alcalino (Laguna, 1983b; Amos y Rogers, 1983).

Es difícil evaluar las edades radiométricas (K-Ar) de las rocas del Grupo Aguacate publicadas anteriormente. Bellon y Tournon (1978) realizaron tres medidas radiométricas de rocas de la parte sureste del área presentada en Lámina 7. Sáenz (1982a) repitió estas determinaciones de edad con ubicación más exacta; sin embargo, dos de las edades difieren de las edades presentadas previamente por Bellon y Tournon. La primera de estas determinaciones se efectuó en una muestra de basalto del puente La Garita al este de Atenas. La edad radiométrica reportada por Bellon y Tournon (1978) es de 2,8±0,4 ma; Sáenz (1982a) reporta una edad de 4,3 ma. Esta muestra probablemente fue recolectada de una colada basáltica en el cañon del río cuya edad con respecto a las rocas de los Montes del Aguacate no es claro. La segunda medida radiométrica fue realizada en una muestra de diorita que intruye a andesitas, ubicada a unos diez kilómetros al oeste de La Garita. La edad reportada por Bellon y Tournon (1978) es de 2,1±0,1 ma. La edad reportada por Sáenz (1982a) es de 2,30 ma, y la ubicación es Desmonte. La tercera edad radiométrica se determinó en una muestra de andesita ubicada aproximadamente 10 km al noroeste de La Garita. Tanto Bellon y Tournon (1978) como Sáenz (1982a) reportaron una edad de 3,20 ma y la ubicaron en Santiago (3 km al sudoeste de San Ramón).

Amos y Rogers (1983) publicaron diez edades determinadas por método K-Ar, roca total. Seis de estas son de rocas que probablemente pertenecen al Grupo Aguacate; la edades son de 5,6, 5,8, 6,7, 8,7, 11,6 y 23,0 ma, y abarcan casi todo el Mioceno.

Al noroeste de Miramar el Grupo Aguacate fue intruido por la intrusión Guacimal, un pluton descrito como litológicamente muy diverso, compuesto principalmente de granodiorita, diorita, gabro y monzonita (Cháves y Sáenz, 1974), el cual ha sido correlacionado con intrusiones de litologías semejantes ubicadas en la Cordillera de Talamanca. La intrusión Guacimal aparentemente fue seguida por un período de inactividad volcánica, levantamiento y erosión.

La Formación Monteverde fue descrita como discordantemente sobreyacente del Grupo Aguacate y la intrusión Guacimal (Kussmaul y Sprechmann, 1982). Consta de coladas de basaltos y andesitas, rocas piroclásticas asociadas y unos lentes de material sedimentario. Las rocas de la Formación Monteverde han sido descritas como generalmente menos meteorizadas y menos afectadas por alteración hidrotermal que las rocas del Grupo Aguacate. Amos y Rogers (1983) publicaron dos edades radiométricas K-Ar, roca total del Plioceno Tardío (1,8 y 2,2 ma) probablemente pertenecientes a la Formación Monteverde. Al norte de San Ramón la formación Monteverde está sobreyacida por rocas vulcánicas más jovenes asociadas a centros vulcánicos Cuaternarios a Recientes. Domos dacíticos con contenido de anfíboles, denominados Formación Dacita Fortuna por Kussmaul y Sprechmann (1982) se presentan también en el área. La Dacita Fortuna es más reciente que la Formación Monteverde. No se han determinado las edades radiométricas de las riolitas de la Cordillera de Tilarán.

GRUPO AGUACATE

Las rocas más antiguas investigadas en esta obra son asignadas al Grupo Aguacate en la Lámina 7. Originalmente el nombre Grupo Aguacate incluía las rocas que afloran en los Montes del Aguacate (Schaufelbeger, 1932; 1933), pero posteriormente se ha extendido su aplicación a rocas ubicadas más hacia el noroeste hasta Tilarán (Chávez y Sáenz, 1974; Kussmaul y Sprechmann, 1982).

En esta obra se han subdividido informalmente las rocas del Grupo Aguacate en dos secuencias vulcánicas, designadas como Unidad Aguacate 1 y Unidad Aguacate 2 en la Lámina 7. En la Unidad Aguacate 1 se incluyen las rocas vulcánicas más antiguas de la región, aflorando desde el sureste en la cercanía de Desmonte hasta Miramar en el norte. Cerca de Miramar, la Unidad Aguacate 1 se encuentra en contacto con, y probablemente sobreyacida por la Unidad Aguacate 2, pero no se ha ascertado el tipo de contacto en los afloramientos. Al norte, la Formación Monteverde sobreyace discordantemente a las rocas de la Unidad Aguacate 1. Al este, las rocas de la Unidad Aguacate 1 probablemente están en contacto con la Formación Basalto La Garita y las rocas vulcánicas de edad Cuaternaria, pero no se realizaron trabajos de campo acerca de las relaciones de contacto en esta área. En el área que abarca la Lámina 7 no se ha observado la base de la Unidad Aguacate 1.

Las litologías predominantes de la Unidad Aguacate 1 incluyen coladas basálticas y andesíticas, brechas de flujo, brechas tobáceas, tobas, rocas de lapilli y pocos sedimentos vulcanoclásticos. Las coladas de lava frecuentemente son muy amigdaloides y con las partes inferiores y superiores muy brechosas. La brecha, brecha tobácea y las rocas de lapilli están particularmente bien expuestas a lo largo del Río Machuca, al noroeste de Desmonte y en el área Buena Suerte a lo largo del Río Barranca. Los clastos de estas rocas son predominantemente vulcánicos, polimíctos, subredondeados a angulares y con diámetros variables entre 1 cm a más de 1 m. Los clastos de estas rocas tienen una composición basáltica y andesítica, muchas veces muy amigdaloides, de grano fino con textura afanítica y porfirítica; también se presentan tobas y brechas tobáceas. Por lo general la matriz está compuesta de material vulcánico de grano fino con cantidades menores de calcita, clorita, pirita y localmente hematita. Estas rocas varían desde soportadas por clastos hasta soportadas por la matriz, típicamente son masivas y carecen de estratificación interna. En varias localidades se presentan también interestratificaciones delgadas de limolitas, areniscas y conglomerados depositados por agua. A veces se presentan deformaciones de sedimentos blandos y marcas de carga donde brechas de grano grueso suprayacen estratos de limolita y (o) arenisca. Coladas delgadas de lava, frecuentemente se presentan interestratificadas con rocas fragmentadas. Algunas de las rocas fragmentadas son sin duda de procedencia piroclástica. Los clastos de estas rocas piroclásticas exhiben bordes de reacción debido al contacto con la matriz caliente. Otras rocas fragmentadas probablemente son el resultado de flujos de lodo (lahar) y de deposición rápida bajo condiciones fluviales.

Los basaltos de Unidad Aguacate 1 contienen fenocristales de plagioclasa, clinopiroxeno y óxidos de hierro, dentro de una matriz desvitrificada de grano fino; uno pocos contienen también fenocristales de olivino. Las andesitas de hornblenda que contienen fenocristales euhedrales de hornblenda verde frecuentemente contienen inclusiones de plagioclasa y bordes oscuros ricos de hierro (Fig. 7); este tipo de roca es particularmente común en el área al noroeste de Desmonte.

La Unidad Aguacate 1 está cortada por intrusiones de riolita que llegaron cerca de la superficie y posiblemente por extrusiones; son abundantes en la parte sudeste del área de estudio. Algunos de los cuerpos riolíticos se encuentran rodados y penetrados por zonas de alteración hidrotermal moderada a intenisva, caracterizada por asociaciones argílicas y (o) silicificación (Lámina 7). En algunas de las áreas afectadas por alteración hidrotermal no se puede identificar la riolita original. De los centros de intensiva alteración hacia afuera las rocas de la Unidad Aguacate 1 están propilitizadas y contienen algunas combinaciones de calcita, clorita, epidota, prehnita, albita, actinolita, pirita y posiblemente ceolitas.

Las rocas de la Unidad Aguacate 2 afloran desde las cercanías de Miramar en el sur, hasta Libano en el norte. Se distinguen de las rocas de la Unidad Aguacate 1 por su mejor condición de preservación, su grado de alteración más bajo y su contenido de ortopiroxeno; en el noroeste afloran predominantemente coladas de lava en lugar de rocas piroclásticas. Localmente la Unidad Aguacate 2 se encuentra subyacida por la Unidad Aguacate 1 y sobreyacida por la Formación Monteverde, sedimentos, rocas piroclásticas y domos vulcánicos en el área de las Juntas. La Unidad Aguacate 2 también está intruida por la intrusión de Guacimal. Las localidades tipo de la Formación Andesitas de Miramar y de la Formación Brecha de La Unión están ubicadas en la Unidad Aguacate 2.

Las rocas de la Unidad Aguacate 2 incluyen coladas de basaltos, andesitas y dacitas, brechas, tobas y rocas sedimentarias vulcanoclásticas. Aunque en la Unidad Aguacate 2 hay una abundancia de brechas y tobas vulcánicas, parecen ser menos frecuentes que en la Unidad Aguacate 1. Presentan mucho menos alteración hidrotermal que la Unidad Aguacate 1 y se encuentra restringida a o cerca de fallas, vetas e intrusiones de riolita.

Coladas de lavas andesíticas con dos piroxenos, variando desde masivas a diaclasadas en forma de lajas, parecen ser las rocas más comunes en la Unidad Aguacate 2. Dichas coladas de lava contienen fenocristales de plagioclasa, clinopiroxeno, ortopiroxeno y óxido de hierro (Fig. 8). Por lo general, la plagioclasa muestra zonación fuerte y es rica en inclusiones; el ortopiroxeno frecuentemente está parcialmente cloritizado. Son menos comunes las coladas de basalto con fenocristales de olivino alterado. También se presentan lavas de dacita conteniendo hornblenda, piroxeno, plagioclasa y óxido de hierro. Un afloramiento particularmente distintivo de dacita se encuentra en el Cerro de Marsellesa, al norte de las Juntas, donde la dacita de hornblenda forma un cuello vulcánico y muestra un bandamiento de flujo.

En dos localidades se han observado una unidad litológica distintiva; una vez cerca de Estrella y otra vez entre Guacimal y Guaria a lo largo del camino que conduce de la Carretera Interamericana a Monteverde. La unidad probablemente es de composición dacítica, pero su origen no es seguro. Dicha unidad consta de rocas porfiríticas de color gris a beige que contienen plagioclasa, clinopiroxeno, óxido de hierro, ortopiroxeno alterado y pocos fenocristales de cuarzo, además de inclusiones máficas con diámetros variables entre unos milímetros a 40 cm. La masa es criptocristalina y exhibe delgadas

Montes del Aguacate, when compared with rocks of Aguacate units 1 and 2 from the Cordillera de Tilarán. Because these compositional differences were not distinguished in the field, the rocks from the two areas are shown on plate 7 as Aguacate unit 1 or Aguacate unit 2. The La Garita Basalt Formation of Kussmaul and Sprechmann (1982) was not identified in the area of plate 7.

GUACIMAL INTRUSION

Chavez and Sáenz (1974) report that the Guacimal intrusion consists of monzonite, adamellite, gabbro, and granodiorite. North of Bajo Caliente, the intrusion was observed to be a seriate to porphyritic monzonite composed of alkali and plagioclase feldspar, interstitial quartz, hornblende, and biotite. The intrusion was also observed as a dike near the La Unión mine, and as float boulders in the Ríos Aranjuez, Aranjuecito, Acapulco, and Guacimal.

The Guacimal intrusion intrudes Aguacate unit 2 and is apparently overlain unconformably by volcanic rocks of the Monteverde Formation. A sample of the intrusion from near Bajo Caliente (app. A, sample no. CR062ASL) yielded K-Ar ages of 3.9±1.0 ma from biotite and 5.0±0.2 ma from alkali feldspar.

RHYOLITE INTRUSIONS

Numerous rhyolite bodies intrude or overlie Aguacate Group rocks, particularly in the area between Miramar and San Mateo. These bodies occur as intrusive plugs, such as the one near the Buena Suerte mine, as dome complexes that include partially preserved pyroclastic aprons, like Cerro Pelón north of San Mateo and Cerro Pelado west of Líbano, and less commonly as lava flows and dikes.

The rhyolite bodies are mostly white to cream colored and range from massive to brecciated; spherulitic textures are present in places. Two types of rhyolite have been recognized. One type contains generally abundant, euhedral to highly embayed quartz phenocrysts (fig. 9), plagioclase, and less common biotite. The second type generally lacks quartz phenocrysts and varies from aphanitic to sparsely feldspar phyric. Some rhyolite intrusions, Cerro Pelado for example, contain both types.

Most of the rhyolite bodies and adjacent host rocks have undergone some degree of hydrothermal alteration, often including intense silicification. The silicified areas generally contain moderate to abundant amounts of pyrite, much of which has been weathered to limonite and goethite. Some of the rhyolite bodies also contain moderate amounts of sericite. The intrusion of these rhyolites and the formation of their associated hydrothermal alteration systems appear to have played a significant role in the formation of the gold deposits found in the Cordillera de Tilarán and Montes del Aguacate. In the most intensely altered areas, identification of protolith is very difficult and the rhyolites as mapped often include areas of intense alteration where the protolith is uncertain.

Although the ages of rhyolites in the Cordillera de Tilarán and Montes del Aguacate are not radiometrically constrained, some stratigraphic relationships are recognized that help to date the rhyolites. Rhyolitic bodies, both extrusive and intrusive, occur in terrains of Aguacate units 1 and 2.

MONTEVERDE FORMATION

Rocks of the Monteverde Formation unconformably overly the volcanic rocks of Aguacate units 1 and 2 and the Guacimal intrusion. The formation forms an extensive plateau along the crest of the Cordillera de Tilarán, but is also found at low elevations, particularly south of Miramar and south and west of the Interamerican Highway. Monteverde Formation rocks are, in large part, texturally and mineralogically similar to rocks of Aguacate unit 2, particularly in the Juntas area making the identification of the contact between the two units very difficult. The principal lithologies of the Monteverde Formation are unaltered basalt flows, andesite flows, dacite flows, less abundant pyroclastic rocks and sediments, and locally extensive laharic deposits. The basalts contain phenocrysts of subhedral to embayed, partially altered olivine, in addition to fresh plagioclase, clinopyroxene, orthopyroxene, and iron oxide. The andesites lack olivine, and the dacites contain hornblende and rare biotite as well as pyroxene and plagioclase. The dacites appear particularly abundant in an area extending from near Juntas to near Tilarán and occur as platy-jointed lava flows and as plugs in volcanic centers.

The excellent geomorphic preservation of volcanic centers is a distinguishing feature of the Monteverde Formation. These volcanic centers include Cerro San José, Cerro Nubes, and the two unnamed mountains immediately southeast and northwest of Río Chiquito, as well as a large, collapsed, center at Cerro La Cruz. The preservation of volcanic landforms suggests that the Monteverde Formation may be, at least in part, younger than its assigned Pliocene age (Kussmaul and Sprechmann, 1982). One sample of Monteverde andesite (sample no. CR072ARK) collected west of San Ramón was dated as 1.06±0.04 ma (K-Ar whole-rock age), or Pleistocene in age.

The volcanic center at Cerro San José is a volcanic neck composed of pyroxene-hornblende dacite intruded into andesite breccias and flows. Platy-jointed andesite flows extend from this volcanic center northwest toward Líbano, where they rest unconformably on Aguacate unit 2 rocks. A long andesite flow also extends southwest from the volcanic center and forms the ridge between the Río San José and Río Lajas. Another shorter flow extends from Cerro San José towards Juntas. All of these lava flows follow paleovalleys cut into Aguacate unit 2 rocks.

The volcanic center forming the unnamed circular mountain southeast of Río Chiquito is larger than the Cerro San José center and appears to be a partially dissected stratacone. Identified lithologies include andesitic tuffs and breccias, andesite lava flows, and possible lahars. The volcanic rocks are intruded by plugs of hornblende-biotite bearing dacite just south of San Pedro and in the drainage running north towards Fila Arrepentidos from the crest of the mountain.

The area around Cerro La Cruz is a large, structurally complex volcanic center which collapsed late in its evolution. The rim of the collapse structure is defined by large, arcuate faults; the center is occupied by a hornblende-rich, biotite-bearing dacite and rhyolite intrusive body. Numerous mass-movement deposits just south of the volcanic center probably formed by the lateral collapse of the southern part of the center. Although some ash-flow tuffs are found in and near Cerro La Cruz, their volume is insufficient to have caused the collapse of the center by eruption of ash. It seems more likely that the collapse was related to emplacement of the central dacite intrusion.

A distinctive andesite is recognized in the northeast part of plate 7, where it occurs as subrounded corestones in a red, lateritic soil, over a wide area. This andesite consists of large (5 mm), strongly zoned, partially embayed, glass-inclusion-rich plagioclase xenocrysts, as well as phenocrysts of tabular plagioclase, euhedral to subhedral clinopyroxene, orthopyroxene, and iron oxide, set in a hyalopilitic to pilotaxitic groundmass (fig. 10). Glomeroporphyritic clusters, lithic clasts, and occasional broken phenocrysts are also present and suggest that this andesite may be, in part, pyroclastic. Thin sheets of this andesite exposed along the Interamerican Highway are also consistent with a pyroclastic origin.

An ash-flow tuff of an unknown source forms a distinct unit between Peñas Blancas and Rincon Chaves. This ash-flow tuff is white and relatively lithic rich, with porphyritic, spherulitic, and pumiceous dacite and rhyolite fragments. The matrix consists of plagioclase, sanidine, biotite, iron oxide, and partially devitrified glass shards. It appears to be overlain by andesites of the Monteverde Formation, although the field relations are ambiguous and it may lie unconformably on Monteverde.

ANDESITE-DACITE DOMES, PYROCLASTICS, AND SEDIMENTS OF THE JUNTAS AREA

Several andesite-dacite domes have been identified in the area around Juntas. The domes include Lomas Nancital, Cerro Angeles, Cerro Cholos, Cerro Sierra, and Cerro Botadero, as well as several unnamed hills to the west and southeast of Juntas. Several of the domes are associated with small lava flows; relatively narrow, linear breccia occurrences with vertical ridges could represent aborted fissure eruptions. The steep-sided domes are largely covered by a monolithologic breccia carapace of variable coarseness containing clasts locally as large as 2–3 m; weak layering and size grading were observed locally. The andesite-dacite cores of the domes vary texturally from massive to columnar jointed at Cerro Cholos to platy jointed at Cerro Angeles and are composed of unaltered, pumiceous vitrophyre (fig. 11) and stony, crystal-rich andesite and dacite. Phenocryst phases consist of strongly zoned, often inclusion-rich plagioclase, clinopyroxene, orthopyroxene, and iron oxide. Small lithic clasts and crystal clusters are also present. The excellent geomorphic preservation of the domes and the unaltered nature of the rocks are strong indications that these domes are relatively recent extrusions, possibly of Monteverde Formation age or younger.

A sequence of white- to buff-colored, thin- to thick-bedded, pyroclastic and sedimentary rocks partly underlie and, locally west of Juntas, partly overlap the domes. This sequence of rocks crops out over a wide area to the west, south, and east of Juntas, in the topographic basins of the Ríos San Juan and Abangares, and possibly Río Congo. The strike of the pyroclastic and sedimentary rocks conforms roughly to the margins of the domes and dips are 5° to 30° toward the domes. The pyroclastic rocks range from finely laminated ash to tuff and lapillistone; some beds show normal grading. Sedimentary beds range from fine-grained mudstone to sandstone. Mudcracks are locally present in some of the finer mudstone-siltstone beds. Both the pyroclastic and sedimentary beds are composed of volcanic material similar to that seen in the domes, but they also include some additional lithologies.

This pyroclastic and sedimentary rock sequence is thought to be the result of explosive eruptions accompanying the initial development of the andesite-dacite domes. Such explosive eruptions typically precede dome growth (Williams, 1932). The pyroclastic rocks probably formed cones through which the viscous andesite-dacite magma extruded to form domes.

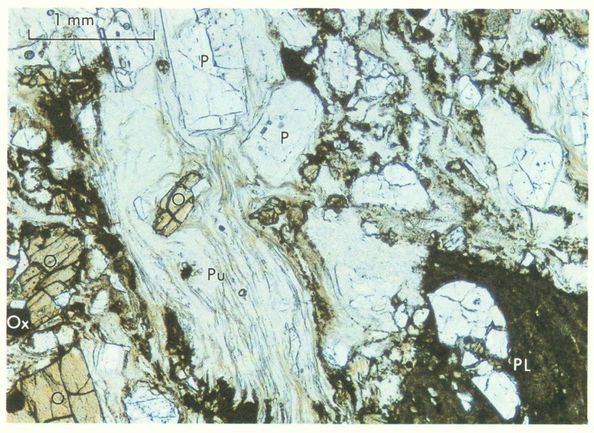


Figure 11.—Photomicrograph of andesite vitrophyre containing crystals of plagioclase (P) and orthopyroxene (O) and iron oxide (Ox) from dome west of Juntas, Costa Rica (sample no. CR113AKS). Note collapsed pumice (Pu) and porphyritic lithic fragments (PL) in a glass matrix.

Figura 11.—Microfotografía de un vitrófiro andesítico con fenocristales de plagioclasa (P), ortopiroxeno (O), y óxidos de hierro (Ox) de un domo al oeste de Juntas, Costa Rica (muestra No. CR113AKS). Nótese la pumita colapsada (Pu) y los clastos líticos porfiríticos (PL) en una masa vítrea.

HORNBLENDE DACITE-RHYOLITE

Cerro San Miguel, south of Miramar, and Cerro La Cruz, northeast of Miramar, are composed of mostly unaltered, spherulitic to stony dacite and rhyolite characterized by euhedral reddish-brown hornblende and biotite phenocrysts. A lithologically similar body is present south of Palmares and northeast of Río Chiquito. These rocks overlie Aguacate Group rocks at Cerro San Miguel and are also younger than at least part of the Monteverde Formation in the Miramar area. Kussmaul and Sprechmann (1982) have correlated the rocks of Cerro San Miguel with the Fortuna Dacite, whose type locality is in the Cordillera de Guanacaste.

Cerro San Miguel is an extrusive and intrusive dacite dome complex. Textures vary from spherulitic to stony, and glass is present along the margin of the dome. Phenocryst phases include oligoclase, sanidine, reddish-brown hornblende and biotite, and iron oxide. The plagioclase phenocrysts show strong oscillatory zoning and zones with abundant glass inclusions. Cerro La Cruz and much of the surrounding country to the south are composed of similar rocks. At the southwest corner of Cerro La Cruz, hornblende-biotite dacite with near vertical flow-banding cuts olivine basalts. Pyroclastic rocks of similar dacitic composition are also found locally around Cerro La Cruz.

MASS-MOVEMENT DEPOSITS

Mass-movement deposits including landslides are common throughout the area. The greatest recognized concentration of mass-movement deposits occur near the contact between the Monteverde Formation and older rocks. Favorable conditions for mass movements are a cap of relatively fresh, resistant, rocks, such as the Monteverde Formation, above more altered and less resistant rocks, such as Aguacate volcanic rocks and Guacimal intrusive rocks. The area north and east of Miramar contains numerous large slope failures, which may in part be attributable to the collapsed volcanic center at Cerro La Cruz.

ALLUVIUM

Alluvial deposits are mostly confined to major river valleys. Somewhat older river alluvium is exposed in the upper reaches of the Río Barranca and along the south-facing hill slopes above the Río Grande north of San Pablo (Amos and Rogers, 1983). Beach deposits of sand and gravel occur along the shores of Lago de Arenál.

STRUCTURE

Volcanic units and sedimentary beds throughout the area of plate 7 have low to moderate dips and variable strikes that reflect both original deposition on irregular surfaces and later rotation related to faulting.

Folding and accompanying penetrative fabrics have not been recognized in the volcanic units although minor small-scale folds of probable soft-sediment origin have been recognized in some included sedimentary units. Most deformation is evidenced by faulting. Lineaments readily visible on aerial photographs are probably related to faults in the volcanic units, but are not generally evident on the ground. Where observed, the faults are characterized by brecciation, presence of quartz veins, and, locally, slickensides although the amount or direction of movement on the faults is generally not known. Hydrothermally altered rocks are associated with some faults.

VOLCANOLOGICAL FRAMEWORK

The volcanic rocks of the Cordillera de Tilarán and the Montes del Aguacate are the coalesced products of numerous volcanic centers. The interfingering of rocks from these centers, the rapid facies changes which characterize arc volcanism (Williams and McBirney, 1979), and the prevelant block faulting which has affected the region, complicate interpretation of the stratigraphic and volcanologic history. The volcanic evolution of the Cordillera de Tilarán and Montes del Aguacate, however, appears to have been similar to that observed in the modern volcanic belt of Costa Rica.

The schematic cross section (fig. 12) is our interpretation of the multi-stage evolution of the Cordillera de Tilarán and Montes del Aguacate volcanic sequence. We feel the locus of principal volcanic centers has shifted from the Aguacate units northeastward to the Monteverde Formation and that migration of volcanism has continued to the present as shown by the locations of the recent principal volcanoes eastward of the Monteverde Formation. Such shifts in the locus of volcanism are common where plate subduction boundaries converge and may, at least partially, be a response to variability in dip, azimuth, and convergence rate of the subducting plate relative to that of the obducting plate.

The volcanological evolution of Aguacate unit 1 is poorly understood because of its poor preservation, widespread hydrothermal alteration, and intense weathering. The age of Aguacate unit 1 rocks is also uncertain; ages range from about 23 ma to possibly as young as 6.7 ma (Amos and Rogers, 1983). Volcanic feeders of unequivocal Aguacate unit 1 age have not been recognized in the Cordillera de Tilarán and Montes del Aguacate area. However, based on the volcanic facies model of Williams and McBirney (1979), the interlayering of lava flows with abundant volcanic fragmental rocks suggests that Aguacate unit 1 rocks were deposited relatively close to volcanic centers.

Aguacate unit 2 rocks overlie those of Aguacate unit 1 and although the nature of this contact is unknown, it could be unconformable. The age of Aguacate unit 2 volcanism is unclear, however, it appears to extend from about 12 to 5.6 ma based on the K-Ar ages of Amos and Rogers (1983). Two major Aguacate unit 2 volcanic centers were identified. One, at Cerro Marsellesa north of Juntas, is a partially eroded volcanic neck composed of flow-banded hornblende dacite. The second center near Bajo Caliente which is now largely eroded exposing the Guacimal intrusion is interpreted as a stock or small pluton intruding volcanic rocks of Aguacate unit 2 (fig. 12). The apparent absence of regional metamorphism around the Guacimal intrusion suggests that it does not represent a major felsic batholith. Other volcanic centers will likely be located by further mapping. Most of the volcanic rocks in Aguacate unit 2 appear to have been deposited immediately proximal to volcanic centers.

The unconformity above the Aguacate unit 2 and the Guacimal intrusion marks a period of volcanic quiescence probably younger than 5 ma and of sufficient duration to allow uplift and erosion. McBirney (1976) has shown that episodic volcanism, often with

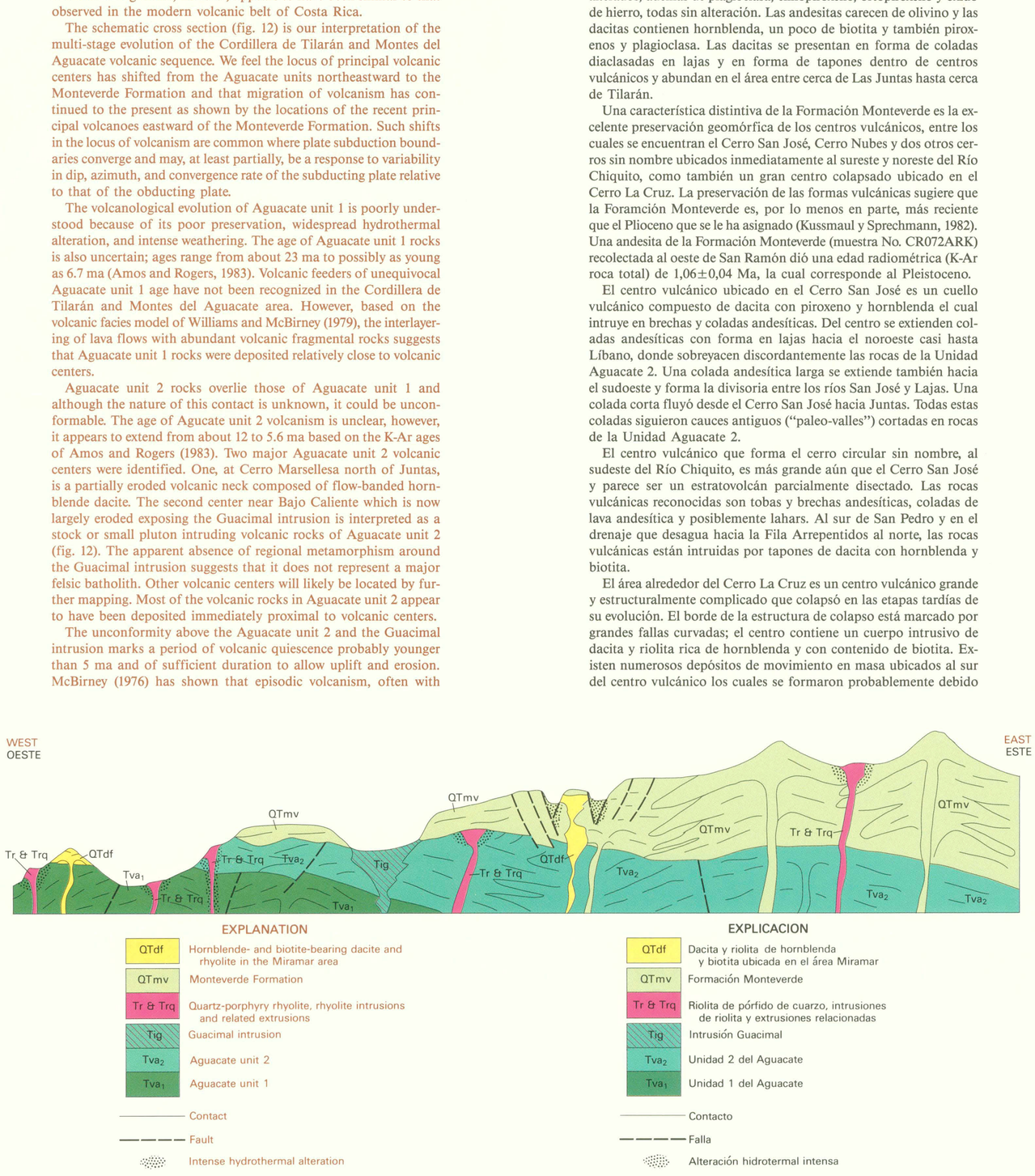


Figure 12.—Schematic section through the Cordillera de Tilarán and Montes del Aguacate, Costa Rica, showing inferred stratigraphic relations and general form of volcanic unis. Not to scale.

Figura 12.—Sección transversal esquemática a través de la Cordillera de Tilarán y los Montes del Aguacate, Costa Rica, mostrando relaciones estratigráficas inferidas y la forma general de las unidades volcánicas. No está presentado a escala fija.

fracturas interconectadas entre sí y con revestimientos de hematita. Esta unidad se meteoriza formando un suelo arenoso suelto y fue descrita por Amos y Rogers (1983) como una toba (Miembro Toba de Guacimal) que pertenece a la Formación Monteverde. Existe poca evidencia para explicar una procedencia piroclástica y posiblemente esta unidad representa una intrusión somera o un flujo dómico que pertenece a la Unidad Aguacate 2, y por esto se incluye así en la Lámina 7.

Las rocas vulcanoclásticas de la Unidad Aguacate 2 son semejantes a las de la Unidad Aguacate 1 e incluyen depósitos piroclásticos, lahári cos y fluviales. Limolitas y lutitas calcáreas de color negro se encuentran cerca de las cabeceras de los ríos San Luis y Guacimal. No se sabe si estas rocas representan interestratificaciones sedimentarias o una formación sedimentaria más antigua subyacente a las rocas vulcánicas de las unidades Aguacate 1 y 2.

Datos preliminarios de elementos traza en las rocas de las unidades Aguacate 1 y 2 y datos de elementos mayores presentados por Laguna (1983b) indican que los basaltos y las andesitas ubicadas en los Montes del Aguacate, desde el punto de vista químico, son distintos de los basaltos y andesitas de la Cordillera de Tilarán y probablemente representan una serie de rocas alcalinas. Las figuras 6 y 7 muestran los elevados valores de estroncio y cerio en las rocas de la Unidad Aguacate 1, ubicadas en los Montes del Aguacate, en comparación con los valores en las rocas de las unidades Aguacate 1 y 2 de la Cordillera de Tilarán. Como estas diferencias composicionales no se distinguieron en el campo, las rocas de las dos áreas se presentan en la Lámina 7 como Unidad Aguacate 1 o Unidad Aguacate 2. No se identificó la Formación Basalto La Garita de Kussmaul y Sprechmann (1982) en el área presentada en la Lámina 7.

INTRUSION GUACIMAL

Chávez y Sáenz (1974) reportan que la intrusión Guacimal está compuesta de monzonita, adamellita, gabro y granodiorita. Al norte de Bajo Caliente, la intrusión se presenta como una monzonita granular a porfirítica compuesta de feldespato alcalino, plagioclasa, cuarzo intersticial, hornblenda y biotita. También se encuentra en forma de dique, por ejemplo cerca de la mina La Unión, y frecuentemente como bloques en los Ríos Aranjuez, Aranjuecito, Acapulco y Guacimal.

La intrusión Guacimal intruye la Unidad Aguacate 2 y aparentemente está sobreyacida discordantemente por rocas vulcánicas de la formación Monteverde. En una muestra de la intrusión recolectada cerca de Bajo Caliente (véase Apéndice A, muestra No. CR062ASL) se realizaron dataciones radiométricas de K-Ar y los resultados eran de 3,9±1,0 ma para la biotita, y 5,0±0,2 ma para el feldespato alcalino.

INTRUSIONES DE RIOLITA

Numerosos cuerpos de riolita intruyen o sobreyacen las rocas del Grupo Aguacate, particularmente en el área entre Miramar y San Mateo. Los cuerpos se presentan en forma de tapones intrusivos, (cerca de la Mina Buena Suerte), complejos dómicos incluyendo abanicos piroclásticos parcialmente preservados (Cerro Pelón al norte de San Mateo y el Cerro Pelado al oeste de Líbano) y menos frecuentemente en forma de coladas de lava y diques.

Los cuerpos de riolita por lo general presentan un color blanco o crema y varían desde masivos a brechosos; localmente presentan texturas esferolíticas. Se han reconocido dos tipos de riolita: el primero contiene abundantes fenocristales de cuarzo con formas euhedrales a muy corroídos (Fig. 9), plagioclasa y poca biotita. El segundo tipo por lo general carece de los fenocristales de cuarzo y varía desde afanítico hasta ligeramente porfirítico con fenocristales de feldespato. En algunas intrusiones, como por ejemplo el Cerro Pelado, se encuentran ambos tipos.

Los cuerpos riolíticos y las rocas huéspedes adyacentes han pasado por una alteración hidrotermal, la cual incluye frecuentemente una silicificación intensiva. En general, las áreas silicificadas muestran variables contenidos de pirita, la cual se ha meteorizado en gran parte a limonita y goethita. Algunos de los cuerpos riolíticos contienen también cantidades moderadas de sericita. El emplazamiento de dichos cuerpos junto con el desarrollo de los asociados sistemas de alteración hidrotermal parecen haber jugado un papel significante en la formación de los yacimientos auríferos ubicados en la Cordillera de Tilarán y los Montes del Aguacate. En las áreas con alteración hidrotermal muy intensiva es muy difícil identificar la roca original y por esto frecuentemente las zonas que fueron cartografiadas como riolitas consisten de áreas con una intensa alteración hidrotermal donde el carácter de la roca original no es muy seguro.

Aunque no se han determinado por métodos radiométricos las edades de las riolitas de la Cordillera de Tilarán y los Montes del Aguacate, se pueden utilizar algunas relaciones estratigráficas para su datación. Los cuerpos riolíticos, tantos los intrusivos como extrusivos, se presentan predominantemente en los terrenos que ocupan las unidades Aguacate 1 y 2.

FORMACION MONTEVERDE

Las rocas de la Formación Monteverde sobreyacen discordantemente las rocas vulcánicas de las unidades Aguacate 1 y 2 y de la Intrusión de Guacimal. La formación forma una planicie extensa a lo largo de la cresta de la Cordillera de Tialrán pero también se ubica en las elevaciones más bajas, particularmente al sur de Miramar y al sur y oeste de la Carretera Interamericana. Las rocas de la Formación Monteverde demuestran muchas características texturales y mineralógicas semejantes a las de la Unidad Aguacate 2, particularmente en el área Las Juntas y por lo tanto resulta difícil el reconocer e identificar el contacto entre las dos unidades. Las litologías principales de la formación son coladas de basaltos, andesitas, dacitas, todas estas lavas sin alteración; menos abundantes son rocas piroclásticas y sedimentos, y solo localmente se presentan depósitos laháricos extensos. Los basaltos contienen fenocristales de olivino con formas desde subhedral hasta corroídas y parcialmente alterados, además de plagioclasa, clinopiroxeno, ortopiroxeno y óxido de hierro, todas sin alteración. Las andesitas carecen de olivino y las dacitas contienen hornblenda, un poco de biotita y también piroxenos y plagioclasa. Las dacitas se presentan en forma de coladas diaclasadas en lajas y en forma de tapones dentro de centros vulcánicos y abundan en el área entre cerca de Las Juntas hasta cerca de Tilarán.

Una característica distintiva de la Formación Monteverde es la excelente preservación geomórfica de los centros vulcánicos, entre los cuales se encuentran el Cerro San José, Cerro Nubes y dos otros cerros sin nombre ubicados inmediatamente al sureste y noreste del Río Chiquito, como también un gran centro colapsado ubicado en el Cerro La Cruz. La preservación de las formas vulcánicas sugiere que la Foramción Monteverde es, por lo menos en parte, más reciente que el Plioceno que se le ha asignado (Kussmaul y Sprechmann, 1982). Una andesita de la Formación Monteverde (muestra No. CR072ARK) recolectada al oeste de San Ramón dió una edad radiométrica (K-Ar roca total) de 1,06±0,04 Ma, la cual corresponde al Pleistoceno.

El centro vulcánico ubicado en el Cerro San José es un cuello vulcánico compuesto de dacita con piroxeno y hornblenda el cual intruye en brechas y coladas andesíticas. Del centro se extienden coladas andesíticas con forma en lajas hacia el noroeste casi hasta Líbano, donde sobreyacen discordantemente las rocas de la Unidad Aguacate 2. Una colada andesítica larga se extiende también hacia el sudoeste y forma la divisoria entre los ríos San José y Lajas. Una colada corta fluyó desde el Cerro San José hacia Juntas. Todas estas coladas siguieron cauces antiguos ("paleo-valles") cortadas en rocas de la Unidad Aguacate 2.

El centro vulcánico que forma el cerro circular sin nombre, al sudeste del Río Chiquito, es más grande aún que el Cerro San José y parece ser un estratovolcán parcialmente disectado. Las rocas vulcánicas reconocidas son tobas y brechas andesíticas, coladas de lava andesítica y posiblemente lahars. Al sur de San Pedro y en el drenaje que desagua hacia la Fila Arrepentidos al norte, las rocas vulcánicas están intruidas por tapones de dacita con hornblenda y biotita.

El área alrededor del Cerro La Cruz es un centro vulcánico grande y estructuralmente complicado que colapsó en las etapas tardías de su evolución. El borde de la estructura de colapso está marcado por grandes fallas curvadas; el centro contiene un cuerpo intrusivo de dacita y riolita rica de hornblenda y con contenido de biotita. Existen numerosos depósitos de movimiento en masa ubicados al sur del centro vulcánico los cuales se formaron probablemente debido al colapso lateral de la parte meridional del centro. Aunque se encuentran cerca del Cerro La Cruz algunos depósitos de flujos de ceniza, su volumen total se considera insuficiente como para atribuir el colapso del centro a la erupción de éstas. Parece ser más probable que el colapso esté relacionado con el emplazamiento de la intrusión dacítica central.

En la parte noreste de la Lámina 7 se encuentra una andesita distinta que aflora en un área amplia en forma de núcleos subredondeados dentro de un suelo rojo laterítico. Esta andesita contiene xenocristales grandes (5 mm) de plagioclasa parcialmente corroídos que muestran una zonación fuerte y son ricos en inclusiones vítreas, además de otros fenocristales de plagioclasas tabulares, clinopiroxenos euhedrales a subhedrales, ortopiroxenos y óxidos de hierro dentro de una matriz hialopilítica a pilotaxítica (Fig. 10). Dicha andesita muestra también agregados glomerofídicos, clastos líticos, y escasos fenocristales fracturados los cuales sugieren que ésta andesita puede ser en parte piroclástica. Capitas delgadas de la misma andesita expuestas a lo largo de la Carretera Interamericana también apoyan una procedencia piroclástica.

Un depósito de flujo de ceniza de origen desconocido forma una unidad distinta entre Peñas Blancas y Rincón Chávez. Esta toba blanca es rica en fragmentos líticos de composición dacítica y riolítica con texturas porfiríticas, esferolíticas y pumíticas dentro de una matriz constituída por plagioclasa, sanidina, biotita, óxido de hierro y fragmentos de vidrio vulcánico parcialmente desvitrificados. Aunque parece estar sobreyacida por andesitas de la Formación Monteverde, las relaciones en el campo son ambiguas y es posible que yace discordantemente sobre la Formación Monteverde.

DOMOS ANDESITICOS-DACITICOS, ROCAS PIROCLASTICAS Y SEDIMENTOS DEL AREA DE JUNTAS

Varios domos de andesitas hasta dacitas se han identificado en el área cerca de Juntas, como por ejemplo los domos de Lomas Nancital, Cerro Angeles, Cerro Cholos, Cerro Sierra y Cerro Botadero, y varios cerros sin nombre ubicados al oeste y sudeste de Juntas. Algunos de los domos están asociados con pequeñas coladas de lava; la presencia de afloramientos angostos y muy alargados de brechas con paredones verticales podrían indicar erupciones fisurales abortadas. Los domos empinados están recubiertos por una capa de brecha monolitológica de grano variable que contiene clastos con tamaños máximos de 2–3m; localmente se observa ligera estratificación y gradación. Los núcleos de andesita-dacita de los domos muestran texturas muy variables desde masivo hasta columnar (Cerro Cholos) o en lajas (Cerro Angeles) y están compuestos de un vitrófiro pumítico sin ninguna alteración (Fig. 11) y de andesitas y dacitas ricas en fenocristales. Las fases de fenocristales constan de plagioclasa con una zonación fuerte, amenudo ricos en inclusiones, clinopiroxenos, ortopiroxenos y óxidos de hierro. También se presentan pequeños clastos líticos y agregaciones de cristales. La excelente preservación de las formas geomórficas de los domos y la falta de alteración indican claramente que estos domos son extrusiones relativamente recientes, posiblemente de la misma edad como la Formación Monteverde o hasta más recientes.

Una secuencia de rocas piroclásticas y sedimentarias de color blanco a beige de estratos con espesores muy variables, se encuentra al oeste de Las Juntas y sobreyace parcialmente los domos. Esta secuencia aflora en un área amplia al oeste, sur y este de Juntas, en las cuencas hidrográficas de los ríos San Juan y Abangares y posiblemente en la del Río Congo. La dirección estratigráfica de las rocas piroclásticas y sedimentarias coincide con los bordes de los domos y el buzamiento varía entre 5° y 30° hacia los domos. Las rocas piroclásticas varían desde ceniza vulcánica finamente laminada hasta tobas y rocas de lapilli; algunos estratos muestran una gradación normal. Los estratos sedimentarios varían desde lodolita hasta arenisca de grano fino. En algunos estratos de lodolita-limolita de grano muy fino se han observado grietas de desecación. Tanto las rocas piroclásticas como los estratos sedimentarios están compuestos de material vulcánico semejante al de los domos, pero incluyen también otras litologías.

Esta secuencia de rocas piroclásticas y sedimentarias se considera como el producto de erupciones explosivas que acompañaron el desarrollo inicial de los domos de andesita-dacita. Tales erupciones explosivas típicamente inician el crecimiento de domos (Williams, 1932). Es probable que las rocas piroclásticas formaron conos que sirvieron de conductos para la magma de andesita-dacita viscosa extruida a formar los domos.

DACITA-RIOLITA DE HORNBLENDA

Los cerros San Miguel al sur y La Cruz al noreste de Miramar están compuestos de dacita y riolita fresca con textura esferolítica, caracterizada por fenocristales euhedrales de hornblenda y biotita de color pardo-rojizo. Cuerpos con una litología semejante se ubican al sur de Palmares y noreste del Río Chiquito. En el Cerro San Miguel, estas rocas sobreyacen las rocas del Groupo Aguacate y son más recientes que parte de la Formación Monteverde en el Area Miramar. Kussmaul y Sprechmann (1982) han correlacionado las rocas del Cerro San Miguel con la Dacita Fortuna cuya localidad tipo está ubicada en la Cordillera de Guanacaste.

El Cerro San Miguel consta de un complejo de domo dacítico de origen extrusivo e intrusivo, con texturas variables desde esferolítico hasta macizo y con presencia de vidrio vulcánico en los bordes del domo. Fenocristales incluyen oligoclasa, sanidina, hornblenda y biotita de color pardo-rojiso y óxidos de hierro. Los fenocristales de plagioclasa muestran una zonación oscilatoria fuerte y zonas con muchas inclusiones de vidiro. Del Cerro La Cruz hacia el sur abunda el mismo tipo de roca. En el lado sudoeste del Cerro La Cruz la dacita de hornblenda-biotita con bandamiento de flujo casi vertical corta a unos basaltos de olivino. Alrededor del Cerro La Cruz se presentan también rocas piroclásticas de composición dacítica semejante.

DEPOSITOS DE MOVIMIENTO EN MASA

Depósitos de movimiento en masa incluyendo deslizamientos se presentan con frecuencia en todo el área. La mayor concentración se encuentra cerca del contacto entre la Formación Monteverde y las rocas más antiguas. Las condiciones favorables para la formación de movimientos en masa son la presencia de una capa de rocas relativamente frescas y resistentes, como la Formación Monteverde, encima de rocas más alteradas y menos resistentes, como las rocas vulcánicas del Aguacate y las intrusivas de Guacimal. Al norte y este de Miramar han ocurrido numerosos movimientos en masa, los cuales pueden atribuirse en parte al colapso del centro vulcánico en el Cerro La Cruz.

ALUVION

Los depósitos aluviales se encuentran principalmente restringidos a los valles de los ríos mayores. Aluviones fluviales más antiguos se presentan en el curso superior del Río Barranca y a lo largo de las vertientes meridionales del Río Grande al norte de San Pablo (Amos y Rogers, 1983). Depósitos de playa compuestos por arena y grava se encuentran a las orillas del Lago Arenal.

ESTRUCTURA

Por todo el área de la Lámina 7, las unidades vulcánicas y estratos sedimentarios muestran direcciones estratigráficas variables y buzamientos de poca a moderada inclinación, lo cual es la consecuencia de una depositación sobre superficies irregulares y también de una rotación subsiguiente relacionada con un affallamiento.

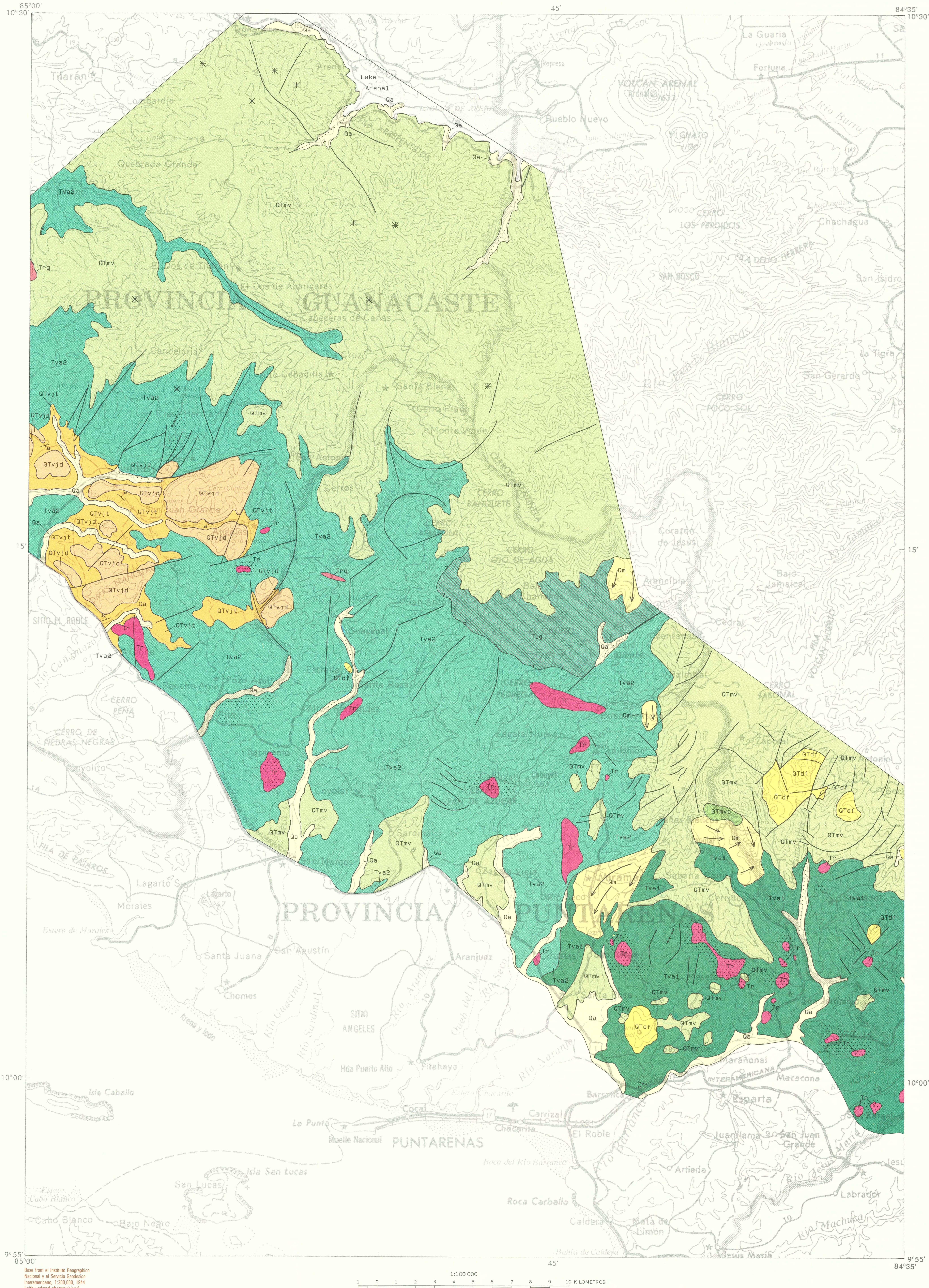
En las unidades vulcánicas no se han reconocido plegamientos ni fábricas penetrativas relacionadas aunque en unas de las unidades sedimentarias se han observado pliegues de escala menor, probablemente originados por la deformación de los sedimentos blandos. La mayoría de deformaciones observadas se evidencian por affallamientos. Los alineamientos que se observan en las fotografías aéreas probablemente están relacionadas con fallas en las unidades vulcánicas, pero por lo general no se observan ningunas evidencias de éstos en el campo. Donde se observan fallas, estas se caracterizan por la formación de brechas, la presencia de cuarzo y localmente por espejos de falla, pero generalmente no se obtienen indicios sobre la dirección del movimiento ni el desplazamiento. Algunas zonas de alteración hidrotermal están relacionadas a fallas.

MARCO VULCANOLOGICO

Las rocas vulcánicas de la Cordillera de Tilarán y los Montes del Aguacate representan los productos de numerosos centros vulcánicos coalescidos. La interpretación de la historia estratigráfica y vulcanológica se encuentra dificultada debido al entrelazamiento de las rocas provenientes de los diversos centros, los rápidos cambios de las facies lo cual caracteriza el vulcanismo de arcos (Williams y McBirney, 1979) y al affallamiento en bloques prevaleciente por toda la región. Sin embargo, la evolución vulcánica de la Cordillera de Tilarán y los Montes del Aguacate parece ser semejante a la que se observa hoy en día en el cinturón vulcánico moderno de Costa Rica.

La sección esquemática (Fig. 12) presenta la interpretación de la evolución vulcánica de la Cordillera de Tilarán y los Montes del Aguacate la cual se llevó a cabo en varias etapas. Creemos que los focos principales de los centros vulcánicos migraron con tiempo hacia el noreste hasta la Formación Monteverde y que dicha migración del vulcanismo ha continuado hasta el presente, ya que los aparatos vulcánicos recientes se ubican todos al este de la Formación Monteverde. Este tipo de movimiento es típico para los bordes convergentes de las zonas de subducción y puede ser, por lo menos en parte, el resultado de las variaciones en el buzamiento, azimut, y razón de la convergencia de las dos placas.

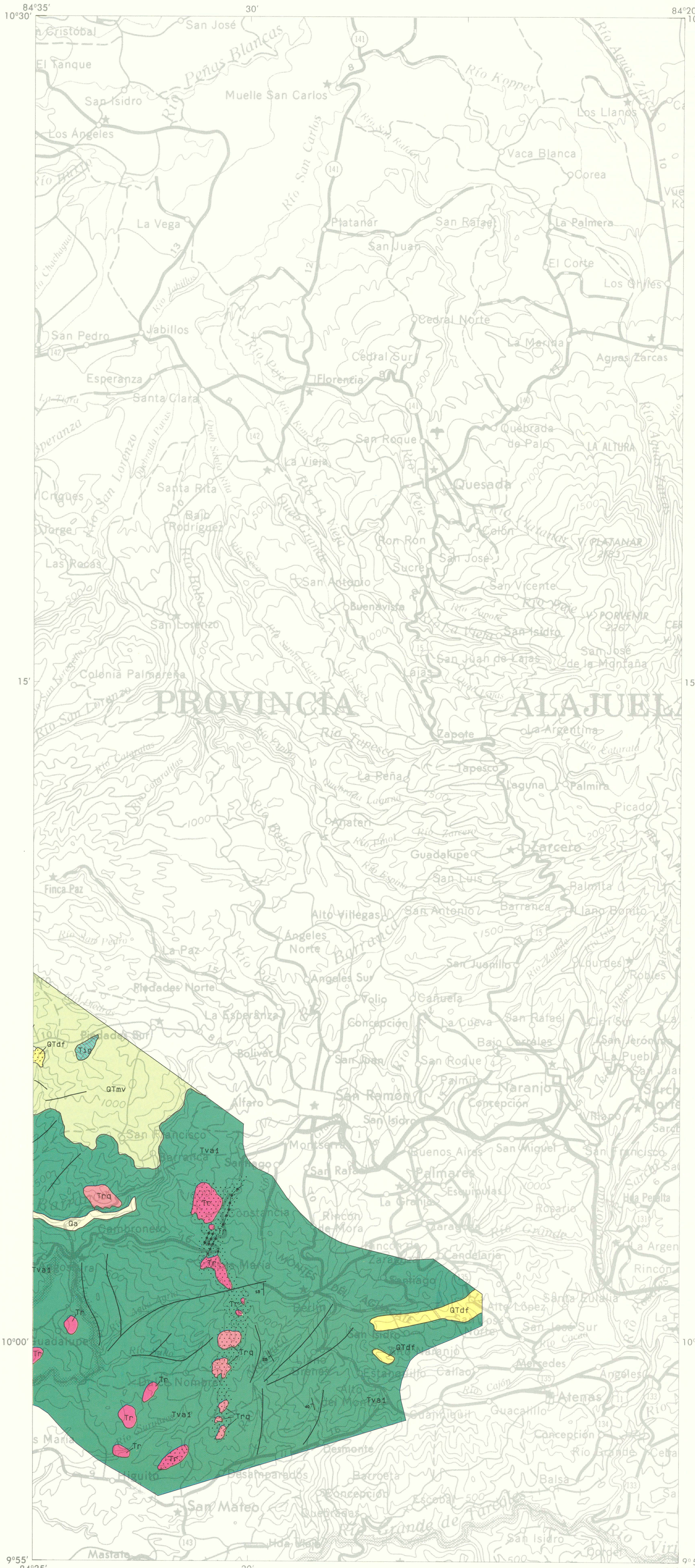
Debido a su mala preservación, la fuerte alteración hidrotermal y la intensiva meteorización, la evolución vulcanológica de la Unidad Agucate 1 no es muy clara. La edad de la Unidad Aguacate 1 tampoco es muy segura; edades radiométricas varían entre 23 ma a posiblemente tan recientes como 6.7 ma (Amos y Rogers, 1983). Conductos vulcánicos que se pueden relacionar seguramente con la



Base from el Instituto Geographico Nacional y el Servicio Geodesico Interamericano, 1:200,000, 1944 (with undated photorevisions)

Base topográfica del Instituto Geográfico Nacional y el Servicio Geodésico Interamericano, escala 1:200,000, 1944 (con fotorevisiones sin fecha)

PLATE 7.—VOLCANOLOGICAL FRAMEWORK MAP FOR GOLD DEPOSITS IN THE CORDILLERA DE TILARAN AND MONTES DEL AGUACATE, COSTA RICA



Geologic reconnaissance done in 1986. Linework digitized by Rosalinda Jara, 1986

Reconocimiento geológico realizado en 1986. Cartografía digitalizada por Rosalinda Jara, 1986

DESCRIPTION OF MAP UNITS

Symbol	Description
Qa	**Alluvium**
Qm	**Mass-movement deposits**—Arrows indicate direction of mass flow
QTdf	**Hornblende- and biotite-bearing dacite and rhyolite in the Miramar area**—May be equivalent to Fortuna Dacite of Kussmaul and Sprechmann, 1982
QTvjd	**Andesite-dacite volcanic domes in the Juntas area**
QTvjt	**Andesite-dacite pyroclastic rocks and interlayered sediments in the Juntas area**
QTmv	**Monteverde Formation**
QTmvp	**Rhyolite ash-flow tuff in the Penas Blancas areas**
Tr	**Rhyolite intrusions and related extrusions**—Includes some areas of intense hydrothermal alteration
Trq	**Rhyolite**—Quartz phenocrysts bearing
Tig	**Guacimal intrusion**
Tva2	**Aguacate Unit 2**
Tva1	**Aguacate Unit 1**

Contact—Approximately located; queried where highly uncertain

Photo lineament and (or) fault—Approximately located; dotted where concealed

Dike

15 **Strike and dip of bedding**

Volcanic center or vent area

Area of intense hydrothermal alteration

LEYENDA Y SIMBOLOGIA

Símbolo	Descripción
Qa	Aluvión
Qm	**Depósitos de movimiento en masa**—Flechas indican dirección del flujo
QTdf	**Dacita y riolita con hornblenda y biotita en el área de Miramar**—Puede ser equivalente a la Dacita Fortuna de Kussmaul y Sprechmann (1982)
QTvjd	**Domos vulcánicos de andesita-dacita en el área de Juntas**
QTvjt	**Rocas piroclásticas de andesita-dacita y sedimentos interestratificados en el área de Juntas**
QTmv	**Formación Monteverde**
QTmvp	**Toba de flujo de ceniza de riolita en el área de Peñas Blancas**
Tr	**Intrusiones riolíticas y extrusiones relacionadas**—Incluye algunas áreas con fuerte alteración hidrotermal
Trq	**Riolita**—Contiene fenocristales de cuarzo
Tig	**Intrusión Guacimal**
Tva2	**Unidad Aguacate No. 2**
Tva1	**Unidad Aguacate No. 1**

Contacto—Ubicación aproximada; indicado con puntos de interrogación donde no es seguro; indicado con puntos donde recubierto

Lineamento y(o) falla en fotografiás aéreas—Ubicación aproximada

Dique

25 **Dirección y buzamiento de estratos**

Centro vulcánico o área de conducto vulcánico

Area de fuerte alteración hidrotermal

LAMINA 7.—MAPA DEL MARCO VULCANOLOGICO DE LOS YACIMIENTOS AURIFEROS UBICADOS EN LA CORDILLERA DE TILARAN Y LOS MONTES DEL AGUACATE, COSTA RICA

relatively long periods of quiescence between episodes, is characteristic of Central American volcanic history. The same sequence has also been observed along the convergent margin of western North America (McBirney, 1976). The episodic volcanism probably reflects changes in the configuration and rate of lithospheric subduction along the convergent margins.

The Monteverde Formation was deposited at a time of renewed volcanism in the Pliocene to Quaternary which was accompanied by an eastward shifting volcanic locus. Several Monteverde volcanic centers exhibit primary depositional features; for example the Cerro La Cruz volcanic center which developed initially as a 400–500 m thick andesitic lava and pyroclastic shield or plateau and culminated with partial collapse of the central vent area during emplacement of high-level intrusions of hornblende dacite. The andesite domes of the Juntas area and the hornblende dacite bodies of the Miramar area may be, at least in part, time correlative with the Monteverde Formation. Ages as young as about one million years for some Monteverde Formation andesite indicate overlap in time with modern volcanism (2.0 ma to present).

One of the most important contributions of this study is the recognition of widespread rhyolite magmatism and associated hydrothermal alteration that clearly played an important role in the formation of the epithermal vein gold deposits in this region. The rhyolite intrusions and less abundant extrusions appear to be most common in the Aguacate units 1 and 2. However, they also are probably present locally in the Monteverde Formation, as indicated by the presence of rhyolite ash-flow tuff at Peñas Blanca.

The ages of the rhyolites are poorly constrained. Rhyolite quartz porphyry fragments present in Aguacate unit 1 tuff breccias at the Buena Suerte mine clearly indicate that some rhyolite was emplaced during the evolution of the Aguacate unit 1 sequence. However, some of the larger geomorphically intact rhyolite bodies (Cerro Pelón and Cerro Pelado) are probably younger than Aguacate unit 1, possibly emplaced at an advanced stage in the evolution of Aguacate unit 2 (fig. 12) or during deposition of the Monteverde Formation.

The principal gold occurrences of the Cordillera de Tilarán and the Montes del Aguacate have been identified in the past as occurring in the Aguacate Group on the presumption that altered volcanic rocks which host the gold deposits occur only in the Aguacate Group. The Río Chiquito deposit, for example, occurs along a probable fault zone near the intersection of rocks from two Monteverde volcanic centers. Although this deposit has been mapped as occurring in altered Aguacate Group andesites, no clear evidence was observed to support this stratigraphic interpretation. Further work in the Río Chiquito area may determine whether the deposit occurs in altered rocks of the Monteverde Formation or in the Aguacate Group.

In summary, the dominantly andesitic volcanic sequences in the Cordillera de Tilarán and Montes del Aguacate were formed by the coalescence of lavas and pyroclastic debris from numerous volcanic centers whose principal locus shifted eastward with time. Rhyolites formed during the culminating evolutionary stages of these centers. Epithermal gold deposits are spatially and probably genetically related to the rhyolite magmatism and associated hydrothermal activity which may occur in either rocks of Aguacate units 1 and 2 or possibly the Monteverde Formation.

Unidad Aguacate 1 no se han reconocido en el área. Sin embargo, a base del modelo de facies vulcánicos (Williams y McBirney, 1979), la interestratificación de coladas de lava con abundantes rocas vulcánicas fragmentadas sugiere que las rocas de la Unidad Aguacate 1 se depositaron relativamente cerca de los centros vulcánicos.

Rocas de la Unidad Aguacate 2 sobreyacen las de la Unidad 1 y aunque no se conocen las características del contacto, puede ser que sea discordante. La edad de la unidad Aguacate 2 no es segura, pero parece que varía entre 12 y 5,6 ma según las determinaciones radiométricas (K-Ar) publicadas por Amos y Rogers (1983). Dos centros vulcánicos mayores han sido identificados en la Unidad Aguacate 2. Uno está ubicado en el Cerro Marsellesa al norte de Juntas, que es un cuello vulcánico parcialmente erosionado, compuesto de dacita de hornblenda con bandeamiento de flujo. El segundo centro, ubicado cerca de Bajo Caliente, está muy erosionado de manera que aflora ahora la Intrusión Guacimal la cual se interpreta como ser un stock o pluton pequeño que intruye las rocas vulcánicas de la Unidad Aguacate 2 (Fig. 12). La aparente falta de metamorfismo regional cerca de la Intrusión Guacimal sugiere que no se trata de un gran batolito félsico. Es probable que en futuros trabajos se encontrarán otros centros vulcánicos. Parece también que la mayoría de rocas vulcánicas de la Unidad Aguacate 2 se depositaron muy próximas a los centros vulcánicos.

La discordancia sobre la unidad Aguacate 2 y la intrusión Guacimal marca un período de inactividad vulcánica probablemente más reciente que 5 ma y de suficiente duración para permitir el levantamiento y la erosión. McBirney (1976) mostró que un vulcanismo episódico, frecuentemente interrumpido por largos períodos de inactividad, es característico de la historia vulcánica de América Central. La misma secuencia se observó también a lo largo del márgen convergente de la parte occidental de Norte América (McBirney, 1976). Dicho vulcanismo episódico probablemente refleja los cambios en la configuración y razón de subducción de la litosfera a lo largo de los márgenes convergentes.

La Formación Monteverde fue depositada durante un intervalo de actividad vulcánica en el Plioceno a Cuaternario, acompañado por una migración de los centros vulcánicos hacia el este. Varios centros vulcánicos de la Formación Monteverde exhiben características primarias de deposición, por ejemplo, en el Cerro La Cruz se desarrolló inicialmente un escudo compuesto de una secuencia de lavas andesíticas y piroclásticos con espesor de 400–500 m y culminó con el colapso parcial del conducto central durante el emplazamiento de intrusiones superficiales de dacita con hornblenda. Los domos de andesita en el área las Juntas y los cuerpos de dacita de hornblenda en el área Miramar pueden ser, a lo menos en parte, de la misma edad que la Formación Monteverde. Las edades jovenes de hasta un millón de años que tienen las andesitas de la Formación Monteverde indican un traslape en tiempo con el vulcanismo moderno (2,0 ma hasta el presente).

Una de las contribuciones más importantes de este estudio es el reconocimiento de un amplio magmatismo riolítico asociado con una alteración hidrotermal, los cuales jugaron un papel importante en la formación de los yacimientos epitermales de oro en vetas. Las intrusiones de riolita y las menos frecuentes extrusiones aparecen con más frecuencia en las unidades Aguacate 1 y 2. Sin embargo, probablemente se presentan localmente también en la Foramción Monteverde, como indica la presencia de tobas de flujo de ceniza riolítica en Peñas Blancas.

Las edades de las riolitas no están bien definidas. Fragmentos de un pórfido riolítico con cuarzo en las brechas tobáceas de la Unidad Aguacate 1 de la Mina Buena Suerte indican claramente que algunas de las riolitas fueron emplazadas durante la evolución de la secuencia de la Unidad Aguacate 1. Sin embargo, algunos de los cuerpos riolíticos más grandes y geomórficamente mejor conservados (Cerro Pelón y Cerro Pelado) parecen ser más recientes que la Unidad Aguacate 1 y posiblemente fueron emplazados durante una etapa avanzada de la evolución de la Unidad Aguacate 2 (Fig. 12) o durante la deposición de la Formación Monteverde.

En el pasado las principales ocurrencias de oro en la Cordillera de Tilarán y los Montes del Aguacate han sido identificadas como presentarse en el Grupo Aguacate a base de que se pensó que las rocas vulcánicas alteradas que son huésped a los yacimientos auríferos solamente se presentan en el Grupo Aguacate. Por ejemplo, el yacimiento Río Chiquito se presenta a lo largo de una probable zona de falla, cerca de la interestratificación de rocas provenientes de dos centros vulcánicos de la Formación Monteverde. Aunque anteriormente este yacimiento ha sido cartografiado como estar presente en andesitas alteradas del Grupo Aguacate, no se observaron ningunas evidencias concretas que apoyan esta interpretación estratigráfica. Futuros trabajos en el área del Río Chiquito podrán aclarar si el yacimiento se presenta en rocas alteradas de la Formación Monteverde o del Grupo Aguacate.

En resumen, las secuencias vulcánicas de composición predominantemente andesítica en la Cordillera de Tilarán y los Montes del Aguacate se formaron por la coalescencia de lavas y escombros piroclásticos desprendidos de numerosos centros vulcánicos los cuales se migraron con tiempo hacia el este. Las riolitas se formaron durante las últimas etapas evolucionarias de dichos centros. Los yacimientos epitermales de oro están espacialmente y probablemente genéticamente relacionados con el magmatismo riolítico acompañado por actividad hidrotermal, lo cual puede presentarse en las rocas de ambas las unidades Aguacate 1 y 2 o posiblemente en la Formación Monteverde.

Table 5.--Description of rock samples from the Cordillera de Tilarán and Montes del Aguacate, Costa Rica

Cuadro 5.--Descripción de muestras de roca de la Cordillera de Tilarán y los Montes del Aguacate, Costa Rica

Map no. / Número de mapa	Sample no. / Número de muestra	Latitude deg. min. sec. / Latitud grad. min. seg.			Longitude deg. min. sec. / Longitud grad. min. seg.			Description	Descripción
1	CR075AKS	10	28	30.3	84	44	11.2	Andesite, vitrophyric flow	Andesita, colada vitrofírica
1	CR075BKS	10	28	30.3	84	44	11.2	Andesite, vitrophyric flow	Andesita, colada vitrofírica
1	CR075CKS	10	28	30.3	84	44	11.2	Andesite, flow	Andesita, colada
2	CR062AKS	10	26	35.6	84	50	29.4	Andesite, lapilli tuff	Andesita, toba de lapilli
3	CR068AKS	10	26	22.5	84	51	41.7	Basalt, plagioclase and altered olivine phenocrysts	Basalto, fenocristales de plagioclasa y olivino alterado
4	CR066AKS	10	26	20.8	84	51	58.2	Andesite, flow(?), plagioclase, pyroxene, and altered olivine phenocrysts	Andesita, colada(?), fenocristales de plagioclasa, piroxeno y olivino alterado
4	CR067AKS	10	26	20.8	84	51	58.2	Dacite, flow(?), plagioclase and hornblende crystals	Dacita, colada(?), cristales de plagioclasa y hornblenda
5	CR212RSM	10	26	20.0	84	52	20.9	Andesite, dense, hard, black, some disseminated pyrite	Andesita, densa, dura, color negro, algo de pirita diseminada
5	CR213RSM	10	26	20.0	84	52	20.9	Andesite, flow breccia, abundant disseminated pyrite, some quartz veinlets	Andesita, flujo brechoso, abundante pirita diseminada, algunas vetillas de cuarzo
5	CR214RSM	10	26	20.0	84	52	20.9	Andesite, flow breccia, abundant pyrite in clots, vesicular	Andesita, flujo brechoso, abundante pirita en coágulos, vesicular
5	CR215RSM	10	26	20.0	84	52	20.9	Andesite, altered to clay, some Fe-oxide	Andesita, alterada a arcilla, algo de óxido de Fe
5	CR216RSM	10	26	20.0	84	52	20.9	Quartz vein, brecciated and recemented, Fe-oxide and quartz crystals in vesicles	Veta de cuarzo, brechosa y recementada, óxido de Fe y cristales de cuarzo en vesículas
5	CR217RSM	10	26	20.0	84	52	20.9	Andesite, propylitically altered, pyrite as small veins, some quartz veinlets	Andesita, propilíticamente alterada, pirita en vetillas pequeñas, algunas vetillas de cuarzo
5	CR218RSM	10	26	20.0	84	52	20.9	Andesite, altered to clay, some pyrite in quartz veins	Andesita, alterada a arcilla, algo de pirita en vetas de cuarzo
6	CR219RSM	10	26	19.9	84	51	52.5	Quartz vein, brecciated and recemented, vesicles filled with Fe-oxides	Veta de cuarzo, brechosa y recementada, vesículas rellenas con óxidos de Fe
6	CR220RSM	10	26	19.9	84	51	52.5	Andesite, silicified, vesicular, some fresh pyrite and Fe-oxides	Andesita, silicificada, vesicular, algo de pirita fresca y óxidos de Fe
6	CR221RSM	10	26	19.9	84	51	52.5	Andesite, silicified, brecciated and cemented with Fe-oxides, abundant pyrite	Andesita, silicificada, brechosa y cementada con óxidos de Fe, abundante pirita
6	CR222RSM	10	26	19.9	84	51	52.5	Andesite, altered to clay and Fe-oxides, some quartz veinlets	Andesita, alterada a arcilla y óxido de Fe, algunas vetillas de cuarzo
6	CR223RSM	10	26	19.9	84	51	52.5	Andesite, brecciated and recemented, some Mn-oxide and fresh pyrite, vesicular	Andesita, brechosa y recementada, algo de óxido de Mn y pirita fresca, vesicular
6	CR224RSM	10	26	19.9	84	51	52.5	Andesite, silicified, brecciated and recemented, abundant Fe-oxides	Andesita, silicificada, brechosa y recementada, abundante óxidos de Fe
6	CR225RSM	10	26	19.9	84	51	52.5	Andesite, altered to clay, some Fe-oxide veins	Andesita, alterada a arcilla, algo de vetas de óxido de Fe
6	CR226RSM	10	26	19.9	84	51	52.5	Quartz vein, brecciated, some pyrite vesicular with quartz crystals and chalcedony	Veta de cuarzo, brechosa, algo de pirita, vesicular con cristales de cuarzo y calcedonia
6	CR227RSM	10	26	19.9	84	51	52.5	Andesite, altered to clay, some silicification	Andesita, alterada a arcilla, algo de silicificación
6	CR228RSM	10	26	19.9	84	51	52.5	Andesite, propylytically altered with abundant clays, brecciated	Andesita, propilíticamente alterada con abundante arcillas, brechosa
6	CR229RSM	10	26	19.9	84	51	52.5	Andesite, somewhat altered to clay, veins of siliceous Fe-oxide	Andesita, algo alterada a arcilla, vetas de óxidos de Fe silíceos
6	CR230RSM	10	26	19.9	84	51	52.5	Andesite, dense, hard, slight propylitic alteration, some disseminated pyrite	Andesita, densa, dura, leve alteración propilítica, algo de pirita diseminada
6	CR231RSM	10	26	19.9	84	51	52.5	Andesite, dense, hard, slight propylitic alteration, disseminated pyrite	Andesita, densa, dura, alteración propilítica leve, pirita diseminada
6	CR232RSM	10	26	19.9	84	51	52.5	Andesite, propylytically altered, abundant pyrite, some quartz veins	Andesita, propilíticamente alterada, abundante pirita, algo de vetas de cuarzo
7	CR233RSM	10	26	19.9	84	51	52.6	Andesite, silicified, abundant Fe-oxide and quartz veins	Andesita, silicificada, abundante óxido de Fe y vetas de cuarzo
7	CR234RSM	10	26	19.9	84	51	52.6	Quartz vein, white, sugary, some chalcedony	Veta de cuarzo, blanca, sacaroidea, algo de calcedonia
7	CR235RSM	10	26	19.9	84	51	52.6	Andesite, altered to clay and Fe-oxides, some Fe-oxide veinlets	Andesita, alterada a arcilla y óxidos de Fe, algunas vetillas de óxido de Fe
8	CR176RSM	10	26	19.9	84	51	52.6	Fe-oxide vein, siliceous, abundant Fe-oxide, quartz crystals in cavities	Veta de óxido de Fe, silícea, abundante óxido de Fe, cristales de cuarzo en cavidades
8	CR177RSM	10	26	19.9	84	51	52.6	Andesite, altered to clay and Fe-oxides	Andesita, alterada a arcilla y óxidos de Fe
8	CR178RSM	10	26	19.9	84	51	52.6	Fe-oxide vein, siliceous, abundant Fe-oxides, small quartz veinlets	Veta de óxidos de Fe, silícea, abundantes óxidos de Fe, vetillas de cuarzo pequeñas
8	CR179RSM	10	26	19.9	84	51	52.6	Rhyolite, altered to clay and silicified, some Fe-oxide	Riolita, alterada a arcilla y silicificada, algo de óxido de Fe
8	CR180RSM	10	26	19.9	84	51	52.6	Andesite, altered to clay and Fe-oxides, some silicification	Andesita, alterada a arcilla y óxidos de Fe, algo de silicificación
8	CR181RSM	10	26	19.9	84	51	52.6	Andesite, altered to clay and Fe-oxides	Andesita, alterada a arcilla y óxidos de Fe
8	CR182RSM	10	26	19.9	84	51	52.6	Fe-oxide vein, siliceous, abundant Fe-oxides, forms boxwork	Veta de óxido de Fe, silícea, abundante óxidos de Fe, forma un "boxwork"
8	CR183RSM	10	26	19.9	84	51	52.6	Fe-oxide vein, siliceous, abundant Fe-oxides	Veta de óxido de Fe, silícea, abundante óxidos de Fe
8	CR184RSM	10	26	19.9	84	51	52.6	Andesite, silicified, vesicular, abundant Fe-oxides	Andesita, silicificada, vesicular, abundante óxidos de Fe
8	CR185RSM	10	26	19.9	84	51	52.6	Quartz vein, milky and chalcedonic, banded, vesicles filled with Fe-oxide	Veta de cuarzo, lechoso y calcedónico, bandeado, vesículas rellenas con óxidos de Fe
8	CR186RSM	10	26	19.9	84	51	52.6	Andesite, silicified, massive and sugary, abundant Fe-oxides	Andesita, silicificada, massive y sacaroideo, abundante óxidos de Fe
8	CR187RSM	10	26	19.9	84	51	52.6	Andesite, silicified, abundant Fe-oxides and some small quartz veinlets	Andesita, silicificada, abundante óxidos de Fe y algunas vetillas de cuarzo pequeñas
8	CR188RSM	10	26	19.9	84	51	52.6	Andesite, silicified, abundant Fe-oxide, disseminated fine-grained pyrite	Andesita, silicificada, abundante óxido de Fe, pirita diseminada de grano fino
8	CR189RSM	10	26	19.9	84	51	52.6	Andesite, silicified, abundant Fe-oxide, some fresh pyrite	Andesita, silicificada, abundante óxido de Fe, algo de pirita fresca
8	CR190RSM	10	26	19.9	84	51	52.6	Andesite, altered to clay, some silicification, abundant Fe-oxide	Andesita, alterada a arcilla, algo de silicificación, abundante óxido de Fe
8	CR191RSM	10	26	19.9	84	51	52.6	Andesite, silicified, some small quartz veinlets, Fe-oxides	Andesita, silicificada, algunas vetillas de cuarzo pequeñas, óxidos de Fe
8	CR192RSM	10	26	19.9	84	51	52.6	Andesite, altered to clay with some silicification, Fe-oxides	Andesita, alterada a arcilla con algo de silicificación, óxidos de Fe
8	CR193RSM	10	26	19.9	84	51	52.6	Andesite, altered to clay, leached, some boxwork Fe-oxide veins, siliceous	Andesita, alterada a arcilla, lixiviada, algo de boxwork de vetas de óxido de Fe, silícea
8	CR194RSM	10	26	19.9	84	51	52.6	Andesite, silicified, abundant Fe-oxides, vesicular, abundant quartz veinlets	Andesita, silicificada, abundantes óxidos de Fe, vesicular, vetillas de cuarzo abundantes
8	CR195RSM	10	26	19.9	84	51	52.6	Quartz vein, chalcedonic, brecciated and recemented, Fe-oxides	Veta de cuarzo, calcedónica, brechosa y recementada, óxidos de Fe
8	CR196RSM	10	26	19.9	84	51	52.6	Andesite, silicified, brecciated, some clays	Andesita, silicificada, brechosa, algo de arcillas
8	CR197RSM	10	26	19.9	84	51	52.6	Andesite, silicified and altered to clay with Fe-oxide veins throughout	Andesita, silicificada y alterada a arcilla con vetas de óxido de Fe pervasivas
8	CR198RSM	10	26	19.9	84	51	52.6	Andesite, silicified, abundant Fe-oxide	Andesita, silicificada, abundante óxido de Fe
8	CR199RSM	10	26	19.9	84	51	52.6	Andesite, silicified, leached, some quartz veins and Fe-oxide	Andesita, silicificada, lixiviado, algo de vetas de cuarzo y óxido de Fe
8	CR200RSM	10	26	19.9	84	51	52.6	Andesite, altered to clay, Fe-oxide veinlets and Fe-oxide	Andesita, alterada a arcilla, vetillas de óxido de Fe y óxido de Fe
8	CR201RSM	10	26	19.9	84	51	52.6	Quartz vein, dense hard, some cavities with Fe-oxide	Veta de cuarzo, denso, duro, algunas cavidades con óxido de Fe
8	CR202RSM	10	26	19.9	84	51	52.6	Clay, gray, abundant disseminated pyrite-marcasite	Arcilla, color gris, pirita-marcasita diseminada abundante
8	CR203RSM	10	26	19.9	84	51	52.6	Quartz vein, brecciated, pyrite-marcasite cement and in cavities	Veta de cuarzo, brechosa, cemento de pirita-marcasita y en cavidades
8	CR204RSM	10	26	19.9	84	51	52.6	Fe-oxide vein, siliceous, abundant Fe-oxide and quartz	Veta de óxido de Fe, silícea, óxido de Fe y cuarzo abundantes
8	CR205RSM	10	26	19.9	84	51	52.6	Andesite, altered to clay and some Fe-oxide	Andesita, alterada a arcilla y algo de óxido de Fe
8	CR206RSM	10	26	19.9	84	51	52.6	Quartz vein, abundant Mn-oxide, some pyrite	Veta de cuarzo, abundante óxido de Mn, algo de pirita
8	CR207RSM	10	26	19.9	84	51	52.6	Quartz vein, abundant Fe-oxide, vesicular	Veta de cuarzo, abundante óxido de Fe, vesicular
8	CR208RSM	10	26	19.9	84	51	52.6	Andesite, silicified, banded, white, sugary	Andesita, silicificada, bandeada, color blanco, sacaroidea
8	CR209RSM	10	26	19.9	84	51	52.6	Quartz vein, abundant fresh pyrite-marcasite, vesicular	Veta de cuarzo, pirita-marcasita fresca abundante, vesicular
8	CR210RSM	10	26	19.9	84	51	52.6	Quartz vein, pyrite-marcasite as veins, Mn- and Fe-oxides	Veta de cuarzo, pirita-marcasita en forma de vetas, óxidos de Mn y Fe
8	CR211RSM	10	26	19.9	84	51	52.6	Andesite, silicified and brecciated, gray and white	Andesita, silicificada y brechosa, color gris y blanco
9	CR061AKS	10	26	3.1	84	50	3.0	Hornblende dacite, medium-grained stock, hornblende crystals	Dacita de hornblenda, stock de grano medio, cristales de hornblenda
9	CR061BKS	10	26	3.1	84	50	3.0	Hornblende dacite, porphyritic stock, plagioclase and hornblende phenocrysts	Dacita de hornblenda, stock porfirítico, fenocristales de plagioclasa y hornblenda
10	CR074AKS	10	25	53.9	84	44	50.4	Andesite, vitrophyric flow	Andesita, colada vitrofídica
10	CR074BKS	10	25	53.9	84	44	50.4	Andesite, plagioclase and pyroxene crystals, flow	Andesita, cristales de plagioclasa y piroxeno, colada
10	CR074CKS	10	25	53.9	84	44	50.4	Andesite, plagioclase and pyroxene crystals, flow	Andesita, cristales de plagioclasa y piroxeno, colada
11	CR063AKS	10	25	49.8	84	52	34.3	Dacite, plug(?), plagioclase and pyroxene phenocrysts	Dacita, tapón(?), fenocristales de plagioclasa y piroxeno
12	CR076AKS	10	25	38.2	84	36	51.7	Andesite, flow	Andesita, colada
13	CR140RSM	10	25	20.0	84	59	0.5	Quartz vein, fresh pyrite on margins, white quartz in center	Veta de cuarzo, pirita fresca en los bordes, cuarzo blanco en el centro
13	CR141RSM	10	25	20.0	84	59	0.5	Andesite, altered to clay and Fe-oxides, some fresh pyrite	Andesita, alterada a arcilla y óxidos de Fe, algo de pirita fresca
13	CR142RSM	10	25	20.0	84	59	0.5	Quartz vein, massive, white, some fresh pyrite on margins	Veta de cuarzo, masiva, color blanco, algo de pirita fresca en los márgenes
13	CR143RSM	10	25	20.0	84	59	0.5	Quartz vein, coarse quartz on margins, chalcedony in center	Veta de cuarzo, cuarzo grueso en los márgenes, calcedonia en el centro
14	CR032AWB	10	25	19.7	84	59	2.5	Quartz vein, contains minor pyrite	Veta de cuarzo, contiene pirita menor
14	CR032BWB	10	25	19.7	84	59	2.5	Quartz vein, contains minor pyrite	Veta de cuarzo, contiene pirita menor
15	CR060AKS	10	25	17.3	84	51	44.9	Andesite, plagioclase and pyroxene phenocrysts, flow	Andesita, fenocristales de plagioclasa y piroxeno, colada
16	CR151RSM	10	25	3.5	84	58	14.7	Rhyolite, silicified, some fresh pyrite and quartz veinlets	Riolita, silicificada, algo de pirita fresca y vetillas de cuarzo
16	CR152RSM	10	25	3.5	84	58	14.7	Andesite, propylitically altered, epidote and Mn-oxide	Andesita, propilíticamente alterada, epidota y óxido de Mn
17	CR038AWB	10	25	3.5	84	58	16.4	Rhyolite, aphyric dike	Riolita, dique afídico
17	CR038BWB	10	25	3.5	84	58	16.4	Andesite, weakly propylitically altered	Andesita, débilmente propilíticamente alterada
18	CR033AWB	10	24	50.3	84	59	12.0	Quartz vein, contains minor pyrite	Veta de cuarzo, contiene pirita menor
18	CR033BWB	10	24	50.3	84	59	12.0	Quartz vein, contains minor pyrite	Veta de cuarzo, contiene pirita menor
18	CR033CWB	10	24	50.3	84	59	12.0	Andesite, altered, contains pyrite and chlorite	Andesita, alterada, contiene pirita y clorita
18	CR034AWB	10	24	50.3	84	59	12.0	Quartz vein, contains minor pyrite	Veta de cuarzo, contiene pirita menor
18	CR034BWB	10	24	50.3	84	59	12.0	Quartz vein, brecciated and contains pyrite	Veta de cuarzo, brechosa y contiene pirita
18	CR034CWB	10	24	50.3	84	59	12.0	Quartz vein, contains pyrite, minor sphalerite	Veta de cuarzo, contiene pirita, esfalerita menor
18	CR035AWB	10	24	50.3	84	59	12.0	Quartz vein, contains pyrite and sphalerite	Veta de cuarzo, contiene pirita y esfalerita
18	CR036AWB	10	24	50.3	84	59	12.0	Quartz vein, rhythmically banded	Veta de cuarzo, bandeamiento rítmico
18	CR037AWB	10	24	50.3	84	59	12.0	Andesite, altered, contains pyrite, silica, and chlorite	Andesita, alterada, contiene pirita, sílice y clorita
18	CR144RSM	10	24	50.3	84	59	12.0	Quartz vein, sparce pyrite on margins of vein	Veta de cuarzo, pirita esparcida en los márgenes de vetas
18	CR145RSM	10	24	50.3	84	59	12.0	Andesite, silicified with quartz veinlets	Andesita, silicificada con vetillas de cuarzo
18	CR146RSM	10	24	50.3	84	59	12.0	Quartz vein, brecciated, sparce pyrite, possible sphalerite	Veta de cuarzo, brechosa, pirita esparcida, posible esfalerita
18	CR147RSM	10	24	50.3	84	59	12.0	Fe-oxide vein, siliceous, margin of vein	Veta de óxido de Fe, silícea, margen de veta
18	CR148RSM	10	24	50.3	84	59	12.0	Quartz vein, some fresh pyrite	Veta de cuarzo, algo de pirita fresca
18	CR149RSM	10	24	50.3	84	59	12.0	Andesite, propylitically altered, some fresh pyrite and quartz veinlets	Andesita, propilíticamente alterada, algo de pirita fresca y vetillas de cuarzo

Table 5.--Description of rock samples from the Cordillera de Tilarán and Montes del Aguacate, Costa Rica.--Continued

Cuadro 5.--Descripción de muestras de roca de la Cordillera de Tilarán y los Montes del Aguacate, Costa Rica.--Continua

Map no. / Número de mapa	Sample no. / Número de muestra	Latitude deg. / Latitud grad.	min.	sec.	Longitude deg. / Longitud grad.	min.	sec.	Description	Descripción
19	CR073AKS	10	24	45.3	84	46	12.6	Dacite, tuff(?)	Dacita, toba(?)
20	CR137RSM	10	24	23.6	84	59	17.2	Rhyolite, silicified, cavities with quartz crystals and specular hematite, pyrite casts	Riolita, silicificada, cavidades con cristales de cuarzo y hematita especular, moldes pirita
21	CR029AWB	10	24	21.0	84	59	18.8	Rhyolite, quartz phenocyrsts, dike, partly silicified	Riolita, fenocristales de cuarzo, dique, parcialmente silicificado
22	CR064AKS	10	24	17.2	84	51	2.0	Dacite, porphyritic stock, plagioclase and biotite crystals	Dacita, stock porfirítico, cristales de plagioclasa y biotita
23	CR150RSM	10	24	14.8	84	59	14.5	Andesite, silicified, fractured with Fe-oxide in cavities, some pyrite	Andesita, silicificada, fracturada con óxido de Fe en cavidades, algo de pirita
24	CR031AWB	10	24	7.9	84	59	28.6	Andesite, dark, glassy flow, unaltered	Andesita, color oscuro, colada vítrea, inalterada
25	CR065AKS	10	23	43.1	84	49	52.9	Andesite(?), lithic tuff	Andesita(?), toba lítica
26	CR038AKS	10	23	29.5	84	54	25.9	Andesite, orthopyroxene and clinopyroxene phenocrysts, flow	Andesita, fenocristales de ortopiroxeno y clinopiroxeno, colada
27	CR054ASL	10	23	18.9	85	0	57.3	Rhyolite, brecciated stock	Riolita, stock brechoso
28	CR072AKS	10	23	9.5	84	57	59.7	Andesite, platy flow, plagioclase and pyroxene crystals	Andesita, colada en lajas, cristales de plagioclasa y piroxeno
29	CR056ASL	10	22	56.1	85	0	31.0	Rhyolite, quartz-bearing porphyritic stock	Riolita, stock porfirítico conteniendo cuarzo
30	CR030AWB	10	22	49.6	85	0	31.0	Rhyolite, quartz phenocrysts, brecciated and partly silicified	Riolita, fenocristales de cuarzo, brechosa y parcialmente silicificada
30	CR030BWB	10	22	49.6	85	0	31.0	Rhyolite, quartz phenocrysts, brecciated and partly silicified	Riolita, fenocristales de cuarzo, brechosa y parcialmente silicificada
31	CR138RSM	10	22	47.7	85	0	30.0	Rhyolite, quartz porphyry, cavities with quartz crystals and specular hematite	Riolita, pórfido de cuarzo, cristales de cuarzo y hematita especular en cavidades
31	CR139RSM	10	22	47.7	85	0	30.0	Rhyolite, fine grained, abundant Fe-oxide (hematite) in cavities	Riolita, de grano fino, abundante óxido de Fe (hematita) en cavidades
32	CR058ASL	10	22	38.3	84	59	51.4	Rhyolite, quartz-bearing plug	Riolita, tapón conteniendo cuarzo
32	CR087ARK	10	22	38.3	84	59	51.4	Rhyolite, quartz phenocyrsts	Riolita, fenocristales de cuarzo
33	CR039AKS	10	22	17.9	84	54	19.2	Andesite, propylitized, bedded tuff	Andesita, propilitizada, toba estratificada
34	CR071CKS	10	22	12.0	84	57	16.8	Dacite(?), platy flow, plagioclase and pyroxene crystals	Dacita(?), colada en lajas, cristales de plagioclasa y piroxeno
35	CR055ASL	10	22	10.6	85	0	4.5	Andesite, fresh lava flow	Andesita, colada de lava fresca
36	CR071BKS	10	22	4.5	84	57	13.5	Dacite, plug, plagioclase, pyroxene, and hornblende phenocrysts	Dacita, tapón, fenocristales de plagioclasa, piroxeno y hornblenda
37	CR071AKS	10	21	58.0	84	57	15.1	Andesite, tuff breccia	Andesita, brecha tobácea
38	CR238RSM	10	21	50.7	84	52	48.6	Andesite, propylitically altered, abundant disseminated pyrite	Andesita, propilíticamente alterada, abundante pirita diseminada
38	CR239RSM	10	21	50.7	84	52	48.6	Rhyolite, silicified, abundant Fe-oxides	Riolita, silicificada, óxidos de Fe abundante
39	CR077AKS	10	21	45.3	84	36	48.1	Basalt, flow, olivine and plagioclase phenocrysts	Basalto, colada, fenocristales de olivino y plagioclasa
40	CR079AKS	10	21	27.3	84	38	44.9	Andesite, amygdaloidal flow, chlorite, calcite, and quartz	Andesita, colada amigdaloide, clorita, calcita y cuarzo
41	CR078AKS	10	21	24.0	84	38	58.0	Andesite(?), altered flow breccia, chlorite and epidote	Andesita(?), colada brechosa alterada, clorita y epidota
41	CR078BKS	10	21	24.0	84	38	58.0	Andesite, flow, chlorite and epidote secondary minerals	Andesita, colada, minerales secundarios clorita y epidota
42	CR240RSM	10	21	22.0	84	38	48.8	Andesite, silicified, brecciated and recemented with quartz, some fresh pyrite	Andesita, silicificada, brechosa y recementada con cuarzo, algo de pirita fresca
43	CR070AKS	10	20	40.2	84	54	12.4	Andesite, fresh flow, plagioclase and pyroxene phenocrysts	Andesita, colada fresca, fenocristales de plagioclasa y piroxeno
44	CR040AKS	10	20	36.8	84	55	14.9	Dacite, weathered flow with plagioclase and hornblende phenocrysts	Dacita, colada meteorizada con fenocristales de plagioclasa y hornblenda
45	CR069AKS	10	20	12.8	84	51	19.6	Dacite, dome with plagioclase, hornblende and epidote clots	Dacita, domo con coágulos de plagioclasa, hornblenda y epidota
45	CR069BKS	10	20	12.8	84	51	19.6	Dacite, dome, plagioclase and hornblende, lithic fragments	Dacita, domo, plagioclasa y hornblenda, fragmentos líticos
46	CR114AKS	10	19	45.7	85	0	5.8	Dacite, flow	Dacita, colada
47	CR091AKS	10	19	28.3	84	55	44.3	Dacite, flow-banded flow, plagioclase, pyroxene, and hornblende phenocrysts	Dacita, colada con bandamiento de flujo, fenocristales de plagioclasa, piroxeno y hornblenda
48	CR091BKS	10	19	26.7	84	55	46.0	Dacite, flow-banded flow, plagioclase, pyroxene, and hornblende phenocrysts	Dacita, colada con bandeamiento de flujo, fenocristales de plagioclasa, piroxeno, y hornblenda
49	CR276RSM	10	18	48.8	84	54	32.2	Quartz vein, sugary with pods and cavities of quartz crystals, some Fe-oxide	Veta de cuarzo, sacaroidea con "pods" y cavidades de cristales de cuarzo, algo de óxido de Fe
50	CR257RSM	10	18	47.6	84	55	41.6	Andesite, altered to clay and Fe-oxides	Andesita, alterada a arcilla y óxidos de Fe
51	CR027AKS	10	18	43.6	84	48	49.8	Andesite, flow containing plagioclase and pyroxene phenocrysts	Andesita, colada conteniendo fenocristales de plagioclasa y piroxeno
52	CR270RSM	10	18	30.8	84	54	55.5	Quartz vein, silicified zone with fresh pyrite, abundant Fe-oxide and gypsum	Veta de cuarzo, zona silicificada con pirita fresca, abundante óxido de Fe e yeso
52	CR271RSM	10	18	30.8	84	54	55.5	Clay, black with disseminated sulfide	Arcilla, color negro con sulfuros diseminados
52	CR272RSM	10	18	30.8	84	54	55.5	Quartz vein, brecciated and recemented, some pyrite and Fe-oxide	Veta de cuarzo, brechosa y recementada, algo de pirita y óxido de Fe
52	CR273RSM	10	18	30.8	84	54	55.5	Andesite, altered to clay and Fe-oxides	Andesita, alterada a arcillas y óxidos de Fe
53	CR274RSM	10	18	30.2	84	54	45.0	Quartz vein, silicified zone, fractured, Fe-oxide in cavities and on surfaces	Veta de cuarzo, zona silicificada, fracturada, óxido de Fe en cavidades y en las superficies
53	CR275RSM	10	18	30.2	84	54	45.0	Andesite, altered to clay and Fe-oxides, partly silicified	Andesita, alterada a arcilla y óxidos de Fe, parcialmente silicificada
54	CR161RSM	10	18	28.1	84	56	2.3	Quartz vein, Fe-oxide on margins and in cavities	Veta de cuarzo, óxido de Fe en los margenes y en cavidades
55	CR162RSM	10	18	27.4	84	56	2.3	Andesite, altered to clay and Fe-oxide, natronite staining	Andesita, alterada a arcilla y óxido de Fe, manchas de natronita
56	CR258RSM	10	18	27.1	84	55	54.7	Quartz vein, dense, hard with disseminated pyrite and some galena, brecciated and recemented	Veta de cuarzo, densa, dura con pirita diseminada y algo de galena, brechosa y recementada
56	CR259RSM	10	18	27.1	84	55	54.7	Andesite, altered to clay, brecciated with some quartz veining and fresh pyrite, Fe-oxides abundant	Andesita, alterada a arcilla, brechosa con algo de vetillas de cuarzo y pirita fresca, abundantes óxidos de Fe
57	CR051AKS	10	18	26.3	84	57	13.0	Andesite, flow with propylitic alteration	Andesita, colada con alteración propilítica
57	CR051BKS	10	18	26.3	84	57	13.0	Diorite(?), plug(?) with propylitic alteration	Diorita(?), tapón(?) con alteración propilítica
58	CR267RSM	10	18	20.0	84	55	12.3	Quartz vein, stockwork, abundant Fe-oxides	Veta de cuarzo, stockwork, óxidos de Fe abundantes
58	CR268RSM	10	18	20.0	84	55	12.3	Rhyolite, quartz porphyry, silicified, abundant fresh pyrite, fractured	Riolita, pórfido de cuarzo, silicificada, abundante pirita fresca, fracturada
58	CR269RSM	10	18	20.0	84	55	12.3	Quartz vein, fractured and recemented with Fe-oxides in cavities	Veta de cuarzo, fracturada y recementada con óxidos de Fe en cavidades
59	CR020ASL	10	18	19.7	84	57	16.3	Andesite, fresh flow 100 m from quartz vein	Andesita, colada fresca a 100 m de la veta de cuarzo
60	CR089ARK	10	18	14.3	84	47	57.2	Andesite, clinopyroxene, orthopyroxene,and plagioclase phenocrysts	Andesita, fenocristales de clinopiroxeno, orthopiroxeno y plagioclasa
61	CR040AWB	10	18	13.3	84	57	6.4	Quartz vein, minor goethite stain	Veta de cuarzo, mancha de goetita menor
61	CR156RSM	10	18	13.3	84	57	6.4	Quartz vein, dense, hard, some pyrite and Fe-oxides	Veta de cuarzo, densa, dura, algo de pirita y óxidos de Fe
62	CR113AKS	10	18	12.9	84	59	52.4	Dacite, vitrophyric breccia fragment	Dacita, fragmento de brecha vitrofídica
63	CR265RSM	10	18	12.2	84	55	22.8	Quartz vein, silicified zone with abundant pyrite casts, Fe-oxides (hematite)	Veta de cuarzo, zona silicificada con moldes de pirita abundantes, óxidos de Fe (hematita)
63	CR266RSM	10	18	12.2	84	55	22.8	Andesite, altered to clay and Fe-oxides, fractured	Andesita, alterada a arcilla y óxidos de Fe, fracturada
64	CR090AKS	10	18	10.2	84	55	55.7	Dacite, flow-banded lava	Dacita, lava con bandeamiento de flujo
65	CR044AWB	10	18	10.1	84	56	33.5	Rhyolite, quartz phenocrysts, silicified	Riolita, fenocristales de cuarzo, silicificada
65	CR045AWB	10	18	10.1	84	56	33.5	Dacite, unaltered flow	Dacita, colada inalterada
65	CR160RSM	10	18	10.1	84	56	33.5	Rhyolite, silicified, sugary, some Fe-oxide staining	Riolita, silicificada, sacaroidea, algo de manchas de óxido de Fe
66	CR260RSM	10	18	9.2	84	55	25.1	Quartz vein, fractured and brecciated, recemented, fresh pyrite, Fe-oxides in cavities	Veta de cuarzo, fracturada y brechosa, recementada, pirita fresca, óxidos de Fe en cavidades
66	CR261RSM	10	18	9.2	84	55	25.1	Andesite, breccia, abundant pyrite, possible fault zone	Andesita, brecha, pirita abundante, posible zona de falla
66	CR262RSM	10	18	9.2	84	55	25.1	Andesite, silicified with abundant fresh pyrite, porphyritic texture, some Fe-oxide	Andesita, silicificada con pirita fresca abundante, textura porfirítica, algo de óxido de Fe
66	CR263RSM	10	18	9.2	84	55	25.1	Andesite, altered to clay and Fe-oxide, abundant oxidized pyrite	Andesita, alterada a arcilla y óxido de Fe, abundante pirita oxidada
66	CR264RSM	10	18	9.2	84	55	25.1	Fe-oxide vein, siliceous	Veta de óxido de Fe, silícea
67	CR158RSM	10	18	3.5	84	56	45.0	Fe-oxide vein, silicified with Fe-oxides	Veta de óxido de Fe, silicificada con óxidos de Fe
67	CR159RSM	10	18	3.5	84	56	45.0	Quartz vein, brecciated with abundant soft Fe-oxide (hematite)	Veta de cuarzo, brechosa con abundante óxido de Fe (hematita) suave
67	CRR0000	10	18	3.5	84	56	45.0	Andesite, porphyriitc with feldspar altered to clay, Fe-oxide stained	Andesita, porfirítica con feldespato alterada a arcilla, manchas de óxido de Fe
67	CRR0187	10	18	3.5	84	56	45.0	Andesite, porphyriric with feldspar altered to clay	Andesita, porfirítica con feldespato alterada a arcilla
67	CRR0370	10	18	3.5	84	56	45.0	Andesite, porphyritic with feldspar altered to clay, Fe- and Mn-oxides	Andesita, porfirítica con feldespato alterada a arcilla, óxidos de Fe y Mn
67	CRR0600	10	18	3.5	84	56	45.0	Quartz vein, dense, hard, white with some Mn-oxide stains	Veta de cuarzo, densa, dura, color blanco con algo de manchas de óxido de Mn
67	CRR0605	10	18	3.5	84	56	45.0	Andesite, altered to clay and Fe- and Mn-oxides	Andesita, alterada a arcilla y óxidos de Fe y Mn
67	CRR0630	10	18	3.5	84	56	45.0	Andesite, altered to clay and Fe-oxide	Andesita, alterada a arcilla y óxido de Fe
67	CRR0710	10	18	3.5	84	56	45.0	Fe-oxide vein, fracture filling, abundant Fe-oxides	Veta de óxido de Fe, relleno de fracturas, abundante óxidos de Fe
67	CRR0890	10	18	3.5	84	56	45.0	Fault gouge, Fe- and Mn-oxides and some quartz	Jaboncillo de falla, óxidos de Fe y Mn y algo de cuarzo
67	CRR1140A	10	18	3.5	84	56	45.0	Fe-oxide vein, fracture filling	Veta de óxido de Fe, relleno de fracturas
67	CRR1140B	10	18	3.5	84	56	45.0	Andesite, altered to clay, some Fe-oxide	Andesita, alterada a arcilla, algo de óxido de Fe
67	CRR1140C	10	18	3.5	84	56	45.0	Quartz vein, fractured and recemented, abundant siliceous Fe-oxide	Veta de cuarzo, fracturada y recementada, óxido de Fe silíceo abundante
67	CRR1280	10	18	3.5	84	56	45.0	Quartz vein, cavities filled with quartz druse, sparce pyrite	Veta de cuarzo, cavidades rellenas de drusa de cuarzo, pirita esparcida
67	CRR1340	10	18	3.5	84	56	45.0	Fault gouge, Mn-oxide material, soft and clayey	Jaboncillo de falla, oxído de Mn, suave y arcilloso
67	CRR1420	10	18	3.5	84	56	45.0	Quartz vein, very dense, hard, some disseminated pyrite	Veta de cuarzo, muy densa, dura, algo de pirita diseminada
67	CRR1630	10	18	3.5	84	56	45.0	Quartz vein, many cavities filled with quartz druse sparce pyrite	Veta de cuarzo, muchas cavidades rellenas de drusa de cuarzo, pirita esparcida
67	CRR1870	10	18	3.5	84	56	45.0	Fault gouge, Fe- and Mn-oxides, soft and clayey	Jaboncillo de falla, óxidos de Fe y Mn, suave y arcilloso
67	CRR1920	10	18	3.5	84	56	45.0	Quartz vein, cavities filled with quartz crystals in center of vein, Mn-oxide stain	Veta de cuarzo, cavidades rellenas con cristales de cuarzo al centro de la veta, manchas de óxido de Mn
67	CRR1950	10	18	3.5	84	56	45.0	Andesite, altered to clay and Fe-oxides	Andesita, alterada a arcilla y óxidos de Fe
67	CRR2140A	10	18	3.5	84	56	45.0	Andesite, altered to clay and Fe-oxide, some limonite-goethite veins	Andesita, alterada a arcilla y óxido de Fe, algo de vetas de limonita-goetita
67	CRR2140B	10	18	3.5	84	56	45.0	Fe-oxide vein, limonite-goethite, somewhat siliceous, some Mn-oxide	Veta de óxido de Fe, limonita-goetita, algo silíceo, algo de óxido de Mn
67	CRR2580	10	18	3.5	84	56	45.0	Andesite, altered to clay and Fe-oxide	Andesita, alterada a arcilla y óxido de Fe
67	CRR2660	10	18	3.5	84	56	45.0	Quartz vein, fractured and brecciated, recemented with silica, some Mn-oxide	Veta de cuarzo, fracturada y brechosa, recementada con sílice, algo de óxido de Mn
67	CRR2820	10	18	3.5	84	56	45.0	Quartz vein, brecciated and recemented, some cavities lined with quartz crystals, some Mn-oxide	Veta de cuarzo, brechosa y recementada, con algunas cavidades con revestimiento de cristales de cuarzo, algo de óxido de Mn
67	CRR2940	10	18	3.5	84	56	45.0	Andesite, altered to clay and Fe-oxide	Andesita, alterada a arcilla y óxido de Fe
67	CRR3070	10	18	3.5	84	56	45.0	Quartz vein, fractured, dense, hard, white, Mn-oxides on margins	Veta de cuarzo, fracturada, densa, dura, color blanco, óxidos de Mn en los márgenes
67	CRR3240A	10	18	3.5	84	56	45.0	Quartz vein, dense, hard, white, 25 cm wide, some Fe-oxides	Veta de cuarzo, densa, dura, color blanco, 25 cm de ancho, algo de óxidos de Fe
67	CRR3240B	10	18	3.5	84	56	45.0	Andesite, altered to clay and Fe-oxides	Andesita, alterada a arcilla y óxidos de Fe
67	CRR3330	10	18	3.5	84	56	45.0	Fe-oxide vein, siliceous, fracture filling with Fe-oxides	Veta de óxido de Fe, silícea, relleno de fractura con óxidos de Fe
67	CRR3440	10	18	3.5	84	56	45.0	Quartz vein, fractured with abundant Fe- and Mn-oxides on surfaces of fragments	Veta de cuarzo, fracturada con abundantes óxidos de Fe y Mn en la superficie de fragmentos
67	CRR3560	10	18	3.5	84	56	45.0	Andesite, altered to clay and Fe-oxides	Andesita, alterada a arcilla y óxidos de Fe
68	CR042AWB	10	18	3.5	84	56	46.6	Fe-oxide vein, minor silica	Veta de óxido de Fe, sílice menor
68	CR043AWB	10	18	3.5	84	56	46.6	Andesite, totally altered to clay	Andesita, completamente alterada a arcilla
69	CR041AWB	10	17	50.5	84	56	59.7	Quartz vein, minor goethite and pyrite	Veta de cuarzo, goetita y pirita menor
69	CR157RSM	10	17	50.5	84	56	59.7	Quartz vein, fractured and brecciated, recemented with quartz, some pyrite	Veta de cuarzo, fracturada y brechosa, recementada con cuarzo, algo de pirita
70	CR249RSM	10	17	39.2	84	55	47.7	Quartz vein, dense, hard, white, sparse Fe-oxide	Veta de cuarzo, densa, dura, color blanco, óxido de Fe esparcido
70	CR250RSM	10	17	39.2	84	55	47.7	Andesite, silicified, some disseminated pyrite	Andesita, silicificada, algo de pirita diseminada
70	CR251RSM	10	17	39.2	84	55	47.7	Andesite, silicified, disseminated pyrite and galena and chalcopyrite in small quartz veinlets	Andesita, silicificada, pirita y galena diseminada y calcopirita en pequeñas vetillas de cuarzo
70	CR252RSM	10	17	39.2	84	55	47.7	Andesite, breccia with pyrite cement, Fe-oxides in cavities, some quartz veins	Andesita, brecha con cemento de pirita, óxidos de Fe en cavidades, algunas vetas de cuarzo
70	CR253RSM	10	17	39.2	84	55	47.7	Quartz vein, jasperoid, brecciated with quartz veins	Veta de cuarzo, jasperoide, brechosa con vetas de cuarzo
70	CR254RSM	10	17	39.2	84	55	47.7	Quartz vein, brecciated and recemented with quartz, abundant pyrite and some galena	Veta de cuarzo, brechosa y recementada con cuarzo, pirita abundante y algo de galena
70	CR255RSM	10	17	39.2	84	55	47.7	Andesite, altered to clay and Fe-oxides, abundant pyrite	Andesita, alterada a arcilla y óxidos de Fe, pirita abundante
70	CR256RSM	10	17	39.2	84	55	47.7	Quartz vein, abundant Fe-oxides and pyrite casts, brecciated and recemented	Veta de cuarzo, abundantes óxidos de Fe y moldes de pirita, brechosa y recementada
71	CR089AKS	10	17	37.6	84	55	44.1	Dacite, breccia, propylitized	Dacita, brecha, propilitizada
72	CR087AKS	10	17	27.8	84	56	3.8	Andesite, fresh, black flow, plagioclase and pyroxene	Andesita, fresca, colada de color negro, plagioclasa y piroxeno
72	CR087BKS	10	17	27.8	84	56	3.8	Andesite, flow, plagioclase and pyroxene primary; epidote and calcite secondary	Andesita, colada, plagioclasa y piroxeno primarios; epidota y calcita secundarios
73	CR088AKS	10	17	23.0	84	55	40.8	Andesite, perlitic(?) flow, plagioclase and pyroxene phenocrysts	Andesita, colada perlítica(?), fenocristales de plagioclasa y piroxeno
74	CR028AKS	10	17	18.7	84	50	15.2	Andesite, flow containing plagioclase and pyroxene phenocrysts	Andesita, colada conteniendo fenocristales de plagioclasa y piroxeno
75	CR041AKS	10	17	4.9	84	56	30.0	Andesite, columnar-jointed flow	Andesita, colada con disyunción columnar
76	CR092AKS	10	16	48.4	84	58	11.9	Andesite breccia	Andesita, brecha
77	CR047AWB	10	16	46.4	84	48	3.6	Limestone, black, silty, unaltered	Caliza, color negra, limoso, inalterada
77	CR164RSM	10	16	46.4	84	48	3.6	Limestone, shaley, black with fine disseminated pyrite	Caliza, pizarroza, color negro con pirita diseminada fina
78	CR093AKS	10	16	33.9	84	57	20.9	Volcaniclastic sandstone	Arenisca, vulcanoclástica
79	CR024ASL	10	16	23.4	84	49	25.8	Monzonite porphyry, albite phenocyrsts in quartz and K-feldspar groundmass	Pórfido de monzonita, fenocristales de albita en cuarzo y feldespato de K masa
80	CR059ASL	10	16	13.6	84	50	18.4	Rhyodacite, ash-flow sheet, unaltered	Riodacita, capa de flujo de ceniza, inalterada
81	CR112AKS	10	17	50.0	84	54	28.5	Bedded andesite or dacite	Andesita o dacita, estratificada
81	CR112BKS	10	17	50.0	84	54	28.5	Bedded andesite or dacite	Andesita o dacita, estratificada
82	CR029AKS	10	15	57.3	84	50	21.6	Dacite, plagioclase, pyroxene, hornblende, and biotite phenocrysts	Dacita, fenocristales de plagioclasa, piroxeno, hornblenda y biotita
83	CR124RSM	10	15	54.0	84	50	21.6	Rhyolite, silicified and brecciated, some Fe-oxide	Riolita, silicificada y brechosa, algo de óxido de Fe
84	CR165RSM	10	15	47.5	84	50	11.7	Metasediment, disseminated pyrite	Metasedimento, pirita diseminada
85	CR094AKS	10	15	43.5	84	56	39.7	Rhyolite(?), ash-flow sheet	Riolita(?), capa de flujo de ceniza
85	CR094BKS	10	15	43.5	84	56	39.7	Rhyolite, silicified lapilli tuff	Riolita, toba de lapilli silicificada
86	CR096AKS	10	15	42.0	84	55	53.7	Andesite, brecciated flow dome, plagioclase and pyroxene phenocrysts	Andesita, flujo dómico brechoso, fenocristales de plagioclasa y piroxeno
87	CR097AKS	10	15	40.5	84	54	38.1	Andesite, brecciated flow dome, plagioclase and pyroxene phenocrysts	Andesita, flujo dómico brechoso, fenocristales de plagioclasa y piroxeno
88	CR108AKS	10	15	24.4	84	53	24.0	Rhyolite, flow banded	Riolita, bandeamiento de flujo
88	CR108BKS	10	15	24.4	84	53	24.0	Rhyolite, spherulitic	Riolita, esferulítica
89	CR099AKS	10	15	13.8	84	59	43.8	Andesite, flow, aphanitic	Andesita, colada, afanítica
90	CR095AKS	10	15	12.6	84	56	33.1	Andesite, crystal-rich flow, plagioclase and pyroxene crystals	Andesita, colada rica en cristales, cristales de plagioclasa y piroxeno
91	CR107AKS	10	15	4.9	84	52	54.4	Rhyolite(?), flow(?)	Riolita(?), colada(?)

Table 5.--Description of rock samples from the Cordillera de Tilarán and Montes del Aguacate, Costa Rica.--Continued

Cuadro 5.--Descripción de muestras de roca de la Cordillera de Tilarán y los Montes del Aguacate, Costa Rica.--Continua

Map no. / Número de mapa	Sample number / Número de muestra	Latitude deg. min. sec. / Latitud grad. min. seg.			Longitude deg. min. sec. / Longitud grad. min. seg.			Description / Descripción
92	CR106AKS	10	14	56.8	84	52	38.0	Basalt, altered olivine phenocrysts / Basalt, fenocristales de olivino alterada
92	CR106BKS	10	14	56.8	84	52	38.0	Basalt, altered olivine phenocrysts / Basalt, fenocristales de olivino alterada
93	CR030AKS	10	14	55.4	84	50	34.6	Dacite, contains hornblende in groundmass / Dacita, contiene hornblenda en masa
94	CR105AKS	10	14	42.2	84	51	55.2	Andesite, flow, clinopyroxene and plagioclase phenocrysts / Andesita, colada, fenocristales de clinopiroxeno y plagioclasa
95	CR061ARK	10	14	42.0	84	53	45.3	Quartz vein, some Fe-oxide / Veta de cuarzo, algo de óxido de Fe
95	CR109AKS	10	14	42.0	84	53	45.3	Rhyolite, brecciated and silicified, Mn-oxide / Riolita, brechosa y silicificada, óxido de Mn
95	CR109BKS	10	14	42.0	84	53	45.3	Rhyolite, silicified and brecciated, Mn-oxide / Riolita, silicificada y brechosa, óxido de Mn
96	CR110AKS	10	14	40.3	84	54	11.6	Andesite, altered flow / Andesita, colada alterada
97	CR104AKS	10	14	39.0	84	51	47.0	Diorite(?), inclusion in dacite / Diorita(?), inclusión en dacita
98	CR031AKS	10	14	32.5	84	51	15.0	Dacite, abundant fine-grained inclusions / Dacita, inclusiones de grano fino abundantes
99	CR103AKS	10	14	26.0	84	51	28.8	Dacite, abundant diorite(?) inclusions / Dacita, inclusiones de diorita(?) abundantes
100	CR111AKS	10	14	22.0	84	54	8.3	Andesite, flow, core of weathered rock, clinopyroxene and plagioclase phenocrysts / Andesita, colada, centro de roca meteorizada, fenocristales de clinopiroxeno y plagioclasa
101	CR032AKS	10	14	12.9	84	51	27.2	Rhyolite, plug with quartz and biotite phenocrysts / Riolita, tapón con fenocristales de cuarzo y biotita
101	CR048AWB	10	14	12.9	84	51	27.2	Rhyolite, quartz phenocrysts / Riolita, fenocristales de cuarzo
101	CR163RSM	10	14	12.9	84	51	27.2	Rhyolite, somewhat weathered / Riolita, algo meteorizada
102	CR115AKS	10	13	3.4	85	0	9.8	Rhyolite, ash-flow sheet / Riolita, capa de flujo de ceniza
103	CR062ASL	10	12	52.3	84	43	43.5	Monzonite, fresh, Guacimal intrusion / Monzonita, fresca, Intrusión Guacimal
104	CR052ASL	10	12	12.5	84	51	7.2	Andesite, fresh lava flow / Andesita, colada de lava fresca
105	CR101AKS	10	11	44.1	84	56	42.5	Rhyolite(?), brecciated plug(?) / Riolita(?), tapón(?) brechoso
106	CR102AKS	10	11	37.6	84	56	24.4	Andesite, fresh flow / Andesita, colada fresca
107	CR061ASL	10	11	34.2	84	43	13.8	Dacite, hornblende-bearing plug / Dacita, tapón conteniendo hornblenda
108	CR034ARK	10	11	32.6	84	57	28.5	Dacite, propylitically altered flow, plagioclase phenocrysts / Dacita, colada propilíticamente alterada, fenocristales de plagioclasa
109	CR053AKS	10	11	30.2	84	50	57.3	Dacite, plug, plagioclase and hornblende phenocrysts / Dacita, tapón, fenocristales de plagioclasa y hornblenda
109	CR088ARK	10	11	30.2	84	50	57.3	Rhyolite, biotite and quartz phenocrysts / Riolita, fenocristales de biotita y cuarzo
110	CR040ARK	10	11	27.8	84	41	15.4	Andesite, pyroxene and plagioclase phenocrysts / Andesita, fenocristales de piroxeno y plagioclasa
111	CR100AKS	10	11	24.6	84	56	26.0	Rhyolite(?), ash-flow sheet with lithic fragments / Riolita(?), en capa de flujo de ceniza con fragmentos líticos
111	CR100BKS	10	11	24.6	84	56	26.0	Rhyolite, silicified, disseminated pyrite / Riolita, silicificada, pirita diseminada
111	CR100CKS	10	11	24.6	84	56	26.0	Rhyolite, silicified, disseminated pyrite / Riolita, silicificada, pirita diseminada
112	CR022ASL	10	11	23.6	84	51	3.8	Quartz monzonite porphyry, relatively fresh, aphanitic groundmass / Pórfido de cuarzo monzonita, relativamente fresco, masa afanítico
113	CR017AWB	10	11	23.4	84	53	18.6	Dacite, fresh flow / Dacita, colada fresca
114	CR013ASL	10	11	23.3	84	53	44.9	Andesite, feldspar-bearing, fresh flow / Andesita, con contenido de feldespato, colada fresca
115	CR018AWB	10	11	20.2	84	52	55.6	Dacite, fresh flow / Dacita, colada fresca
116	CR041ARK	10	11	14.8	84	40	59.0	Andesite, pyroxene and plagioclase phenocrysts / Andesita, fenocristales de piroxeno y plagioclasa
117	CR019AWB	10	11	13.7	84	52	49.0	Dacite, fresh flow / Dacita, colada fresca
118	CR057ARK	10	11	7.7	84	47	17.0	Andesite, pyroxene, hornblende, and plagioclase, propylitically altered / Andesita, piroxeno, hornblenda y plagioclasa, propilíticamente alterada
119	CR028BWB	10	11	1.6	84	43	10.4	Rhyolite, aphyric dike, partly silicified / Riolita, dique afídico, parcialmente silicificado
120	CR046AWB	10	10	57.5	84	51	36.7	Dacite, weathered rind / Dacita, borde meteorizado
120	CR054AKS	10	10	57.5	84	51	36.7	Andesite, flow / Andesita, colada
121	CR023ASL	10	10	44.6	84	50	44.0	Quartz monzonite porphyry, relatively fresh / Pórfido de cuarzo de monzonita, relativamente fresca
121	CR023BSL	10	10	44.6	84	50	44.0	Rhyolite, quartz-bearing flow-dome with basal breccia / Riolita, flujo dómico conteniendo cuarzo con base brechosa
122	CR030ASL	10	10	38.9	84	42	8.0	Andesite, strongly altered flow, sericite- and pyrite-bearing with quartz veinlets / Andesita, colada fuertemente alterada, contenido de sericita y pirita con vetillas de cuarzo
123	CR016AWB	10	10	34.4	84	54	21.0	Quartz vein / Veta de cuarzo
123	CR016BWB	10	10	34.4	84	54	21.0	Andesite, silicified with pyrite / Andesita, silicificada con pirita
123	CR016CWB	10	10	34.4	84	54	21.0	Quartz vein / Veta de cuarzo
124	CR058ARK	10	10	28.6	84	47	30.1	Dacite, blocks in andesite / Dacita, bloques en andesita
124	CR059ARK	10	10	28.6	84	47	30.1	Andesite, tuff-breccia, contains sulfides / Andesita, brecha tobácea, contiene sulfuros
125	CR026AKS	10	10	27.8	84	54	57.1	Andesite, flow / Andesita, colada
126	CR277RSM	10	10	18.8	84	54	16.0	Andesite, silicified brecciated and recemented dense, hard, disseminated pyrite / Andesita, silicificada, brechosa y recementada, densa, dura, pirita diseminada
126	CR278RSM	10	10	18.8	84	54	16.0	Quartz vein, dense, hard, white with quartz crystals in cavities / Veta de cuarzo, densa, dura, color blanco, con cristales de cuarzo en las cavidades
126	CR280RSM	10	10	18.8	84	54	16.0	Rhyolite, dike, silicified, sugary, Fe-oxide / Riolita, dique, silicificado, sacaroidea, óxido de Fe
126	CR281RSM	10	10	18.8	84	54	16.0	Andesite, altered to clay and Fe-oxide / Andesita, alterada a arcilla y óxido de Fe
127	CR028AWB	10	10	16.0	84	43	49.8	Rhyolite, aphyric dike, partly silicified / Riolita, dique afídico, parcialmente silicificado
128	CR034ASL	10	10	15.9	84	43	59.7	Rhyolite, dike(?) rock containing tourmaline / Riolita, roca de dique(?) conteniendo turmalina
128	CR034BSL	10	10	15.9	84	43	59.7	Rhyolite, dike(?) / Riolita, dique(?)
129	CR020AWB	10	10	11.8	84	52	35.7	Dacite, fresh flow / Dacita, colada fresca
130	CR021AWB	10	10	11.7	84	53	31.6	Dacite, fresh flow / Dacita, colada fresca
130	CR021BWB	10	10	11.7	84	53	31.6	Silicified rhyolite, aphyric, boulder in field / Riolita, silicificada, afídico, bloque en el campo
131	CR052AKS	10	10	8.6	84	52	29.2	Andesite, flow / Andesita, colada
132	CR047ASL	10	10	2.2	84	51	20.1	Monzonite porphyry / Pórfido de monzonita
133	CR056ARK	10	9	59.2	84	49	11.9	Andesite, biotite and plagioclase / Andesita, biotita y plagioclasa
134	CR060ARK	10	9	56.1	84	46	57.1	Andesite / Andesita
135	CR051ASL	10	9	42.6	84	51	23.4	Monzonite porphyry, altered stock(?) / Pórfido de monzonita, stock(?) alterado
136	CR021ASL	10	9	42.3	84	53	51.3	Andesite, fresh corestone in weathered flow / Andesita, cebollón fresco en colada meteorizada
136	CR021BSL	10	9	42.3	84	53	51.3	Andesite, fresh corestone in weathered flow / Andesita, cebollón fresco en colada meteorizada
137	CR005ASL	10	9	30.4	84	43	23.5	Quartz vein, ore sample from mine dump, contains sulfides / Veta de cuarzo, muestra de mena de un desechadeo de mina, contiene sulfuros
138	CR027AWB	10	9	30.4	84	43	26.7	Andesite, altered, contains pyrite and calcite / Andesita, alterada, contiene pirita y calcita
139	CR007RSM	10	9	30.4	84	43	30.0	Quartz vein, disseminated pyrite, Fe-oxides in cavities with quartz crystals / Veta de cuarzo, pirita diseminada, óxidos de Fe en cavidades con cristales de cuarzo
140	CR039ARK	10	9	27.4	84	39	43.2	Andesite, pyroxene and plagioclase phenocrysts / Andesita, fenocristales de pyroxeno y plagioclasa
141	CR002AWB	10	9	27.1	84	43	26.7	Quartz vein, cuts andesite / Veta de cuarzo, cruza andesita
141	CR002BWB	10	9	27.1	84	43	26.7	Quartz vein / Veta de cuarzo
142	CR050ASL	10	9	26.4	84	51	13.5	Stream boulder / Bloque en quebrada
142	CR050BSL	10	9	26.4	84	51	13.5	Stream boulder / Bloque en quebrada
142	CR050CSL	10	9	26.4	84	51	13.5	Stream boulder / Bloque en quebrada
142	CR050DSL	10	9	26.4	84	51	13.5	Stream boulder / Bloque en quebrada
142	CR050ESL	10	9	26.4	84	51	13.5	Stream boulder / Bloque en quebrada
142	CR050FSL	10	9	26.4	84	51	13.5	Stream boulder / Bloque en quebrada
142	CR050GSL	10	9	26.4	84	51	13.5	Stream boulder / Bloque en quebrada
142	CR050HSL	10	9	26.4	84	51	13.5	Stream boulder / Bloque en quebrada
142	CR050ISL	10	9	26.4	84	51	13.5	Stream boulder / Bloque en quebrada
142	CR050JSL	10	9	26.4	84	51	13.5	Stream boulder / Bloque en quebrada
142	CR050KSL	10	9	26.4	84	51	13.5	Stream boulder / Bloque en quebrada
142	CR050LSL	10	9	26.4	84	51	13.5	Stream boulder / Bloque en quebrada
143	CR026AWB	10	9	23.9	84	43	16.9	Quartz vein, contains goethite / Veta de cuarzo, contiene goetita
143	CR026BWB	10	9	23.9	84	43	16.9	Quartz vein, contains pyrite, galena, sphalerite, and chalcopyrite / Veta de cuarzo, contiene pirita, galena, esfalerita y calcopirita
143	CR026CWB	10	9	23.9	84	43	16.9	Andesite, altered with pyrite and chlorite / Andesita, alterada, con pirita y clorita
144	CR060ASL	10	9	23.9	84	43	23.4	Monzonite, dike / Monzonita, dique
145	CR135RSM	10	9	21.3	84	43	17.5	Quartz vein, dense, hard, some pyrite on margins / Veta de cuarzo, densa, dura, algo de pirita en los márgenes
145	CR136RSM	10	9	21.3	84	43	17.5	Quartz vein, stockwork with some pyrite, chalcopyrite, sphalerite, and galena / Veta de cuarzo, stockwork con algo de pirita, calcopirita, esfalerita y galena
146	CR055ARK	10	9	20.1	84	49	25.0	Dacite, pyroxene and plagioclase phenocrysts / Dacita, fenocristales de piroxeno y plagioclasa
147	CR054ARK	10	8	40.9	84	49	41.4	Andesite, pyroxene and plagioclase phenocrysts / Andesita, fenocristales de piroxeno y plagioclasa
148	CR077ARK	10	8	35.5	84	36	49.0	Dacite, hornblende and plagioclase phenocrysts / Dacita, fenocristales de hornblenda y plagioclasa
149	CR049ASL	10	8	34.0	84	53	11.7	Rhyolite, altered plug(?) / Riolita, tapón(?) alterado
150	CR075ARK	10	8	32.3	84	36	12.8	Dacite, hornblende, biotite, and plagioclase phenocrysts / Dacita, fenocristales de hornblenda, biotita y plagioclasa
151	CR074ARK	10	8	29.0	84	36	3.0	Andesite, clinopyroxene, orthopyroxene, and plagioclase, vitrophyric / Andesita, clinopiroxeno, orthopiroxeno y plagioclasa, vitrofídico
152	CR038ARK	10	8	28.5	84	43	10.2	Andesite, augite and plagioclase phenocrysts / Andesita, fenocristales de augita y plagioclasa
152	CR038BRK	10	8	28.5	84	43	10.2	Rhyolite, stony, aphyric, rubble breccia / Riolita, litoidal, afídico, brecha de colápso
153	CR037ARK	10	8	28.5	84	43	36.5	Rhyolite, aphyric, contains sulfides / Riolita, afídico, contiene sulfuros
154	CR076ARK	10	8	25.7	84	36	45.7	Dacite, vitrophyric dome / Dacita, domo vitrofídico
155	CR048AKS	10	8	22.4	84	38	30.8	Rhyolite, flow-dome, biotite and hornblende phenocrysts / Riolita, flujo dómico, fenocristales de biotita y hornblenda
155	CR048BKS	10	8	22.4	84	38	30.8	Dacite, flow, plagioclase and pyroxene phenocrysts / Dacita, colada, fenocristales de plagioclasa y piroxeno
156	CR079ARK	10	8	19.2	84	37	51.4	Dacite, breccia / Dacita, brecha
157	CR033ASL	10	8	11.9	84	46	37.3	Rhyolite, brecciated margin of plug / Riolita, margen brechoso de tapón
158	CR046ASL	10	8	11.5	84	50	30.6	Andesite, fresh lava flow / Andesita, colada de lava fresca
159	CR078ARK	10	8	9.4	84	37	54.7	Dacite, hornblende and plagioclase phenocrysts / Dacita, fenocristales de hornblenda y plagioclasa
160	CR050AKS	10	8	6.1	84	37	58.0	Andesite, breccia / Andesita, brecha
161	CR049AKS	10	8	2.8	84	38	14.4	Rhyolite, flow / Riolita, colada
161	CR049BKS	10	8	2.8	84	38	14.4	Basalt, plagioclase, pyroxene, and olivine phenocrysts / Basalto, fenocristales de plagioclasa, piroxeno y olivino
162	CR153RSM	10	8	2.8	84	38	21.0	Andesite, porphyry, altered to clay and silicified, vesicular, Fe-oxide / Andesita, pórfido, alterada a arcilla y silicificada, vesicular, óxido de Fe
163	CR154RSM	10	8	0.9	84	38	11.8	Rhyolite, silicified, chalcedony with disseminated pyrite / Riolita, silicificada, calcedonia con pirita diseminada
163	CR155RSM	10	8	0.9	84	38	11.8	Rhyolite, flow banded, some Fe-oxides / Riolita, bandeamiento de flujo, algunos óxidos de Fe
164	CR053ARK	10	7	55.4	84	49	21.6	Andesite, pyroxene and plagioclase phenocrysts / Andesita, fenocristales de piroxeno y plagioclasa
165	CR027ASL	10	7	53.2	84	35	33.3	Monzonite, porphyritic stock beneath rhyolite / Monzonita, stock porfirítico debajo de riolita
166	CR047AKS	10	7	49.8	84	38	17.7	Rhyolite, biotite and sanidine bearing ash-flow tuff / Riolita, toba de corriente de ceniza con contenido de biotita y sanidina
167	CR049ARK	10	7	42.5	84	48	24.0	Andesite, pyroxene and plagioclase phenocrysts / Andesita, fenocristales de piroxeno y plagioclasa
168	CR048ARK	10	7	42.4	84	48	29.0	Andesite, pyroxene and plagioclase phenocrysts / Andesita, fenocristales de piroxeno y plagioclasa
168	CR048BRK	10	7	42.4	84	48	29.0	Rhyolite, aphyric with pumice / Riolita, afídico con pumita
169	CR045ASL	10	7	42.3	84	50	7.5	Andesite, red flow / Andesita, colada rojisa
170	CR048ASL	10	7	41.9	84	53	14.9	Andesite, fresh flow / Andesita, colada fresca
171	CR050ARK	10	7	26.2	84	48	28.9	Rhyolite, pumiceous quartz-bearing, coarsely porphyritic / Riolita, pumítico, conteniendo cuarzo, gruesamente porfirítico
172	CR007ARK	10	7	17.2	84	38	50.5	Rhyodacite, flow, quartz, plagioclase, hornblende, and biotite, fresh / Riodacita, colada, cuarzo, plagioclasa, hornblenda y biotita, fresca
173	CR006ARK	10	7	17.1	84	39	49.6	Rhyolite, ash-flow, quartz, biotite, sanidine, and hornblende phenocryst / Riolita, flujo de ceniza, fenocristales cuarzo, biotita, sanidina y hornblenda
174	CR073ARK	10	7	14.3	84	32	39.1	Andesite, tuff-breccia, altered / Andesita, brecha tobácea, alterada
175	CR029ASL	10	7	14.0	84	38	47.2	Rhyodacite porphyry, plagioclase phenocrysts in a quartz and K-feldspar matrix / Pórfido de riodacita, fenocristales de plagioclasa en una matriz de cuarzo y feldespato de K
176	CR037AKS	10	7	13.9	84	40	2.8	Rhyolite, biotite-bearing, ash-flow tuff, fresh / Riolita, contenido de biotita, toba de corriente de ceniza, fresca
177	CR041ASL	10	7	13.5	84	44	9.3	Monzonite porphyry, fine grained / Pórfido de monzonita, de grano fino
178	CR072ARK	10	7	11.1	84	31	26.8	Andesite, clinopyroxene, orthopyroxene, and plagioclase, vitrophyric / Andesita, clinopiroxeno, ortopiroxeno y plagioclasa, vitrofídico
179	CR020AKS	10	7	11.0	84	32	45.7	Andesite, weakly altered flow with pyrite / Andesita, colada débilmente alterada con pirita
180	CR052ARK	10	7	9.8	84	48	51.9	Dacite, altered with chlorite / Dacita, alterada con clorita
181	CR042AKS	10	7	0.9	84	39	16.8	Andesite, flow / Andesita, colada
182	CR006RSM	10	7	0.6	84	43	28.2	Rhyolite, altered to clay and Fe-oxide (goethite), abundant disseminated pyrite / Riolita, alterada a arcilla y óxido de Fe (goetita), abundante pirita diseminada
183	CR131RSM	10	6	54.8	84	42	57.3	Quartz vein, massive with Fe- and Mn-oxides on fracture surfaces / Veta de cuarzo, masiva con óxidos de Fe y Mn en la superficie de fracturas
183	CR132RSM	10	6	54.8	84	42	57.3	Andesite, altered to clay and abundant Fe-oxides / Andesita, alterada a arcilla y abundantes óxidos de Fe
183	CR133RSM	10	6	54.8	84	42	57.3	Andesite, altered to clay and abundant Fe-oxides / Andesita, alterada a arcilla y abundantes óxidos de Fe
184	CR025AWB	10	6	50.9	84	42	56.9	Quartz vein / Veta de cuarzo
184	CR025BWB	10	6	50.9	84	42	56.9	Quartz vein, pyrite bearing / Veta de cuarzo, contenido de pirita
185	CR051ARK	10	6	47.1	84	48	25.6	Andesite, altered / Andesita, alterada
186	CR071ARK	10	6	45.1	84	30	57.2	Tuff, andesite / Toba, andesita
187	CR130RSM	10	6	43.7	84	42	35.6	Quartz vein, fractured with abundant cavities lined with quartz crystals, some disseminated pyrite / Veta de cuarzo, fracturada con abundantes cavidades con revestimientos de cristales de cuarzo, algo de pirita diseminada
188	CR070ARK	10	6	41.8	84	30	27.6	Andesite, laharic breccia / Andesita, brecha lahárica
189	CR026ASL	10	6	41.7	84	33	48.1	Quartz monzonite porphyry, relatively fresh, aphanitic groundmass / Pórfido de cuarzo de monzonita, relativamente fresca, masa afanítica

Table 5.--Description of rock samples from the Cordillera de Tilarán and Montes del Aguacate, Costa Rica.--Continued

Cuadro 5.--Descripción de muestras de roca de la Cordillera de Tilarán y los Montes del Aguacate, Costa Rica.--Continua

Map no.	Sample no.	Latitude deg.	min.	sec.	Longitude deg.	min.	sec.	Description	Descripción
Número de mapa	Número de muestra	Latitud grad.	min.	seg.	Longitud grad.	min.	seg.		
189	CR100RSM	10	6	41.7	84	33	48.1	Quartz vein, abundant Fe-oxides and pyrite casts	Veta de cuarzo, abundante óxidos de Fe y moldes de pirita
189	CR101RSM	10	6	41.7	84	33	48.1	Quartz vein, sugary, fractured, some Fe-oxides	Veta de cuarzo, sacaroidea, fracturada, algunos óxidos de Fe
189	CR102RSM	10	6	41.7	84	33	48.1	Andesite, silicified, vesicular, abundant Fe-oxides, sericite	Andesita, silicificada, vesicular, abundante óxidos de Fe, sericita
189	CR103RSM	10	6	41.7	84	33	48.1	Quartz vein, abundant Mn- and Fe-oxides, vesicular, some tourmaline	Veta de cuarzo, abundante óxidos de Mn y Fe, vesicular, algo de turmalina
190	CR021AKS	10	6	41.7	84	33	51.4	Rhyolite, plug with quartz and feldspar phenocrysts	Riolita, tapón con fenocristales de cuarzo y feldespato
191	CR042ASL	10	6	41.2	84	41	57.8	Dacite(?), fresh lava flow	Dacita(?), colada de lava fresca
192	CR067ARK	10	6	41.2	84	42	1.1	Andesite, porphyritic	Andesita, porfirítica
193	CR134RSM	10	6	37.2	84	42	35.9	Quartz vein, dense, sugary, some pyrite, galena, sphalerite	Veta de cuarzo, densa, sacaroidea, algo de pirita, galena, esfalerita
194	CR028ASL	10	6	35.1	84	35	10.3	Rhyolite, quartz-bearing flow with basal breccia	Riolita, colada con contenido de cuarzo y base brechosa
195	CR104RSM	10	6	33.5	84	35	8.6	Rhyolite, quartz porphyry, silicified, Fe-oxides and some quartz crystals	Riolita, pórfido de cuarzo, silicificado, óxidos de Fe y algunos cristales de cuarzo
195	CR105RSM	10	6	33.5	84	35	8.6	Rhyolite, silicified, sugary, vesicular, Fe-oxide	Riolita, silicificada, sacaroidea, vesicular, óxido de Fe
195	CR106RSM	10	6	33.5	84	35	8.6	Rhyolite, silicified, sugary, vesicular, abundant Mn- and Fe-oxides	Riolita, silicificada, sacaroidea, vesicular, abundantes óxidos de Mn y Fe
196	CR066ARK	10	6	24.9	84	42	17.5	Andesite, porphyritic	Andesita, porfirítica
197	CR008ARK	10	6	8.5	84	43	26.5	Basalt, flow, plagioclase and clinopyroxene, propylitically altered	Basalto, colada, plagioclasa y clinopiroxeno, propilíticamente alterada
198	CR023ARK	10	6	2.4	84	38	1.1	Andesite, flow	Andesita, colada
199	CR119RSM	10	5	57.7	84	53	24.5	Andesite, altered to clay, some silicification, abundant Fe- and Mn-oxides	Andesita, alterada a arcilla, algo de silicificación, abundantes óxidos de Fe y Mn
200	CR120RSM	10	5	57.0	84	53	19.6	Andesite, altered to clay, some silicification, abundant Fe- and Mn-oxides	Andesita, alterada a arcilla, algo de silicificación, abundantes óxidos de Fe y Mn
201	CR022AKS	10	5	49.5	84	35	13.5	Andesite, propylitically altered, porphyritic flow	Andesita, propilíticamente alterada, colada porfirítica
202	CR290RSM	10	5	44.5	84	31	3.1	Andesite, volcanoclastic, altered to clay, some disseminated pyrite	Andesita, vulcanoclástica, alterada a arcilla, algo de pirita diseminada
203	CR023AKS	10	5	42.8	84	37	41.4	Andesite, propylitically altered, porphyritic flow	Andesita, propilíticamente alterada, colada porfirítica
204	CR036AKS	10	5	42.7	84	39	56.1	Dacite, plagioclase-bearing flow, mafic phenocrysts altered	Dacita, colada con contenido de plagioclasa, fenocristales máficos alterados
205	CR022ARK	10	5	42.7	84	39	59.4	Dacite, flow, hornblende and sphene phenocrysts	Dacita, colada, fenocristales de hornblenda y esfeno
206	CR032ASL	10	5	32.5	84	44	38.4	Andesite, fresh flow with many inclusions	Andesita, colada fresca con muchas inclusiones
207	CR036ARK	10	5	32.5	84	44	38.7	Dacite, dome, hornblende and plagioclase phenocrysts	Dacita, domo, fenocristales de hornblenda y plagioclasa
208	CR031ASL	10	5	32.5	84	44	39.0	Andesite, clay altered flow 5 m from contact with rhyolite	Andesita, colada con alteración de arcilla a 5 m del contacto entre riolita
209	CR040ASL	10	5	29.2	84	45	8.3	Andesite, strongly weathered flow	Andesita, colada fuertemente meteorizada
210	CR037ASL	10	5	26.4	84	40	2.7	Rhyolite, pumice with minor goethite	Riolita, pumita con goetita menor
211	CR116RSM	10	5	13.5	84	54	53.2	Quartz vein, stockwork, disseminated pyrite, quartz crystals in cavities	Veta de cuarzo, stockwork, pirita diseminada, cristales de cuarzo en cavidades
211	CR117RSM	10	5	13.5	84	54	53.2	Quartz vein, dense, hard, white, some minor Fe-oxide, 10-15 cm wide	Veta de cuarzo, densa, dura, color blanco, algo de óxido de Fe menor, 10-15 cm de ancho
211	CR118RSM	10	5	13.5	84	54	53.2	Andesite, altered to clay and abundant Fe-oxides	Andesita, alterada a arcilla y abundantes óxidos de Fe
212	CR046AKS	10	5	10.2	84	39	23.2	Andesite, flow	Andesita, colada
213	CR043ARK	10	5	0.4	84	39	26.5	Basalt, flow breccia, plagioclase and augite, quartz veined	Basalt, flujo brechoso, plagioclasa y augita, con vetas de cuarzo
214	CR047ARK	10	4	57.1	84	39	33.0	Dacite, pumiceous, with biotite and plagioclase phenocrysts	Dacita, pumítica, con fenocristales de biotita y plagioclasa
215	CR121RSM	10	4	46.7	84	53	33.6	Andesite, silicified, white, cherty, vesicular, some Fe-oxides	Andesita, silicificada, color blanco, silícea, vesicular, algunos óxidos de Fe
215	CR122RSM	10	4	46.7	84	53	33.6	Andesite, dense, hard, some propylitic alteration	Andesita, densa, dura, algo de alteración propilítica
215	CR123RSM	10	4	46.7	84	53	33.6	Andesite, silicified, abundant fresh disseminated pyrite and Fe-oxide	Andesita, silicificada, abundante pirita fresca diseminada y óxido de Fe
216	CR005ARK	10	4	40.9	84	38	27.3	Andesite, amygdaloidal flow, propylitically altered	Andesita, colada amygdaloide, propilíticamente alterada
217	CR068BRK	10	4	27.6	84	42	7.5	Rhyolite, silicified tuff on top of rhyolite dome	Riolita, toba silicificada sobre domo riolítico
218	CR068ARK	10	4	27.6	84	42	7.5	Rhyolite(?), aphyric, siliceous	Riolita(?), afídica silícea
219	CR069ARK	10	4	27.6	84	43	0.0	Andesite, clinopyroxene, orthopyroxene, and plagioclase phenocrysts	Andesita, fenocristales de clinopiroxeno, ortopiroxeno y plagioclasa
220	CR001ASL	10	4	25.1	84	28	39.1	Andesite, clast from agglomerate in flow	Andesita, clasto de aglomerado dentro de colada
221	CR045ARK	10	4	18.1	84	39	33.0	Andesite, stony with pyroxene and plagioclase	Andesita, litoidal con piroxeno y plagioclasa
221	CR046ARK	10	4	18.1	84	39	33.0	Dacite, pumiceous	Dacita, pomítica
222	CR287RSM	10	4	9.0	84	32	26.8	Andesite, silicified, brecciated and recemented, vesicular, Fe-oxides	Andesita, silicificada, brechosa y recementada, vesicular, óxidos de Fe
222	CR288RSM	10	4	9.0	84	32	26.8	Fe-oxide vein, silicified, abundant Fe-oxide, between ash flow and andesite	Veta de óxido de Fe, silicificada, abundante óxido de Fe, entre flujo de ceniza y andesita
222	CR289RSM	10	4	9.0	84	32	26.8	Pyrite-marcasite vein, massive, coating breccia fragments	Veta de pirita-marcasita, masiva, cubriendo fragmentos de brecha
223	CR043ASL	10	4	5.5	84	31	30.0	Andesite, flow	Andesita, colada
224	CR042ARK	10	4	5.1	84	38	17.4	Silicified andesite block	Bloque de andesita silicificado
225	CR044ARK	10	4	5.0	84	39	26.4	Rhyodacite, tuffaceous	Riodacita, tobácea
226	CR083AKS	10	4	4.9	84	40	48.6	Rhyolite, silicified plug	Riolita, tapón silicificado
226	CR083BKS	10	4	4.9	84	40	48.6	Rhyolite, silicified plug	Riolita, tapón silicificado
226	CR083CKS	10	4	4.9	84	40	48.6	Rhyolite, silicified plug	Riolita, tapón silicificado
227	CR039ASL	10	3	58.2	84	43	23.0	Rhyolite, creamy, aphyric plug, minor goethite	Riolita, cremoso, tapón afídico, goetita menor
228	CR247RSM	10	3	49.3	84	40	35.1	Quartz vein, sugary, disseminated pyrite, cavities with quartz crystals	Veta de cuarzo, sacaroideo, pirita diseminada, cavidades con cristales de cuarzo
228	CR248RSM	10	3	49.3	84	40	35.1	Quartz vein, massive, much pyrite, quartz crystals in cavities	Veta de cuarzo, masiva, mucha pirita, cristales de cuarzo en cavidades
229	CR245RSM	10	3	42.2	84	40	24.9	Rhyolite, silicified, dense, hard, abundant Fe-oxides	Riolita, silicificada, densa, dura, abundantes óxidos de Fe
229	CR246RSM	10	3	42.2	84	40	24.9	Rhyolite, silicified, vesicular with abundant Fe-oxides, abundant pyrite casts	Riolita, silicificada, vesicular con abundantes óxidos de Fe, abundantes moldes de pirita
230	CR004ARK	10	3	29.3	84	38	10.8	Rhyolite, flow-dome, aphyric, fresh	Riolita, flujo dómico afídico, fresco
230	CR004BRK	10	3	29.3	84	38	10.8	Rhyolite, flow-dome, spherulites	Riolita, flujo dómico, esferulitas
231	CR030ARK	10	3	29.0	84	42	46.8	Rhyolite, sparsely phyric plug, biotite crystals	Riolita, tapón levemente fídico, cristales de biotita
232	CR044ASL	10	3	28.7	84	45	31.1	Andesite, flow	Andesita, colada
233	CR167RSM	10	3	26.0	84	38	10.8	Rhyolite, flow banded, fractured, some Fe-oxides	Riolita, bandeamiento de flujo, fracturada, algunos óxidos de Fe
234	CR043AKS	10	3	22.7	84	40	2.5	Dacite, weathered, silicified flow	Dacita, meteorizada, colada silicificado
235	CR243RSM	10	3	22.0	84	40	5.1	Rhyolite, altered to clay with fine siliceous Fe-oxide veinlets	Riolita, alterada a arcilla con vetillas de óxido de Fe silíceas y finas
235	CR244RSM	10	3	22.0	84	40	5.1	Fe-oxide veins, siliceous, occur along fractures with Fe-oxides	Vetas de óxido de Fe, silíceas, presente a lo largo de fracturas con óxidos de Fe
236	CR002ASL	10	3	19.9	84	30	24.2	Rhyolite, feldspar-bearing, quartz phenocryst free dike	Riolita, contenido de feldespato, dique libre de fenocristales de cuarzo
237	CR063ARK	10	3	19.7	84	36	5.9	Andesite, fine-grained, lithic tuff	Andesita, de grano fino, toba lítica
238	CR064ARK	10	3	19.6	84	36	12.5	Rhyolite, aphyric peperite breccia	Riolita, brecha peperita afídica
239	CR036ASL	10	3	19.4	84	39	59.2	Rhyolite, aphyric plug with moderate amounts of goethite	Riolita, tapón afídico con cantidades moderadas de goetita
240	CR035ASL	10	3	19.4	84	40	5.8	Rhyolite, aphyric plug with moderate amounts of goethite	Riolita, tapón afídico con cantidades moderadas de goetita
241	CR029ARK	10	3	15.9	84	42	36.9	Silicified rhyolite	Riolita silicificada
242	CR001NP	10	3	13.3	84	31	59.5	Andesite(?), volcanic breccia	Andesita(?), brecha vulcánica
242	CR002NP	10	3	13.3	84	31	59.5	Andesite(?), volcanic breccia	Andesita(?), brecha vulcánica
242	CR014ASL	10	3	13.3	84	31	59.5	Rhyolite(?), 3 cm wide dike, clay altered	Riolita(?), dique de 3 cm de ancho, alterada a arcilla
242	CR022AWB	10	3	13.3	84	31	59.5	Quartz vein, oxidized, cuts silicified andesite	Veta de cuarzo, oxidada, cruza andesita silicificada
242	CR022BWB	10	3	13.3	84	31	59.5	Quartz vein, contains pyrite, galena, sphalerite, and chlorite	Veta de cuarzo, contiene pirita, galena, esfalerita y clorita
242	CR022CWB	10	3	13.3	84	31	59.5	Sulfide ore, silicified with hypogene(?) hematite(?)	Mena de sulfuros, silicificada con hipogeno(?) hematita(?)
242	CR022DWB	10	3	13.3	84	31	59.5	Galena	Galena
243	CR129RSM	10	3	13.0	84	31	26.6	Fe-oxide vein, silicified with abundant Fe-oxides	Veta de óxido de Fe, silicificada con óxidos de Fe abundante
244	CR125RSM	10	3	12.4	84	31	54.6	Andesite, silicified, abundant quartz veining with pyrite, sphalerite, galena, and chalcopyrite	Andesita, silicificada, abundante vetillas de cuarzo con pirita, esfalerita, galena y calcopirita
244	CR126RSM	10	3	12.4	84	31	54.6	Quartz vein, vesicular with pyrite, sphalerite, galena, and chalcopyrite	Veta de cuarzo, vesicular con pirita, esfalerita, galena y calcopirita
244	CR127RSM	10	3	12.4	84	31	54.6	Andesite, altered to clay and Fe-oxides, some small quartz veinlets	Andesita, alterada a arcilla y óxidos de Fe, algunas vetillas de cuarzo pequeñas
244	CR128RSM	10	3	12.4	84	31	54.6	Quartz vein, abundant disseminated pyrite, quartz crystals in vesicles, 5 cm wide	Veta de cuarzo, pirita diseminada abundante, cristales de cuarzo en vesículas de 5 cm de ancho
245	CR065ARK	10	3	9.9	84	36	12.5	Andesite, breccia	Andesita, brecha
246	CR086BKS	10	3	9.5	84	41	34.5	Dacite, flow, plagioclase and pyroxene phenocrysts	Dacita, colada, fenocristales de plagioclasa y piroxeno
247	CR028ARK	10	3	6.2	84	42	36.9	Silicified andesite	Andesita, silicificada
248	CR076RSM	10	3	1.9	84	33	5.9	Siltstone, altered, fractured with Fe- and Mn-oxides on fracture surface	Limolita, alterada, fracturada con óxidos de Fe y Mn en la superficie de fracturas
248	CR077RSM	10	3	1.9	84	33	5.9	Rhyolite, quartz porphyry, some Fe-oxides and pyrite casts	Riolita, pórfido de cuarzo, algunos óxidos de Fe y moldes de pirita
249	CR086AKS	10	3	1.4	84	40	48.5	Dacite, platy flow	Dacita, colada en lajas
250	CR015AKS	10	3	0.3	84	33	11.8	Andesite, bedded tuff	Andesita, toba en capas
251	CR016AKS	10	3	0.2	84	33	41.3	Rhyolite, plug with quartz phenocrysts	Riolita, tapón con fenocristales de cuarzo
252	CR087RSM	10	3	0.2	84	33	44.6	Andesite, tuff, silicified with abundant disseminated pyrite	Andesita, toba, silicificada con abundante pirita diseminada
253	CR092RSM	10	3	0.2	84	33	47.9	Fe-oxide vein, silicified, abundant Fe- and Mn-oxides	Veta de óxido de Fe, silicificada, abundantes óxidos de Fe y Mn
253	CR093RSM	10	3	0.2	84	33	47.9	Andesite, silicified, bleached with Fe- and Mn-oxides, some quartz veining	Andesita, silicificada, blanqueada con óxidos de Fe y Mn, algo de vetillas de cuarzo
254	CR078RSM	10	2	58.6	84	33	6.8	Siltstone, silicified fractured with fe-oxide and some quartz veining	Limolita, silicificada, fracturada con óxido de Fe y algo de vetillas de cuarzo
254	CR080RSM	10	2	58.6	84	33	6.8	Rhyolite, quartz porphyry, silicified and fractured, Fe- and Mn-oxides with pyrite casts	Riolita, pórfido de cuarzo, silicificada y fracturada, óxidos de Fe y Mn con moldes de pirita
254	CR081RSM	10	2	58.6	84	33	6.8	Rhyolite, quartz porphyry, silicified with quartz veins and pyrite casts	Riolita, pórfido de cuarzo, silicificada con vetas de cuarzo y moldes de pirita
254	CR082RSM	10	2	58.6	84	33	6.8	Siltstone, brecciated and silicified with abundant fresh pyrite	Limolita, brechosa y silicificada con abundante pirita fresca
255	CR079RSM	10	2	58.6	84	33	9.5	Siltstone, silicified with some quartz veins and disseminated pyrite	Limolita, silicificada con algo de vetas de cuarzo y pirita diseminada
256	CR083RSM	10	2	57.0	84	33	20.0	Fe-oxide vein, Mn-oxide present with pyrite casts	Veta de óxido de Fe, óxido de Mn presente con moldes de pirita
256	CR084RSM	10	2	57.0	84	33	20.0	Andesite, brecciated and silicified, abundant Fe-oxide staining	Andesita, brechosa y silicificada, manchas de óxido de Fe abundantes
256	CR085RSM	10	2	57.0	84	33	20.0	Andesite, altered with some fresh pyrite and abundant oxidized pyrite	Andesita, alterada con algo de pirita fresca y abundante pirita oxidada
257	CR017AKS	10	2	57.0	84	33	44.6	Andesite, bedded tuff	Andesita, toba en capas
257	CR088RSM	10	2	57.0	84	33	44.6	Quartz vein, dense, hard, white, thin layer of pyrite on margin of vein, 1-1.5 cm wide	Veta de cuarzo, densa, dura, color blanco, capa delgada de pirita en margen de veta, 1 a 1.5 cm de ancho
257	CR089RSM	10	2	57.0	84	33	44.6	Andesite, tuff, altered with Fe-oxide on fracture surfaces	Andesita, toba, alterada con óxido de Fe en la superficie de fracturas
257	CR090RSM	10	2	57.0	84	33	44.6	Quartz vein, vesicular with quartz crystals, abundant pyrite throughout and on margins	Veta de cuarzo, vesicular con cristales de cuarzo, abundante pirita pervasiva y en los márgenes
257	CR091RSM	10	2	57.0	84	33	44.6	Quartz vein, dense, hard, white, with pyrite on margins	Veta de cuarzo, densa, dura, color blanco, con pirita en márgenes
258	CR001RSM	10	2	54.5	84	30	34.1	Rhyolite, dike, altered to clay, abundant disseminated pyrite	Riolita, dique, alterada a arcilla, abundante pirita diseminada
259	CR241RSM	10	2	53.4	84	39	32.9	Andesite, silicified, brecciated with Fe-oxides	Andesita, silicificada, brechosa con óxidos de Fe
259	CR242RSM	10	2	53.4	84	39	32.9	Andesite, altered to clay, brecciated and cemented with siliceous Fe-oxides	Andesita, alterada a arcilla, brechosa y cementada con óxidos de Fe silíceos
260	CR094RSM	10	2	52.1	84	33	44.6	Andesite, tuff, altered to clay, abundant Mn-oxide and some quartz vein	Andesita, toba, alterada a arcilla, abundante óxido de Mn y algunas vetas de cuarzo
260	CR095RSM	10	2	52.1	84	33	44.6	Andesite, tuff, some alteration to clay, small siliceous Fe-oxide veins	Andesita, toba, algo alterada a arcilla, pequeñas vetas silíceas óxido de Fe
260	CR096RSM	10	2	52.1	84	33	44.6	Fe-oxide vein, silicified, abundant Fe- and Mn-oxides	Veta de óxido de Fe, silicificada, abundante óxidos Fe y Mn
261	CR086RSM	10	2	47.2	84	33	39.7	Andesite, altered, fracture surfaces coated with Fe-oxides	Andesita, alterada, superficies de fracturas cubiertas con óxidos de Fe
262	CR018AKS	10	2	47.2	84	33	44.6	Andesite, bedded tuff	Andesita, toba en capas
263	CR085AKS	10	2	46.7	84	41	31.2	Dacite, tuff breccia	Dacita, brecha tobácea
264	CR099RSM	10	2	46.2	84	33	45.6	Travertine, very porous, dark colored, fetid	Travertino, muy porosa, de color oscuro, fétido
265	CR097RSM	10	2	45.6	84	33	43.0	Quartz vein, abundant fresh pyrite and Fe-oxides, mainly in fractures	Veta de cuarzo, abundante pirita fresca y óxidos de Fe, principalmente en fracturas
265	CR098RSM	10	2	45.6	84	33	43.0	Andesite, tuff, altered zone of abundant Fe- and Mn-oxides with some quartz	Andesita, toba, zona alterada de óxidos de Fe y Mn abundantes y con algo de cuarzo
266	CR166RSM	10	2	33.8	84	39	34.5	Quartz vein, red jasperoid with disseminated pyrite, 2-8 cm wide	Veta de cuarzo, jasperoide rojizo con pirita diseminada, 2 a 8 cm de ancho
267	CR082AKS	10	2	33.8	84	39	59.2	Dacite, flow(?), few lithic fragments	Dacita, colada(?), pocos fragmentos líticos
268	CR081AKS	10	2	30.5	84	40	9.0	Dacite, plagioclase-rich flow	Dacita, colada rica en plagioclasa
269	CR084AKS	10	2	30.4	84	41	45.9	Andesite, dark-green flow, pyroxene crystals	Andesita, colada de color verde oscuro, cristales de piroxeno
270	CR011ASL	10	2	28.0	84	24	39.2	Andesite, unaltered, lava flow	Andesita, inalterada, colada de lava
271	CR062ARK	10	2	21.0	84	36	5.9	Andesite, black tuff with clinopyroxene and orthopyroxene	Andesita, toba negra con clinopiroxeno y ortopiroxeno
272	CR024ARK	10	2	20.9	84	38	56.7	Rhyolite, spherulitic flow, biotite phenocrysts	Riolita, colada esferolítica, fenocristales de biotita
273	CR033AKS	10	2	20.9	84	39	0.0	Andesite, flow	Andesita, colada
274	CR025ARK	10	2	20.7	84	40	58.3	Basalt, fresh, vesicular flow, augite and olivine phenocrysts	Basalto, fresco, colada vesicular, fenocristales de augita y olivino
275	CR061ARK	10	2	17.8	84	35	46.2	Quartz veinlets	Vetillas de cuarzo
276	CR034AKS	10	2	17.6	84	38	53.4	Rhyolite, spherulitic, biotite-bearing flow	Riolita, esferolítica, colada con contenido de biotita
277	CR033BKS	10	2	17.6	84	39	3.3	Andesite, flow	Andesita, colada
278	CR027ARK	10	2	17.4	84	42	0.7	Basalt, flow, augite and olivine phenocrysts	Basalto, colada, fenocristales de augita y olivino
279	CR005RSM	10	2	17.3	84	33	11.7	Quartz vein, calcite and pyrite on margins	Veta de cuarzo, calcita y pirita en márgenes
280	CR282RSM	10	2	16.4	84	30	52.1	Rhyolite, dike, silicified, fractured and recemented, some Fe-oxide	Riolita, dique, silicificada, fracturada y recementada, algo de óxido de Fe
280	CR283RSM	10	2	16.4	84	30	52.1	Rhyolite, dike, silicified, fractured, abundant Mn-oxide	Riolita, dique, silicificada, fracturada, abundante óxido de Mn
280	CR284RSM	10	2	16.4	84	30	52.1	Fe-oxide vein, silicified, abundant Fe-oxide	Veta de óxido de Fe, silicificada, abundante óxido de Fe
280	CR285RSM	10	2	16.4	84	30	52.1	Fe-oxide vein, brecciated and recemented, Fe- and Mn-oxides	Veta de óxido de Fe, brechosa y recementada, óxidos Fe y Mn
280	CR286RSM	10	2	16.4	84	30	52.1	Andesite, altered to clay and some Fe-oxide, some silicification	Andesita, alterada a arcilla y algo de óxido de Fe, algo de silicificación
281	CR001AWB	10	2	13.1	84	31	54.5	Quartz vein, cuts diorite	Veta de cuarzo, cruza diorita
282	CR002AKS	10	2	11.6	84	29	34.9	Dacite, altered flow containing pyrite	Dacita, colada alterada conteniendo pirita

Table 5.--Description of rock samples from the Cordillera de Tilarán and Montes del Aguacate, Costa Rica.--Continued

Cuadro 5.--Descripción de muestras de roca de la Cordillera de Tilarán y los Montes del Aguacate, Costa Rica.--Continua

Map no.	Sample no.	Latitude deg.	min.	sec.	Longitude deg.	min.	sec.	Description
Número de mapa	Número de muestra	Latitud grad.	min.	seg.	Longitud grad.	min.	seg.	Descripción
283	CR014RSM	10	2	11.6	84	29	38.2	Andesite, weathered and fractured, abundant disseminated pyrite / Andesita, meteorizada y fracturada, abundante pirita diseminada
284	CR004AS1	10	2	8.2	84	31	56.2	Diorite, very fresh, dark rock, fine-grained stock / Diorita, muy fresca, roca de color oscuro, stock de grano fino
284	CR004BSL	10	2	8.2	84	31	56.2	Quartz vein, milky white contains pyrite, cuts diorite / Veta de cuarzo, color blanco lechoso que contiene pirita, cruza diorita
285	CR019AKS	10	2	4.9	84	34	1.0	Andesite, bedded tuff breccia / Andesita, brecha tobácea en capas
286	CR002RSM	10	1	58.5	84	30	40.6	Rhyolite, dike, altered to clay and Fe-oxides / Riolita, dique, alterada a arcilla y óxidos de Fe
287	CR003ASL	10	1	58.5	84	30	43.9	Rhyolite, feldspar-bearing, quartz phenocryst-free dike / Riolita, contenido de feldespato, dique libre de fenocristales de cuarzo
288	CR012ASL	10	1	58.5	84	30	50.5	Andesite, lava flow, contains pyrite and chlorite(?) / Andesita, colada de lava, contiene pirita y clorita(?)
289	CR035AKS	10	1	58.1	84	39	0.0	Dacite, weathered flow / Dacita, colada meteorizada
290	CR044AKS	10	1	48.1	84	42	0.7	Andesite, flow / Andesita, colada
291	CR031ARK	10	1	41.5	84	42	3.9	Rhyodacite, pumice fragments, hypersthene and plagioclase phenocrysts / Riodacita, fragmentos de pumita, fenocristales de hiperestena y plagioclasa
292	CR045AKS	10	1	41.5	84	42	59.8	Dacite, plagioclase- and hornblende-bearing flow / Dacita, colada conteniendo plagioclasa y hornblenda
293	CR303RSM	10	1	34.7	84	37	1.7	Andesite, silicified, dense, hard, banded with quartz crystals in cavities / Andesita, silicificada, densa, dura, bandeada con cristales de cuarzo en cavidades
294	CR304RSM	10	1	32.1	84	37	6.6	Quartz vein, siliceous Mn-oxide, zone 1.5 m wide / Veta de cuarzo, óxido de Mn silíceo, zona 1.5 m de ancho
295	CR003AKS	10	1	29.2	84	29	44.7	Andesite, amygdaloidal flow / Andesita, colada amigdaloide
296	CR015RSM	10	1	29.2	84	29	46.4	Andesite, propylitically altered, abundant disseminated pyrite / Andesita, propilíticamente alterada, abundante pirita diseminada
297	CR026ARK	10	1	25.3	84	41	21.2	Dacite, dome, augite and plagioclase phenocrysts / Dacita, domo, fenocristales de augita y plagioclasa
298	CR035ARK	10	1	22.0	84	42	13.8	Rhyodacite, dome, hornblende and plagioclase phenocrysts / Riodacita, domo, fenocristales de hornblenda y plagioclasa
299	CR018ARK	10	1	19.3	84	34	4.3	Weathered dacite / Dacita meteorizada
300	CR003AWB	10	1	15.9	84	36	42.0	Andesite, flow, propylitic alteration / Andesita, colada, alteración propilítica
300	CR003AWB	10	1	15.9	84	36	42.0	Andesite, porphyritic, altered to clay (kaolinite) / Andesita, porfirítica, alterada a arcilla (caolinita)
300	CR003BWB	10	1	15.9	84	36	42.0	Andesite, Fe-oxide stained (goethite) / Andesita, óxido de Fe (goetita)
300	CR004AWB	10	1	15.9	84	36	42.0	Quartz vein, rich in manganese oxide / Veta de cuarzo, rico en óxido de Mn
300	CR004NP	10	1	15.9	84	36	42.0	Andesite(?), flow / Andesita(?), colada
300	CR005AWB	10	1	15.9	84	36	42.0	Quartz vein, sugary with Fe-oxide boxwork / Veta de cuarzo, sacaroidea con "boxwork" de óxido de Fe
300	CR006AWB	10	1	15.9	84	36	42.0	Quartz vein, stockwork with Fe-oxide (goethite) / Veta de cuarzo, stockwork con óxido de Fe (goetita)
300	CR006BWB	10	1	15.9	84	36	42.0	Andesite, altered, bleached flow / Andesita, alterada, colada blanqueada
300	CR007AWB	10	1	15.9	84	36	42.0	Quartz, breccia / Cuarzo, brecha
300	CR008AWB	10	1	15.9	84	36	42.0	Quartz vein, contains pyrite / Veta de cuarzo, contiene pirita
300	CR008BWB	10	1	15.9	84	36	42.0	Andesite, altered to clay with abundant disseminated pyrite / Andesita, alterada a arcilla con abundante pirita diseminada
300	CR008CWB	10	1	15.9	84	36	42.0	Quartz vein, contains pyrite / Veta de cuarzo, contiene pirita
300	CR009AWB	10	1	15.9	84	36	42.0	Andesite, silicified flow / Andesita, colada silicificado
301	CR033ARK	10	1	15.4	84	42	53.2	Rhyolite, dome, hornblende phenocrysts / Riolita, domo, fenocristales de hornblenda
302	CR291RSM	10	1	13.3	84	36	35.0	Pyrite-marcasite vein, massive, coating breccia fragments, some quartz / Veta de pirita-marcasita, masiva, recubre fragmentos de brecha, algo de cuarzo
302	CR292RSM	10	1	13.3	84	36	35.0	Andesite, volcanoclastic, altered to clay, some disseminated pyrite / Andesita, vulcanoclástica, alterada a arcilla, algo de pirita diseminada
302	CR293RSM	10	1	13.3	84	36	35.0	Andesite, silicified, brecciated, abundant disseminated pyrite / Andesita, silicificada, brechosa, abundante pirita diseminada
302	CR294RSM	10	1	13.3	84	36	35.0	Andesite, silicified, very brecciated, abundant disseminated sulfide / Andesita, silicificada, muy brechosa, sulfuros diseminados abundantes
302	CR295RSM	10	1	13.3	84	36	35.0	Quartz vein, dense, white, disseminated pyrite, cavities in center / Veta de cuarzo, densa, color blanco, pirita diseminada, cavidades en centro
302	CR296RSM	10	1	13.3	84	36	35.0	Andesite, somewhat altered to clay, some disseminated pyrite / Andesita, algo alterada a arcilla, algo de pirita diseminada
302	CR297RSM	10	1	13.3	84	36	35.0	Quartz vein, dense, hard, some cavities, abundant pyrite along margins / Veta de cuarzo, densa, dura, algunas cavidades, pirita abundante a lo largo de márgenes
302	CR298RSM	10	1	13.3	84	36	35.0	Andesite, altered to clay, sparse pyrite / Andesita, alterada a arcilla, pirita esparcida
302	CR299RSM	10	1	13.3	84	36	35.0	Fe-oxide vein, silicified with Fe-oxides / Veta de óxido de Fe, silicificada con óxidos de Fe
302	CR300RSM	10	1	13.3	84	36	35.0	Andesite, altered to clay, Fe-oxides on fracture surfaces / Andesita, alterada a arcilla, óxidos de Fe en la superficie de fracturas
302	CR301RSM	10	1	13.3	84	36	35.0	Andesite, silicified, dense, hard, disseminated pyrite / Andesita, silicificada, densa, dura, con pirita diseminada
302	CR302RSM	10	1	13.3	84	36	35.0	Andesite, volcanoclastic breccia, altered to clay and quartz / Andesita, brecha vulcanoclástica, alterada a arcilla y cuarzo
303	CR038ASL	10	1	12.6	84	36	12.4	Andesite, altered flow / Andesita, colada alterada
304	CR016ASL	10	1	12.5	84	38	23.8	Andesite, propylitically altered lava flow / Andesita, colada de lava propilíticamente alterada
305	CR305RSM	10	1	11.0	84	36	53.4	Andesite, altered to clay with disseminated pyrite, some texture remaining / Andesita, alterada a arcilla con pirita diseminada, algunas texturas conservadas
305	CR306RSM	10	1	11.0	84	36	53.4	Quartz vein, friable, vesicular with quartz crystals and pyrite / Veta de cuarzo, friable, vesicular con cristales de cuarzo y pirita
306	CR039AWB	10	1	9.4	84	36	45.2	Kaolinite vein / Veta de caolinita
307	CR086ARK	10	1	6.6	84	24	49.0	Rhyodacite, hornblende, biotite, and plagioclase phenocrysts / Riodacita, fenocristales de hornblenda, biotita y plagioclasa
308	CR032ARK	10	0	59.2	84	42	43.3	Rhyolite, porphyritic, spherulitic, dome, hornblende and plagioclase / Riolita, porfirítico, esferolítico, domo, hornblenda y plagioclasa
309	CR004AKS	10	0	50.1	84	30	1.1	Quartz monzonite(?), weathered plug, flow-aligned feldspars / Monzonita(?) de cuarzo , tapón meteorizado, feldespato alineado en flujo
310	CR019ASL	10	0	50.1	84	30	14.3	Andesite, weathered flow with geothite veins / Andesita, colada meteorizada con vetas de goetita
311	CR018ASL	10	0	50.1	84	30	24.1	Rhyolite, relatively fresh, feldspar-bearing plug / Riolita, relativamente fresca, tapón con contenido de feldespato
312	CR016RSM	10	0	48.8	84	30	8.4	Quartz monzonite(?), silicified, abundant Mn-oxide, vesicular / Monzonita de cuarzo(?), silicificada, abundante óxido de Mn
313	CR017ASL	10	0	46.9	84	30	17.6	Rhyolite, feldspar-bearing plug strongly altered to sericite with pyrite / Riolita, tapón con contenido de feldespato fuertemente alterada a sericita con pirita
313	CR017BSL	10	0	46.9	84	30	17.6	Rhyolite, feldspar-bearing plug strongly mineralized with pyrite / Riolita, tapón con contenido de feldespato fuertemente mineralizada con pirita
313	CR017CSL	10	0	46.9	84	30	17.6	Andesite, mineralized and altered flow / Andesita, colada mineralizada y alterado
314	CR017RSM	10	0	45.9	84	30	15.3	Fe-oxide vein, silicified, abundant Fe- and Mn-oxides / Veta de óxido de Fe, silicificada, abundante óxidos de Fe y Mn
314	CR018RSM	10	0	45.9	84	30	15.3	Fe-oxide vein, silicified, abundant Fe- and Mn-oxides / Veta de óxido de Fe, silicificada, abundante óxidos de Fe y Mn
315	CR085ARK	10	0	30.7	84	25	35.0	Rhyodacite, hornblende, biotite, and plagioclase phenocrysts / Riodacita, fenocristales de hornblenda, biotita y plagioclasa
316	CR019RSM	10	0	30.6	84	29	57.8	Quartz monzonite, altered to clay and Fe-oxide, somewhat silicified / Monzonita de cuarzo, alterada a arcilla y óxido de Fe, algo silicificada
317	CR083ARK	10	0	20.9	84	27	20.1	Rhyodacite, hornblende, biotite, and plagioclase phenocrysts / Riodacita, fenocristales de hornblenda, biotita y plagioclasa
318	CR236RSM	9	59	57.4	84	41	37.2	Andesite, silicified and brecciated, abundant Fe-oxide, vesicular / Andesita, silicificada y brechosa, abundante óxido de Fe, vesicular
318	CR237RSM	9	59	57.4	84	41	37.2	Andesite, brecciated, some alteration to clays, abundant Fe-oxides / Andesita, brechosa, algo alterada a arcillas, abundantes óxidos de Fe
319	CR019ARK	9	59	51.4	84	33	57.6	Basalt, flow, plagioclase and clinopyroxene phenocrysts / Basalt, colada, fenocristales de plagioclasa y clinopiroxeno
320	CR012AKS	9	59	48.3	84	27	59.6	Andesite, flow / Andesita, colada
321	CR009ASL	9	59	38.5	84	30	47.1	Rhyolite, quartz phenocryst-bearing plug, Cerro Pelon / Riolita, tapón con contenido de fenocristales de cuarzo
321	CR013AWB	9	59	38.5	84	30	47.1	Rhyolite, quartz phenocrysts / Riolita, fenocristales de cuarzo
322	CR109RSM	9	59	34.6	84	30	48.4	Andesite, altered to clay and Fe-oxides / Andesita, alterada a arcilla y óxidos de Fe
323	CR084ARK	9	59	32.1	84	23	26.9	Dacite, ash-flow tuff / Dacita, toba de flujo de ceniza
324	CR006ASL	9	59	32.0	84	30	33.9	Rhyolite, air-fall tuff, not hydrothermally altered / Riolita, toba de explosión, sin alteración hidrotermal
324	CR007ASL	9	59	32.0	84	30	33.9	Rhyolite, air-fall tuff, not hydrothermally altered / Riolita, toba de explosión, sin alteración hidrotermal
325	CR107RSM	9	59	29.7	84	30	33.3	Rhyolite, feldspar ash-flow tuff, some hematite / Riolita, toba de flujo de ceniza con feldespato, algo de hematita
325	CR108RSM	9	59	29.7	84	30	33.3	Gossan, siliceous, abundant Fe-oxide in vesciles / Gossan, silíceo, abundante óxido de Fe en vesículas
326	CR008ASL	9	59	28.7	84	30	30.6	Rhyolite, quartz phenocryst-bearing plug / Riolita, tapón, fenocristales de cuarzo
327	CR005AKS	9	59	25.5	84	30	30.6	Rhyolite, quartz phenocrysts, plug / Riolita, fenocristales de cuarzo, tapón
328	CR020RSM	9	59	23.8	84	30	29.0	Rhyolite, "quartz eye" porphyry, vesicular with Fe- and Mn-oxides / Riolita, pórfido de "ojo de cuarzo", vesicular con óxidos de Fe y Mn
329	CR003ARK	9	59	15.9	84	20	49.2	Basalt, flow with clinopyroxene and orthopyroxene phenocrysts / Basalto, colada con fenocristales de clinopiroxeno y ortopiroxeno
329	CR003BRK	9	59	15.9	84	20	49.2	Basalt, flow containing olivine phenocrysts / Basalto, colada conteniendo fenocristales de olivino
330	CR170RSM	9	59	14.3	84	20	44.3	Andesite, propylitic alteration, vesicles filled with chalcedony, pyrite / Andesita, alteración propilítica, vesículas rellenas de calcedonia, pirita
331	CR056AKS	9	59	12.6	84	20	49.2	Basalt, flow, olivine and clinopyroxene crystals / Basalto, colada, fenocristales de olivino y clinopiroxeno
332	CR050RSM	9	59	5.9	84	29	31.5	Altered, bleached andesite near quartz vein / Andesita, alterada, blanqueada cerca de veta de cuarzo
333	CR020ARK	9	59	5.8	84	33	37.9	Andesite, flow, augite and plagioclase phenocrysts / Andesita, colada, fenocristales de augita y plagioclasa
334	CR055AKS	9	59	3.5	84	21	35.9	Rhyolite, tuff, quartz and feldspar phenocrysts / Riolita, toba, fenocristales de cuarzo y feldespato
335	CR080ARK	9	59	2.9	84	20	49.2	Dacite, tuff / Dacita, toba
336	CR006AKS	9	58	56.3	84	27	7.0	Andesite, flow containing plagioclase and pyroxene phenocrysts / Andesita, colada conteniendo plagioclasa y piroxeno
336	CR006BKS	9	58	56.3	84	27	7.0	Dacite, dike / Dacita, dique
337	CR025RSM	9	58	56.2	84	27	15.8	Andesite, porphyritic and altered to clay, disseminated pyrite and pyrite veinlets / Andesita, porfirítica y alterada a arcilla, pirita diseminada y vetillas de pirita
337	CR026RSM	9	58	56.2	84	27	15.8	Quartz vein, fine grained, sugary, with pyrite, Fe-oxides in sparce vesicles / Veta de cuarzo, de grano fino, sacaroideo, con pirita, óxidos de Fe en vesículas esparcidas
337	CR027RSM	9	58	56.2	84	27	15.8	Andesite, totally altered to clay, little texture remaining, disseminate pyrite / Andesita, completamente alterada a arcilla, algo de textura remanente, pirita diseminada
338	CR007AKS	9	58	56.2	84	27	16.8	Andesite, amygduloidal flow / Andesita, colada amygdaloide
338	CR007BKS	9	58	56.2	84	27	16.8	Andesite, amygduloidal flow / Andesita, colada amygdaloide
338	CR007CKS	9	58	56.2	84	27	16.8	Dacite, flow with plagioclase phenocrysts / Dacita, colada con fenocristales de plagioclasa
339	CR013AKS	9	58	56.2	84	29	47.9	Andesite, bedded tuff breccia / Andesita, brecha tobácea en capas
339	CR014AKS	9	58	56.2	84	29	47.9	Volcaniclastic sandstone / Arenisca vulcanoclástica
340	CR021RSM	9	58	55.6	84	27	7.0	Andesite, slight propylitic alteration and minor pyrite / Andesita, alteración propilítica leve y pirita menor
340	CR022RSM	9	58	55.6	84	27	7.0	Andesite, altered to pale green with quartz and much disseminated fresh pyrite / Andesita, alterada a verde pálido con cuarzo y mucha pirita diseminada fresca
340	CR023RSM	9	58	55.6	84	27	7.0	Andesite, altered to clay, pyrite altered to Fe-oxides, much Mn-oxide / Andesita, alterada a arcilla, pirita alterada a óxidos de Fe, mucho óxido de Mn
340	CR024RSM	9	58	55.6	84	27	7.0	Andesite, slight propylitic alteration, coarse grained with minor pyrite / Andesita, alteración propilítica leve, de grano grueso con pirita menor
341	CR024AKS	9	58	52.9	84	29	15.1	Quartz vein, cuts andesite / Veta de cuarzo, cruza andesita
341	CR024BKS	9	58	52.9	84	29	15.1	Quartz vein / Veta de cuarzo
342	CR111RSM	9	58	51.3	84	29	20.0	Andesite, silicified with disseminated fresh pyrite / Andesita, silicificada con pirita diseminada fresca
342	CR112RSM	9	58	51.3	84	29	20.0	Quartz vein, hard white vein with Fe-oxides / Veta de cuarzo, dura, de color blanco con óxidos de Fe
343	CR113RSM	9	58	49.7	84	29	13.4	Quartz vein, stockwork with pyrite, quartz crystals in vesicles / Veta de cuarzo, stockwork con pirita, cristales de cuarzo en vesículas
343	CR114RSM	9	58	49.7	84	29	13.4	Andesite, propylitically altered with disseminated pyrite / Andesita, propilíticamente alterada con pirita diseminada
344	CR014AWB	9	58	49.7	84	29	31.5	Quartz vein, cuts silicified andesite / Veta de cuarzo, cruza andesita silicificada
344	CR014BWB	9	58	49.7	84	29	31.5	Andesite, altered with silica, pyrite / Andesita, alterada con sílice, pirita
345	CR038RSM	9	58	40.0	84	27	41.5	Quartz vein, brecciated, fine grained, sugary, with abundant Mn-oxide and quartz crystals / Veta de cuarzo, brechosa, de grano fino, sacaroideo, con abundante óxido de Mn y cristales de cuarzo
345	CR039RSM	9	58	40.0	84	27	41.5	Andesite, altered to clay and Fe-oxide, little texture remaining / Andesita, alterada a arcilla y óxido de Fe, poca textura remanente
345	CR040RSM	9	58	40.0	84	27	41.5	Quartz vein, brecciated, fine grained, with abundant Mn-oxide and quartz crystal in cavities / Veta de cuarzo, brechosa, de grano fino, con abundante óxido de Mn y cristales de cuarzo en cavidades
345	CR041RSM	9	58	40.0	84	27	41.5	Quartz vein, brecciated with abundant Mn-oxide cementing pieces and quartz crystal in cavities / Veta de cuarzo, brechosa con óxidos de Mn cementando pedazos y abundantes cristales de cuarzo en cavidades
345	CR042RSM	9	58	40.0	84	27	41.5	Andesite, silicified with abundant Fe- and Mn-oxides and clays / Andesita, silicificada con óxidos de Fe y Mn y arcillas abundantes
346	CR062RSM	9	58	36.6	84	29	34.8	Silicified breccia, pyrite casts, Fe-oxides in vesicles, some fresh pyrite / Brecha silicificada, moldes de pirita, óxidos de Fe en vesículas, algo de pirita fresca
347	CR010ASL	9	58	36.6	84	30	37.2	Rhyolite, quartz phenocryst-bearing plug, Cerro Pelon / Riolita, tapón conteniendo fenocristales de cuarzo
348	CR009AKS	9	58	33.4	84	27	49.7	Andesite, amygduloidal flow / Andesita, colada amigdaloide
348	CR009BKS	9	58	33.4	84	27	49.7	Andesite, flow with plagioclase and pyroxene phenocrysts / Andesita, colada con fenocristales de plagioclasa y piroxeno
349	CR063RSM	9	58	31.8	84	28	42.2	Andesite, sheared and altered to clay with some quartz veinlets / Andesita, cizallada y alterada a arcilla con algunas vetillas de cuarzo
350	CR036RSM	9	58	31.2	84	27	49.7	Andesite, propylitically altered with calcite and epidote / Andesita, propilíticamente alterada conteniendo calcita y epidoto
350	CR037RSM	9	58	31.2	84	27	49.7	Quartz vein, abundant Mn-oxide and some rhodochrosite and pyrite / Veta de cuarzo, abundante óxido de Mn y algo de rodocrosita y pirita
351	CR043RSM	9	58	21.4	84	27	53.6	Andesite, propylitically altered with calcite and epidote, some Fe-oxides / Andesita, propilíticamente alterada con calcita y epidoto, algunos óxidos de Fe
351	CR044RSM	9	58	21.4	84	27	53.6	Fracture filling, siliceous Fe-oxide / Relleno de fractura, óxido de Fe silíceo
351	CR045RSM	9	58	21.4	84	27	53.6	Andesite, altered to clay and Mn-oxides, some texture remaining / Andesita, alterada a arcilla y óxido de Mn, algo de textura remanente
351	CR046RSM	9	58	21.4	84	27	53.6	Quartz vein, stockwork in andesite with abundant Mn-oxides / Veta de cuarzo, stockwork en andesita con abundante óxidos de Mn
351	CR047RSM	9	58	21.4	84	27	53.6	Quartz vein, dense, white, with Mn-oxide on fracture surfaces / Veta de cuarzo, densa, color blanco, con óxido de Mn en la superficie de fracturas
351	CR048RSM	9	58	21.4	84	27	53.6	Quartz vein, dense, white, with Mn-oxide on fracture surfaces, 15 cm wide / Veta de cuarzo, densa, color blanco, con óxido de Mn en la superficie de fracturas, 15 cm de ancho
351	CR049RSM	9	58	21.4	84	27	53.6	Andesite, altered with abundant Fe-oxides / Andesita, alterada con abundantes óxidos de Fe
351	CR050RSM	9	58	21.4	84	27	53.6	Quartz vein, dense, white, with Mn-oxide on fracture surfaces, 20 cm wide / Veta de cuarzo, densa, color blanco con óxido de Mn en superficies de fractura, 20 cm de ancho
351	CR051RSM	9	58	21.4	84	27	53.6	Andesite, altered to clay with Fe-oxides, some texture remaining / Andesita, alterada a arcilla con óxidos de Fe, algo de textura remanente
351	CR052RSM	9	58	21.4	84	27	53.6	Quartz vein, dense, white with abundant Mn-oxide in fractures, 0.5 m wide / Veta de cuarzo, densa, color blanco con abundante óxido de Mn en fracturas, 0.5 m de ancho
351	CR053RSM	9	58	21.4	84	27	53.6	Quartz vein-andesite mix, altered to clay with discontinuous quartz veins / Mezcla de veta de cuarzo andesita, alterada a arcilla con vetas de cuarzo discontinuas
351	CR054RSM	9	58	21.4	84	27	53.6	Andesite, altered, some clay and Fe-oxide / Andesita, alterada, algo de arcilla y óxido de Fe
351	CR055RSM	9	58	21.4	84	27	53.6	Andesite, altered, feldspar to clay and some Fe-oxide / Andesita, alterada, feldespato a arcilla y algo de óxido de Fe
351	CR056RSM	9	58	21.4	84	27	53.6	Andesite, altered to clay, bleached / Andesita, alterada a arcilla, blanqueada
351	CR057RSM	9	58	21.4	84	27	53.6	Quartz vein, white, vesicular with sparse Mn-oxide / Veta de cuarzo, color blanco, vesicular con óxido de Mn esparcido
351	CR171RSM	9	58	21.4	84	27	53.6	Quartz vein, stockwork with Fe- and Mn-oxides / Veta de cuarzo, stockwork con óxidos de Fe y Mn
351	CR172RSM	9	58	21.4	84	27	53.6	Andesite, altered to clay with abundant Fe- and Mn-oxides / Andesita, alterada a arcilla con abundante óxidos de Fe y Mn
351	CR173RSM	9	58	21.4	84	27	53.6	Quartz vein, fractured, stockwork with abundant Mn-oxide / Veta de cuarzo, fracturada, stockwork con óxido de Mn abundante
351	CR174RSM	9	58	21.4	84	27	53.6	Andesite, altered to clay with abundant Fe- and Mn-oxides / Andesita, alterada a arcilla con abundantes óxidos de Fe y Mn
351	CR175RSM	9	58	21.4	84	27	53.6	Mn oxide, zone in andesite / Oxido de Mn, zona dentro de andesita

Table 5.--Description of rock samples from the Cordillera de Tilarán and Montes del Aguacate, Costa Rica.--Continued

Cuadro 5.--Descripción de muestras de roca de la Cordillera de Tilarán y los Montes del Aguacate, Costa Rica.--Continua

Map no. / Número de mapa	Sample no. / Número de muestra	Latitude deg. / Latitud grad.	Latitude min.	Latitude sec.	Longitude deg. / Longitud grad.	Longitude min.	Longitude sec.	Description	Descripción
352	CR035RSM	9	58	20.4	84	27	35.9	Andesite, altered, abundant disseminated pyrite, Fe-oxides along fracture	Andesita, alterada, abundante pirita diseminada, óxidos de Fe a lo largo de fractura
353	CR008AKS	9	58	20.4	84	27	36.5	Dacite, flow	Dacita, colada
354	CR169RSM	9	58	10.1	85	36	0.7	Rhyolite, silicified, sugary, abundant specular hematite	Riolita, silicificada, sacaroidea, abundante hematita especular
355	CR028RSM	9	58	18.8	84	27	38.2	Quartz vein, coarsely crystalline with quartz crystals in cavities abundant Mn-oxide	Veta de cuarzo, gruesamente cristalina con cristales de cuarzo dentro de cavidades y abundante óxido de Mn
355	CR029RSM	9	58	18.8	84	27	38.2	Quartz vein, coarsely crystalline with quartz crystals in cavities abundant Mn-oxides	Veta de cuarzo, gruesamente cristalina con cristales de cuarzo en cavidades y abundantes óxidos de Mn
355	CR030RSM	9	58	18.8	84	27	38.2	Quartz vein, abundant Mn-oxides, part of quartz-Mn stockwork	Veta de cuarzo, abundantes óxidos de Mn, parte de un stockwork de Mn-cuarzo
355	CR031RSM	9	58	18.8	84	27	38.2	Quartz vein, zone of quartz stockwork with Mn- and Fe-oxide coatings and fracture fillings	Veta de cuarzo, zona de stockwork de cuarzo con pátinas de óxidos de Mn y Fe y relleno de fracturas
355	CR032RSM	9	58	18.8	84	27	38.2	Quartz vein, massive, dense, white quartz with minor Mn-oxide stains	Veta de cuarzo, masiva, densa, cuarzo de color blanco con manchas de óxido de Mn menores
355	CR033RSM	9	58	18.8	84	27	38.2	Quartz vein, zone of quartz stockwork with Mn- and Fe-oxide coatings and fracture fillings	Veta de cuarzo, zona de stockwork de cuarzo con pátinas de óxidos de Mn y Fe y relleno de fracturas
355	CR034RSM	9	58	18.8	84	27	38.2	Andesite, totally altered to clay and Fe-oxides, Fe-oxide veins and some quartz	Andesita, completamente alterada a arcilla y óxidos de Fe, vetas de óxido de Fe y algo de cuarzo
356	CR064RSM	9	58	17.2	84	27	28.3	Andesite, some propylitic alteration with fresh pyrite, Fe-oxides on surfaces	Andesita, algo de alteración propilítica con pirita fresca, óxidos de Fe en las superficies
356	CR065RSM	9	58	17.2	84	27	28.3	Andesite, altered to clay and Fe-oxides, casts of pyrite cubes	Andesita, alterada a arcilla y óxidos de Fe, moldes de cubos de pirita
356	CR066RSM	9	58	17.2	84	27	28.3	Rhyolite, quartz porphyry, altered to clay and Fe-oxides	Riolita, pórfido de cuarzo, alterada a arcilla y óxidos de Fe
356	CR067RSM	9	58	17.2	84	27	28.3	Andesite, altered to clay and Fe-oxide, no texture remaining	Andesita, alterada a arcilla y óxido de Fe, sin textura remanente
356	CR068RSM	9	58	17.2	84	27	28.3	Andesite, altered to clay and Fe-oxides, some texture remaining	Andesita, alterada a arcilla y óxidos de Fe, algo de textura remanente
356	CR069RSM	9	58	17.2	84	27	28.3	Rhyolite, quartz porphyry, zone of quartz and Mn-oxide	Riolita, pórfido de cuarzo, zona de cuarzo y óxido de Mn
356	CR070RSM	9	58	17.2	84	27	28.3	Rhyolite, quartz porphyry, altered with Fe-oxide veins and fresh pyrite	Riolita, pórfido de cuarzo, alterada con vetas de óxido de Fe y pirita fresca
357	CR058RSM	9	58	17.1	84	28	27.4	Quartz vein, banded with coarse quartz crystal core, fresh pyrite with sparse Mn-oxide	Veta de cuarzo, bandeada con centro de cristales de cuarzo gruesos, pirita fresca con óxido de Mn esparcido
357	CR059RSM	9	58	17.1	84	28	27.4	Quartz vein, brecciated, vesicular with quartz crystals and Mn-oxide	Veta de cuarzo, brechosa, vesicular con cristales de cuarzo y óxido de Mn
358	CR010AKS	9	58	17.1	84	28	29.1	Andesite, flow with plagioclase, pyroxene, and hornblende phenocrysts	Andesita, colada con fenocristales de plagioclasa, piroxeno y hornblenda
359	CR110RSM	9	58	17.1	84	30	45.4	Rhyolite, feldspar ash-flow tuff, all altered to clay	Riolita, toba de flujo de ceniza incandescente de feldespato, toda alterada a arcilla
360	CR010RSM	9	58	15.5	84	27	41.4	Quartz vein, brecciated and silicified with pyrite and possible other sulfides	Veta de cuarzo, brechosa y silicificada con pirita y otros sulfuros posibles
360	CR011RSM	9	58	15.5	84	27	41.4	Quartz vein, brecciated and silicified with pyrite, galena, and sphalerite	Veta de cuarzo, brechosa y silicificada con pirita, galena y esfalerita
360	CR012RSM	9	58	15.5	84	27	41.4	Quartz vein, brecciated and silicified with pyrite and other sulfides	Veta de cuarzo, brechosa y silicificada con pirita y otros sulfuros
361	CR006NP	9	58	13.9	84	27	33.2	Quartz vein, rhodonite, galena, sphalerite, pyrite	Veta de cuarzo, rodonita, galena, esfalerita, pirita
361	CR025AKS	9	58	13.9	84	27	33.2	Quartz vein, contains base-metal sulfides and rhodonite	Veta de cuarzo, contiene metales básicos, sulfuros y rodonita
361	CR071RSM	9	58	13.9	84	27	33.2	Andesite, propylitically altered with fresh pyrite and some secondary Cu	Andesita, propilíticamente alterada con pirita y algo de Cu secundario
361	CR072RSM	9	58	13.9	84	27	33.2	Quartz vein, zoned quartz-rhodochrosite, fresh pyrite on quartz vein selvages	Veta de cuarzo, zonación de cuarzo-rhodocrosita, pirita fresca en bordes de vetas de cuarzo
361	CR073RSM	9	58	13.9	84	27	33.2	Quartz vein, massive sugary quartz with pyrite, quartz crystals in vesicles	Veta de cuarzo, masivo sacaroideo cuarzo con pirita, cristales de cuarzo en vesículas
361	CR074RSM	9	58	13.9	84	27	33.2	Quartz vein, banded quartz-rhodochrosite with pyrite and Mn-oxide	Veta de cuarzo, bandeamiento de cuarzo-rodocrosita con pirita y óxido de Mn
361	CR075RSM	9	58	13.9	84	27	33.2	Quartz vein, banded quartz-rhodochrosite with massive pyrite	Veta de cuarzo, cuarzo-rodocrosita con pirita masiva
362	CR015AWB	9	58	13.9	84	27	33.2	Quartz vein, quartz, rhodochrosite, pyrite, sphalerite, galena	Veta de cuarzo, cuarzo, rodocrosita, pirita, esfalerita, galena
362	CR168RSM	9	58	13.9	84	27	33.2	Andesite, rhodochrosite rich with some pyrite and quartz	Andesita, rica en rodocrosita con algo de pirita y cuarzo
363	CR115RSM	9	58	13.9	84	27	36.5	Quartz vein, banded quartz-rhodochrosite with pyrite, chalcopyrite, galena, and sphalerite	Veta de cuarzo, bandeamiento de cuarzo-rodocrosita con pirita, calcopirita, galena y esfalerita
364	CR008RSM	9	58	11.6	84	27	46.4	Andesite, altered and brecciated with quartz veinlets and Fe-oxides	Andesita, alterada y brechosa con vetillas de cuarzo y óxidos de Fe
364	CR009RSM	9	58	11.6	84	27	46.4	Andesite, altered and brecciated with abundant quartz veinlets and Fe-oxides	Andesita, alterada y brechosa con abundante vetillas de cuarzo y óxidos de Fe
365	CR012AWB	9	58	7.4	84	27	48.0	Quartz vein, amethystine quartz	Veta de cuarzo, cuarzo amestitina
366	CR011AKS	9	58	7.4	84	28	29.1	Andesite, tuff breccia	Andesita, brecha tobácea
367	CR013RSM	9	58	4.1	84	27	46.4	Andesite, unaltered pyroxene	Andesita, piroxeno inalterado
368	CR023AWB	9	58	4.1	84	27	46.4	Altered andesite, contains silica, pyrite, sericite	Andesita alterada, contiene silíce, pirita, sericita
369	CR010AWB	9	58	4.1	84	27	46.4	Quartz vein, contains goethite	Veta de cuarzo, contiene goetita
369	CR010BWB	9	58	4.1	84	27	46.4	Quartz vein, contains goethite	Veta de cuarzo, contiene goetita
369	CR010CWB	9	58	4.1	84	27	46.4	Quartz vein, euhedral quartz crystals	Veta de cuarzo, cristales de cuarzo euhedrales
369	CR010RSM	9	58	4.1	84	27	46.4	Quartz vein, pyrite and galena	Veta de cuarzo, pirita y galena
369	CR011AWB	9	58	4.1	84	27	46.4	Quartz vein, contains pyrite, sphalerite, and galena	Veta de cuarzo, contiene pirita, esfalerita y galena
369	CR011BWB	9	58	4.1	84	27	46.4	Andesite, fresh flow	Andesita, colada fresca
369	CR011CWB	9	58	4.1	84	27	46.4	Andesite, altered flow with quartz and pyrite	Andesita, colada alterada con cuarzo y pirita
369	CR015ASL	9	58	4.1	84	27	46.4	Quartz-sericite rock, altered host rock to quartz vein	Roca de cuarzo-sericita, roca huésped alterada a veta de cuarzo
369	CR023AWB	9	58	4.1	84	27	46.4	Andesite, altered, sericite and pyrite	Andesita, alterada, sericita y pirita
369	CR023BWB	9	58	4.1	84	27	46.4	Quartz vein, contains pyrite	Veta de cuarzo, contiene pirita
369	CR023CWB	9	58	4.1	84	27	46.4	Andesite, silicified, contains pyrite, arsenopyrite	Andesita, silicificada, contiene pirita, arsenopirita
369	CR023DWB	9	58	4.1	84	27	46.4	Andesite, silcified, contains sericite and realgar	Andesita, silicificada, contiene sericita y realgar
369	CR024AWB	9	58	4.1	84	27	46.4	Quartz vein, oxidized contains manganese oxides	Veta de cuarzo, oxidada, contiene óxidos de manganeso
370	CR013RSM	9	58	4.1	84	27	51.9	Andesite, fresh with small amounts of pyrite and feldspar phenocrysts	Andesita, fresa conteniendo poca pirita y fenocristales de feldespato
371	CR001AKS	9	58	4.1	84	27	52.0	Andesite, flow containing plagioclase and pyroxene phenocrysts, minor alteration	Andesita, colada con contiene fenocristales de plagioclasa y piroxeno, alteración menor
372	CR307RSM	9	58	2.5	84	27	52.9	Andesite, altered to clay with disseminated pyrite, some texture remaining	Andesita, alterada a arcilla con pirita diseminada, algunas texturas se conservan
372	CR308RSM	9	58	2.5	84	27	52.9	Andesite, altered and somewhat silicified with abundant pyrite	Andesita, alterada y algo silicificada con pirita abundante
372	CR309RSM	9	58	2.5	84	27	52.9	Quartz vein, friable, vesicular with quartz crystal, pyrite, and calcite	Veta de cuarzo, friable, vesicular con cristales de cuarzo, pirita y calcita
372	CR310RSM	9	58	2.5	84	27	52.9	Andesite, tuff breccia, propylitically altered, some disseminated pyrite	Andesita, brecha tobácea, propilíticamente alterada, algo de pirita diseminada
372	CR311RSM	9	58	2.5	84	27	52.9	Sandstone, volcanogenic, dark gray	Arenisca, vulcanogénico, color gris oscuro
373	CR013ARK	9	57	57.2	84	36	31.9	Andesite, lithic tuff	Andesita, toba lítica
374	CR059AKS	9	57	41.0	84	36	31.9	Andesite(?), lithic tuff	Andesita(?), toba lítica
374	CR059BKS	9	57	41.0	84	36	31.9	Andesite(?), accretionary lapilli tuff	Andesita(?), toba de lapilli de acreción
375	CR057AKS	9	57	28.3	84	28	52.0	Dacite, platy flow, plagioclase and hornblende phenocrysts	Dacita, colada en lajas fenocristales de plagioclasa y hornblenda
376	CR058AKS	9	57	28.1	84	34	15.6	Rhyolite, tuff, feldspar and biotite crystals, abundant pumice	Riolita, toba, cristales de feldespato y biotita, pumita abundante
377	CR012ARK	9	57	28.1	84	34	17.2	Rhyolite, tuff	Riolita, toba
377	CR012BRK	9	57	28.1	84	34	17.2	Rhyolite, tuff	Riolita, toba
377	CR012CRK	9	57	28.1	84	34	17.2	Rhyolite, tuff	Riolita, toba
378	CR021ARK	9	57	21.6	84	33	1.7	Rhyolite, flow-dome breccia, quartz, sanidine, biotite and augite(?)	Riolita, brecha de flujo dómico, cuarzo, sanidino, biotita y augita(?)
379	CR011ARK	9	57	21.5	84	34	17.2	Rhyodacite, inclusion in andesite, hornblende and plagioclase phenocryst	Riodacita, inclusión dentro de andesita, fenocristales de hornblenda y plagioclasa
380	CR082ARK	9	57	8.9	84	22	8.0	Dacite, ash-flow tuff	Dacita, toba de flujo de ceniza
381	CR010ARK	9	57	8.7	84	30	1.0	Dacite, hornblende and plagioclase phenocrysts	Dacita, fenocristales de hornblenda y plagioclasa
382	CR015ARK	9	57	5.5	84	27	0.4	Dacite, blocky flow, augite and plagioclase phenocrysts	Dacita, colada en bloques, fenocristales de augita y plagioclasa
383	CR014ARK	9	56	52.5	84	27	26.6	Dacite, flow breccia, augite, and plagioclase phenocrysts	Dacita, colada brechosa, fenocristales de augita y plagioclasa
384	CR016ARK	9	55	50.5	84	31	23.1	Rhyolite, fine-grained tuff	Riolita, toba de grano fino
384	CR016BRK	9	55	50.5	84	31	23.1	Basalt, clast in rhyolite	Basalto, clasto en riolita
384	CR016CRK	9	55	50.5	84	31	23.1	Gabbro, clast in rhyolite	Gabbro, clasto en riolita
385	CR081ARK	9	55	40.9	84	22	31.0	Basalt, porphyritic	Basalto, porfirítico
386	CR005NP	9	55	37.9	84	43	3.9	Magnetite beach sand	Magnetita, arena de playa
387	CR017ARK	9	54	55.2	84	29	18.2	Rhyolite, tuff(?), augite, plagioclase, and quartz phenocrysts	Riolita, toba(?), fenocristales de augita, plagioclasa y cuarzo
388	CR098AKS	10	16	30.0	84	53	16.2	Andesite(?), flow, olivine(?) and plagioclase phenocrysts	Andesita(?), flujo, fenocristales de olivino(?) y plagioclasa
389	CR003RSM	10	2	26.0	84	30	30.0	Quartz vein, abundant disseminated pyrite and native sulfur	Veta de cuarzo, abundante pirita diseminada y sulfuro nativo
389	CR004RSM	10	2	26.0	84	30	30.0	Andesite, altered to clays and Fe-oxide, abundant pyrite, Cu sulfate	Andesita, alterada a arcillas y óxido de Fe, abundante pirita, sulfato de Cu
390	CR060RSM	9	58	45.0	84	29	10.0	Quartz vein, vesicular with quartz crystals and sparse Mn oxide	Veta de cuarzo, vesicular con cristales de cuarzo y esparcido óxido de Mn
390	CR061RSM	9	58	45.0	84	29	10.0	Quartz vein, vesicular with quartz crystals and sparse Mn oxide, 2 cm wide	Veta de cuarzo, vesicular con cristales de cuarzo y esparcido óxido de Mn, 2 cm de ancho
391	CR080AKS	10	26	30.0	84	42	10.0	Basaltic andesite, pyroxene phyric	Andesita basáltica, piroxeno fídico

AN ANALYSIS OF THE EPITHERMAL VEIN DEPOSIT TYPE IN THE CORDILLERA DE TILARAN AND MONTES DEL AGUACATE, COSTA RICA

By
W. C. Bagby, S. P. Marsh, and Enid Gamboa

INTRODUCTION

The gold deposits of Costa Rica are an important part of the mineral resource endowment of the country. Although the existence of a zone of gold deposits is relatively well known in Costa Rica detailed discussions of the characteristics of these deposits and their volcanologic settings are not available in the literature. Furthermore, although the gold deposits are widely recognized as epithermal veins, the specific epithermal vein deposit type in Costa Rica has not been classified until now. The definition of the specific epithermal vein deposit type is an important part of the mineral resource assessment and development of exploration programs because it helps delineate geologically permissive environments and gives some parameters for the prediction of the tonnage and grade of undiscovered deposits. Several types of precious-metal epithermal vein deposits have been defined on the basis of their geologic and tonnage and grade characteristics by Cox and Singer (1986). In addition, studies by Mosier and others (1986) suggest that the composition of basement rocks may be a factor influencing the variability of tonnage and grade in several epithermal vein deposit types. This section will describe the geologic and geochemical characteristics of the Costa Rican gold deposits and relate them to a specific epithermal vein deposit type.

The precious-metal epithermal deposit type developed for Costa Rica will be described like the ore deposit types used by contributors in Cox and Singer (1986) so that the Costa Rican epithermal vein deposit type, may be easily related to other epithermal, precious-metal deposit types. Field observations of mines and prospects and chemical analyses of rock samples (tables 5, 7, 8, app. A), as well as published and unpublished geologic and geochemical data from areas that have been mined but now are inaccessible, support the interpretation that the precious-metal epithermal veins in Costa Rica are all related and belong to a specific deposit type.

LOCATION AND HISTORY OF THE LODE GOLD DEPOSITS

The known lode gold deposits in Costa Rica exist in a zone that extends from Tilarán in the northwest to Desmonte in the southeast (pl. 8). Gold was first discovered in 1815 near Desmonte in the Montes del Aguacate by a Spanish bishop, Nicolás García, who was on a journey between Costa Rica and Nicaragua (Reitz, 1902; Jinesta, *in* Castillo, 1984, p. 148). Later to be called the Sacra Familia vein, this initial occurrence is located in the Montes del Aguacate gold area (pl. 8). The Compañía vein was discovered in the same area in 1822. These early discoveries attracted miners and investors to Costa Rica, resulting in discovery and development of the Miramar (Reitz, 1902) and Juntas de Abangares areas. Two periods of intense mining activity occurred between 1824 and 1860 and between 1900 and 1950. The current high price of gold has reactivated exploration, development, and mining activity.

Known gold deposits, recorded in the literature, occur in a zone about 110 km long by about 30 km wide (Cope, 1985); this zone also represents those areas easily accessible on the southwestern slopes of the Cordillera de Tilarán, but on the basis of our recognition of geologically favorable depositional environments, the zone is potentially broader and longer.

REGIONAL GEOLOGIC ENVIRONMENT

ROCK TYPES

Subaerial, calc-alkalic, alkali-calcic, and mildly alkalic volcanic rocks and associated subvolcanic intrusions are the dominant igneous lithologies associated with the gold deposits. Rock types range from basalt and basaltic andesite through andesite and dacite to rhyolite. Rocks of intermediate composition are most common. The basalt, basaltic andesite, andesite, and dacite are predominantly porphyritic lava flows and dissected tuff-breccia cones containing some intercalated tuffs. The rhyolite intrusions occur as small stocks, domes, dikes, and pyroclastic aprons around domes. Both porphyritic (quartz and feldspar phenocrysts) and nearly aphyric varieties occur. Conglomerate composed of andesitic and rhyolitic cobbles as well as of finer-grained volcaniclastic sedimentary rocks are locally interbedded with volcanic rocks in the stratigraphic section.

ROCK TEXTURES

The textures of the volcanic rocks indicate that they are subaerial volcanic flows, tuffs, and breccias. The andesite and dacite are generally porphyritic, and many show weak to strong propylitic alteration. Fresher lavas contain plagioclase and pyroxene phenocrysts in a glassy, microlitic, flow-textured groundmass. Flow foliation, as defined by bands of spherulites and microphenocrysts in rhyolite, indicate that viscous magmas produced these rocks. The flow foliation is generally contorted along the margins of small stocks. A shallow to surface emplacement environment of the rhyolite intrusions is therefore postulated. None of the textures in the volcanic rocks indicate emplacement underwater. The lack of extensive volcanic conglomerate (mudflows) and fine-grained, volcaniclastic sedimentary rocks indicate that fluvial processes were ephemeral and subordinate in the dominantly subaerial environment in which these rocks formed.

AGE RANGE

The precious-metal epithermal veins in the Cordillera de Tilarán and Montes del Aguacate area are associated with volcanic rocks of Miocene to Pliocene age (Kussmaul and Sprechmann, 1984; Castillo, 1984) although none have been radiometrically dated.

TECTONIC SETTING

The tectonic setting of Costa Rica during the Miocene and Pliocene has been interpreted by Lonsdale and Klitgord (1978), Heath and Van Andel (1973), Pindell and Dewey (1982), and Burke and others (1984) using ocean-floor geophysical data and chemical data on the compositions of subaerial volcanic rocks of Miocene to Pliocene age in southern Central America (Weyl, 1980, p. 279–292). Their reconstructions presume that northeast-directed subduction of the Farallon plate beneath the Caribbean plate dominated middle Oligocene tectonism along the western margin of Costa Rica. No volcanic rocks of this age are found in Costa Rica. During middle Miocene time, the Cocos and Nazca plates were formed by the splitting of the Farallon plate, either by collision of an ancestral Carnegie ridge with Columbia (Heath and Van Andel, 1973), or the collision of part of the East Pacific rise with the subduction complex between Panamá and Costa Rica (Lonsdale and Klitgord, 1978). According to either hypothesis, northeast-directed subduction continued during Miocene and Pliocene time off the western coast of Costa Rica.

BASEMENT

Volcanic and plutonic rocks of Miocene to Pliocene age provide the host framework for the formation of the precious-metal epithermal veins in the Cordillera de Tilarán and Montes del Aguacate. The basement beneath these volcanic rocks is not well understood; it probably consists of magmatic differentiates of andesitic and dacitic composition, perhaps resembling a batholith similar to the uplifted Talamanca batholith in southern Costa Rica or the Guacimal intrusion near Santa Elena.

The composition of the basement to a depth of about 8 km at the time when the gold deposits were formed was probably little different (except possibly more mafic) than the basement today. There is no evidence to suggest that thick sequences of continental sedimentary rocks were part of either the Tertiary or present-day basement. Gravity data interpretated by Ponce and Case (this report) suggest a thick, relatively low density crust in the Cordillera de Tilarán and Montes del Aguacate as compared with the oceanic crust on the Nicoya peninsula. A large intracrustal batholith similar in composition to the Guacimal intrusion and volcanic rocks of intermediate to silicic composition would produce a gravity field similar to that observed.

DEPOSIT- AND AREA-SCALE GEOLOGIC CHARACTERISTICS

ORE MINERALOGY

Hypogene ore mineralogy is similar for all known precious-metal epithermal veins in Costa Rica, and any minor differences are the result of different levels of erosion and the intensity and depth of weathering. The level of erosion varies throughout the Cordillera de Tilarán and Montes del Aguacate, resulting in deposits that display different mineral assemblages related to the different levels of primary hypogene vertical zonation. The intensity and thoroughness of weathering also varies throughout the region destroying the primary sulfide minerals in many places. Oxidation is present to some degree at all of the deposits; as a result, many types of primary sulfide minerals are observed. Therefore, the description of the primary sulfide minerals from veins are composite, having been identified by piecing together information from many occurrences.

The mineralogy of unoxidized veins is dominated by quartz and pyrite, accompanied by minor galena, chalcopyrite, and sphalerite. Stibnite has been reported in quartz veins from the Juntas de Abangares area (Roberts and Irving, 1957, p. 185), the Los Castros tunnel in the Compañía vein in the Montes del Aguacate area (Rex, 1946), and at the Montezuma mine in the Miramar area (Shawe, 1910). Although not common in most of the primary ores, arsenopyrite and realgar occur at the Guapinol pit in the Compañía vein (the southwestern part of the Oreamuno-Castro vein noted by Roberts and Irving, 1957, p. 185).

The gangue mineralogy in unoxidized veins is dominated by quartz, and commonly includes rhodochrosite, chlorite, sericite, and rare calcite and analcite. Kutnohorite ($Ca(Mn, Mg, Fe^{+2})(CO_3)_2$), a trigonal carbonate that forms a series with dolomite and ankerite was identified with rhodochrosite as acicular crystals lining vugs in samples from the dump of the San Francisco mine on the Sacra Familia vein.

Although the location of gold and silver in unoxidized primary vein materials is not known with certainty, they probably occur with pyrite, galena, and other sulfides. At the Esperanza mine in Líbano, high-grade ore consists of a breccia composed of white quartz fragments in a matrix of pyrite-rich silica. Rare sphalerite and chalcopyrite accompany the pyrite. This breccia zone cross cuts earlier barren white quartz veins. The gold is intimately associated with the sulfide-rich silica matrix, either as individual submicroscopic particles of elemental gold, or as inclusions in the sulfides. The silver values in unoxidized veins apparently increase with increasing depth and content of base-metal sulfide minerals (Huttl, 1942). Although not observed in thin section, the arsenic and antimony contents of the epithermal veins (app. A) suggest that pearcite-polybasite, proustite-pyrargyrite, stephanite, stromyerite, miargyrite, freibergite, and acanthite may be the mineral hosts for silver in primary ore. Some silver may also occur in galena.

Oxidized ore formed by supergene alteration of primary ore is dominated by iron and manganese oxides, quartz, and clay. Both goethite and hematite are present; jarosite occurs with the iron oxides and the three minerals form a brownish limonite stain on fracture surfaces. The staining is black where manganese oxides were formed from rhodochrosite in primary ore. The wall rock associated with oxidized ore is generally bleached and is composed predominantly of kaolinite. Minor secondary covellite, visible only in thin section, occurs along fractures in chalcopyrite.

Gold occurs as free elemental gold in the oxidized ores. Rex (1946, p. 562) indicated that "gold usually occurs as finely disseminated grains but sometimes as small plates in and on the quartz" in oxidized ore. Reitz (1902) noted that gold was produced by panning at the Porvenir vein on the Río Machuca near San Mateo. Wilfley tables were used at the Bella Vista and Montezuma mines in the Miramar area (Reitz, 1902; Shaw, 1910) and at the Tres Hermanos mine in the Juntas de Abangares area. Gold was extracted with cyanide from concentrate from the Wilfley tables at the Bella Vista mine.

Some exposed occurrences and veins contain mixed sulfide-oxide zones. For example, the Santa Clara open-pit mine contains oxidized ore on the northern side of the Mondongo structure and sulfide-rich ore on the southern side of the structure. The Río Chiquito mine, the Recio vein, and the Sacra Familia vein all contain sulfides encapsulated in silica at the surface with abundant supergene iron and manganese oxides. Mixed oxide-sulfide occurrences indicate that weathering is an active process in the formation of the precious-metal epithermal veins. The weathering of these veins provides the first metallurgical step in the gold recovery process by freeing gold from refractory sulfide-rich ore.

It has been suggested that the oxidation of these veins also results in the enrichment of gold (Organización de los Estados Americanos, 1978, p. 13). Such enrichment has yet to be demonstrated unequivocally. For example, the Santa Clara mine contains both oxidized and unoxidized ore of similar grades at the same level; geochemical data suggest that enrichment due to oxidation is not significant. Rich, oxidized ore probably forms from primary ore that was originally richer than the other primary ores.

ORE TEXTURE

A variety of ore textures were observed in the field at a scale of 1 cm to a few meters and in thin section to as large as several millimeters. The large quartz veins generally range from 2 to 10 m wide with some veins as wide as 20 m, such as at the Canaveral bonanza in the Sacra Familia vein, Montes del Aguacate area. Most of the large veins are fissure fill and are composed of massive, white quartz with local zones of breccia later cemented with silica. The main Recio vein contains 1-m diameter blocks of host andesite in breccia. Rhythmic banding of quartz in some large veins (Blanca vein, Esperanza mine, Líbano area) suggests multiple episodes of mineralization. Surface exposures of the fissure-fill veins are oxidized and contain botryoidal and colliform goethite, jarosite, and hematite or manganese oxides. Weak, yet pervasive, limonite stains fractures in the massive quartz veins where the original sulfide content was high. Pyrite and other sulfides in these vein outcrops are protected from oxidation by encapsulation in quartz.

Small veins that fill fractures in stockwork zones above and on the margins of the larger, fissure-fill veins are usually 1–5 cm wide (figs. 13, 14, 15). These veins are commonly open and vuggy (fig. 16). Comb, colliform, and crustiform textures are well developed. Sulfides (pyrite) occur along the margins of these quartz veins (Santa Clara open-pit mine, fig. 16*A*, *B*). Oxidation of pyrite at the Santa Clara mine produces goethite that stains the quartz vein and extends into the host rock for about half the vein width.

ALTERATION

Deep, tropical weathering has obscured hypogene alteration in almost all outcrops. Rocks altered by hypogene processes are exposed in underground workings (Moncada, Sacra Familia, and Esperanza mines, pl. 8) and in open pits at the Santa Clara mine and the Guapinol mine along the Compañía vein.

Propylitic alteration is widespread and not confined to environments that are either spatially or genetically related to epithermal vein deposit types. The host andesite is weakly to strongly propylitized in all areas. This alteration is characterized by calcite, chlorite, epidote, and pyrite; porphyritic textures are preserved in the altered rocks.

Next to the epithermal veins, hypogene alteration is characterized by fine-grained silica, chlorite, sericite, calcite, and disseminated pyrite at the Santa Clara mine, La Unión mine, Moncada mine ore pile, Esperanza mine, and Guapinol pit along the Compañía vein (table 6). Plagioclase phenocrysts are generally altered to sericite with minor chlorite whereas original pyroxene phenocrysts are generally altered to chlorite. Calcite, where present, usually occurs with sericite as an alteration product of plagioclase. The fine-grained microlite-rich groundmass of the andesite has the same alteration mineral assemblage as the phenocrysts, with the addition of a greenish-brown clay (nontronite?). Fine-grained, euhedral granular quartz replaces andesite in silicification halos immediately adjacent to quartz veins.

Laguna (1983a) recognized three types of alteration in andesite of the Aguacate Group: (1) propylitic alteration characterized by secondary chlorite, beidellite, kaolinite, and illite accompanying pyrite along fractures; (2) argillic alteration containing one of five observed mineral assemblages (kaolinite, illite-beidellite; kaolinite, alunite, illite-beidellite; kaolinite, pyrophyllite; beidellite, illite-beidellite; or kaolinite, cristobalite); and (3) incipient sericitc alteration with quartz and pyrite. The variation in argillic alteration types presumably reflects different intensities of weathering of both fresh rock and hypogene-altered rocks.

ORE CONTROLS

High-angle faults, particularly where they intersect, are the sites of the highest grade ore in most Costa Rican precious-metal epithermal veins (fig. 17). For example, the Compañía and Sacra Familia veins are fissure-fill veins in high-angle faults that strike east-northeast and are intersected by the high-angle La Minita vein which strikes north-northeast. The intersections of the La Minita vein with the other veins are the loci of high-grade, bonanza-type ore bodies (Leo Piedmont, Sacra Familia mines, oral commun., 1986).

The ore controls for the occurrence at the Santa Clara mine are less apparent. The Santa Clara mine is believed to lie along a major east-striking fault, the Mondongo fault, which is intersected by northeast-striking mineralized faults (veins) (Chaun Caldwell, Santa Clara mine, oral commun., 1986). Although we did not observe any offset across these faults in the Santa Clara mine, high-grade northeast-striking zones of dense stockwork quartz veining that intersect an east-striking zone (Mondongo) of dense stockwork quartz veining were observed. The intersection of these zones contains particularly high-grade ore. Although both walls contain similar grades of gold, most of the northern wall of the Mondongo zone is oxidized, whereas the southern wall which has not been mined is predominantly unoxidized.

The Esperanza mine in the Líbano area is developed along a high-angle, north-striking vein system in the hanging wall of, and along, the Azul fault, a high-angle, normal fault (Oscar Madrigal, Esperanza mines, oral commun., 1986). The Azul, Blanca, and Fortuna veins are the principal ore-bearing veins. The intersection of the Fortuna vein with the Blanca vein contains a high-grade ore zone.

Another major ore control is a spatial and genetic(?) association between rhyolite dikes and stocks and some of the gold bearing veins (fig. 18*A*, *B*). The rhyolite commonly has quartz and feldspar phenocrysts. One example is the rhyolite intrusion at Cerro Pelado, southwest of Líbano. Smaller stocks and dikes radiate from Cerro Pelado. Some of the stocks and dikes in the Líbano area (Maravilla Sur vein) are weakly mineralized (0.01–0.02 oz Au/ton). Deruyter (1985) noted a spatial association between gold deposits and rhyolite dikes and implied a genetic association. These observations are consistent with Deruyter's conclusions that gold mineralization is localized near, and sometimes in, rhyolite dikes. Widespread brecciation and silicification can mask the original rock texture and phenocryst composition of some rhyolite dikes as seen near the Moncada mine.

Neither host rock stratigraphy nor lithology appear to have had any major control on the distribution of precious-metal epithermal veins in Costa Rica. All known deposits are located in subaerial volcanic sequences which include minor volcaniclastic units. Geochemical sampling of the known deposits indicates that precious metals are located in quartz veins which in turn suggests that the ability of a rock to fracture and provide open space for vein deposition is more important than the composition of the rock as an ore control.

UN ANALISIS DE LOS YACIMIENTOS EPITERMALES FILONIANOS EN LA CORDILLERA DE TILARAN Y LOS MONTES DEL AGUACATE, COSTA RICA

Por
W. C. Bagby, S. P. Marsh y Enid Gamboa

INTRODUCCION

Los yacimientos auríferos de Costa Rica forman una parte integral de la fundación mineral del país. Aunque la existencia en Costa Rica de una zona aurífera es bien conocida, carecen en la literatura discusiones detalladas de sus características o su disposición vulcanológica. Además, aunque los yacimientos auríferos son ampliamente conocidos como del tipo de vetas epitermales, no han sido clasificados hasta la fecha en Costa Rica. La definición del tipo espicífico de yacimiento epitermal correspondiente a los yacimientos conocidos es parte integral de la evaluación de los recursos minerales y del desarrollo de programas de exploración en cuanto que asiste en la delineación de ambientes geológicamente permisivos y proviene unos parámetros para predicir la ley y tonelaje de yacimientos sin descubrir. Varios tipos de yacimientos filonianos epitermales de metales preciosos han sido definidos por Cox y Singer (1986) a base de sus características geológicas y de ley y tonelaje. Adicionalmente, estudios realizados por Mosier y otros (1986) sugieren que la composición de las rocas del basamento pueden influenciar la variabilidad del tonelaje y ley de los varios tipos de yacimientos epitermales filonianos. El propósito de esta sección es describir las características geológicas y geoquímicas de los yacimientos auríferos de Costa Rica y correlacionarlos a un específico modelo de yacimientos epitermales filonianos.

El modelo de yacimientos epitermales de metales preciosos desarrollado para Costa Rica, se presenta en esta obra así como los tipos de yacimientos presentados en Cox y Singer (1986) para facilitar su comparación con otros tipos de yacimientos epitermales de metales preciosos. Las observaciones de campo de las minas y prospectos y los análisis de muestras de rocas (Cuadros 5, 7, 8, apéndice A), tanto como los datos geológicos y geoquímicos de áreas previamente laboreadas y ahora inaccesibles, soportan la interpretación que todas las vetas de metales preciosos epitermales en Costa Rica están relacionados con y pertenecen a un específico tipo de yacimiento.

UBICACION E HISTORIA DE LOS YACIMIENTOS AURIFEROS FILONIANOS

Los yacimientos auríferos filonianos de Costa Rica ubican en un cinturón extendido desde Tilarán en el noroeste hasta Desmonte en el sureste (Lámina 8). El primer descubrimiento de oro ocurrió en 1815 cerca de Desmonte en los Montes del Aguacate, cuando el obispo Nicolás García viajó entre Costa Rica y Nicaragua (Rietz, 1902; Jinesta, *en* Castillo, 1984, p. 148). Esta ocurrencia mineral inicial, después nombrada la veta Sacra Familia, está ubicada en el área aurífera de los Montes del Aguacate (Lámina 8). La veta Compañía fue descubierta en el mismo área en 1822. Estos descubrimientos tempranos atrayeron mineros e inversionistas a Costa Rica, resultante en el descubrimiento y desarrollo de las áreas Miramar (Reitz, 1902) y Juntas de Abangares. Dos períodos de intensiva actividad mínera acaecieron desde 1824 a 1860 y 1900 a 1950. El presente elevado precio mundial de oro ha resultado en nuevas exploraciones, desarrollo y actividad mínera.

Yacimientos de oro como conocidos en la literatura se presentan en una zona con extensión de 110 km por 30 km (Cope, 1985). Esta zona representa también esas áreas accesibles en la vertiente sudoccidental de la Cordillera de Tilarán, pero a base del conocimiento de los geológicamente favorables ambientes deposicionales, la zona puede ser más amplia y larga.

AMBIENTE GEOLOGICO REGIONAL

TIPOS DE ROCAS

Las predominantes litologías ígneas son rocas vulcánicas subaéreas de composición calco-alcalina, alcalo-cálcica y ligeramente alcalina e intrusiones subvulcánicas asociadas. Los tipos de rocas varían desde basaltos y andesitas basálticas hasta andesita y dacita a riolita. Las rocas de composición intermedia son más comunes. Los basaltos, andesitas basálticas, andesitas y dacitas son predominantemente coladas de lava porfiríticas y conos no bien preservados de brecha tobácea conteniendo intercalaciones de tobas. Las intrusiones riolíticas se presentan en forma de pequeños stocks, domos, y abanicos piroclásticos alrededor de los domos. Ambas variedades porfiríticas (fenocristales de cuarzo y feldespato) y casi afídicas se presentan. Conglomerados compuestos de guijarros de andesita y riolita tanto como rocas sedimentarias vulcanoclásticas de grano más fino están interestratificadas con las rocas vulcánicas localmente dentro de la sección estratigráfica.

TEXTURAS DE ROCAS

Las texturas de las rocas vulcanícas indican que son coladas, tobas y bechas subaéreales. Las andesitas y dacitas son generalmente porfiríticas, y muchos exhiben una ligera a fuerte alteración propilítica. Lavas más frescas contienen fenocristales de plagioclasa y piroxeno en una matriz microlítica vítrea con textura de flujo. La foliación de flujo, evidenciada por la presencia de bandas de esferulita y microfenocristales en riolitas, indica que estas rocas son producto de una magma viscosa. La foliación es deformaciones a lo largo de los bordes de los stocks. Dicha folicación indica emplazamiento de las intrusiones riolíticas en un ambiente somero a superficial. Ningunas de las texturas de las rocas vulcánicas indican un emplazamiento bajo agua. La carencia de conglomerados vulcánicos (flujos de lodo) y rocas sedimentarias vulcanoclásticas indica que procesos fluviales eran efemerales y subordinados dentro del ambiente predominantemente subaéreal en cual se formaron estas rocas.

ALCANCE DE EDAD GEOLOGICA

Las vetas epitermales de metales preciosos en la Cordillera de Tilarán y los Montes del Aguacate están asociadas con rocas vulcánicas del Mioceno a Plioceno (Kussmaul y Sprechmann, 1984; Castillo, 1984) aunque para ninguna se han determinado edades radiométricas.

MARCO TECTONICO

El marco tectónico de Costa Rica durante el Mioceno y Plioceno ha sido interpretado por Lonsdale y Klitgord (1978), Heath y Van Andel (1973), Pindell y Dewey (1982) y Burkey y otros (1984) usando datos geofísicos del fondo oceánico y datos geoquímicos de las composiciones de rocas vulcánicas subaéreales del Mioceno a Plioceno, ubicadas en la parte meridional de América Central (Weyl, 1980, p. 279–292). Sus reconstrucciones presumen una subducción en dirección noreste de la placa Farallón debajo de la placa del Caribe, dominó el tectonismo a lo largo del margen occidental de Costa Rica durante el Oligoceno Medio. Ningunas rocas vulcánicas de esta edad se encuentran en Costa Rica. Durante el Mioceno Medio las placas del Coco y Nazca se formaron por la partida de la placa del Farallón, resultado de la colisión de la ancesral Serranía Carnegie con Colombia (Heath y Van Andel 1973), o por la colisión de parte de la Serranía del Pacífico Oriental con el complejo de subducción entre Panamá y Costa Rica (Lonsdale y Klitgord, 1978). Ambos hipótesis indican que subducción en dirección noreste continuó durante el Mioceno y Plioceno a lo largo de la costa occidental de Costa Rica.

BASAMENTO

Rocas vulcánicas y plutónicas del Mioceno y Plioceno provienen el marco huésped para la formación de vetas epitermales de metales preciosos en la Cordillera de Tilarán y los Montes del Aguacate. El basamento bajo estas rocas vulcánicas no es bien conocido; es probable que consta de diferenciaciones magmáticas de composición andesítia y dacítica, talvez semejante a un batolito como el levantado Batolito Talamanca en la parte meridional de Costa Rica o a la Intrusión Guacimal cerca de Santa Elena.

La composión del basamento a una profundidad de 8 km durante la formación de los yacimientos de oro probablemente era muy poco diferente que el presente, con la posible excepción de que era más máfico que él de hoy. No existe evidencia que sugiere que gruesas secuencias de rocas sedimentarias continentales formaban parte del basamento del Terciario o el del día presente. Interpretaciones por Ponce y Case (ésta obra) de los datos gravimétricos indican que existe en la Cordillera de Tilarán y los Montes del Aguacate una gruesa corteza con densidad relativamente baja. Un grande batolito intracortezal de composión similar a la Intrusión Guacimal y rocas volcánicas de composición intermedia a silícica producerían un campo gravimétrico como el que se observa actualmente.

CARACTERISTICAS GEOLOGICAS A ESCALAS DE YACIMIENTO Y DE AREA

MINERALOGIA DE LA MENA

La mineralogía hipogena de todas las vetas epitermales de metales preciosos en Costa Rica es similar y las menores diferencias resultan de los diferentes niveles de erosión y la intensidad y profundidad de meteorización. El nivel de erosión varía por toda la Cordillera de Tilarán y los Montes del Aguacate, lo cual resulta en depósitos que muestran diferentes asociaciones mineralógicas, relacionadas con los diferentes niveles de la primaria hipogena zonación vertical. La intensidad y penetración de la meteorización también varía por toda la región y en muchas áreas destruye los minerales primarios de sulfuros. Está presente oxidación en todos los yacimientos a diferentes grados; como resultado, están presente muchos tipos de minerales de sulfuros primarios. Siendo así, las descripciones de minerales de sulfuros de vetas son compuestos de informaciones de muchas ocurrencias.

La mineralogía de vetas no oxidadas está dominada por cuarzo y pirita, acompañados por menos galena, calcopirita y esfalerita. Estibina ha sido reportada en vetas cuarcíferas del área Juntas de Abangares (Roberts y Irving, 1957, p. 185), el tunel Los Castros en la veta Compañía del área los Montes del Aguacate (Rex, 1946) y en la Mina Moctezuma en el área de Miramar (Shawe, 1910). Aunque no son comunes en la mayoría de las menas primarias, arsenopirita y realgar están presente en la cantera Guapinol de la veta Compañía (la parte suroeste de la veta Oreamuno-Castro presentada por Roberts y Irving, 1957, p. 185).

La mineralogía de ganga en vetas no oxidadas está dominada por cuarzo pero frecuentemente incluye rodocroisita, clorita, sericita y poco calcita y analcita. Kutnohorite ($Ca(Mn, Mg, Fe^{+2})(CO_3)_2$), un mineral de carbonato trigonal que forma una serie continua con dolomita y ankerita, ha sido identificado con rodocroisita en forma de cristales aciculares recubriendo vugs en muestras del desechadero del socavón de la Mina San Francisco en la veta Sacra Familia.

La ubicación de oro y plata en material de vetas no oxidado no es bien conocida, pero probablemente se presentan juntos con pirita, galena y otros sulfuros. En la Mina de Esperanza en Líbano, la mena de ley alta es una brecha de fragmentos de cuarzo blanco en una matriz de sílice rica en pirita. Pocas veces esfalerita y calcopirita acompañan la pirita. Esta zona de brecha corta preexistentes vetas de cuarzo blanco estériles. El oro está intimamente asociado con la matriz de silice rica en sulfuros, séa en forma de particulos individuales de oro elemental submicroscópico o como inclusiones en los sulfuros. Los valores de plata en vetas no oxidadas aparentemente aumenta con creciente profundidad y contenido de minerales de sulfuros de metales básicos (Huttl, 1942). Aunque no se observaron en secciones delgadas, el contenido de arsénico y antimonio en las vetas epitermales (apéndice A) sugiere que los minerales huésped de plata en mena primaria son pearcita-polibasita, proustita-pirargirita, stephanita, stromierita, miargirita, freibergita y acantita. Plata puede estar presente también en galena.

Mena oxidada formada por procesos de alteración supergénica está dominada por óxidos de hierro y manganeso, cuarzo y arcilla. Ambos goethita y hematita están presente y jarosita se presentan con óxidos de hierro; los tres minerales forman manchas de limonita de color pardo en las fracturas. Las manchas son de color negro donde se han formado óxidos de manganeso de rodocroisita en la mena primaria. La paréd de roca asociada con mena oxidada generalmente está blanqueada y compuesta predominantemente de caolinita. Se presenta en calcopirita a lo largo de fracturas, pero es visible solo en sección delgada.

Oro libre se presenta en forma elemental en las zonas no oxidadas. Rex (1946, p. 562) indicó que "el oro típicamente se presenta en forma de granos finos diseminados pero a veces en forma de pequeñas lajas en y sobre el cuarzo" en mena oxidada. Reitz (1902) notó que el oro se recuperó por concentración manual por orero (panning) en la veta Porvenir en el Río Machuca cerca de San Mateo. Mesas de Wilfley se utílizaron en las minas Bella Vista y Moctezuma del área Miramar (Reitz, 1902; Shawe, 1910) y en la Mina Tres Hermanos en el área de las Juntas de Abangares. El oro ha sido recuperado de los concentrados de las mesas Wilfley con uso de cianuro en la Mina Bella Vista.

Algunos afloramientos y vetas contienen mezclas de zonas de sulfuros y óxidos. Por ejemplo, la Mina Santa Clara laboreada a cielo abierto contiene mena oxidada al lado norte de la estructura de Mondongo y mena rica en sulfuros al lado sur de la estructura. La mina Río Chiquito, la veta Recio y la veta Sacra Familia contienen sulfuros encapsulados en sílice en la superficie con abundantes óxidos de hierro y manganeso supergénicos. La presencia de mezclas de óxidos y sulfuros indica que meteorización es un proceso dinámico en la formación de vetas epitermales de metales preciosos. La meteorización de estas vetas proviene la primera etapa metalúrgica en el proceso de la recuperación del oro por medio de liberar el oro de la mena refractoria rica en sulfuros.

Ha sido sugerido que la oxidación de estas vetas resulta también en la concentración de oro (Organización de los Estados Americanos, 1978, p. 13). Aún falta demostrar inequivocalmente dicha concentración; por ejemplo, la Mina Santa Clara contiene ambos mena oxidada y no oxidada con leyes similares en los mismos niveles; los datos geoquímicos sugieren que la concentración resultada de oxidación no es muy significante. Mena oxidada de alta ley probablemente se formó de mena primaria con ley originalmente más alta que la de las otras menas primarias.

TEXTURAS DE LA MENA

Una variedad de texturas de mena han sido observadas en el campo a escalas de 1 cm hasta unos pocos metros y, en secciones delgadas, hasta de varios milímetros. La anchura de las grandes vetas de cuarzo varía desde 2 a 10 m con algunas alcanzando 20 m, como por ejemplo en la bonanza Canaveral en la veta Sacra Familia en el área de los Montes del Aguacate. La mayoría de vetas grandes son de relleno de fisura y están compuestas de cuarzo masivo de color blanco con zonas locales de brecha subsiguientemente cementada con sílice. La brecha de la principal Veta Recio contiene bloques de andesita huésped con diametro de 1 metro. Bandeo rítmico de cuarzo en algunas vetas grandes (Veta Blanca, Mina Esperanza, en el área de Líbano) sugiere que ocurrieron multiples episodios de mineralización. Afloramientos de las vetas de relleno de fisura están oxidados y contienen goethita, jarosita y hematita con textura botrioidal y coloforme, o óxidos de manganeso. Las fracturas en las macisas vetas de cuarzo están débilmente pero pervasivamente manchadas con limonita donde el contenido original de sulfuros es alto. Pirita y otros sulfuros en estos afloramientos de vetas están protejidos de la oxidación por estar encapsulados en el cuarzo.

Las pequeñas vetas que rellenan fracturas en zonas de stockwork sobre y en los bordes de las más grandes vetas de relleno de fracturas típicamente tienen anchura de 1 a 5 cm (Figuras 13, 14 y 15). Estas vetas frecuentemente están abiertas y vuggy (Fig. 16). Texturas en peine, colliforme y de forma de cortezas están bien desarrolladas. Sulfuros (pirita) se presentan a lo largo de los bordes de estas vetas de cuarzo (Mina Santa Clara, Fig. 16*A*, *B*). La oxidación de pirita en la Mina Santa Clara produce goethita que mancha la veta de cuarzo y se extiende a la roca huésped a una distancia de la mitad de la anchura de la veta.

ALTERACION

Meteorización tropical profunda ha escondido la alteración hipogénica en casi todos los afloramientos. Las rocas alteradas por procesos hipogénicos están expuestas en los trabajos subterráneos (minas Moncada, Sacra Familia y Esperanza, Lamina 8) y en las canteras de cielo abierto de la Mina Santa Clara y en la Mina Guapinol a lo largo de la Veta Compañía.

Alteración propilítica es extensiva y no está limitada a los ambientes que están relacionados genéticamente o espacialmente con los tipos de yacimientos de vetas epitermales. Las andesitas huéspedes están propilitizadas desde débilmente hasta fuertemente en todas las áreas. Esta alteración está caracterizada por los minerales calcita, clorita, epidota y pirita; texturas porfiríticas están preservadas en la rocas alteradas.

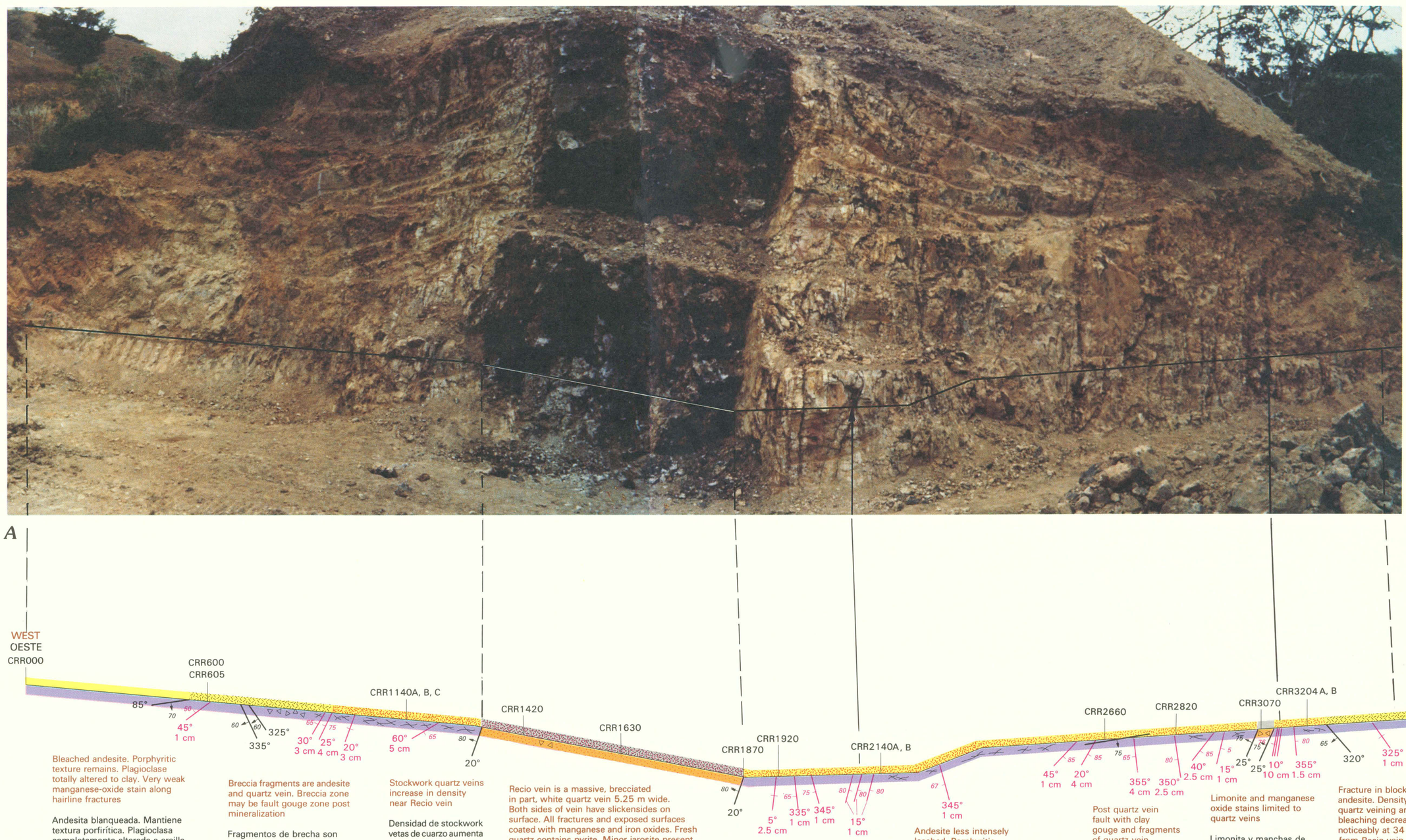
En las minas Santa Clara, La Unión, Moncada y Esperanza y la cantera de Guapinol a lo largo de la veta Compañía, la alteración hipogena adyacente con las vetas epitermales está caracterizada por silice, clorita, sericita y calcita, todos de grano fino, y pirita diseminada (Cuadro 6). Los fenocristales de plagioclasa generalmente están alterados a sericita con menores cantidades de clorita y los fenocristales de piroxeno generalmente están alterados a clorita. Donde está presente, la calcita está acompañada con sericita como el producto de alteración de plagioclasa. La masa fundamental de grano fino, rica en microlitas, de la andesita muestra la misma asociación de mineralogía de alteración que los fenocristales y adicionalmente contiene una arcilla de color pardo verdoso (nontronita?). Cuarzo granular euhedral de grano fino reemplaza la andesita en los halos de silicificación inmediatamente adyacentes con la vetas de cuarzo.

Laguna (1983a) ha reconocido tres tipos de alteración en las andesitas del Grupo Aguacate: (1) alteración propilítica caracterizada por los minerales secundarios clorita, beidellita, caolinita y illita, acompañados por pirita a lo largo de fracturas; (2) alteración argílica, mostrando una de las cinco asociaciones minerales conocidas (caolinita, illita-beidellita; caolinita, alunita, illita-beidellita; caolinita, pirofilita; beidellita, illita-beidellita; o caolinita, cristobalita); y (3) alteración sericítica incipiente, con cuarzo y pirita. La variación en los tipos de alteración argílica se presume representar diferencias en la intensidad de meteorización de ambas rocas frescas y con alteración hipogena.

CONTROLES DE LA MINERALIZACION

Las fallas muy inclinadas, particularmente donde se intercruzan, son los sitios de mena de ley más alta en la mayoría de las vetas epitermales de metales preciosos en Costa Rica (Fig. 17). Por ejemplo, las vetas Compañía y Sacra Familia son vetas de relleno de fisura en fallas muy inclinadas, con rumbo este-noreste, cortadas por la muy inclinada Veta La Minita, con rumbo nor-noreste. Las intersecciones de la Veta La Minita con las otras vetas son los sitios de cuerpos de mena tipo bonanza de alta ley (Leo Piedmont, minas Sacra Familia, comunicación oral, 1986).

Los controles de la mineralización en la Mina Santa Clara son menos aparentes. La Mina Santa Clara se considera estar ubicada a lo largo de la falla Mondongo, una falla mayor con rumbo este, la cual está cortada por fallas mineralizadas (vetas) con rumbo noreste (Chaun Caldwell, Mina Santa Clara, comunicación oral, 1986). Aunque no se observaron en los estudios de campo desplazamientos en estas fallas en la Mina Santa Clara, sí se observaron zonas de alta ley de denso stockwork de vetas de cuarzo, con rumbo noreste, que cortan una zona (Mondongo) de denso stockwork de vetas de cuarzo, con rumbo este. La intersección de dichas zonas contiene mena de ley particularmente alta. Aunque ambas parédes contienen leyes de oro similares, la mayoría de la paréd norte de la zona Mondongo está oxidada, en contraste con la paréd sur que está predominantemente libre de oxidación y no ha sido laboreada.

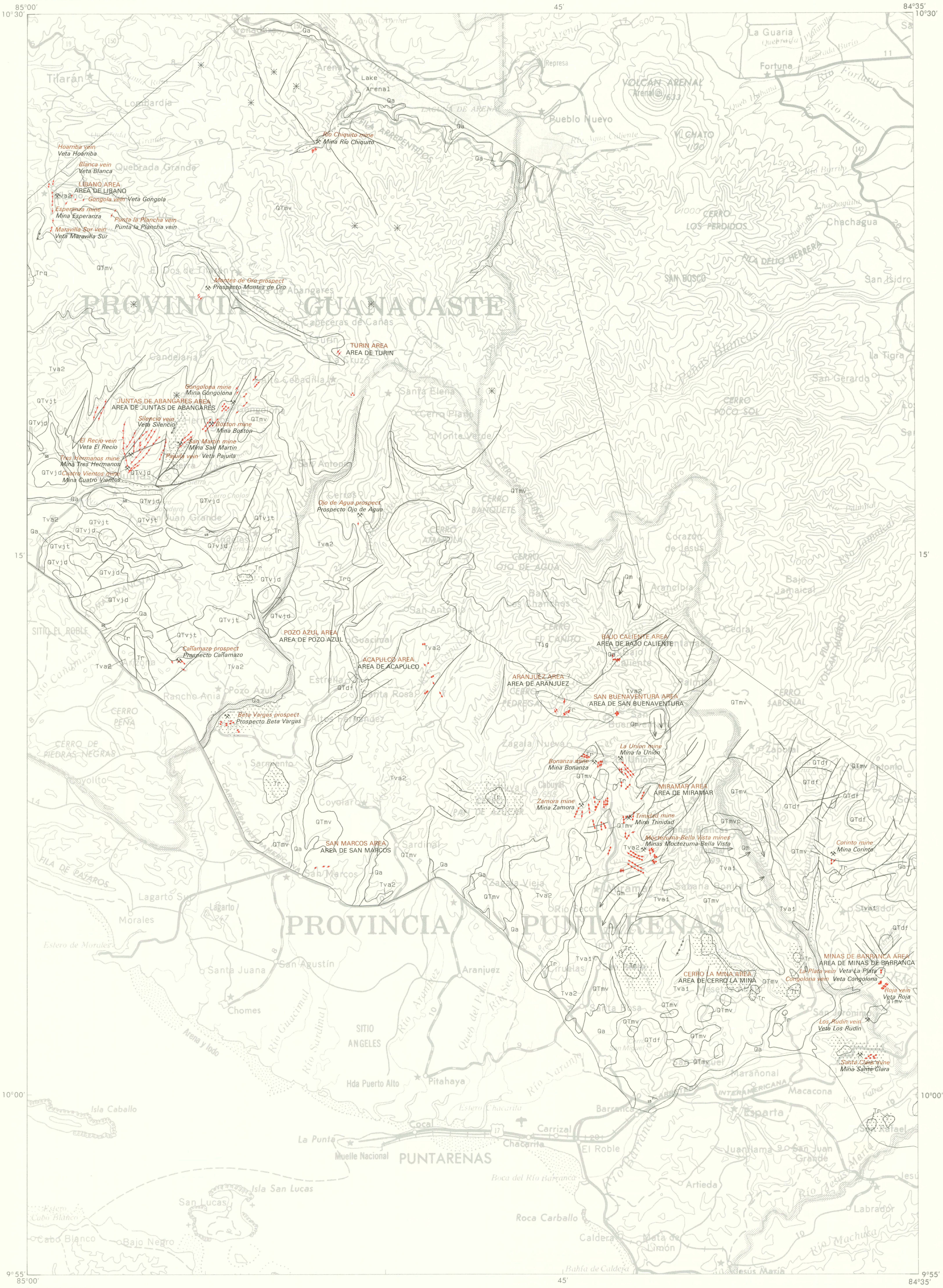


Sample no. — Muestra no. / Rock type — / Tipo de roca —	CRR0000 Host andesite / Andesita huésped	CRR0600 Quartz vein / Veta de cuarzo	CRR0605 Host andesite / Andesita huésped	CRR1140A Iron-oxide filled fracture / Fractura rellenada con óxido de hierro	CRR1140B Host andesite / Adesita huésped	CRR1140C Quartz vein / Veta de cuarzo	CRR1420 Quartz vein with pyrite / Veta de cuarzo con pirita	CRR1630 Vuggy quartz vein / Veta de cuarzo ficada (vuggy)	CRR1870 Iron oxides and clay in gouge / Oxidos de hierro y arcilla en jaboncillo	CRR1920 Quartz vein coated with manganese oxide / Veta de cuarzo revestida con óxido de manganeso	CRR2140A Host andesite / Andesita huésped	CRR2140B Goethite vein / Veta de goethita	CRR2660 Fractured quartz vein / Veta de cuarzo fracturada	CR2820 Quartz vein / Veta de cuarzo	CR3070 Quartz vein with manganese oxide on margins / Veta de cuarzo con óxido de manganeso en bordes	CRR3240A Quartz vein with some iron oxides / Veta de cuarzo con algo de óxidos de hierro	CRR3240B Host andesite / Adesita huésped
Au	N(0.05)	N(0.05)	N(0.05)	3.8	N(0.05)	0.50	0.65	0.35	5.2	0.75	N(0.05)	0.05	0.50	9.2	16	1.6	N(0.05)
Ag	.25	.75	.20	7.2	.30	1.3	3.0	11	10	3.6	1.8	42	29	18	15	4.3	.50
As	N(10)	70	L(10)	80	50	60	20	30	340	180	90	160	50	90	60	10	30
Sb	N(2)	N(2)	N(2)	2	N(2)	4	2	2	10	12	2	4	2	2	2	N(2)	N(2)
Hg	N(.02)	N(.02)	L(.02)	.04	N(.02)	.06	L(.02)	L(.02)	.20	.10	.14	.20	.16	.10	.26	.06	.06
Tl	.30	.20	.55	1.2	1.7	.65	.40	1.0	.75	2.6	1.7	1.6	.35	.50	.60	.25	1.7
Te	N(.05)	.25	N(.05)	L(.05)	N(.05)	N(.05)	.05	.30	1.1	.10	N(.05)	N(.05)	N(.05)	N(.05)	.30	.40	N(.05)
Cu	60	90	110	130	100	50	35	240	120	380	80	180	25	50	65	20	85
Pb	L(5)	10	N(5)	10	N(5)	15	170	90	540	90	L(5)	15	20	25	70	20	10
Zn	60	70	75	90	55	50	450	90	200	200	120	230	30	30	75	10	160

D

Figure 13.—Section across an exploration cut perpendicular to the Recio vein, Juntas de Abangares area, Costa Rica. Geologic and geochemical data used to demonstrate the relationships between host rock, alteration, veins, and structure are shown. The north-striking Recio vein system is typical of the epithermal gold-bearing quartz veins in Costa Rica. The Recio vein is quartz fissure fill in a high-angle fault. This fissure-fill vein has been broken and resilicified at least once. Manganese and iron oxides coat fracture surfaces in the veins and in the host andesite. The quartz veins on either side of the Recio vein do not form a web stockwork but instead, form a zone of sheeted, parallel quartz veins. This zone is 6 m wide on the west side and 17 m wide on the east side. The alteration mineralogy of the host andesite in the exploration cut is dominated by minerals formed during supergene oxidation and acid leaching of hypogene altered andesite resulting in the remobilization of trace elements. *A*, Photograph showing the near vertical Recio vein, adjacent stockwork quartz and quartz veining, and altered andesite host rock. The horizontal line drawn across the face of the exploration cut represents a base line along which geologic data and rock samples were collected. *B*, On the geologic strip map, the horizontal line represents the base line shown in the photograph. Host rock and vein lithologies, quartz veins, and faults are shown below and alteration, distribution of limonite and manganese oxide along fractures in the host rock, and rock sample numbers are shown above the base line. Each sample is numbered according to its distance, in meters and centimeters, from a zero point at the west end of the base line; letter suffixes are used where more than one sample was collected at a locality. For example, sample number CRR1140B is 11 m, 40 cm east of the zero point and is the second sample collected at that site. Two specific quartz veins are identified by vertical lines with arrows to the photograph above. *C*, Histograms showing the concentration of gold and silver in the rock samples collected along the base line across the exploration cut. The histogram scale is logarithmic and concentrations of gold and silver are shown in parts per million (ppm). If gold values were not detected at the lower limit of determination (0.05 ppm) they are shown as 0.02 ppm, or 2 reporting intervals below the limit of determination. The rock samples are not indicative of the overall grade of the exposure because only grab samples, not channel samples, were collected. *D*, Table showing selected trace-element concentrations from the rock samples, in parts per million. Values for elements not detected at the indicated lower limit of determination are shown as N; values for elements detected, but below the indicated lower limit of determination are shown as L. Although the trace elements related to precious metals (As, Sb, Hg, Tl, Te) and the base metals (Cu, Pb, Zn) are generally concentrated in the quartz veins, they are also elevated in the altered andesite host rock.

Figura 13.—Sección a través de un corte exploratorio orientado perpendicular con la veta Recio, Juntas de Abangares, Costa Rica. Datos geológicos y geoquímicos muestran relaciones entre roca huésped, alteración, vetas y estructura. El sistema de vetas Recio con rumbo norte es típico de las vetas epitermales de cuarzo conteniendo oro en Costa Rica. La veta Recio es de relleno con cuarzo en una falla muy inclinada. Dicha veta ha sido quebrada y resilicificada a lo menos una vez. Oxidos de hierro y manganeso cubren las fracturas en las vetas y en la andesita huésped. Las vetas cuarcíferas en ambos lados de la veta Recio forman una zona de vetas de cuarzo en lajas paralelas en vez de formar un stockwork. Esta zona es de 6 m de anchura en el lado oeste y de 17 m en el lado este. La mineralogía de alteración está dominada por minerales formados durante la oxidación supergena y la lixiviación por ácido de la andesita alterada (hipogena), resultando en la mobilización de los elementos traza. *A*. Fotografía presentando la casi vertical veta Recio, adyacente cuarzo en stockwork y vetas y andesita alterada encajante. La línea horizontal a través de la fotografía representa la línea base donde se recolectaron los datos geológicos y las muestras de roca base. *B*. La línea horizontal presentada en el mapa geológico representa la línea base presentada en la fotografía. Las litologías de las rocas huéspedes y vetas, las vetas de cuarzo y las fallas se presentan bajo la línea; la alteración, distribución de limonita y óxido de manganeso a lo largo de fracturas en la roca huésped y los números de muestras de roca se presentan arriba de la línea base. Las muestras han sido numeradas según su distancia, en metros y centímetros, de un punto cero en la terminación oeste de la línea base; las letras indican donde han sido recolectadas más que una muestra en un local. Por ejemplo, la muestra NO. CRR1140B está ubicada a 11 m, 40 cm este del punto cero y es la segunda muestra recolectada de este local. Dos vetas de cuarzo están indicadas por flechas verticales y corresponden a la fotografía más arriba. *C*. Histogramas presentando las concentraciones del oro y plata en las muestras de roca recolectadas a lo largo de la línea base a través del corte exploratorio. La escala del histograma es logarítmico y las concentraciones del oro y plata están presentadas en partes por millón. Los valores del oro no deteccionados al límite bajo de detección (0,05 ppm) han sido presentados como 0,02 ppm o a dos intervalos de detección menos que el límite de detección. Las muestras de roca no se consideran ser indicativas de la ley de todo el afloramiento porque no son muestras por ranura. *D*, Cuadro presentando una selección de concentraciones de elementos traza de muestras de roca, en partes por millón. Los valores de elementos no deteccionados al límite bajo de detección están indicados con una N; valores de elementos deteccionados pero menos del nivel bajo de detección están indicados con una L. Aunque los elementos traza relacionados con los metales preciosos (As, Sb, Hg, Tl, Te) y los metales básicos (Cu, Pb, Zn) generalmente están concentrados en las vetas cuarcíferas, también se presentan valores elevados en la andesita huésped.



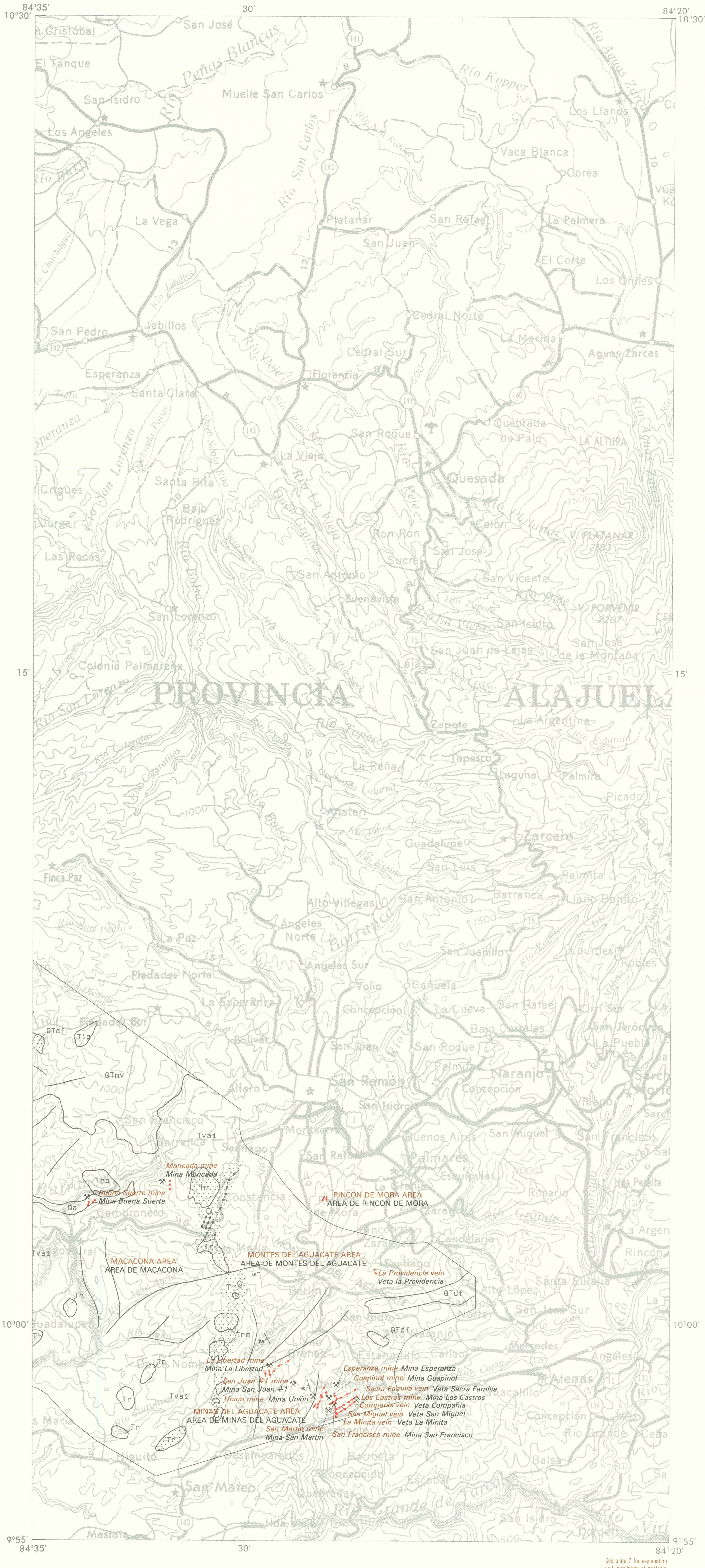
Base from el Instituto Geographico Nacional y el Servicio Geodesico Interamericano, 1:200,000, 1944 (with undated photorevisions)

Base topográfica del Instituto Geográfico Nacional y el Servicio Geodesico Interamericano, escala 1:200,000, 1944 (con fotorevisiones sin fecha)

1:100 000

1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 KILOMETROS

PLATE 8.—MAP SHOWING LOCATIONS OF MINING AREAS, MINES, AND VEINS IN THE CORDILLERA DE TILARAN AND MONTES DEL AGUACATE, COSTA RICA



EXPLANATION

TURIN AREA — Mining Area
⚒ Mine or prospect
Vein

EXPLICACION

AREA DE TURIN — Area Minera
⚒ Mina o prospecto
Veta

See plate 7 for explanation and correlation of geologic map units

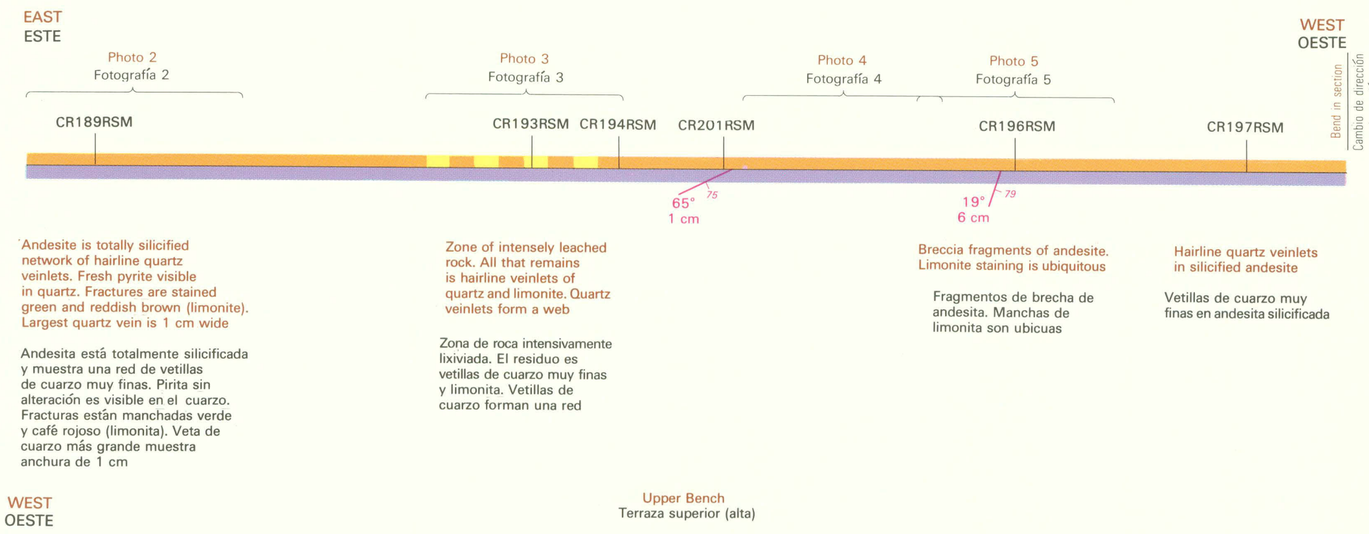
Véase Lámina 7 para explicación y correlación de unidades geológicas

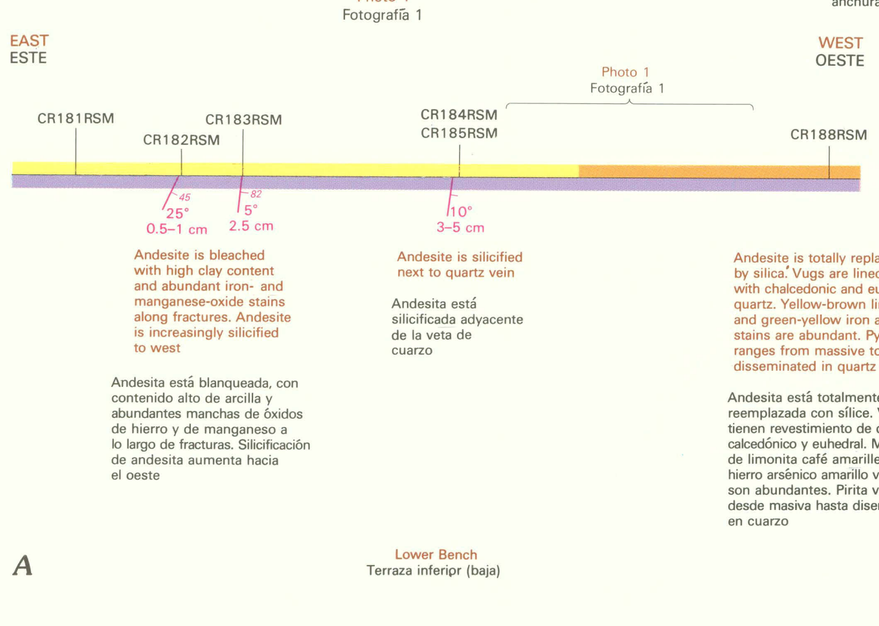
LAMINA 8.—UBICACION DE AREAS MINERAS, MINAS Y VETAS EN LA CORDILLERA DE TILARAN Y LOS MONTES DEL AGUACATE, COSTA RICA

Photo 2
Fotografía 2

Photo 3
Fotografía 3

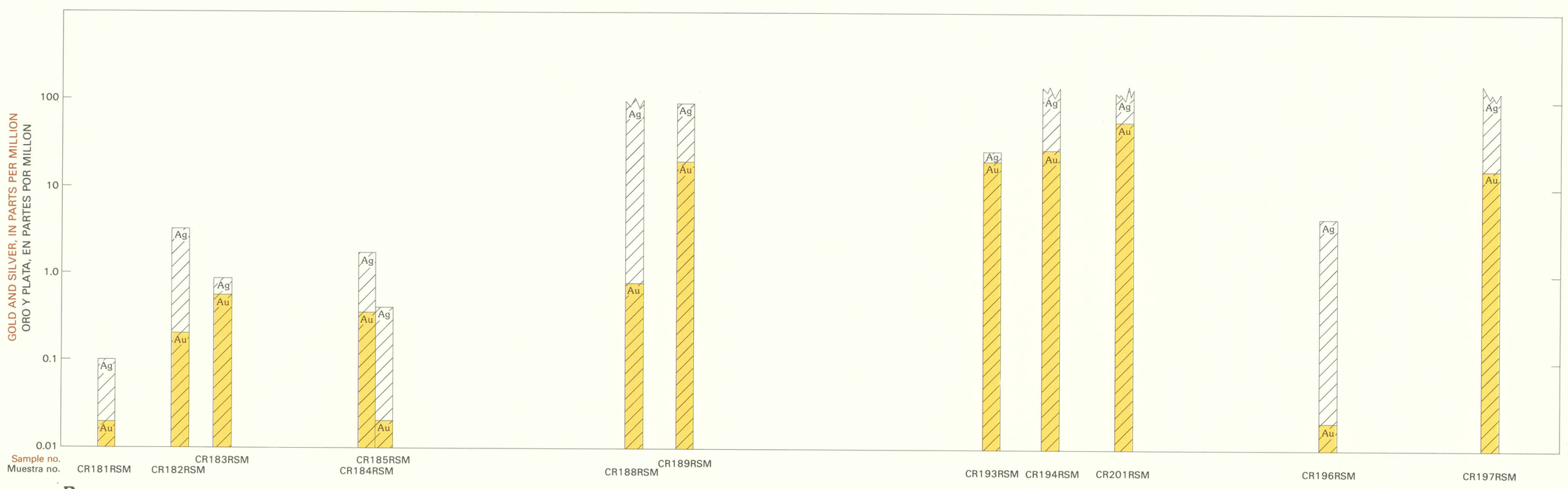
Photo 1
Fotografía 1





A

Photo 4
Fotografía 4



B

Sample no Muestra no. Rock type Tipo de roca	CR181RSM Altered andesite Andesita alterada	CR182RSM Quartz veinlets Vetillas de cuarzo	CR183RSM Quartz vein Veta de cuarzo	CR184RSM Silicified andesite Andesita silicificada	CR185RSM Quartz veins Vetas de cuarzo	CR188RSM Silicified andesite Andesita silicificada	CR189RSM Quartz veins Veta de cuarzo	CR193RSM Silica boxwork Boxwork de sílice	CR194RSM Silica veins Vetas de sílice	CR201RSM Quartz vein Veta de cuarzo	CR196RSM Altered andesite Andesita alterada	CR197RSM Silicified andesite Andesita silicificada
Au	N(0.05)	0.20	0.60	0.35	L(0.05)	0.8	19	20	28	62	L(0.05)	16
Ag	.10	3.2	.9	1.7	.40	G100	90	26	G100	G100	4.4	G100
As	280	G2,000	G2,000	1,800	90	1,200	210	200	320	550	380	30
Sb	36	260	170	230	8	320	48	76	200	120	60	14
Hg	3.0	10.0	G10.0	G10.0	.80	G10	3.5	G10	G10	G10.0	G10	3.0
Tl	2.5	.75	.50	.35	.10	4.9	1.5	.25	.25	.45	3.0	.45
Te	N(.05)	N(.05)	N(.05)	N(.05)	N(.05)	N(.05)	N(.05)	N(.05)	.05	L(.05)	N(.05)	N(.05)
Cu	10	35	40	10	N(5)	75	25	35	40	45	20	15
Pb	L(5)	10	15	35	L(5)	60	50	N(5)	80	110	30	20
Zn	N(5)	N(5)	5	L(5)	N(5)	N(5)	10	N(5)	15	30	5	L(5)

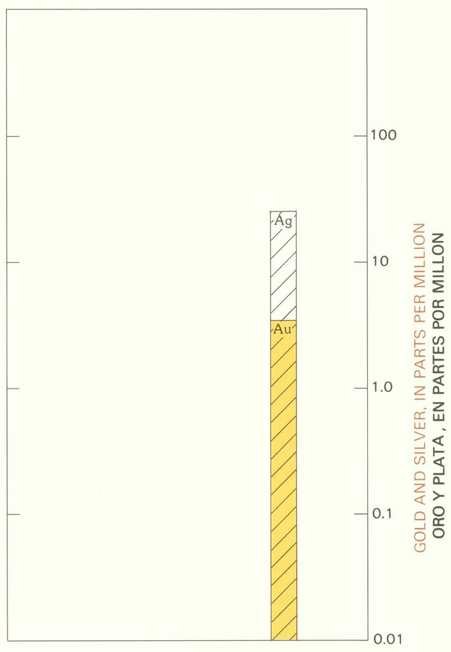
C

Figure 14.—Section across two benches of an exploration cut in the Río Chiquita gold mine on Bellavista Hill, Costa Rica. Geologic and geochemical data used to demonstrate the relationships between host rock, alteration, veins, and structure are shown. *A*, On geologic strip map, horizontal line represents a hypothetical base line across benches of the exploration cut. Host rock and vein lithologies are shown below and alteration and rock sample numbers are shown above the base line. Photographs looking south, were taken of some geologic and structural features along the lower and upper benches of the exploration cut. The approximate coverage of each photograph is bracketed on the geologic strip map. Photograph 1 shows the contact between altered andesite and a zone of total silicification. Photograph 2 shows totally silicified andesite and fine quartz veining in contact with silicified rhyolite(?). Photograph 3 shows contacts between totally silicified andesite, altered and leached andesite, and silicified andesite. Photograph 4 shows intense stockwork quartz veining in silicified andesite. Photograph 5 shows a large (6 cm) quartz vein cutting altered and silicified andesite; vein is brecciated and recemented with silica. Photograph 6, looking east, of bleached and partially silicified andesite containing quartz veins. *B*, Histograms showing the concentration of gold and silver in the rock samples collected along the base line across the two benches of the exploration cuts. The histogram scale is logarithmic and concentrations of gold and silver are shown in parts per million (ppm). If gold values were not detected at the lower limit of determination (0.05 ppm) they are shown as 0.02 ppm, or two reporting intervals below the limit of determination. If gold values were detected, but were below the lower limit of determination (0.05 ppm) they are shown as 0.03 ppm, or one reporting interval below the limit of determination. The rock samples are not indicative of the overall grade of the exposure because only grab samples, not channel samples were collected. *C*, Table showing selected trace-element concentrations from the rock samples, in parts per million. Values for elements not detected at the indicated lower limit of determination are shown as N; values for elements detected, but below the indicated lower limit of determination are shown as L; and values for elements detected, but above the indicated upper limit of determination are shown as G. Although the trace elements related to precious metals (As, Sb, Hg, Tl, Te) and the base metals (Cu, Pb, Zn) are generally concentrated in the quartz veins, they are also elevated in the altered andesite host rock.

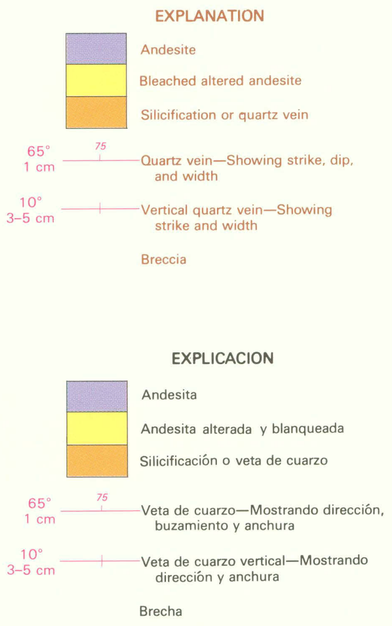
Figura 14.—Sección a través de dos bancos en un corte exploratorio en la Mina Río Chiquito en Bellavista, Costa Rica. Se presentan los datos geológicos y geoquímicos utilizados para demostrar las relaciones entre la roca huésped, alteración, vetas y estructura. *A*, La línea horizontal en el mapa geológico representa una línea base hipotética a través de los bancos. Las litologías de las rocas huéspedes y las vetas están presentadas bajo de la línea base; la alteración y los números de muestras de roca están presentadas arriba de la línea base. Las fotografías con vista hacia el sur presentan algunas facciones geológicas y estructurales a lo largo de los bancos del corte exploratorio. El alcance de la vista en cada fotografía está indicada en el mapa geológico. La fotografía 1 presenta el contacto entre andesita alterada y una zona de silicificación completa. La fotografía 2 presenta andesita completamente silicificada y vetas de cuarzo finas en contacto con riolita(?) silicificada. La fotografía 3 presenta los contactos entre andesita completamente silicificada, andesita alterada y lixiviada y andesita silicificada. La fotografía 4 presenta un intensivo stockwork de vetas de cuarzo en andesita silicificada. La fotografía 5 presenta una grande veta de cuarzo (6 cm) cruzando andesita alterada y silicificada; la veta está brechada y recementada con sílice. La fotografía 6 con vista hacia el este, presenta andesita blanqueada y parcialmente silicificada conteniendo vetas de cuarzo. *B*, Histogramas presentando las concentraciones del oro y plata en muestras de roca recolectadas a lo largo de la línea base a través de los dos bancos del corte exploratorio. La escala del histograma es logarítmica y las concentraciones de oro y plata están presentadas en partes por millón (ppm). Los valores del oro no deteccionados al límite bajo de detección (0,05 ppm) han sido presentados como 0,02 ppm o a dos intervalos de detección menos que el límite de detección. Donde los valores de oro fueron deteccionados pero eran menos que el límite de detección (0,005 ppm), han sido presentados como 0,03 ppm o a un intervalo de detección menos que el límite de detección. Las muestras de roca no se consideran ser indicativas de la ley de todo el aflorameitneo porque no se recolectaron muestras por ranura. *C*, Cuadro presentando una selección de concentraciones de elementos traza de muestras de roca, en partes por millón. Los valores de elementos no deteccionados al límite bajo de detección han sido indicados con una N; los valores de elementos deteccionados pero menos del límite bajo de detección han sido indicados con una L; y los valores de elementos deteccionados que exceden el límite alto de detección han sido indicados con una G. Aunque los elementos traza relacionados con metales preciosos (As, Sb, Hg, Tl, Te) y los metales básicos (Cu, Pb, Zn) generalmente están concentrados en la vetas de cuarzo, también están presentes en cantidades elevadas en la alterada andesita huésped.

Photo 5
Fotografía 5

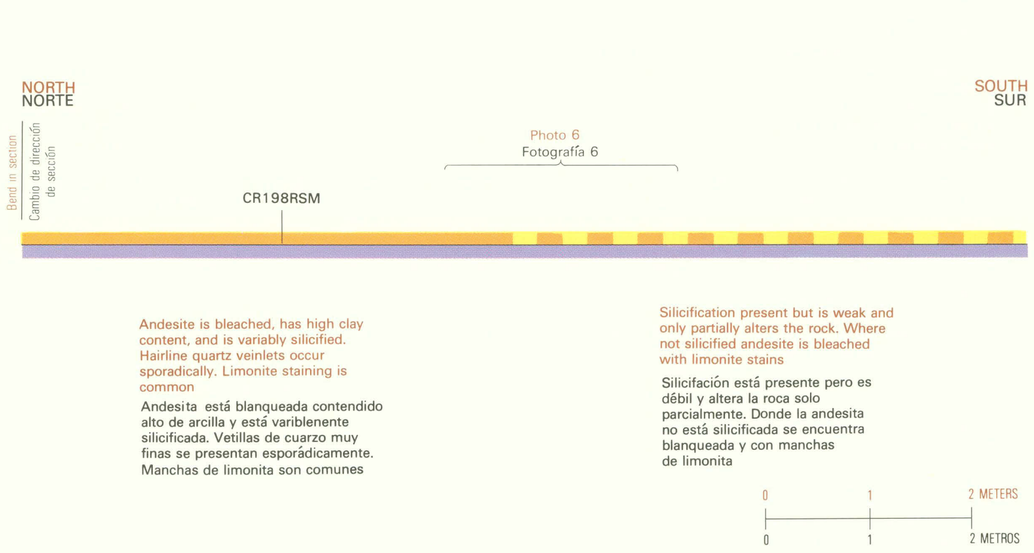
Photo 6
Fotografía 6



CR198RSM



CR198RSM
Silicified andesite Andesita silicificada
3.6
26
G2,000
570
G10
.45
N(.05)
250
40
10



WEATHERING

All of the known gold occurrences in Costa Rica are weathered to some extent; limonite usually dominated by either goethite or manganese oxides with minor jarosite, and clays are the common weathering products. Host rocks are usually bleached white and contain limonite along fractures. Field tests suggest that the bleached rocks are predominantly composed of kaolinite although additional X-ray analysis of this weathering alteration is needed. Other clay minerals are undoubtedly present (Laguna, 1983a). Chaun Caldwell (Santa Clara mine, oral commun., 1986) notes that expandable clays are part of the oxidized ore at the Santa Clara open-pit mine. These clays appear to cause problems in the recovery of gold from the ore.

Because sulfides encapsulated in quartz are protected from weathering, primary sulfide mineral suites may be determined from quartz-rich surface samples. Surface samples also contain secondary oxide minerals. The distinction between primary and secondary ore minerals is important in the interpretation of geochemical data.

Although it has been reported that weathering results in supergene enrichment of gold (Organización de los Estados Americanos, 1978), statistical analysis done as part of this study indicates that the average gold and silver values for oxidized and sulfide samples are not significantly different. Nine samples from the oxidized zone in the Santa Clara mine average 2.11 ppm gold with a standard deviation of 2.7 and in the range 0.05 to 9 ppm gold. Nine samples from the sulfide zone average 1.81 ppm gold with a standard deviation of 1.73 and in the range 0.05 to 4.2 ppm gold. The large standard deviation of the oxidized sample suite probably reflects partial oxidation resulting in variable transport and deposition of gold in the weathering environment. The same sample sets also suggest a depletion of silver in the oxide zone (2.00 ppm Ag average) compared to the sulfide zone (2.99 ppm Ag average). The apparent gold enrichment and silver depletion in the oxidized zone of some occurrences most likely reflects primary, hypogene zoning of precious metals related to depth of emplacement, rather than supergene enrichment.

GEOCHEMISTRY

As part of this study of gold deposits in Costa Rica, 360 samples of mineralized, unmineralized, oxidized, and unoxidized rocks were collected from mines, prospects, quarries, and outcrops in the identified areas with precious-metal epithermal veins. In addition, 179 rock samples of representative host rock lithologies were collected throughout the Cordillera de Tilarán and Montes del Aguacate. All of these samples were spectrographically analyzed and the samples collected from the gold veins were chemically analyzed for 14 elements (pl. 9, table 11). The data were divided into 7 groups, corresponding to the following general geographic areas of gold mineralization: (1) Río Chiquito area, (2) Líbano area, (3) Juntas de Abangares area, (4) Pozo Azul area, (5) Miramar area, (6) Macacona area, and (7) Montes del Aguacate area.

Although the rock samples from the 7 gold areas are geologically mixed (quartz veins, oxide-bearing, sulfide-bearing, mineralized, and unmineralized rocks), the data comprise a sample population typical of one encountered in any exploration program. To help define the geochemical signature for the deposits, correlation coefficients for log-transformed data of rock samples from the 7 gold areas were calculated (table 7). Elements associated with gold in rock samples, based on correlation coefficients significant at the 95 percent confidence interval include the following: (1) Río Chiquito area, Ag, Pb, Sb, Hg; (2) Líbano area, Zn, Cd, Ag, Pb; (3) Juntas de Abangares area, Hg, As, Pb, Cd, Sb; (4) Pozo Azul area, Ag, Hg, (5) Miramar area, Ag; (6) Macacona area, including the Santa Clara mine, Ag, Cu, Hg, As, Sb, Cd; and (7) Montes del Aguacate, Te, As, Pb, Ag, Cd, Sb, Tl. Clearly, the silver content and the gold content themselves are the best elemental guides for gold mineralization throughout the Cordillera de Tilarán and the Montes del Aguacate. Other elements, including Hg, As, Pb, Cd, Sb, Zn, Tl, Te, and Cu, are useful guides in some of the areas. The differences in the suites of elements that correlate with gold from one area to another area reflect the different erosion levels of the deposits (where the deposits were initially chemically zoned with depth), the varying intensity of weathering, and the mixed sample types, which include both sulfide-rich and sulfide-poor samples. The correlation coefficients are for rock samples only, and should not be extrapolated to interpret stream-sediment, heavy-mineral-concentrate, or soil samples.

Concentrations of trace elements vary with depth. The near surface (0–100 m) veins and altered host rock generally contain <0.05–62 ppm Au, 0.02 to >10 ppm Hg, and 10–100 ppm Cu, Pb, Zn. There is a gradual change in concentration of these elements with depth. The deeper (200–300 m) veins and altered rock generally contain <0.05–11 ppm Au, <0.02–0.1 ppm Hg, and 120 to >2,000 ppm Cu, Pb, Zn. Horizontal zoning of trace-element concentrations is not as evident because of the narrow width of the zone affected by hydrothermal solutions. Thus, high copper and gold may occur together in a narrow, linear zone that parallels the main fissure-fill vein.

Analytical results for 16 relatively unaltered rhyolite samples and 12 relatively unaltered andesite samples were extracted from the total data set (table 8) in order to determine whether the host andesite or the rhyolite is the more likely source of gold and associated metals. Mercury, antimony, arsenic, and tellurium are commonly associated with gold mineralization. All of the rhyolite samples contain 2 or more of these elements, 8 contain all of them, and 3 also contain detectable gold. The element concentrations are generally an order of magnitude above the average concentration of these elements in granitic rocks. In addition to the elements related to gold, many of the rhyolite samples also have anomalous amounts of the base metals (Cu, Pb, Zn) and associated silver. Seven of the rhyolite samples appear to be more mineralized than the others (CR110RSM, CR138RSM, CR169RSM, CR155RSM, CR109AKS, CR163RSM, and CR160RSM); only three of these mineralized samples are from rhyolite intrusions that are adjacent to or in the known gold areas (rhyolites of Cerro Pelado, Juntas, and Cerro Pelón). The remaining four samples are from rhyolite intrusions located in areas where there is no known exploration or mining activity. Several tentative conclusions concerning the rhyolite intrusions can be made from field observations and interpretation of geochemical data: the rhyolite intrusions provided a heat source to drive hydrothermal systems; the host andesite and dacite were fractured and thus structurally prepared for ore deposition by the intrusion of rhyolitic magma; and fluids and metals may have been added to the hydrothermal systems by exsolution from rhyolitic magmas.

In contrast to the rhyolite samples, none of the andesite samples contain detectable gold, and only 2 contain detectable antimony. Other elements commonly related to gold (Hg, Te, As) are also generally absent. Base metals and silver concentrations are either detected in amounts similar to those in the rhyolite samples, or found to be less abundant. An exception to this relationship is copper, which is enriched relative to copper in rhyolites, a common occurrence in andesitic volcanic rocks. The unaltered andesite samples are not enriched in gold or base metals, and, although andesite is the host rock in Costa Rica, the geochemical data suggest that the andesite probably was not the source of metals in these epithermal gold deposits.

Geochemical data from rocks collected in the Cordillera de Tilarán and Montes del Aguacate suggest that the rhyolite magmas were an important gold source and that the andesite acted primarily as the host rock. The host andesite does contain anomalous amounts of copper and may have contributed some of the copper to the precious-metal epithermal vein systems. The host andesite was also fractured in the vicinity of the rhyolite intrusions, which provided loci for the mineralized epithermal quartz veins.

Another aspect of the chemistry of the Costa Rican precious-metal epithermal veins is the ratio of silver to gold. Ratios are variable within any given area, depending upon where samples are collected; silver content increases with depth. The gold-to-silver ratios generally range from 1:1 to 1:10 with some ratios as low as 1:0.1 and as high as 1:20.

ORE DEPOSIT TYPE

Epithermal ore deposit types represent fossil geothermal systems that range from depths of at least 1 km to hot springs at the surface (Henley, 1986). Although Cox and Singer (1986) describe several different precious-metal, epithermal ore deposit types, the gold areas in Costa Rica are geologically most similar to the deposit type identified by Mosier and others (1986) for Sado epithermal veins. The Sado epithermal vein deposit type is characterized by an ore mineral assemblage of gold, chalcopyrite, sulfosalts, and argentite accompanied by pyrite in vuggy quartz veins, banded veins, and stockworks in felsic to intermediate volcanic host rocks. Galena and sphalerite are sparse. Alteration mineralogy is dominated by quartz, chlorite and sericite, whereas gangue mineralogy, is dominated by quartz, adularia, kaolinite, rhodochrosite, and sparse barite. Basement rocks of the Sado epithermal vein deposit type are volcanic sequences that may or may not contain intrusives.

The minerals that characterize the gold deposits in Costa Rica are gold, chalcopyrite, galena, sphalerite, pyrite and possibly sulfosalts in quartz veins and stockworks hosted by intermediate volcanic rocks. Felsic rocks are also mineralized. Alteration minerals, gangue minerals, and tectonic setting are the same in Costa Rica as those described in the Sado epithermal vein deposit type (Mosier and others, 1986). Thus, for all important geologic characteristics, the epithermal precious-metal deposits in Costa Rica are similar to the Sado epithermal vein deposit type. Intrusions of rhyolite appear to be the heat source for the hydrothermal systems in Costa Rica; in other areas where Sado epithermal veins occur, intrusions of dacite and diorite, as well as rhyolite, appear to be heat sources.

Tonnages and grades for representative Costa Rican gold deposits are plotted on the grade and tonnage models for the Sado epithermal vein deposit type (fig. 19). It is evident that the Costa Rican deposits are consistent with the Sado type grade and tonnage distributions. In general, the median gold grade for deposits of this deposit type is 6.0 grams per tonne and the median tonnage is 300,000 tonnes.

La Mina Esperanza en el área de Líbano está ubicada a lo largo de un sistema de vetas muy inclinadas con rumbo norte en la cubierta de filón de la falla Azúl la cual es, una falla normal muy inlcinada (Oscar Madrigal, minas Esperanza, comunicación oral, 1986). Las vetas Azul, Blanca, y Fortuna son las principales vetas con mineralización. La intersección de la veta Fortuna y la Veta Blanca contiene una zona de mena de alta ley.

Otro mayor control de la mineralización es la asociación espacial y genética(?) entre los diques y stocks riolíticos y algunas de las vetas auríferas (Fig. 18*A*, *B*). La riolita frecuentemente contiene fenocristales de cuarzo y feldespato. Un ejemplo es la intrusión riolítica Cerro Pelado, al sudoeste de Líbano. Stocks más pequeños y diques circundan el Cerro Pelado. Algunos de los stocks y diques en el área de Líbano (Veta Maravilla Sur) están débilmente mineralizados (0,01 a 0,02 onzas de Au/tonelada). Deruyter (1985) observó una asociación espacial entre los yacimientos auríferos y los diques riolíticos y implicó una asociación genética. Estas observaciones corresponden con sus conclusiones que la mineralización de oro está ubicada cerca de y aveces en los diques riolíticos. Brechificación y silicificación amplia puede esconder la textura y composición de los fenocristales de la roca original, como observado cerca de la Mina Moncada.

Ninguna la estratigrafía ni la litología de la roca huésped parece haber tenido un control mayor en la distribución de vetas epitermales de metales preciosos en Costa Rica. Todos los yacimientos conocidos están ubicados en secuencias de rocas vúlcanicas subáereales que incluyen menores unidades vulcanoclásticas. Muestreos geoquímicos de los yacimientos conocidos indican que los metales preciosos están presentes en vetas cuarcíferas, lo cual indica que la abilidad de fracturar una roca y así provenir espacios abiertos para deposición en vetas es más importante que la composición de la roca en el control de mineralización.

METERORIZACION

Todas las ocurrencias auríferas conocidas en Costa Rica están meteorizadas a un extento; los productos más comunes de meteorización son limonita típicamente dominada por goethita o óxidos de manganeso con menores cantidades de jarosita y arcillas. Las rocas huéspedes típicamente están blanqueadas y contienen limonita a lo largo de fracturas. Ensayos en el campo muestran que las rocas blanqueadas son compuestas predominantemente de caolinita, pero se necesitan realizar adicionales análisis con métodos de rayos-X de esta alteración. Indudablemente hay presente otros minerales de arcillas (Laguna, 1983a). Chaun Caldwell (Mina Santa Clara, comunicación oral, 1986) ha notado que arcillas expandables forman parte de la mena oxidada en la Mina Santa Clara de cielo abierto. Estas arcillas parecen resultar en problemas en la extracción del oro.

Siendo que los sulfuros encapsulados en cuarzo están protejidos de los efectos de meteorización, las series de minerales primarios de sulfuros se pueden determinar de muestras ricas de cuarzo recolectadas en la superficie. Dichas muestras también contienen minerales secundarios de óxidos. Es importante en cuanto a la interpretación de los datos geoquímicos distinguir entre los minerales primarios y secundarios.

Aunque ha sido reportado previamente que meteorización resulta en el enriquecimiento supergeno de oro (Organización de los Estados Americanos, 1978), análisis estadísticas realizadas como parte del presente estudio indican que los valores promedio de oro y plata en muestras oxidadas y de sulfuros no son significantemente diferentes. Nueve muestras recolectadas de la zona oxidada en la Mina Santa Clara tienen valor promedio de oro de 2,11 ppm con desviación estandar de 2,7 y rango de 0,05 a 9 ppm de oro. Nueve muestras de la zona de sulfuros tienen valor promedio de oro de 1,81 ppm con desviación estandar de 1,73 y rango de 0,05 a 4,2 ppm de oro. La grande desviación estandar de las muestras de la serie oxidada probablemente refleja una oxidación parcial y resultante variable transporte y deposición del oro en el ambiente de meteorización. Los mismos juegos de muestras también sugieren una disminución de plata en la zona de óxidos (2,00 ppm promedio de Ag) en comparación con la zona de sulfuros (2,99 ppm promedio de Ag). La aparente concentración del oro y disminución de plata en la zona oxidada en algunos sitios probablemente indica una zonación hipogena primaria de metales preciosos, relacionada con profundidad de emplazamiento, en vez de enriquecimiento supergeno.

GEOQUIMICA

Como parte de este estudio de los yacimientos auríferos en Costa Rica, 360 muestras de rocas mineralizadas, no mineralizadas, oxidadas y no oxidadas han sido recolectadas de las minas, prospectos, tajos y afloramientos en las áreas con vetas epitermales de metales preciosos. Adicionalmente, 179 muestras representativas de las litologías de roca huésped han sido recolectadas en toda la Cordillera de Tilarán y los Montes del Aguacate. Todas las muestras han sido analizadas espectrográficamente y las muestras de vetas auríferas han sido analizadas químicamente para 14 elementos (Lámina 9, Cuadro 11). Los datos han sido divididos entre 7 grupos, correspondientes a las siguientes generales áreas geográficas de mineralización de oro: (1) Area del Río Chiquito, (2) Area de Líbano, (3) Area de las Juntas de Abangares, (4) Area del Pozo Azul, (5) Area de Miramar, (6) Area de Macacona, y (7) Area de los Montes del Aguacate.

Aunque las muestras de rocas de las siete áreas representan geológicamente una mezcla (vetas de cuarzo, rocas con óxidos, sulfuros, mineralizadas y no mineralizadas), sus datos forman un muestreo típico de lo que se encuentra en los progamas de exploración. Los coeficientes de correlación de los datos de muestras de roca, transformados en forma de log, de las siete áreas auríferas han sido calculados para mejor definir las características geoquímicas de los yacimientos (Cuadro 7). Los elementos asociados con oro en las muestras de roca, basados con los coeficientes de correlación con significancia al intervalo de confianza del 95 por ciento, incluyen los siguientes: (1) área del Río Chiquito, Ag, Pb, Sb, Hg; (2) área de Líbano, Zn, Cd, Ag, Pb; (3) área de las Juntas de Abangares, Hg, As, Pb, Cd, Sb; (4) área del Pozo Azúl, Ag, Hg; (5) área de Miramar, Ag; (6) área de Macacona, inclusivo de la Mina Santa Clara, Ag, Cu, Hg, As, Sb, Cd; y (7) área de los Montes del Aguacate, Te, As, Pb, Ag, Cd, Sb, Tl. Claramente, el contenido de plata y el contenido de oro sí mismos son los mejores guías elementales para la presencia de mineralización en toda la Cordillera de Tilarán y los Montes del Aguacate. Otros elementos, incluyendo Hg, As, Pb, Cd, Sb, Zn, Tl, Te y Cu son guías útiles en algunas áreas. Las diferencias entre las series de elementos con correlación al oro de las áreas reflejan los diferentes niveles de erosión de los depósitos (donde están inicialmente zonados químicamente con profundidad), la variable intensidad de meteorización y la mezcla de los tipos de muestras, los cuales incluyen ambas ricas en sulfuros y con pocos sulfuros. Los coeficientes de correlación representan solamente las muestras de roca y no se deben extrapolar para interpretaciones de las muestras de sedimento fluvial, concentrados de minerales pesados o muestras de suelos.

Las concentraciones de los elementos traza varía con la profundidad. Cerca de la superficie (0 a 100 m) las vetas y roca encajante alterada generalmente contienen <0,05–62 ppm de Au, 0,02 a >10 ppm de Hg y 10–100 ppm de Cu, Pb y Zn. La concentración de estos elementos cambia gradualmente con creciente porfundidad. Las vetas y roca alterada más profundas (200 a 300 m) generalmente contienen <0,05–11 ppm de Au, <0,02–0,1 ppm de Hg y 120 a >2.000 ppm Cu, Pb y Zn. No se observa tan claramente una zonación horizontal de las concentraciones de elementos traza por razón de la poca anchura de la zona afectada por soluciones hidrotermales. Así, altas concentraciones de cobre y oro pueden presentarse juntas en una angosta zona lineal a lo largo de la principal veta de relleno de fisura.

Los resultados del análisis de 16 muestras de riolita y 12 de andesita, todas relativamente libre de alteración, se examinaron separados de los otros datos (Cuadro 8) para determinar cual de las dos rocas huésped, la andesita o la riolita, es más probablemente la fuente del oro y los metales asociados. Frecuentemente mercurio, antimonio, arsénico y telurio están asociados con la mineralización de oro. Todas las muestras de riolita contienen dos o más de dichos elementos, ocho contienen todos y tres contienen también oro. Las concentraciones elementales generalmente tienen valores de una magnitud más que los de la concentración promedio de estos mismos elementos en rocas graníticas. Muchas de las muestras de riolita contienen también cantidades anómalas de metales básicos (Cu, Pb, Zn) y plata asociada. Siete de las muestras de riolita parecen estar más mineralizadas que las demás (muestras No. CR110RSM, CR138RSM, CR169RSM, CR155RSM, CR109AKS, CR163RSM y CR160RSM). Solamente tres de estas siete muestras mineralizadas son de las intrusiones riolíticas adyacentes con o en las áreas auríferas conocidas (riolitas del Cerro Pelado, las Juntas y Cerro Pelón). Las otras cuatro muestras son de las intrusiones riolíticas ubicadas en áreas sin exploración o actividad minera. Varias conclusiones tentativas respecto a las intrusiones riolíticas se pueden realizar de las observaciones de campo y la interpretación de los datos geoquímicos: las intrusiones riolíticas provenieron una fuente de calor para mantener los sistemas hidrotermales; las andesitas y dacitas huéspedes estaban fracturadas y así preparadas estructuralmente para la depositación de mineral asociada con la intrusión de magma riolítica; y flúidos y metales podrían haber sido añadidos a los sistemas hidrotermales por medio de la exsolución de las magmas riolíticas.

En contraste con las muestras de riolita, ningunas de las muestras de andesita contienen cantidades perceptibles de oro y solo dos contienen cantidades perceptibles de antimonio. Carecen también de los otros elementos frecuentemente relacionados con oro (Hg, Te, As). Las concentraciones de metales básicos y de plata muestran valores similares o menos que los de las muestras de riolita. Una excepción a esta relación es el cobre, lo cual está enriquecido relativo al cobre en riolita, siendo una ocurrencia común en rocas vulcánicas andesíticas. Las muestras de andesitas no alteradas no están enriqueicdas en oro o metales básicos y aunque las andesitas son las rocas huéspedes en Costa Rica, los datos geoquímicos sugieren que la andesita probablemente no es la fuente de los metales en estos yacimientos epitermales de oro.

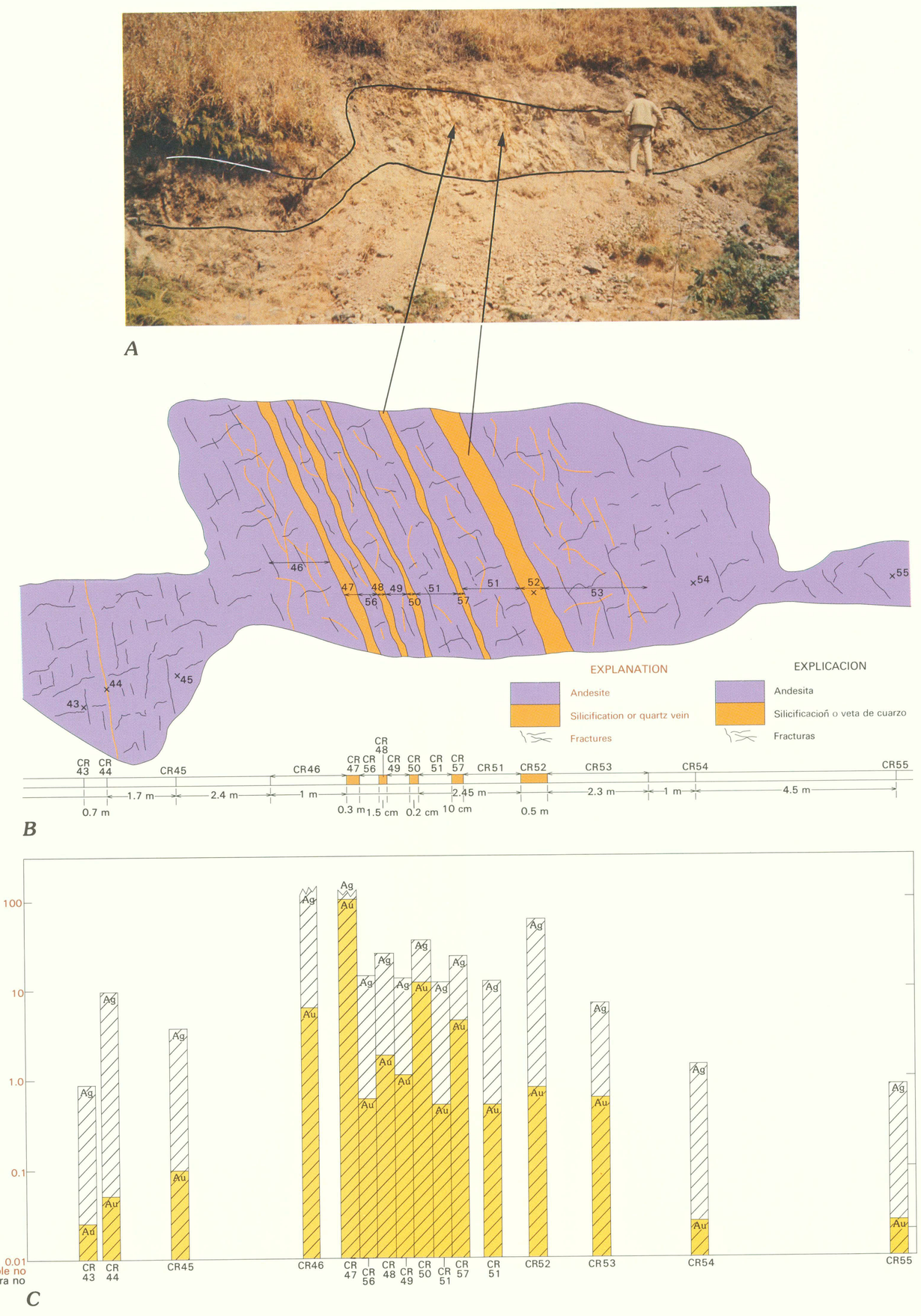
Los datos geoquímicos de las rocas de la Cordillera de Tilarán y los Montes del Aguacate sugieren que las magmas riolíticas eran una importante fuente del oro y que la andesita funcionó principalmente como roca encajante. Las andesitas huéspedes contienen cantidades anómalas de cobre y podrían haber contribuido parte del cobre que se encuentra en los sistemas de vetas epitermales de metales preciosos. La andesita también fue fracturada en las acercas de las intrusiones riolíticas, lo cual proveníó focos para las mineralizaciones en vetas epitermales cuarcíferas.

Table 6.--Field and laboratory observations for gold mines and prospects in the Cordillera de Tilarán and Montes del Aguacate, Costa Rica

Name	Location		Vein name	Access	Host rocks	Alteration	Vein mineralogy	Structure	Ore zones	Status of development	Sources of data
	Lat. N.	Long. W.									
Montes del Aguacate area on the Río Grande 1:50,000 sheet											
Guapinol mine.	9 58 05	84 27 50	Compañía	Northeast of Desmonte 1 km on Highway 11. Small dirt road leaves highway to the west. Mine is 500 m from turn.	Plagioclase and pyroxene phenocryst-bearing andesite. Rhyolite dikes present in road cuts along Inter-american Highway on east edge of mine area. Andesitic lavas commonly amygdaloidal with calcite. Dacites may be present. Fragmental lavas common.	Silicification immediately adjacent to veins and between dense, web stockwork quartz veins. Sericite, chlorite, and calcite replace andesite with introduction of disseminated pyrite and minor chalcopyrite and sphalerite. Sericitic alteration occurs 5-20 m away from silica veins.	Arsenopyrite with pyrite and realgar occur encapsulated in silica in fine hairline quartz veins. Quartz veins are comb structure with vugs lined with euhedral quartz crystals. Sulfides are not abundant in vein quartz but are more abundant in altered rock. Goethite is the most common oxide with minor jarosite.	Major quartz vein 2-3 m wide, strikes N. 50° E., near vertical. Major vein is breccia of quartz and sulfide (pyrite, sphalerite, and galena; all minor) in a quartz matrix. Stockwork quartz veins 1-2 cm wide as many as 5 per sq m occur on margins of main vein for about 3 m away from the vein.	Ore zone is elongated pod of intensely pyritized and sericitized andesite along the Compañía vein.	Active underground mine being developed in 1986. Mechanized development.	Surface and minor underground exposures. Polished thin sections used for mineral identification. Mine manager provided information.
La Libertad mine.	9 59 05	84 29 45	El Goteroso	Dirt road turns north from Highway 11 about 3 km southeast of Desmonte. Mine is located about 2.5 km from turnoff on a short access road east of the main dirt road.	Fragmental, tuffaceous(?) andesite.	Weak, chlorite and calcite alteration of andesite. Intense silicification of andesite remnants between stockwork quartz veins. Disseminated pyrite occurs in silicified andesite.	Predominantly quartz veins. Minor goethite stain indicates former presence of sulfides. Sulfides not originally abundant. Gold apparently occurs free, associated with goethite. Sulfide ore carries gold but it is refractory.	A major northeast- to north-striking shear zone contains anastomosing quartz veins. Most veins are <2 cm wide. Veins vuggy and lined with euhedral quartz crystals.	Zones of stockwork quartz veins within the shear zone are major ore zones. Width of shear zone generally <5 m, length about 100 m.	Small adit along vein being developed by hand. Old workings extensive but not accessible.	Surface exposures only. Mine caretaker provided information.
Los Castros mine.	9 58 05	84 27 50	Compañía	Northeast of Desmonte about 2 km, 40 m below Highway 11.	Plagioclase, pyroxene andesite. Same host rock as at the Guapinol mine.	Pyrite, calcite, chlorite alteration of andesite. Andesite silicified near veins.	Quartz, rhodochrosite, pyrite, calcopyrite, sphalerite. High antimony values suggest tetrahedrite present. Oxidation produces black, manganese-coating on fractures. Breccia fragments of vein quartz and pyritized-chloritized andesite in quartz matrix.	Major vein 2 m wide strikes N. 50° E. near vertical. Brecciated in part. Colliform and comb vein textures dominate.	Ore occurs in pods localized along and within the Compañía vein.	Open, accessible old workings. Presently not active.	Underground examination and sample collection. Polished slabs and thin sections used to determine mineralogy. Mine manager provided information.
San Francisco mine.	9 58 15	84 27 50	Sacra Familía	North 1.5 km on dirt road from Desmonte.	Plagioclase and pyroxene-bearing, amygdaloidal andesite. Amygdules filled by calcite; calcite veinlets present. Coarse fragmental andesitic rocks common.	Alteration mineralogy of of unweathered, hypogene-altered rock unknown. Andesite in weathered zone is bleached and stained with limonite. Clays presumably kaolinite.	Comb textured, euhedral quartz with manganese and iron oxide staining on fractures. Dump samples contain rhodochrosite and quartz with pyrite, galena, chalcopyrite, and sphalerite. Kutnahorite, a Mn carbonate, forms acicular crystals in vugs.	Northeast-trending fissure filling along near-vertical fault. Vein material brecciated in places with rhodochrosite fragments floating in a clear quartz matrix. Vugs lined with euhedral quartz crystals.	Ore occurs in near vertical to southwest-raking pods of higher grade zones between lower grade vein material. Pods about 60-100 m wide.	Underground workings being reopened. Older open pit over vein is inactive. Estimated premining reserves of 124,300 tonnes at 5.52 grams Au per tonne.	Surface exposures, hand-dug cut across vein, and dump samples examined and collected.
Juntas de Abangares area on the Juntas 1:50,000 sheet											
Recio vein.	10 18 35	84 57 10	Recio	North approximately 5 km from Juntas along a dirt road to Quebrada Silencio.	Porphyritic, plagioclase, pyroxene andesite. Dacites may be present. Fragmental units common.	Silicification limited to selvages along quartz veins. All exposures oxidized; clay(?) alteration of wallrock may in part be supergene.	Quartz veins with manganese oxide and goethite. Minor jarosite along surfaces and fractures. Pyrite and very minor chalcopyrite encapsulated in silica. Pyrite also occurs disseminated in silicified wallrock fragments in and near vein quartz.	Main fissure-fill vein strikes N. 20° E., dips 80° W., and is 5 m wide. Smaller quartz veins 1 mm to 10 cm wide parallel main vein. Zone of stockwork veining 3 m wide in hanging wall and 16 m wide in footwall.	Ore zones occur as pods within main Recio vein. Zones of intense stockwork veining constitute bulk, low-grade ore zones.	Under evaluation as a bulk mineable deposit.	Detailed map along bulldozer cut perpendicular to vein. Hand samples and some polished thin sections used for mineral identification.
Silencio vein.	10 18 30	84 56 55	Silencio	East of the Quebrada Silencio near the Recio vein.	Andesitic to dacitic(?) flows and breccias. Lavas contain phenocrysts of plagioclase and pyroxene.	Host rock near vein deeply weathered. Original alteration associated with mineralization not determined.	Massive white quartz vein. Disseminated pyrite with very minor chalcopyrite and sphalerite occur encapsulated in vein quartz. Dominant oxidation minerals, goethite and hematite.	Vein strikes N. 20° E., near vertical.	Ore zones occur as enriched pods within the fissure-fill quartz vein.	No development observed in 1986. Estimated premining reserves of 1,086,000 tonnes at 8.19 grams Au per tonne.	Examination of surface outcrop of vein along ridge line. Polished sections examined from sulfide identification.
Tres Hermanos mine.	10 18 25	84 56 25	Tres Hermanos	North of Juntas, 4 km on dirt road parallel to Río Aguacaliente.	Andesitic to dacitic(?) flows and breccias. Lavas are porphyritic with plagioclase and pyroxene phenocrysts.	Intense bleaching and argillization of host andesite near main vein. May be supergene or hypogene alteration.	Massive quartz with minor pyrite. Exposures visited along vein all oxidized; hematite and goethite dominant oxide minerals.	Massive fissure fill vein strikes N. 20° E., near vertical. Vein fractured and recemented with silica. Very minor stockwork quartz veins in host andesite.	Ore zones occur as enriched pods in main vein.	Inactive in 1986. Old mill tailings being placered for gold. Estimated premining reserves of 2,940,600 tonnes at 9.42 grams Au per tonne.	Examination surface exposures in open cuts and road cut. Hand samples used for mineral identification.
San Martín mine.	10 17 55	84 55 40	San Martín	Northeast of Juntas 5 km along gravel road.	Andesitic to dacitic(?) flows, agglomerates, and breccias. Common plagioclase and pyroxene phenocyrsts.	Silicification with introduced disseminated pyrite. Chlorite may be dominant mineral in second alteration type.	Massive, comb textured quartz veins with pyrite and minor galena, chalcopyrite, and sphalerite. Dominant oxide minerals, hematite and goethite. Some fracture surfaces coated with iron-arsenate stain.	Massive, fissure-fill vein strikes N. 20-30° E., near vertical. Vein fractured and recemented by silica.	Not determined.	Inactive in 1986. Estimated premining reserves of 800,000 tonnes at 7.41 grams Au per tonne.	Surface examination of outcrops and dump material. Hand samples used for mineral identification.
Santa Clara-Moncada area on the Miramar 1:50,000 sheet											
Santa Clara mine.	10 01 10	84 36 25	Mondongo	East of Macacona, 5 km, south side of Interamerican Highway.	Porphyritic andesite flows and fragmental tuffs(?). Rhyolite dikes containing quartz phenocrysts present in pit.	Sulfide zone andesite contains sericite, chlorite, clays, and disseminated pyrite in thin section. Chalcedonic quartz fills vugs.	Quartz with pyrite and marcasite. Chalcedonic quartz in centers of veins and microcrystalline, euhedral quartz with pyrite towards the margins. In oxide zone, pyrite oxidized to goethite. Manganese oxide-quartz veins common.	Zones of stockwork quartz veins (1-2 cm wide) strike easterly and northeasterly. Easterly striking zone referred to as the Mondongo fault.	Ore zones comprise areas where stockwork quartz veins are dense. Highest grade ore at intersections of east-west zone with northeasterly striking zones.	Active open-pit mine with heap leaching gold recovery. Estimated premining reserves of 5,200,000 tonnes at 2.06 grams Au per tonne.	Observations in open pit, hand samples, and polished thin sections used for mineral identification. Mine manager provided information.
Santa Clara-Moncada area on the Río Grande 1:50,000 sheet											
Moncada mine.	10 02 30	84 31 40	Moncada	Southwest of San Ramon 6 km, west off off Interamerican Highway.	Porphyritic andesite. Rhyolitic dikes present within 1 km of mine.	Andesite totally silicified where stockwork quartz veins are dense. Alteration includes chlorite(?) and sericite.	Euhedral, comb texture quartz with pyrite, chalcopyrite, galena, sphalerite, and sericite. Goethite, hematite, and jarosite are major oxides formed during oxidation. Quartz veins as wide as 5 cm, most 1-3 cm wide were observed in samples from ore stockpile.	Major vein strikes north with some deviation to northeast and northwest. Post-mineralization faults common. Stockwork quartz veins occur in oxidized zone.	Not determined.	Active mill and underground mine. Estimated premining reserves of 11,000 tonnes at 8.91 grams per tonne.	Surface examination of road cut, exposures, and ore stockpile. Polished thin sections used for mineral identification. Mine manager and owner provided information.
Buena Suerte mine.	10 02 50	84 33 45	Buena Suerte(?)	Northeast of Macacona 10 km; 4 km north of Interamerican Highway.	Siltstone, andesite, and porphyritic rhyolite dikes occur in immediate mine area. Andesitic tuffs cut by veins.	All visited exposures oxidized. Silicification of tuffs near quartz veins.	Euhedral quartz with pyrite. Goethite most common oxidation product of pyrite.	Two sets of steeply dipping 2-5 cm wide veins; sets trend N. 10-15° E., and northwest.	Not determined.	Inactive.	Surface examination of outcrops. Hand samples used for mineral identification.
Cerro La Mina prospect.	10 02 55	84 39 30	Unnamed	Northeast of the Interamerican Highway, 6 km from Barranca.	Andesite cut by large rhyolite dike and adjacent to a rhyolite dome.	Total silicification in and adjacent to rhyolite dike. Andesite altered to clays and iron oxides as much as 200 m from dike. Abundant evidence of oxidized pyrite in dike and wallrock.	Oxidized veins with abundant limonite and minor fresh pyrite. Veins occur in a zone of total silicification with abundant iron oxides.	Rhyolite dike strikes N. 45° W., vertical. Dike silicified and cut by stockwork quartz-iron oxide veins that strike predominately N. 70° W. and dip southwest. Much of the zone of silicification has been brecciated and resilicified.	Not determined.	No development observed at time of visit.	Examination and sampling of surface exposures.
Pozo Azul area on the Juntas 1:50,000 sheet											
Borrow pit prospect.	10 10 50	84 54 35	Unnamed	South of Pozo Azul 2 km.	Black, plagioclase- and pyroxene-bearing andesitic or dacitic(?) flows.	Andesite silicified in zones of web stockwork quartz veining. Oxidized, altered andesite is bleached and contains clay (possibly supergene). Disseminated pyrite in silicified andesite.	Quartz veins form web stockwork. Most veins <2 cm wide but 1 as wide as 20 cm. Pyrite visible in quartz veins. Outcrops mostly oxidized with goethite and jarosite as major oxidation products.	Stockwork quartz veining with no dominant orientation.	Not determined.	No development.	Examination of pit exposures. Hand samples used for mineral identification.
Beta Vargas prospect.	10 10 30	84 54 15	Beta Vargas	Northeast of Pita 0.75 km; near Quebrada Beta Vargas.	Porphyritic dacite(?) lavas. Plagioclase and pyroxene phenocrysts.	Dacite replaced by opaline(?) silica; igneous texture commonly remains.	Pyrite only sulfide visible in hand sample. Oxidation products, goethite and hematite.	Zone of quartz veins strikes N. 80° W., dips 85° S.	Not determined, although bulk minable deposit possibly present.	Prospect has been drilled and there is an abandoned tunnel. Inactive in 1986. Estimated premining reserves of 14,500 tonnes at 5.83 grams Au per tonne.	Examination of surface exposures and dump material. Unpublished report by Corporación Costarricense de Desarrollo.
Bellavista mine.	10 06 45	84 42 45	Veta Blanca	Northeast of Miramar 3 km on poor dirt road.	Porphyritic andesite flows and breccias.	Oxide zone rocks bleached and stained with goethite. Only able to determine hypogene alteration where silicification occurs near veins.	Euhedral, comb-textured quartz crystals with pyrite sphalerite, and minor chalcopyrite.	North- and northeast-trending veins.	Ore occurs in hanging wall of north-striking Liz fault.	Inactive underground workings presently under evaluation as a bulk mineable target. Estimated premining reserves of 340,000 tonnes at 6.85 grams Au per tonne.	Surface exposures and open cuts. Polished thin sections of dump material for mineral identification.

Table 6.--Field and laboratory observations for gold mines and prospects in the Cordillera de Tilarán and Montes del Aguacate, Costa Rica-- continued

Name	Location Lat. N.	Location Long. W.	Vein name	Access	Host rocks	Alteration	Vein mineralogy	Structure	Ore zones	Status of development	Sources of data
Pozo Azul area on the Juntas 1:50,000 sheet (continued)											
La Unión mine.	10 09 25	84 43 15	La Unión(?)	North of Miramar 8 km.	Porphyritic andesitic flows and breccias. Intermediate dike present at mine.	Chlorite, sericite, calcite with <1 percent disseminated pyrite is dominant alteration type. Silicification of andesite occurs in some places near quartz veins.	Comb-textured, euhedral and quartz crystals with chalcopyrite, sphalerite, and pyrite. Galena present but minor. Calcite fills vugs in quartz veins.	Vein strikes N. 10° W., nearly vertical.	Not determined.	Presently under evaluation as a possible bulk mineable deposit. Estimated premining reserves of 27,500 tonnes at 19.91 grams Au per tonne.	Surface exposures at portals of old, inaccessible, underground working.
Líbano area on the Tilarán 1:50,000 sheet											
Esperanza mine.	10 25 00	84 59 10	Azul and Blanca	Mine entrance on east side of the small town of Líbano.	Andesitic lavas and epiclastic rocks. Quartz phenocryst-bearing rhyolite dikes mineralized south of mine.	Chlorite, sericite, and calcite with disseminated pyrite dominant alteration.	Quartz dominant gangue mineral. Sulfide mineralogy consist of pyrite, chalcopyrite and sphalerite. Pyrite most abundant sulfide.	Major veins strike north and dip about 80° E. White, sulfide barren quartz brecciated and recemented by silica with disseminated sulfides (predominately pyrite).	Azul and Blanca veins occur in hanging wall and are parallel to the north-striking Azul fault, a normal fault dipping to the east. Ore zones in the Azul vein rake to to the south.	Active mill and underground mine. Estimated premining reserves of 117,000 tonnes at 28.37 grams Au per tonne.	Polished thin sections from underground and surface samples for mineral identification. Mine records and reports made available by mine geologist.
Río Chiquito area on the Tilarán 1:50,000 sheet											
Río Chiquito mine.	10 26 15	84 52 05	Unnamed	Northeast of Río Chiquito 1 km.	Brecciated, amygdaloidal andesitic lavas interbedded with andesitic tuff. Post-mineralization air-fall pumice overlies host andesites.	Porphylitic alteration common; imparts a green color to host andesites. Silicification of andesite common near quartz veins and in stockwork veined areas. Oxide-zone alteration consists of bleaching of host with iron oxide staining along fractures.	Quartz with pyrite and marcasite most common vein minerals. Chalcedonic quartz cements some breccias. Iron and manganese oxides common in oxide zone.	En echelon veins strike north and dip 50° E. Stockwork quartz veining occurs in en echelon zone.	Not determined.	Presently under development as an open-pit mine. Estimated premining reserves of 707,000 tonnes at 2.63 grams Au per tonne.	Surface, underground, and core examination. Hand samples used for mineral identification. Mine records and reports made available by mine geologists.



Sample no. / Muestra no. / Rock type / Tipo de roca	CR43 Host andesite Andesita huésped	CR44 Goethite Goetita	CR45 Host andesite Andesita huésped	CR46 Quartz vein with minor host andesite Veta de cuarzo con andesita huésped menor	CR47 Quartz vein Veta de cuarzo	CR56 Host andesite Andesita huésped	CR48 Quartz vein Veta de cuarzo	CR49 Host andesite Andesita huésped	CR50 Quartz vein Veta de cuarzo	CR51 Host andesite Andesita huésped	CR57 Quartz vein Veta de cuarzo	CR52 Quartz vein Veta de cuarzo	CR53 Host andesite Andesita huésped	CR54 Host andesite Andesita huésped	CR55 Host andesite Andesita huésped
Au	N(0.5)	0.05	0.1	6.2	100	0.6	1.8	1.1	11.2	0.5	4.5	0.8	0.6	N(0.05)	N(0.05)
Ag	.85	9.5	3.7	G100	G100	14	26	13	35	12	23	60	7.1	1.4	.85
As	N(10)	1,000	1,000	520	70	1,100	600	G2,000	530	G2,000	900	230	1,400	390	20
Sb	2	40	30	120	500	24	22	14	14	16	26	8	28	2	N(2)
Hg	N(.02)	.08	.02	.28	.06	.08	1.5	.06	.08	.08	.08	.02	.06	L(.02)	L(.02)
Tl	N(.05)	1.5	1.7	1.0	.15	.8	1.7	3.3	2.2	2.2	2.5	1.4	2.2	.85	1.85
Te	.20	.25	.15	25	10	3.8	1.3	.50	3.8	.35	1.1	.75	2.8	.15	.05
Cu	40	50	100	G1,000	170	420	150	490	180	270	230	210	240	200	20
Pb	5	30	15	G1,000	480	100	15	25	380	15	20	70	35	5	N(5)
Zn	40	140	200	530	110	200	100	310	170	160	80	170	150	90	100

D

Figure 15.—Section across an exploration cut perpendicular to the upper part of the Sacra Familia vein, Montes del Aguacate area, Costa Rica. The exploration cut exposes a zone of parallel quartz veins that strike northeast; this zone occurs above the main Sacra Familia vein, and the veins in the zone are typical of the epithermal fissure-fill gold-bearing quartz vein deposits in Costa Rica. Quartz veinlets form a web stockwork between the margins of the quartz veins. Limonite, consisting mostly of goethite, and manganese oxides stain and coat all quartz veins. The host andesite is strongly bleached and argillically altered in and adjacent to the zone of quartz veins. This alteration reflects supergene oxidation of sulfides and subsequent acid leaching of silicate minerals. *A*, Photograph showing the zone of parallel quartz veins that strike northeast and dip southeast in the upper part of the Sacra Familia vein. The line on the photograph outlines the area shown by the geologic sketch map and the vertical lines with arrows tie to specific quartz veins. *B*, The geologic sketch map shows the quartz veins, quartz stockworks, and altered host andesite visible on the photograph. A hypothetical base line across the exploration cut has been constructed; sample numbers and quartz veins are shown above and distances between samples and thicknesses of the quartz vein are shown below the base line. The sample numbers bracketed by arrows on the base line delineate where a composite sample was collected. *C*, Histograms showing the concentration of gold and silver in rock samples. The histograms scale is logarithmic and concentrations of gold and silver are shown in parts per million (ppm). If gold values were not detected at the lower limit of determination (0.05 ppm) they are shown as 0.02 ppm, or 2 reporting intervals below the limit of determination. The rock samples are not indicative of the overall grade of the exposure because only grab samples, not channel samples, were collected. *D*, Table showing selected trace-element concentrations from the rock samples in parts per million. Values for elements not detected at the indicated lower limit of determination are shown as N; values for elements detected, but below the indicated limit of determination are shown as L; and values for elements detected, but above the indicated upper limit of determination are shown as G. Although the trace elements related to precious metals (As, Sb, Hg, Tl, Te) and the base metals (Cu, Pb, Zn) are generally concentrated in the quartz veins, they are also elevated in the altered andesite host rock.

Figure 15.—Sección a través del corte exploratorio orientado perpendicular con la veta Sacra Familia, los Montes del Aguacate, Costa Rica. El corte expone una zona de vetas de cuarzo paralelas con rumbo noreste; esta zona se presenta sobre la principal veta Sacra Familia y las vetas en la zona son típicas de las vetas de relleno de fractura epitermales de cuarzo y auríferas. Vetillas de cuarzo forman una red de stockwork entre los margenes de las vetas de cuarzo. Limonita, compuesta principalmente de goethita y óxidos de manganeso manchan y cubren todas las vetas de cuarzo. La andesita huésped está fuertemente blanqueada y alterada argilíticamente en y adyacente con la zona de vetas de cuarzo. Esta alteración indica oxidación supergena de sulfuros y la subsiguiente lixiviación por ácido de los minerales de silicatos. *A*, Fotografía presentando la zona de vetas de cuarzo paralelas con rumbo noreste y buzando hacia el sureste en la parte superior de la veta Sacra Familia. La línea en la fotografía delinea el área presentada en el croquis geológico y las flechas verticales se refieren a vetas de cuarzo. *B*, Croquis geológico presentando las vetas de cuarzo, los stockworks de cuarzo y la alterada andesita huésped visibles en la fotografía. Una línea base hipotética ha sido delineada a través del corte exploratorio; los números de muestras y las vetas de cuarzo han sido presentadas arriba de la línea; las distancias entre las muestras y el espesor de la veta de cuarzo han sido presentadas bajo de la línea base. Los números de muestras entre flechas en la línea base indican muestras compuestas. *C*, Histogramas presentando las concentraciones del oro y plata en muestras de roca. La escala del histograma es logarítmica y las concentraciones del oro y plata están presentadas en partes por millón (ppm). Los valores del oro no deteccionados al límite bajo de detección (0,05 ppm) han sido presentados como 0,02 ppm o a dos intervalos de detección menos que el límite de detección. Las muestras de roca no se consideran ser indicativas de la ley de todo el afloramiento porque no se recolectaron muestras por ranura. *D*, Cuadro presentando una selección de concentraciones de elementos traza de muestras de roca, en partes por millón. Los valores de elementos no deteccionados al límite bajo de detección han sido indicados con una N; lo valores de elementos deteccionados pero menos del límite bajo de detección han sido indicados con una L; y los valores de elementos deteccionados que exceden el límite alto de detección han sido indicados con una G. Aunque los elementos traza relacionados con metales preciosos (As, Sb, Hg, Tl, Te) y los metales básicos (Cu, Pb, Zn) generalmente están concentrados en la vetas de cuarzo, también están presentes en cantidades elevadas en la alterada andesita huésped.

Cuadro 6.--Observaciones de campo y en laboratorio de las minas y prospectos auríferos en la Cordillera de Tilarán y los Montes del Aguacate, Costa Rica

Nombre	Ubicación		Nombre de veta	Acceso	Rocas huéspedes	Alteración	Mineralogía de veta	Estructura	Zonas de mineral	Nivel de desarrollo	Fuentes de datos
	Lat. N.	Long. O.									
Area de los Montes del Aguacate en la hoja Río Grande a escala de 1:50.000											
Mina Guapinol.	9 58 05	84 27 50	Compañía	1 km al noreste de Desmonte en la carretera 11. Camino desvía de la carretera hacia el oeste. Mina está a 500 m de la desvía.	Andesita con fenocristales de plagioclasa y piroxeno. Diques de riolita presente en cortes de la carretera Interamericana en la orilla este del área minera. Lavas andesícas frecuentemente contienen amigdalas rellenos de calcita. Dacitas pueden estar presente. Lavas fragmentadas son comúnes.	Silicificación inmediatamente adyacente de vetas y entre red de stockwork de vetas de cuarzo densa. Sericita, clorita y calcita reemplazan andesita y con introducción de pirita diseminada y cantidades menores de calcopirita y esfalerita. Alteración sericítica se presenta a una distancia de 5 a 20 m lejos de las vetas de sílice.	Arsenopirita con pirita y realgar presentes encapsulados en sílice dentro de vetas de cuarzo muy finas. Vetas de cuarzo de textura en peine con vugs cubiertos con cristales de cuarzo euhedrales. Sulfuros no son abundantes en veta de cuarzo pero más abundantes dentro de roca alterada. Goetita es el óxido más común con jarosita menor.	Veta de cuarzo mayor, 2-3 m de ancho con rumbo N. 50° E. y casi vertical. Veta mayor es cuarzo brechoso y sulfuros (pirita, esfalerita y galena, todos menores) dentro de una matriz de cuarzo. Se presentan en los márgenes de la veta mayor hasta 5 vetillas de cuarzo por metro cuadrado, con 1-2 m de ancho, en un stockwork hasta 3 m lejos de la veta mayor.	Zona de mena es un "pod" de andesita, elongado e intensisivamente piritizada a lo largo de la veta Compañía.	Mina subterránea actualmente bajo desarrollo en 1986. Desarrollo con maquinaria.	Afloramientos en la superficie y subterráneos menores. Secciones delgadas pulidas utilizadas para identificación de minerales. Informaciones proporcionados por el encargado de la mina.
Mina La Libertad.	9 59 05	84 29 45	El Goteroso	Camino sin pavimento desvía de la carretera 11 unos 3 km al sudeste de Desmonte. Mina está a unos 2,5 km de la desviá en un camino que conduce hacia el este del principal camino sin pavimento.	Andesita tobácea(?) fragmentada.	Andesita levemente afectada con alteración de clorita y calcita. Silicificación intensiva de rasgos de andesita entre stockwork de vetas de cuarzo. Pirita diseminada se presenta dentro de andesita silicificada.	Predominantemente vetas de cuarzo. Pátina de goetita menor indica presencia previa de sulfuros. Sulfuros no eran abundantes originalmente. Aparentemente se presenta el oro libre asociado con goetita. Mena de sulfuros cargada con oro pero es refractorio.	Zona de cizallamiento mayor con rumbo noreste a norte contiene vetas de cuarzo anastomosadas. Mayoría son "vuggy" y cubiertas con cristales de cuarzo euhedrales.	Las mayores zonas de mena son zonas de stockwork de vetas de cuarzo dentro de zona de cizallamiento. Anchura de zona de cizallamiento generalmente <5 m y unos 100 m de largo.	Pequeño socavón bajo desarrollo a mano. Laboreos antiguos son extensivos pero inaccesibles	Solamente afloramentos de la superficie. Informaciones proporcionados por el encargado de la mina.
Mina Los Castros.	9 58 05	84 27 50	Compañía	Aproximadamente 1,5 km al norte de Desmonte, 40 m bajo de la carretera 11.	Andesita con plagioclasa y piroxeno. Es la misma roca huésped que la de la Mina Guapinol.	Alteración de andesita de pirita, calcita, clorita. Andesita silicificada cerca de vetas.	Cuarzo, rodocrosita, pirita, calcopirita, esfalerita. Valores de antimonio elevados sugieren la presencia de tetrahedrita. Oxidación produce pátina de manganeso de color negro cubriendo fracturas. Fragmentos de brecha compuestos de cuarzo de veta y andesita piritizada y cloritizada dentro de una matriz de cuarzo.	Veta mayor 2 m de ancho con rumbo N. 50° E., casi vertical. Brechoso en parte. Dominan texturas colliforme y en peine.	Mena se presenta en pods a lo largo de y dentro de la Veta Compañía.	Trabajos antiguos accesibles. Explotación está paralizada.	Visita subterránea y recolección de muestras. Secciones delgadas y pulidas utilizadas para determinar la mineralogía. Informaciones proporcionados por el encargado de la mina.
Mina San Francisco.	9 58 15	84 27 50	Sacra Familia	1,5 km al norte de Desmonte en el camino sin pavimento que conduce de Desmonte.	Andesita amigdaloide con contenido de plagioclasa y piroxeno. Amigdalas rellenas de calcita; vetillas de calcita presente. Rocas andesíticas fragmentadas gruesas son comúnes.	La mineralogía de la roca afectada por alteración hipogena y no meteorizada es desconocida. La andesita en la zona meteorizada está blanqueada y manchada de limonita. La arcilla se presume ser caolinita.	Cuarzo euhedral de textura en peine con manchas de óxidos de manganeso y hierro cubriendo fracturas. Muestras del deschadero contienen rodocrosita y cuarzo con pirita, galena, calcopirita y esfalerita. El carbonato de Mn kutnahorita forma cristales aciculares dentro de huecos.	Relleno de fractura con rumbo noreste a lo largo de falla casi vertical. Material de veta brechoso en lugares con fragmentos de rodocrosita dentro de matriz de cuarzo claro. Vugs recubiertos de cristales de cuarzo euhedrales.	Mena se presenta en bolsones casi verticales o con pitch al sudoeste que forman zonas de alta ley localizadas entre material de veta de ley inferior. Bolsones son de aproximadamente 60 a 100 m de ancho.	Trabajos subterráneos reiniciados. Mina a cielo abierto más antigua sobre la veta está paralizada. Reservas premineras estimadas ser 124.300 toneladas métricas con 5,52 gramos de Au por tonelada.	Afloramientos de la superficie, corte excavado a mano que cruza la veta y muestras del desechadero recolectadas y examinadas.
Area de las Juntas de Abangares en la hoja Juntas a escala de 1:50.000											
Veta Recio.	10 18 35	84 57 10	Recio	Aproximadamente 5 km al norte de Juntas a lo largo del camino sin pavimento que conduce a Quebrada Silencio.	Andesita porfirítica de plagioclasa y piroxeno. Pueden presentarse dacitas. Unidades fragmentadas son comúnes.	Silicificación limitada a bordes a lo largo de vetas. Todos afloramientos oxidados; alteración arcillosa(?) de la paréd de roca puede ser en parte supergeno.	Vetas de cuarzo con óxido de manganeso y goetita. Jarosita menor en superficies y a lo largo de fracturas. Pirita y cantidad muy menor de calcopirita encapsulada en sílice. Pirita se presenta también diseminada dentro de fragmentos de paréd de roca silicificada dentro y cerca de cuarzo de vetas.	Veta de relleno de fractura mayor con rumbo N. 20° E., buzando 80° O. y 5 m de ancho. Vetas de cuarzo más pequeñas 1 mm a 10 cm de ancho paralelas con la veta mayor. Zona de vetillas de stockwork 3 m de ancho en la cubierta de filón y 16 m en la espalda de filón.	Zonas de mena presente en forma de pods dentro de la veta Recio mayor. Zonas de intensivo stockwork de vetillas comprenden zonas de mena bruta de ley baja.	Bajo evaluación para explotación como depósito en bruto.	Mapa detallado de un corte por tractor perpendicular con la veta. Muestras de mano y algunas secciones delgadas pulidas utilizadas para identificación de minerales.
Veta Silencio.	10 18 30	84 56 55	Silencio	Este de Quebrada Silencio cerca de la Veta Recio.	Coladas y brechas andesíticas a dacíticas(?). Lavas contienen fenocristales de plagioclasa y piroxeno.	La roca huésped cerca de la veta está muy meteorizada. La alteración original asociada con la mineralización no ha sido determinada.	Veta masiva de cuarzo blanco. Pirita diseminada con calcopirita y esfalerita muy menores se presenta encapsulada en la veta de cuarzo. Minerales de oxidación predominantes son goetita y hematita.	Veta con rumbo N. 20° E., casi vertical.	Zonas de mena se presentan en forma de bolsones dentro de de la veta de cuarzo de relleno de fisura.	Ningun desarrollo observado en 1986. Reservas premineras estimadas ser 1.086.000 toneladas métricas con 8,19 gramos de Au por tonelada.	Examinación de veta que aflo a lo largo de la cresta. Secciones pulidas utilizadas para la identificación de sulfuros.
Mina Tres Hermanos.	10 18 25	84 56 25	Tres Hermanos	4 km norte de Juntas, en el camino sin pavimento paralelo con el Río Aguacaliente.	Coladas y brechas andesíticas a dacíticas. Lavas son porfiríticas con fenocristales de plagioclasa y piroxeno.	Blanqueada y argilización intensiva de andesita huésped cerca de veta mayor. Puede ser alteración supergena o hipogena.	Cuarzo masivo con pirita menor. Todos los afloramientos visitados a lo largo de la veta están oxidados; hematita y goetita son los minerales de óxido predominantes.	Veta de relleno de fisura con rumbo N. 20° E., casi vertical. Veta fracturada y recementada con sílice. Stockwork de vetas de cuarzo muy menor dentro de andesita huésped.	Zonas de mena presente en forma de pods dentro de veta mayor.	Paralizado en 1986. Colas de molino proporcionan placeres de oro. Reservas pre-minera estimadas ser 2.940.600 toneladas métricas con 9,42 gramos de Au por tonelada.	Examinación de afloramientos en pozos y cortes de carreteras. Muestras de mano usadas para identificación de minerales.
Mina San Martín.	10 17 55	84 55 40	San Martín	Noreste de Juntas 5 km a lo largo de camino con grava.	Coladas, aglomerados y brechas andesíticas a dacíticas(?). Fenocristales de plagioclasa y piroxeno son comúnes.	Silicificación con introducción de pirita diseminada. Clorita puede ser el mineral predominante del segundo tipo de alteración.	Vetas masivas de cuarzo de textura en peine con pirita y cantidades menores de galena, calcopirita y esfalerita. Minerales de óxidos predominantes son hematita y goetita. Algunas superficies de fracturas cubiertas con pátina de hierro-arsenato.	Veta masiva de relleno de fisura con rumbo N. 20-30° E. y casi vertical. Veta está fracturada y recementada con sílice.	No determinado.	Paralizada en 1986. Reservas premineras estimadas ser 800.000 toneladas métricas con 7,41 gramos de Au por tonelada.	Examinación de afloramientos y desechos. Muestras de mano utilizadas para identificar minerales.
Area de Santa Clara y Moncada en la hoja Miramar a escala de 1:50.000											
Mina Santa Clara.	10 01 10	84 36 25	Mondongo	5 km este de Macacona al lado sur de la carretera Interamericana.	Coladas y tobas(?) fragmentadas de andesita porfirítica. Diques de riolita con fenocristales de cuarzo se presentan en el pozo.	Andesita en zona de sulfuros contiene sericita, clorita, arcillas y pirita diseminada como observada en sección delgada. Cuarzo calcedónico rellena vugs.	Cuarzo con pirita y marcasita. Cuarzo calcedónico en los centros de vetas y cuarzo microcristalino euhedral con pirita en los márgenes. La pirita estáoxidada a goetita dentro de la zona de óxidos. Vetas de óxido de Mn y cuarzo son comúnes.	Zonas de stockwork de vetas de cuarzo (1-2 cm de ancho) con rumbos este y noreste. Zona con rumbo al este está nombrada la falla Mondongo.	Zonas de mena ubican donde stockwork de vetas de cuarzo es denso. Mena de ley más alta ubicada donde zonas con con rumbo este-oeste cruzan las zonas con rumbo noreste.	Mina trabajada a cielo abierto con aprovecho de oro por método de heap leach. Reservas premineras estimadas ser 5.200.000 toneladas métricas con 2,06 gramos de Au por tonelada.	Examinación de tajo abierto, muestras de mano y secciones delgadas pulidas usadas para identificación de minerales. Informaciones proporcionados por el encargado de la mina.
Area de Santa Clara y Moncada en la hoja Río Grande a escala de 1:50.000											
Mina Moncada.	10 02 30	84 31 40	Moncada	6 km suroeste de San Ramón, desvía hacia el oeste de la carretera Interamericana.	Andesita porfirítica. Diques riolíticos presente dentro de un radio de 1 km de la mina.	Andesita completamente silicificada donde stockwork de vetas de cuarzo es denso. Alteración incluye clorita(?) y sericita.	Cuarzo euhedral de textura en peine con pirita, calcopirita, galena, esfalerita y sericita. Goetita, hematita y jarosita son los óxidos mayores formados durante oxidación. Muestras del almacen de mineral contienen vetas de cuarzo típicamente 1-3 cm de ancho y alcanzan máximo de 5 cm.	Veta principal con rumbo al norte se desvía algo hacia el noreste y noroeste. Fallas post-mineralización son comunes. En la zona oxidada se presenta un stockwork de vetas de cuarzo.	No determinado.	Molino y mina subterránea activos. Reservas premineras estimadas ser 11.000 toneladas métricas con 8,91 gramos de Au por tonelada.	Examinación de afloramientos, cortes de carreteras y almacenes de mineral. Secciones delgadas pulidas utilizadas para identificación de minerales. Informaciones proporcionados por dueño y encargado de la mina.
Mina Buena Suerte.	10 02 50	84 33 45	Buena Suerte(?)	10 km al noreste de Macacona; 4 km norte de la carretera Ineramericana.	Limolita, andesita y diques de riolita porfirítica presente en el terreno de la mina. Tobas andesíticas cruzadas con vetas.	Todos afloramientos visitados están oxidados. Si-Silicificación de tobas cerca de vetas de cuarzo.	Cuarzo euhedral con pirita. Goetita es el producto más común de la oxidación de pirita.	Dos juegos de vetas muy inclinadas y 2 a 5 cm de ancho; rumbos de los juegos son N. 10-15° E. y al noroeste.	No determinado.	Paralizada.	Examinación de afloramientos en la superficie. Muestras de mano usadas para la identificación de minerales.
Prospecto Cerro La Mina.	10 02 55	84 39 30	Sin Nombre	Noreste de la carretera Interamericana, 6 km de Barranca.	Andesita cortada por dique de riolita grande y ubicada adyacente de un domo riolítico.	Silicificación total del dique y adyacente del dique de riolita. Andealterada a arcillas y óxidos de hierro hasta 200 m distante del dique. Abundan evidencias de pirita oxidada en el dique y la paréd de roca.	Vetas oxidadas con abundante limonita y pirita fresca menor. Vetas presente en una zona de silicificación total con abundantes óxidos de hierro.	Dique de riolita con rumbo N. 45° O. y vertical. Dique está silicificado y cortado por un stockwork de vetas de cuarzo y óxido de hierro con rumbos predominantemente de N. 70° O. y buzando hacia el sudoeste. Mucha de la zona de silicificación está brechosa y resilicificada.	No determinado.	Ningun desarrollo se observó durante la visita de campo.	Examinación y muestreo de afloramientos en la superficie.

Cuadro 6.--Observaciones de campo y en laboratorio de las minas y prospectos auríferos en la Cordillera de Tilarán y los Montes del Aguacate, Costa Rica.--Continua

Nombre	Ubicación Lat. N.	Ubicación Long. O.	Nombre de veta	Acceso	Rocas huéspedes	Alteración	Mineralogía de veta	Estructura	Zonas de mineral	Nivel de desarrollo	Fuentes de datos
Area de Pozo Azul en la hoja Juntas a escala de 1:50.000											
Pozo de prospecto.	10 10 50	84 54 35	Sin nombre	2 km al sur de Pozo Azul.	Coladas andesíticas o dacíticas(?) de color negro con contenido de plagioclasa y piroxeno.	Andesita silicificada dentro de zonas de red de stockwork de vetillas de de cuarzo. Andesita está blanqueada y contiene arcilla (posiblemente supergeno). Pirita diseminada presente en la andesita silicificada.	Vetas de cuarzo forman red de stockwork. La mayoría de vetas son <2 cm de ancho pero una alcanza 20 cm. Pirita se observa en vetas de cuarzo. Afloramientos principalmente oxidados, con goetita y jarosita siendo los mayores productos de la oxidación.	Stockwork de vetillas de cuarzo sin ninguna dirección predominante.	No determinado.	Ningun desarrollo.	Examinación de pozos. Muestras de roca utilizadas para la identificación de minerales.
Prospecto Beta Vargas.	10 10 30	84 54 15	Veta Vargas	0,75 km al noreste de Pita; cerca de Quebrada Beta Vargas.	Lavas de dacita(?) porfiríticas con fenocristales de plagioclasa y piroxeno.	Dacita reemplazada de sílice opalina(?); texturas ígneas frecuentemente preservadas.	La pirita es el único sulfuro que se observa en muestras de mano. Productos de oxidación son la goetita y hematita.	Zona de vetas de cuarzo con rumbo de N. 80° O. y buzando 80° S.	No determinado, pero posiblemente existe un yacimiento de explotación en bruto.	Perforaciones han sido realizadas y existe un túnel abandonado. Paralizado en 1986. Reservas pre-minera estimadas ser 14.500 das métricas con 5,83 gramos de Au por tonelada.	Examinación de afloramientos de la superficie y de material de desecho. Reporte no publicado de la Corporación Costarricense de Desarrollo.
Mina Bellavista.	10 06 45	84 42 45	Veta Blanca	3 km al noreste de Miramar por un camino sin pavimento no muy transitable.	Coladas y brechas de andesita porfirítica.	Rocas en zona de óxido están blanqueadas y con manchas de goetita. Alteración hipogena solamente se ha determinado donde silicificación se presenta cerca de vetas.	Cuarzo de cristales euhedrales de textura en peine con pirita, esfalerita y calcopirita menores.	Vetas con rumbo norte y noreste.	Mena se presenta en el hastial superior de la falla Liz con rumbo norte.	Trabajos subterráneos paralizados pero actualmente bajo reevaluación de posibilidades para explotación en bruto. Reservas pre-minera estimadas ser 340.000 toneladas métricas con 6,85 gramos de Au por tonelada.	Afloramientos de la superficie y cortes. Secciones delgadas pulidas de material del desecho usados para la identificación de minerales.
Mina La Unión.	10 09 25	84 43 15	La Unión(?)	8 km al norte de Miramar.	Coladas y brechas de andesita porfirítica. Dique de composición intermedia presente en la mina.	Clorita, sericita y calcita con <1 por ciento de pirita diseminada comprenden la alteración predominante. Silicificación de andesita se presenta en algunos lugares cerca de vetas de cuarzo.	Cuarzo de cristales euhedrales de textura en peine con calcopirita, esfalerita y pirita. Galena también presente pero en cantidades menores. Calcita rellena huecos en vetas de cuarzo.	Veta con dirección N. 10° N. y casi vertical.	No determinado.	Actualmente bajo reevaluación de las posibilidades de ser un depósito de explotación en bruto. Reservas pre-minera estimadas ser 27.500 toneladas métricas con 19,91 gramos de Au por tonelada.	Afloramientos en las bocaminas de trabajos antiguos y inaccesibles.
Area de Líbano en la hoja Tilarán a escala de 1:50.000											
Mina Esperanza.	10 25 00	84 59 10	Azul y Blanca	Bocamina al lado este del poblado Líbano.	Lavas andesíticas y rocas epiclásticas. Diques de riolita con contenido de fenocristales de cuarzo, ubicados al sur de la mina.	Clorita, sericita y calcita con pirita diseminada comprende la alteración predominante.	El cuarzo es el mineral ganga predominante. Mineralogía de sulfuros consta de pirita, calcopirita y esfalerita. Pirita es el sulfuro más abundante.	Vetas mayores con rumbo norte y buzando 80° E. Cuarzo blanco carente de sulfuros, brechoso y recementado con sílice que contiene sulfuros diseminados (predominantemente pirita).	Vetas Azul y Blanca ubicadas en el hastial superior y paralelas con la falla normal Azul con rumbo norte y buzando hacia el este. Zonas de mena en la veta Azul están inclinadas hacia el sur.	Molino y mina subterránea activos. Reservas pre-minera estimadas ser 117.000 toneladas métricas con 28,37 gramos de Au por tonelada.	Secciones delgadas pulidas de muestras de roca de la superficie y subterráneas usados para la identificación de minerales. Archivos y reportes de la mina proporcionados por el geólogo de la mina.
Area del Río Chiquito en la hoja Tilarán a escala de 1:50.000											
Mina Río Chiquito.	10 26 15	84 52 05	Sin Nombre	1 km al noreste del Río Chiquito.	Lavas andesíticas brechosas y amigdaloides intercaladas con tobas andesíticas. Pumita de explosión post-mineralización sobreyace andesitas huéspedes.	Alteración profilítica es común; proviene color verde a las andesitas huéspedes. Silicificación de andesitas es común cerca de vetas de cuarzo y en áreas con vetillas de stockwork. Alteración de zona de óxido consta de blanqueo de roca huésped y manchas de óxido de hierro a lo largo de fracturas.	Minerales de vetas más comunes son cuarzo con pirita y marcasita. Algunas brechas cementadas de cuarzo calcedónico. Oxidos de hierro y manganeso son comunes en la zona de óxido.	Vetas orientadas en echelon con rumbo norte y buzando 50° E.	No determinado.	Actualmente bajo desarrollo para explotación a cielo abierto. Reservas pre-minera estimadas ser 707.000 toneladas métricas con 2,63 gramos de Au por tonelada.	Examinación de muestras de la superficie, subterráneas y de testigo de perforación. Muestras de mano utilizadas para identificación de minerales. Archivos y reportes de la mina proporcionados por los geólogos de la mina.

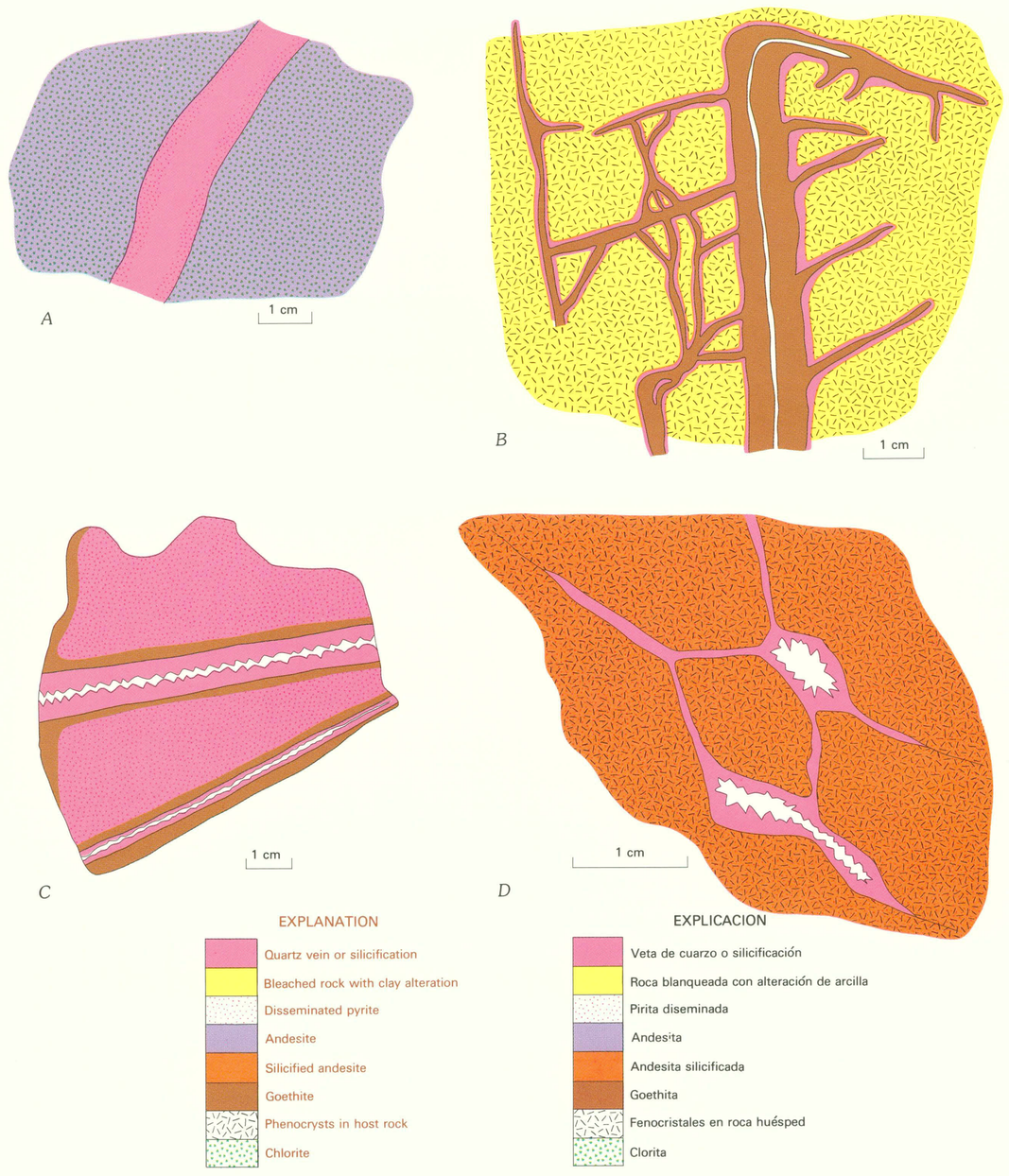


Figure 16.—Sketches of quartz vein relations and enclosing host rock alteration, showing typical textures which occur in all gold deposits and prospects in the Cordillera de Tilarán and Montes del Aguacate. *A*, Quartz-pyrite vein where pyrite is disseminated along its margins. Host andesite is altered to a mineral assemblage dominated by chlorite, sericite, quartz and pyrite. Sample from vein in the sulfide zone of the Santa Clara open-pit mine. *B*, Quartz-goethite vein where pyrite in the quartz vein is oxidized to goethite which is spatially limited to the quartz vein and a narrow selvage near the vein. The host andesite is bleached and consists of kaolinite. Sample from vein in the oxide zone of the Santa Clara open-pit mine. *C*, Mixed sulfide-oxide-bearing hand sample showing unoxidized pyrite in the silicified host andesite and oxidized pyrite in the vuggy quartz vein. Goethite stain is limited to a narrow zone along the quartz vein. Sample from La Libertad mine, Montes del Aguacate area. *D*, Open stockwork quartz veins cutting silicified andesite. Disseminated pyrite in the silicified host andesite remains unoxidized. Sample from a small borrow pit near the road south of Pozo Azul.

Figura 16.—Croquis de las relaciones entre las vetas de cuarzo y la alteración de las rocas huéspedes encajonantes, presentando las texturas típicas que se presentan en todos los yacimientos y prospectos de la Cordillera Tilarán y los Montes del Aguacate. *A*, Veta de cuarzo-pirita con pirita diseminada a lo largo de sus bordes. La andesita huésped está alterada a una asociación mineralógica dominada con clorita, sericita, cuarzo y pirita. *B*, Veta de cuarzo-goethita donde la pirita dentro de la veta de cuarzo se encuentra oxidada a goethita cuya distribución está limitada a la veta de cuarzo y un borde angosto íntimo. La andesita huésped está blanqueada y está compuesta de caolinita. Muestra de la veta en la zona oxidada de la Mina Santa Clara. *C*, Muestra de mano conteniendo una mezcla de sulfuros-óxidos con pirita no oxidada dentro de la andesita huésped y pirita oxidada en la veta de cuarzo "vuggy". Manchas de goethita están limitadas dentro de una zona angosta a lo largo de la veta de cuarzo. Muestra de la Mina La Libertad, los Montes del Aguacate. *D*, Un stockwork de vetas cuarcíferas cruzando andesita silicificada. Pirita diseminada en la silicificada andesita huésped se ha mantenido libre de oxidación. La muestra fue recolectada de un préstamo cerca del camino al sur de Pozo Azul.

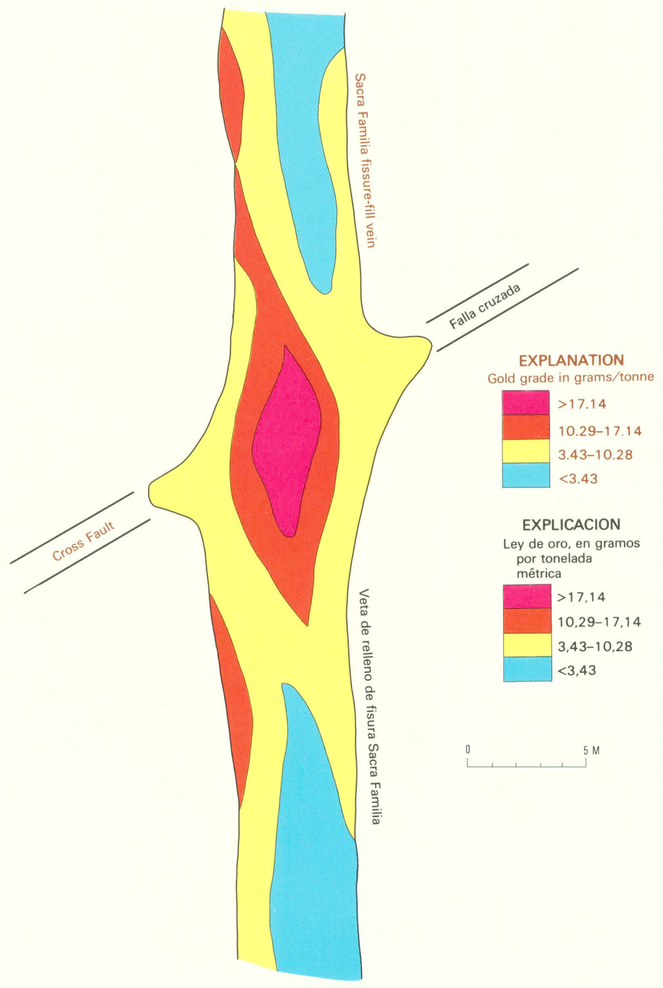
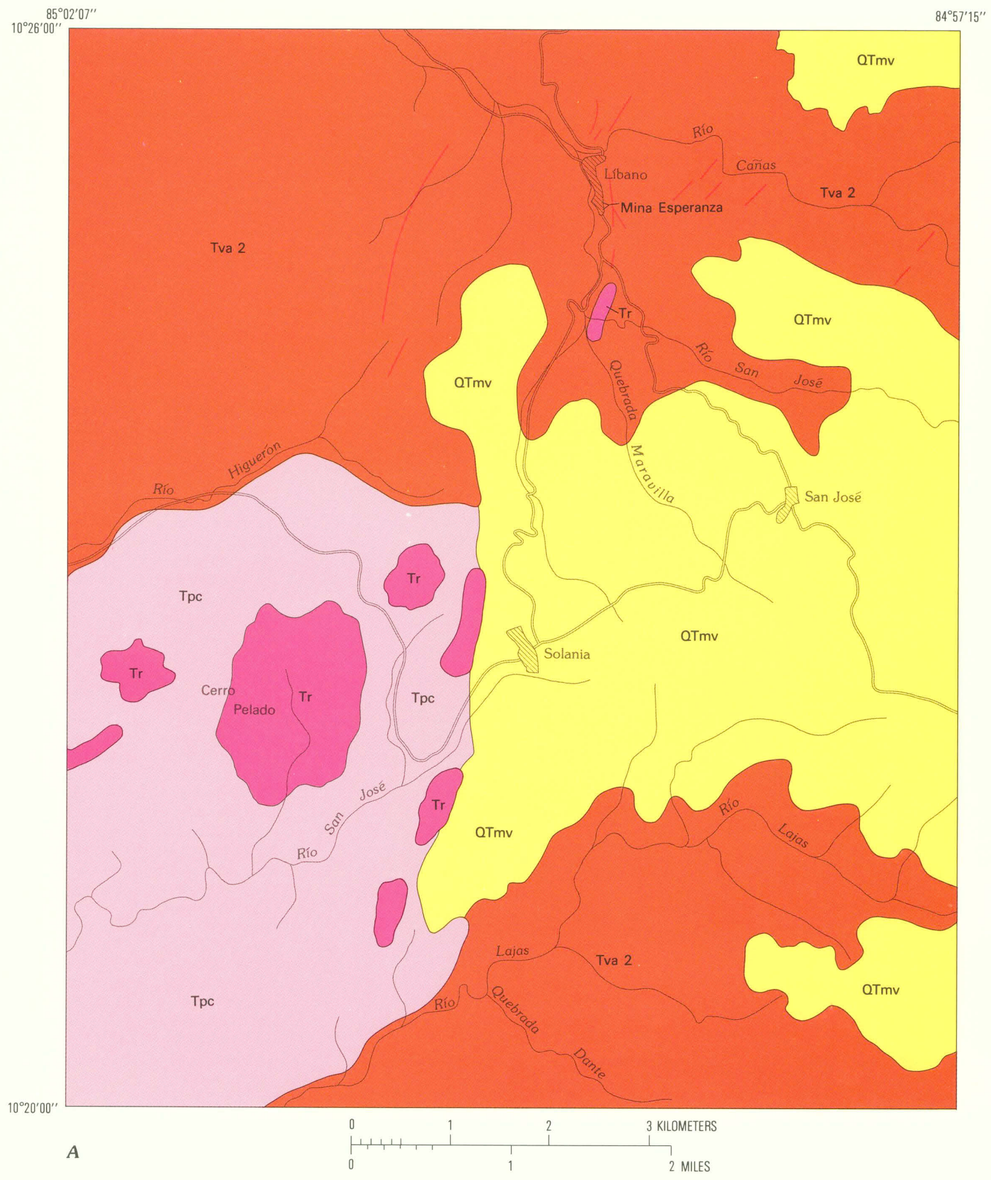


Figure 17.—Schematic plan map showing highest grade ore in the Sacra Familia vein where it is intersected by a high-angle fault. The importance of cross faults in controlling ore grade in the fissure-fill veins is shown in this schematic from the Sacra Familia Company mine file.

Figura 17.—Mapa plano esquemático presentando ubicación de mena de ley más alta en la veta Sacra Familia donde está cruzada con una falla muy inclinada. La gran importancia de fallas cruzantes en el control de la ley de oro en las vetas de relleno de fisuras se presenta en este esquemático de los archivos de la Compañía Minera Sacra Familia.



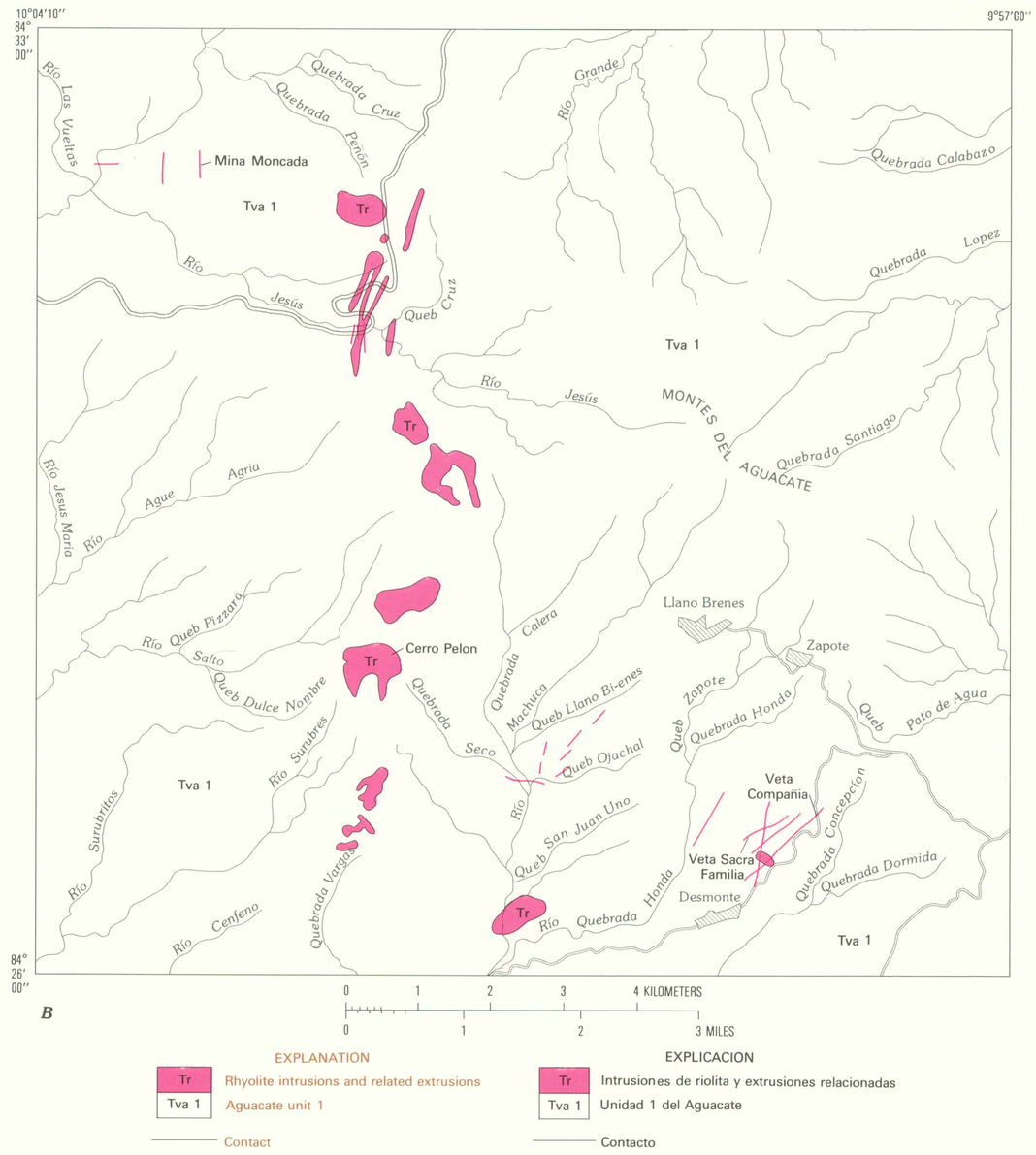
EXPLANATION

QTvm	Monteverde Formation
Tr	Rhyolite intrusions and related extrusions
Tpc	Pyroclastic debris
Tva 2	Aguacate unit 2
	Contact
	Quartz veins

EXPLICACION

QTmv	Formación Monteverde
Tr	Intrusiones de riolita y extrusiones relacionadas
Tpc	Escombros de piroclásticos
Tva 2	Unidad 2 del Aguacate
	Contacto
	Vetas de cuarzo

Figure 18.—Maps showing the locations of rhyolites and quartz veins. *A*, Silicification and clay alteration are intense along the north-striking zone of rhyolites that includes Cerro Pelón in the Montes del Aguacate and Moncada mine areas. Samples of the Cerro Pelón rhyolite contain as much as 0.85 ppm Au, 10–2,000 ppm As, and 0.05–87.0 ppm Ag. *B*, The Esperanza mine in the Líbano area is located on a north-striking quartz vein which continues to the south as a silicified rhyolite dike containing quartz phenocrysts. Samples of the Cerro Pelado rhyolite contain as much as 0.10 ppm Au, 30–180 ppm As, and as much as 0.70 ppm Ag.



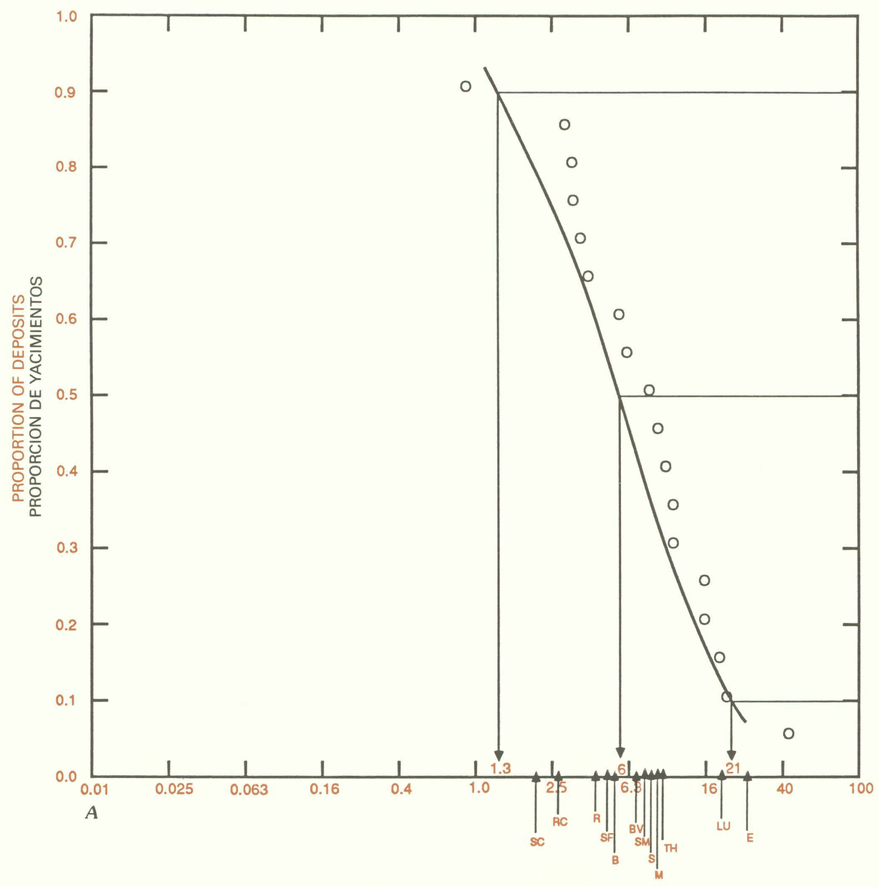
EXPLANATION

Tr	Rhyolite intrusions and related extrusions
Tva 1	Aguacate unit 1
	Contact
	Quartz veins
	Interamerican Highway

EXPLICACION

Tr	Intrusiones de riolita y extrusiones relacionadas
Tva 1	Unidad 1 del Aguacate
	Contacto
	Vetas de cuarzo
	Carretera Interamericana

Figura 18.—Mapas presentado las ubicaciones de riolitas y vetas de cuarzo. *A*, Silicificación y alteración de arcilla son intensivos a lo largo de la zona de riolitas con rumbo norte que incluye el Cerro Pelón en los Montes del Aguacate y el área de la Mina Moncada. Muestras de la riolita del Cerro Pelón contienen hasta 0.85 ppm Au, 10–2.000 ppm As y 0,05–87,0 ppm Ag. *B*, Riolitas y vetas de cuarzo ubicadas en el área de Líbano. La mina de Esperanza está ubicada en una veta de cuarzo con rumbo norte la cual continua hacia el sur en forma de un dique de riolita silicificado conteniendo fenocristales de cuarzo. Muestras de la riolita del Cerro Pelado contienen hasta 0,10 ppm Au, 30–180 ppm As, y hasta 0,70 ppm Ag. *B*, La Mina Esperanza en el área de Líbano está ubicada en una veta de cuarzo con rumbo norte la cual continua hacia el sur en forma de un dique de riolita silicificado conteniendo fenocristales de cuarzo. Muestras de la riolita del Cerro Pelado contienen hasta 0,10 ppm Au, 30–180 ppm As y hasta 0,70 ppm Ag.



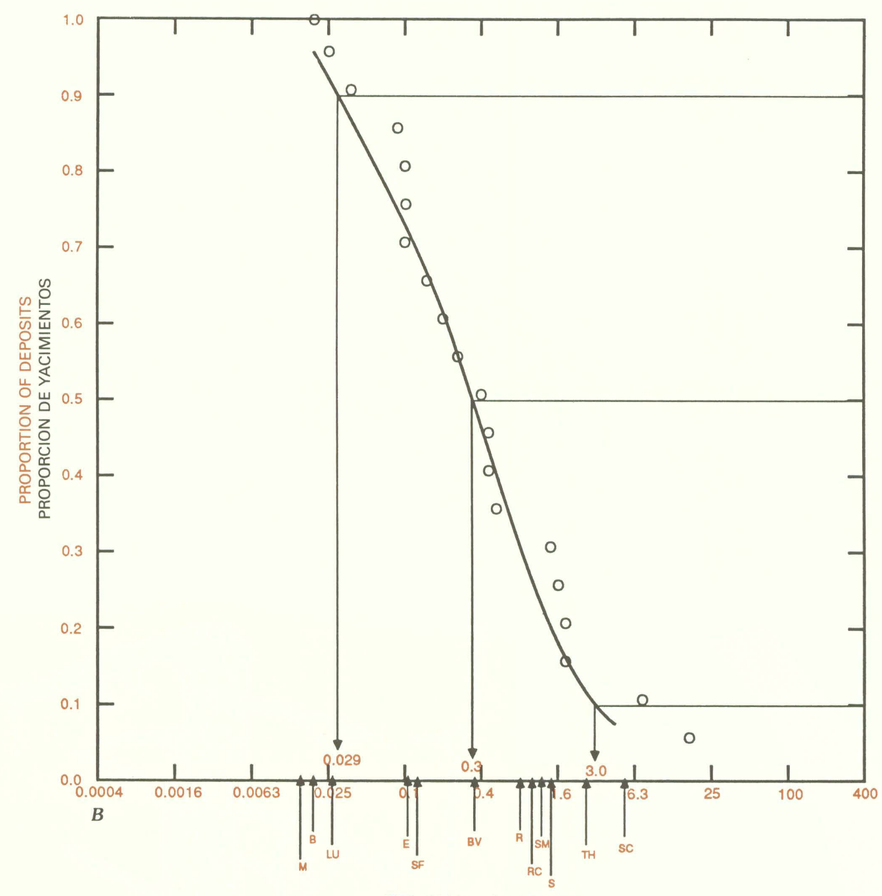


Figure 19.—Tonnage and grade percent models from 20 worldwide localities for the Sado epithermal vein deposit type (Cox and Singer, 1986). Tonnage and grade shown on the x axis and the cumulative proportion of deposits shown on the y axis are on logarithmic scales. Each dot represents an individual deposit. Smoothed curves are plotted through the means and standard deviations of the data, and intercepts for the 90th, 50th, and 10th percentiles are constructed. Data on Costa Rica derived from table 4. Costa Rican deposits compared with general model: B, Beta Vargas; BV, Bella Vista; E, Esperanza; LU, La Unión; M, Moncada; R, Río Cañamazo; RC, Río Chiquito; S, Silencio; SC, Santa Cruz; SF, Sacra Familia; SM, San Martín; TH, Tres Hermanos. *A*, Distribution of gold grade in the Sado epithermal vein deposit type. Estimated pre-mining grades are shown for occurrences in the Cordillera de Tilarán and Montes del Aguacate, Costa Rica. *B*, Tonnage distribution for the Sado epithermal vein deposit type. Estimated pre-mining tonnages are shown for occurrences in the Cordillera de Tilarán and Montes del Aguacate, Costa Rica.

Figura 19.—Modelos de ley y tonelaje a base de 20 mundiales yacimientos epitermales de vetas tipo Sado (Cox y Singer, 1986). El tonelaje y ley se presentan en la abscisa y la proporción cumulativa de los yacimientos se presenta en el ordenado a escala logarítmica. Cada punto representa un yacimiento individual. Las correctadas curvas de distribución han sido elaboradas utilizando los valores medios y las desviaciones estandares de los datos y los valores del 90, 50 y 10 por centile han sido determinados. Los datos de Costa Rica han sido derivados del Cuadro 4. Los yacimientos de Costa Rica comparados con el modelo general son: B, Beta Vargas; BV, Bella Vista; E, Esperanza; LU, La Unión; M, Moncada; R, Río Cañamazo; RC, Río Chiquito; S, Silencio; SC, Santa Cruz; SF, Sacra Familia; SM, San Martín; TH, Tres Hermanos. *A*, Distribución de ley del oro en los yacimientos epitermales tipo Sado. Cálculos de leyes antes de trabajos mineros han sido presentados para los yacimientos ubicados en la Cordillera de Tilarán y los Montes del Aguacate, Costa Rica. *B*, Distribución del tonelaje de los yacimientos epitermales tipo Sado. Cálculos de leyes antes de trabajos mineros han sido presentados para los yacimientos ubicados en la Cordillera de Tilarán y los Montes del Aguacate.

SADO EPITHERMAL VEIN DEPOSIT TYPE IN COSTA RICA

A generalized, schematic cross section (fig. 20) summarizes alteration, geochemical, and vein patterns and was developed from the geologic characteristics of the gold deposits in Costa Rica (geologic strip maps in figs. 13, 14, 15). We believe that the Costa Rican gold deposits were formed from upwelling, precious-metal-rich hydrothermal fluids, derived in part from rhyolitic magmas but likely dominated by meteoric water, that were confined to fractures and high-angle normal faults as the main fluid pathways. The rhyolitic intrusions may be responsible for some of the faulting and fracturing. Precious-metal-bearing veins formed as fissure-fill along the main high-angle fault, along smaller faults parallel and perpendicular to the main fault, and along shallow splay faults that formed above the main fault. Precious-metal content decreases with depth whereas base-metal content increases. Propylitic alteration is zoned farthest from the main fissure-fill vein whereas sericitic alteration and silicic alteration are zoned near the quartz veins, either the large fissure-fill veins, or the smaller sheet veins and stockworks. The orientation of these small quartz veins relative to the main fissure-fill vein may be used to understand whether or not a given prospect is shallowly or deeply eroded. These sheeted and (or) stockwork quartz veins occur in both the hanging wall and footwall of the high-angle fault.

Our brief examination of the precious-metal epithermal vein deposit type in Costa Rica suggests that the known gold deposits in the Cordillera de Tilarán and Montes del Aguacate are principally of the Sado epithermal vein deposit type. However, the schematic cross section fig. 20) shows that parts of this deposit type (sheeted and stockwork quartz veins) may have formed less than 50 m below the surface beneath paleo hot-springs. The stockwork quartz veins and high mercury contents at the Santa Clara and Río Chiquito mines may indicate that the gold-bearing epithermal veins at these deposits were not as deeply emplaced as those in the Juntas de Abangares and Montes del Aguacate areas. Data are not available, however, to determine whether or not the mineralization at the Río Chiquito and Santa Clara mines are actually hot-spring or Sado epithermal vein deposit type. The youngest, least eroded parts of the volcanic section are ideal terranes for the occurrence of hot spring-type deposits and thus, such deposits may exist but have not been recognized.

Otro aspecto de la química de las vetas epitermales de metales preciosos costarricenses es la razón de plata a oro. Las razones varían dentro de las áreas, según donde se recolectaron las muestras; el contenido de plata aumenta con creciente profundidad. La razón de oro con plata generalmente varía desde 1:1 a 1:10, pero algunos bajan hasta 1:0,1 y otros alcanzan 1:20.

TIPO DE YACIMIENTO MINERAL

Los varios tipos de yacimientos epitermales representan sistemas geotermales "fósiles" que varían en profundidad desde a lo menos 1 km hasta las fuente termales en la superficie (Henley, 1986). Cox y Singer (1986) han descrito varios diferentes tipos de yacimientos de mena epitermal de metales preciosos y las áreas auríferas en Costa Ricas son geológicamente más semejantes al tipo de yacimiento identificado por Mosier y otros (1986) para las vetas epitermales tipo Sado. Los yacimientos epitermales tipo Sado están caracterizados por una asociación mineral de oro, calcopirita, sulfosales y argentita, acompañados con pirita, concentrada en vetas cuarcíferas "vuggy", vetas bandeadas y stockworks en rocas huéspedes vulcánicas de composición félsica a intermedia. Galena y esfalerita son escasos. La mineralogía de alteración está dominada por cuarzo, clorita y sericita, y la mineralogía de ganga está dominada por cuarzo, adularia, caolinita, rodocroisita y escasa barita. Las rocas del basamento de los yacimientos epitermales tipo Sado incluyen secuencias que pueden contener cuerpos intrusivos.

Los minerales que caracterizan los yacimientos auríferos en Costa Rica son el oro, calcopirita, galena, esfalerita, pirita y posiblemente sulfosales en vetas cuarcíferas y stockworks en rocas huéspedes vulcánicas de composición intermedia. Las rocas félsicas también están mineralizadas. Los minerales de alteración y de ganga y el marco tectónico de los yacimientos de Costa Rica son iguales que los de los yacimientos epitermales filonianos tipo Sado descritos por Mosier y otros (1986). Así, en términos de las importantes características geológicas, los yacimientos epitermales de metales preciosos en Costa Rica son similares a los yacimientos epitermales filonianos tipo Sado. Las intrusiones de riolita parecen haber sido la fuente de calor para los sistemas hidrotermales en Costa Rica; en otras áreas donde se presentan vetas epitermales tipo Sado las fuentes de calor parecen ser intrusiones de dacitas y dioritas, tanto como riolitas.

Los tonelajes y leyes de los representativos yacimientos auríferos costarricenses están presentados en el gráfico del modelo de ley y tonelaje de los yacimientos epitermales tipo Sado (Fig. 19). Es claro que los yacimientos costarricenses son compatibles con las distribuciones de las leyes y tonelajes de los yacimientos tipo Sado. Por lo general, para los yacimientos de este tipo el valor medio de ley de oro es 6,0 gramos por tonelada y el valor medio del tonelaje es 300.000 toneladas métricas.

YACIMIENTOS EPITERMALES DEL TIPO SADO EN COSTA RICA

La generalizada sección transversal esquemática (Fig. 20) presenta un resumen de los patrones de alteración, geoquímica y vetas y se basa en las características geológicas de los yacimientos auríferos de Costa Rica (los mapas geológicos en Figuras 13, 14, 15). Creemos que los yacimientos auríferos en Costa Rica se formaron por la surgencia de flúidos hidrotermales cargados de metales preciosos, derivados en parte de las magmas riolíticas pero probablemente dominado por agua meteórica, con los cursos de transporte limitados a fracturas y fallas muy inclinadas. Algunas de las fallas y fracturamientos pueden atribuirse a las intrusiones riolíticas. Las vetas con contenido de metales preciosos se formaron como relleno de fisuras a lo largo de una falla mayor muy inclinada, fallas más pequeñas paralelas y perpendiculares con la falla mayor y a lo largo de fallas divergentes (fallas en lisel) someras formadas sobre la falla mayor. El contenido de metales preciosos disminuye con creciente profundidad mientras que el contenido de metales básicos aumenta. Alteración propilítica está en zonas más lejanas de la principal veta de relleno de fisura mientras que alteración sericítica y silícica están en zonas cerca de las vetas cuarcíferas, séan las grandes vetas de relleno de fisuras o las más pequeñas vetas en lajas y stockworks. Las orientaciones de estas vetas cuarcíferas pequeñas en relación con la mayor veta de relleno de fisura se pueden utilizar para determinar a que nivel un prospecto ha sido erodado. Dichas vetas en lajas y (o) stockworks cuarcíferos se presentan en ambos la cubierta de filón y la espalda de filón de la falla muy inclinada.

Esta breve examinación de los yacimientos epitermales de metales preciosos en Costa Rica sugiere que los yacimientos auríferos en la Cordillera de Tilarán y los Montes del Aguacate corresponden principalmente con los yacimientos epitermales filonianos del tipo Sado. Sin embargo, la sección transversal esquemática (Fig. 20) presenta que partes de este tipo de yacimiento (vetas en lajas y stockworks cuarcíferos) se pordrían haber formado a menos de los 50 m bajo la superficie, debajo de paleo-fuentes termales. Las vetas de stockwork cuarcíferas y el alto contenido de mercurio en las minas Santa Clara y Río Chiquito puede indicar que las vetas epitermales auríferas en estos yacimientos no fueron emplazados a niveles tan profundos como los de las áreas de las Juntas de Abangares y los Montes del Aguacate. Aún no hay datos disponibles para distinguir si la mineralización en las minas Río Chiquito y Santa Clara es en actualidad de yacimientos epitermales tipo fuentes termales o del tipo Sado. Las partes de la sección vulcánica más jovenes y menos erodadas son los terrenos ideales para la ocurrencia de yacimientos tipo fuentes termales, y dicho tipo de yacimientos pueden existir pero aún no han sido reconocidos.

Table 7.--Correlation coefficients for log transformed data for rock samples from gold areas in the Cordillera de Tilarán and Montes del Aguacate, Costa Rica

Cuadro 7.--Coeficientes de correlación de muestras de rocas de áreas de oro en la Cordillera de Tilarán y Montes del Aguacate, Costa Rica

[Correlation coefficients shown are significant at the 95 percent confidence interval. Leaders (--) indicate that the correlation coefficient is not significant at the 95 percent confidence interval. Numbers in parentheses indicate the number of sample pairs in each correlation. The stippled pattern highlights correlation coefficients for Au and Ag]

[Coeficientes de correlación presentados son significantes al intervalo de confianza de 95 por ciento. Rayitas indican que el coeficiente de correlación no es significante al intervalo de confianza de 95 por ciento. Números entre paréntesis indican los números de pares de muestras en cada correlación. El patrón de sombra indica coeficientes de correlación de Au y Ag]

Juntas de Abangares area — Área Juntas de Abangares

	Hg	Te	As	Pb	Zn	Ag	Cd	Sb	Tl
Au	0.49 (43)	--	0.57 (43)	0.72 (43)	--	0.71 (43)	0.31 (42)	0.43 (43)	--
Hg	--	0.35 (40)	.70 (50)	.35 (45)	--	.51 (50)	.68 (47)	--	--
Te	--	--	.33 (40)	--	--	--	--	--	--
As	--	--	--	.55 (45)	--	.62 (54)	--	.70 (47)	0.45 (54)
Cu	--	--	--	--	0.57 (57)	.32 (64)	.36 (42)	--	.46 (64)
Pb	--	--	--	--	.59 (45)	.68 (45)	.62 (42)	.50 (45)	--
Zn	--	--	--	--	--	.51 (57)	.76 (42)		.29 (57)
Ag	--	--	--	--	--	--	.56 (42)	.43 (47)	.42 (64)
Cd	--	--	--	--	--	--	--	--	.25 (42)

Líbano area — Area Líbano

	As	Cu	Pb	Zn	Ag	Cd	Sb	Tl
Au	--	--	0.85 (9)	0.60 (9)	0.77 (9)	0.84 (9)	--	--
Te	0.55 (13)	--	--	--	--	--	0.88 (8)	--
As	--	--	--	--	--	--	.67 (8)	--
Cu	--	--	--	.49 (13)	--	--	--	0.64 (12)
Pb	--	--	--	--	.72 (10)	.86 (10)	--	--
Zn	--	--	--	--	--	.64 (10)	--	--
Ag	--	--	--	--	--	.77 (10)	--	--

Miramar area — Area Miramar

	Ag	Tl	Pb	Zn	Cd
Au	0.77 (8)	--	--	--	--
Hg	--	0.82 (7)	--	--	--
Cu	--	--	0.82 (6)	0.94 (8)	0.79 (6)
Pb	.66 (6)	--	--	.90 (6)	.97 (6)
Zn	--	--	--	--	.90 (6)

Pozo Azul area — Area Pozo Azul

	Hg	As	Ag	F
Au	0.81 (4)	--	0.86 (4)	--
Hg	--	0.73 (6)	.85 (6)	--
Te	--	--	--	0.81 (4)

Montes del Aguacate area — Area Montes del Aguacate

	Te	As	Cu	Pb	Zn	Ag	Cd	Sb	Tl
Au	0.37 (45)	0.39 (45)	--	0.45 (45)	--	0.68 (45)	0.35 (45)	0.54 (45)	0.30 (45)
Hg	--	--	--	.29 (51)	--	--	--	.31 (51)	--
Te	--	--	0.66 (72)	.77 (57)	0.52 (73)	.68 (73)	.60 (67)	.48 (59)	--
As	--	--	.32 (67)	--	--	.42 (67)	--	.57 (57)	.57 (57)
Cu	--	--	--	.67 (57)	.73 (72)	.62 (72)	.65 (67)	.42 (59)	.30 (72)
Pb	--	--	--	--	.71 (57)	.80 (57)	.81 (57)	.47 (57)	--
Zn	--	--	--	--	--	.60 (73)	.80 (67)	--	--
Ag	--	--	--	--	--	--	.69 (67)	.61 (59)	.28 (72)
Cd	--	--	--	--	--	--	--	.43 (59)	--
Sb	--	--	--	--	--	--	--	--	.32 (59)
F	--	--	--	--	--	--	--	--	.29 (67)

Río Chiquito area — Area Río Chiquito

	Hg	As	Cu	Pb	Zn	Ag	Cd	Sb	Tl
Au	0.46 (43)	--	--	0.68 (43)	--	0.80 (43)	--	0.40 (43)	--
Hg	--	0.40 (46)	--	.60 (44)	--	.45 (46)	--	.76 (46)	--
As	--	--	0.49 (53)	.44 (44)	--	--	--	.75 (53)	0.39 (53)
Cu	--	--	--	--	0.34 (40)	--	--	.28 (56)	.39 (56)
Pb	--	--	--	--	.34 (40)	.74 (44)	--	.67 (44)	--
Zn	--	--	--	--	--	--	0.67 (10)	--	.63 (40)
Ag	--	--	--	--	--	--	--	.48 (48)	--

Macacona area — Area Macacona

	Hg	As	Cu	Pb	Zn	Ag	Cd	Sb	Tl
Au	0.51 (38)	0.41 (38)	0.32 (38)	--	--	0.76 (38)	0.34 (31)	0.52 (38)	--
Hg	--	.75 (53)	--	--	--	.34 (53)	--	.75 (50)	0.61 (53)
As	--	--	--	--	--	.40 (56)	--	.82 (50)	.62 (56)
Cu	--	--	--	0.32 (42)	0.41 (53)	.57 (57)	.36 (31)	--	--
Pb	--	--	--	--	.46 (42)	.52 (42)	.52 (31)	--	--
Zn	--	--	--	--	--	.34 (53)	.65 (31)	--	--
Ag	--	--	--	--	--	--	.37 (31)	.46 (50)	--
Sb	--	--	--	--	--	--	--	--	.68 (50)

CONCLUSION

The similarities between the known precious-metal epithermal veins in Costa Rica out number the differences, and the differences can largely be attributed to the level of erosion at each occurrence. Thus, the composite deposit type has been determined to be most like that of the Sado epithermal vein (Mosier and others, 1986). Rhyolite intrusions and extrusions appear to be spatially and genetically associated with the precious-metal veins, providing heat, some hydrothermal fluids, and possibly some metals. The rhyolite intrusions have also fractured the host andesite and dacite rocks, providing loci for the precious-metal epithermal veins. Geologic zoning of the deposits as displayed by rock geochemistry and vein patterns helps to determine where, in terms of depth or lateral displacement, a given deposit may occur. Higher chemical values of precious metals are more likely in the shallow levels of the epithermal systems than in the deeper levels. Alteration accompanies vein deposition with silicification and sericitization. proximal to veins. The highest precious-metal values occur in quartz veins. A high density of quartz veins results in silicification of host rocks with sericitic alteration.

Determining that the precious-metal epithermal veins in Costa Rica belong to the Sado epithermal vein deposit type furthers the understanding of the hydrothermal systems that produce these deposits. From this study geologic and geochemical guidelines can be developed for use in the search of additional precious-metal deposits.

CONCLUSION

Las semejancias entre las vetas epitermales de metales preciosos en Costa Rica exceden sus diferencias, las cuales se pueden atribuir al nivel de erosión presente en cada sitio. Así, se ha determinado que el compuesto tipo de yacimientos es similar al de vetas epitermales del tipo Sado (Mosier y otros, 1986). Intrusiones y extrusiones riolíticas parecen estar asociadas espacialmente y genéticamente con las vetas de metales preciosos, proveniendo calor, algo de flúidos hidrotermales y posiblemente algo de metales. Las intrusiones riolíticas también han fracturado las rocas huéspedes andesíticas y dacíticas, proveniendo locales para la formación de las vetas epitermales de metales preciosos. La zonación geológica de los yacimientos, manifestada por la geoquímica de roca y por los patrones de vetas, contribuye al conocimiento de donde, en cuanto a la profundidad o desplazamiento lateral, se pueden presentar yacimientos. La presencia de altos valores químicos de metales preciosos es más probable en los niveles someros de los sistemas epitermales que en los niveles más profundos. La alteración acompaña depositación en vetas con silicificación y sericitazión adyacente con las vetas. Los valores más elevados de metales preciosos se presentan en las vetas cuarcíferas. Una densidad alta de vetas cuarcíferas resulta en la silicificación de las rocas huésped con acompañante alteración sericítica.

La determinación de que los yacimientos de vetas epitermales de metales preciosos en Costa Rica corresponden con los yacimientos epitermales tipo Sado avanza el entendimiento de los sistemas hidrotermales que producen estos yacimientos. A base de este estudio se pueden desarrollar reglamientos geológicos y geoquímicos para la futura exploración de yacimientos de metales preciosos.

Table 8.--Selected trace element analyses for unaltered rhyolites and andesites in the Cordillera de Tilarán and Montes del Aguacate, Costa Rica

Cuadro 8.--Seleccionados de análisis de elementos traza seleccionados de riolitas y andesitas no alteradas en la Cordillera de Tilarán y Montes del Aguacate, Costa Rica

[All analyses are in parts per million. Limits of determination are as follows: Au, 0.05; Hg, 0.02; Te, 0.05; As, 10; Cu, 5; Pb, 5; Zn, 5; Ag, 0.05; Sb, 2; Tl, 0.05. n.d., not detected at limits of determination]

[Todos los análisis están en partes por millón. Limites de determinación bajo son: Au, 0.05; Hg, 0.02; Te, 0.05; As, 10; Cu, 5; Pb, 5; Zn, 5; Ag, 0.05; Sb, 2; Tl, 0.05. n.d., no detectado al limite de determinación bajo]

Sample no. / Número de muestras	Au	Hg	Te	As	Cu	Pb	Zn	Ag	Sb	Tl
				Rhyolites Riolitas						
CR138RSM	n.d.	<.02	.85	180	10	n.d.	n.d.	.05	110	n.d.
CR139RSM	n.d.	.02	2.20	110	15	10	n.d.	n.d.	48	n.d.
CR160RSM	.100	.02	n.d.	20	n.d.	n.d.	n.d.	.15	8	.15
CR124RSM	1.2	.02	5.70	60	20	10	n.d.	3.7	12	.50
CR094BKS	n.d.	<.02	n.d.	n.d.	15	n.d.	10	n.d.	2	<.05
CR109AKS	n.d.	.08	5.20	50	20	n.d.	n.d.	n.d.	2	n.d.
CR109BKS	n.d.	.10	2.30	<10	5	n.d.	n.d.	.10	n.d.	<.05
CR163RSM	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	10	.05	n.d.	.30
CR155RSM	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	15	n.d.	25	n.d.	n.d.	.20
CR167RSM	n.d.	.04	.50	10	n.d.	5	n.d.	n.d.	2	.40
CR077RSM	n.d.	<.02	.15	20	25	15	150	.70	n.d.	.20
CR107RSM	0.05	.140	.30	10	n.d.	5	35	.15	n.d.	n.d.
CR020RSM	n.d.	<0.20	0.80	90	5	5	n.d.	0.05	2	n.d.
CR110RSM	n.d.	>10	.05	50	n.d.	n.d.	n.d.	.15	2	n.d.
CR169RSM	n.d.	.12	2.70	90	25	5	n.d.	.20	4	0.10
CR066RSM	n.d.	n.d.	.55	10	15	10	5	.15	n.d.	1.10
				Andesites Andesitas						
CR212RSM	n.d.	0.35	n.d.	280	70	n.d.	75	0.9	6	1.8
CR020ASL	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	100	n.d.	60	.15	n.d.	.10
CR021BSL	n.d.	2.80	0.30	<10	15	<5	n.d.	.05	n.d.	<.05
CR122RSM	n.d.	2.20	n.d.	n.d.	65	n.d.	30	n.d.	n.d.	1.10
CR021RSM	n.d.	<.02	<.05	<10	100	n.d.	65	.10	n.d.	.05
CR024RSM	n.d.	<.02	.10	n.d.	150	<5	35	.10	n.d.	.05
CR036RSM	n.d.	.85	n.d.	n.d.	45	5	530	.10	n.d.	n.d.
CR014RSM	n.d.	<.02	n.d.	80	40	n.d.	90	n.d.	n.d.	.75
CR043RSM	n.d.	n.d.	.20	n.d.	40	5	40	.85	2	n.d.
CR064RSM	n.d.	n.d.	n.d.	10	130	5	60	.20	n.d.	.05
CR114RSM	n.d.	n.d.	.05	10	100	<5	75	.50	n.d.	.80
CR013RSM	n.d.	.02	n.d.	50	90	n.d.	40	.15	n.d.	.05

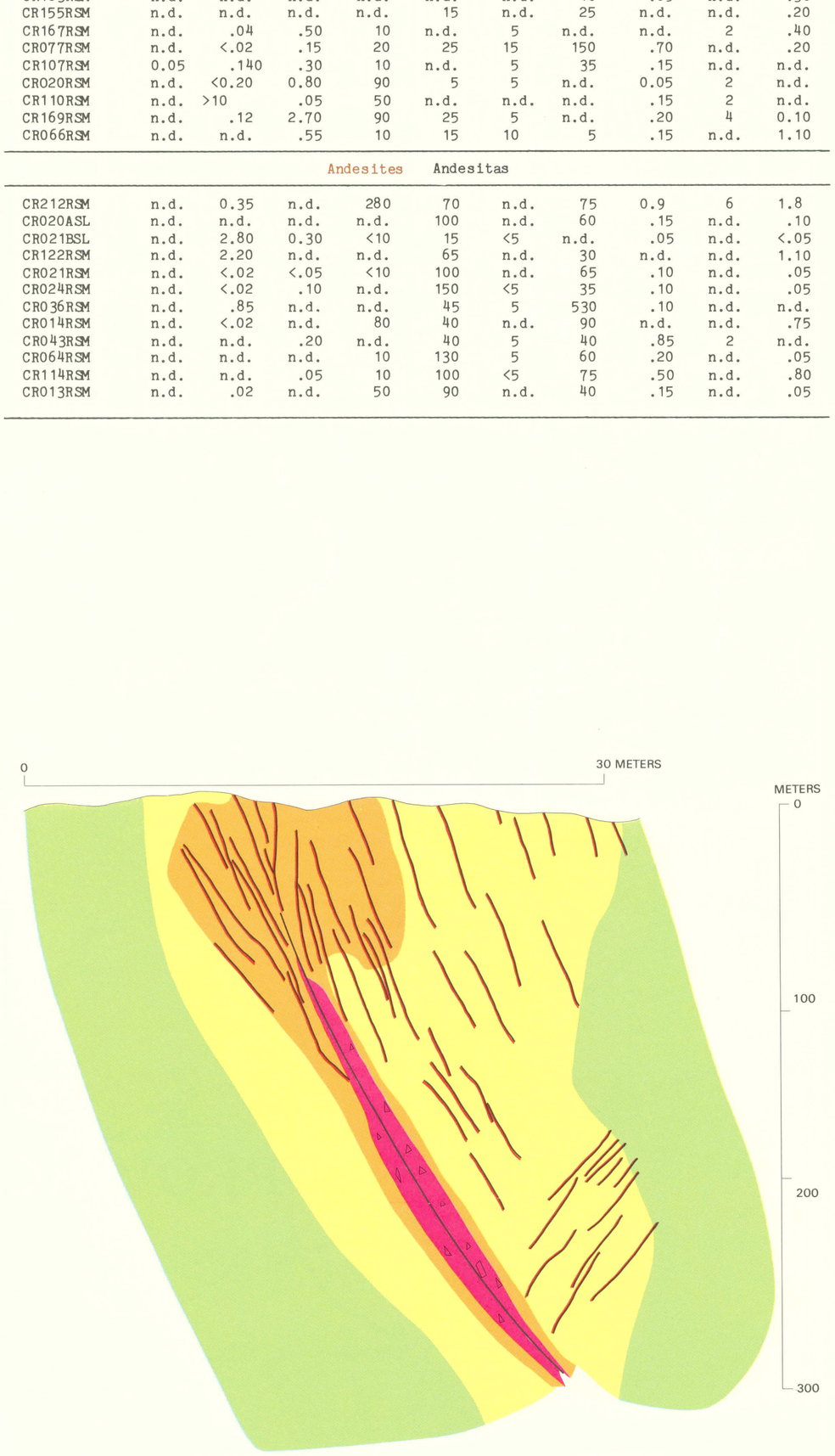


Figure 20.—Geologic composite cross section generalized from field observations showing alteration zoning and vein orientation for gold deposits in Costa Rica. Horizontal and vertical scales are approximate and the horizontal scale is enlarged approximately 10 times relative to the vertical scale. The orientation of faults and veins is based on experimental work on normal faulting (modified from Billings, 1942, p. 258). Wallrock alteration is zoned from quartz sericite alteration near quartz veins outwards to weak propylitic alteration. Wallrock silicification occurs adjacent to quartz veins, particularly where quartz veining is dense. The major gold-bearing quartz vein is generally quartz-dominated fissure-fill in a high-angle fault. The quartz fills a high-angle fault breccia zone and voids in the fault; it also replaces host rock fragments that occur in the fault breccia. Typically, wallrock is intensely silicified near the major fissure-fill veins. Pyrite is the most common sulfide associated with the quartz; other sulfides are chalcopyrite, galena, and sphalerite. These minerals, together with rhodochrosite, usually increase in abundance with depth. One to two centimeter-wide quartz veins fill fractures that formed during high-angle faulting. These fractures parallel the dip and strike of the high-angle fault in the near-surface environment but dip into the high-angle fault plane at depth. These small quartz veins are generally pyrite-bearing and carry gold.

Figura 20.—Sección transversal geológica, generalizada de las observaciones de trabajos de campo, presentando la zonación de alteración y la orientación de vetas de yacimeintos auríferos en Costa Rica. Las escalas horizontales y verticales son aproximadas y la escala horizontal es 10 veces que la vertical. La orientación de las fallas y vetas está basada en resultos experimentales de Billings (1942, p. 258). Zonación de alteración en la paréd de roca es desde alteración de cuarzo sericita cerca de vetas de cuarzo hasta propilitización débil fuera de las vetas. Silicificación de roca encajante se presenta adyacente de las vetas de cuarzo, particularmente donde las vetillas de cuarzo son densas. La mayor veta de cuarzo aurífera generalmente está dominada con cuarzo de relleno de fisura en una falla muy inclinada. El cuarzo rellena una zona de brecha de falla muy inclinada y huecos en la falla; también reemplaza fragmentos de roca huésped presentes en la brecha de falla. La paréd de roca típicamente está intensivamente silicificada cerca de las mayores vetas de relleno de fisura. La pirita es el sulfuro más común asociado con el cuarzo; otros sulfuros son calcopirita, galena y esfalerita. Estos sulfuros, juntos con rodocrosita, aumentan en abundancia con creciente profundidad en la veta. Vetas de cuarzo pequeñas, de un centímetro de ancho, rellenan grietas que se formaban durante el afallamiento de inclinación muy alta. Estas fracturas están paralelas con la dirección y buzamiento de la falla muy inclinada en el ambiente cerca de la superficie pero buzan en la dirección del plano de la falla muy inclinada a niveles más profundos. Estas pequeñas vetas de cuarzo generalmente contienen pirita y oro.

85°00′ — 45′ — 84°35′
10°30′ — 15′ — 10°00′ — 9°55′

PROVINCIA GUANACASTE

PROVINCIA PUNTARENAS

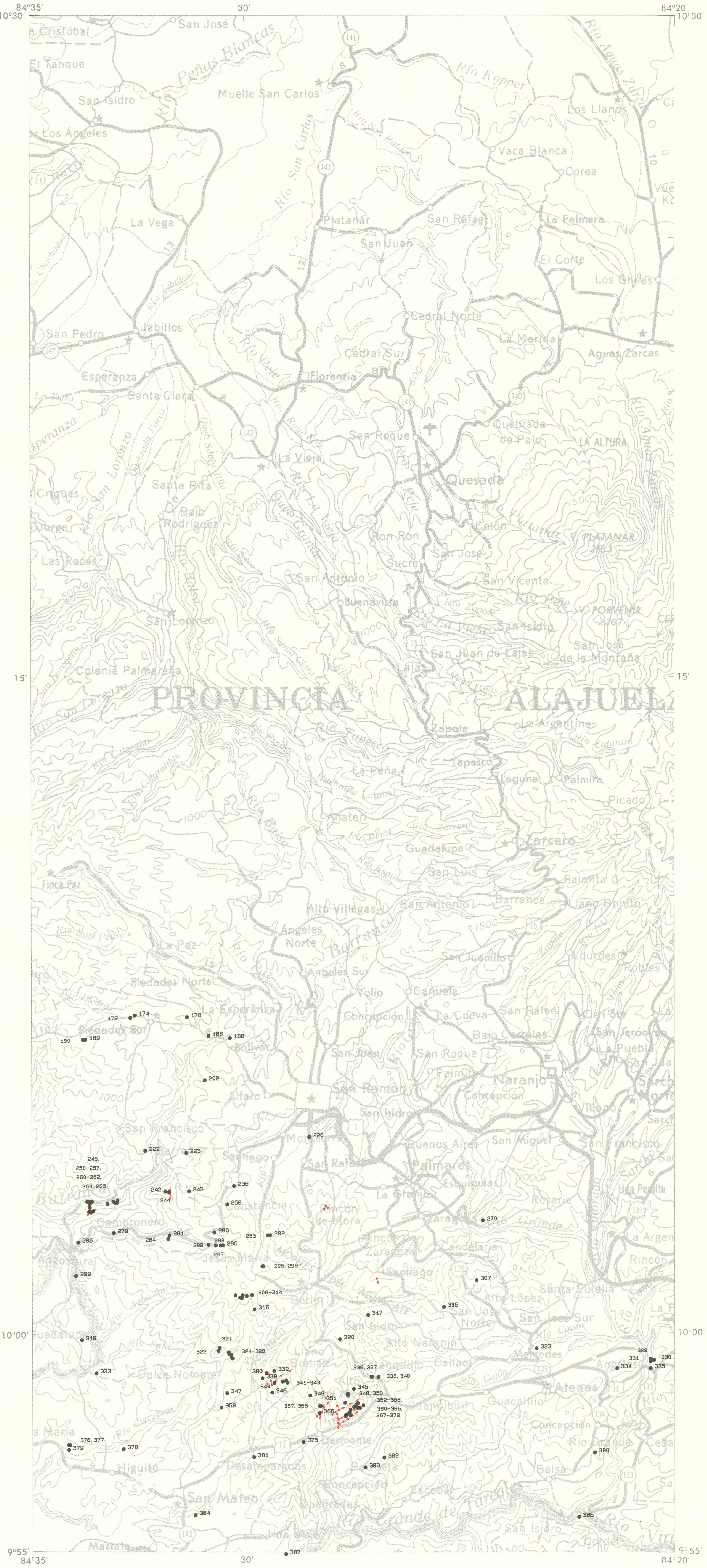
Base from el Instituto Geográphico Nacional y el Servicio Geodésico Interamericano, 1:200,000, 1944 (with undated photorevisions)

Base topográfica del Instituto Geográfico Nacional y el Servicio Geodésico Interamericano, escala 1:200,000, 1944 (con fotorevisiones sin fecha)

1:100 000

1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 KILOMETROS

PLATE 9.—LOCATIONS OF ROCK SAMPLES AND VEINS IN THE CORDILLERA DE TILARAN AND MONTES DEL AGUACATE, COSTA RICA



EXPLANATION

• 179 **Rock sample locality and map number**—Analytical results shown in appendix A

Vein

EXPLICACION

• 220 **Ubicación de muestra de roca y su número de mapa**—Los resultados analíticos se presentan en apéndice A

Veta

LAMINA 9.—UBICACION DE MUESTRAS DE ROCAS Y VETAS EN LA CORDILLERA DE TILARAN Y LOS MONTES DEL AGUACATE, COSTA RICA

ASSESSMENT OF METALLIC MINERAL RESOURCES OF COSTA RICA

By
D. A. Singer, Norman J Page, W. C. Bagby,
D. P. Cox, and Steve Ludington

INTRODUCTION

Mineral resource assessments are the product of careful interpretation and evaluation of geologic, geochemical, and geophysical information collected during the study of an area. The metallic resource assessment of Costa Rica was performed in three steps: (1) delineation of domains permissible for specific deposit types; (2) comparison of tonnage and grade models of known deposit types throughout the world with identified deposit types in Costa Rica; and (3) estimation of the number of undiscovered deposits in each delineated domain. For the purpose of this discussion, the term deposit type is defined as a model of a specific group of deposits as defined in Cox and Singer (1986), occurrence is used to describe a specific locality where geologic observations and other data indicate the presence of mineralization, and deposit is a mineral occurrence of sufficient size and grade that it might be considered to have economic potential. The three-step process of Singer (1975) was first used as part of the mineral resource assessment of the Nabesna 1:250,000-scale quadrangle, Alaska (Richter and others, 1975). Since then, the process has been used to assess more than 170,000 km² in the United States at a scale of 1:250,000 and more than 2.2 million km² at a scale of 1:1,000,000 in North and South America.

THREE-STEP ASSESSMENT PROCESS

DELINEATION OF DOMAIN BY DEPOSIT TYPE

Stratigraphic and tectonic information, lithologic descriptions, geologic environment, and the deposit type or types that are permissive in that particular environment (as compared with deposit types in similar geologic environments elsewhere) are factors taken into consideration when domains are delineated. In every case, the boundaries of the domains are first based on mapped or inferred geologic characteristics. The boundaries may then be redefined using the results of geochemical analyses of rock samples and (or) exploration history. Geophysical techniques, including gravity and aeromagnetic surveys, are used to identify buried rock units and rock units in areas with poor exposure. Deposit types are identified on the basis of host and associated rock types, contained metals, tonnages and grades, ore minerals, and geologic setting. An inventory of known mining activity in the area is also an important step in determining deposit types. Incomplete or inaccurate descriptions of known occurrences can make it difficult to identify specific deposit types. Once the deposit types are identified, limits are placed on what is permissible in a domain. The domain boundaries are then adjusted to account for areas where it can be scientifically demonstrated that a deposit type could not exist. For some deposit types, extensive surface exploration might provide evidence to exclude areas from consideration, but for many deposit types, only close-spaced drilling can be used to exclude areas.

TONNAGE AND GRADE MODELS

Estimated pre-mining tonnages and average grades for well-explored, well-documented, and well-characterized deposit types from throughout the world are used to construct tonnage and grade models. Published tonnage and grade models of worldwide deposits (Cox and Singer, 1986) were used to estimate tonnages and grades of undiscovered deposits in similar geologic settings in Costa Rica. The variation of tonnage and grade for deposits belonging to a specific deposit type tends to be small in comparison to the variation between deposit types.

ESTIMATES OF NUMBER OF UNDISCOVERED OCCURRENCES

The number of undiscovered deposits in Costa Rica is estimated for selected deposit types in a probabilistic form in order to show a degree of certainty. A variety of factors, including geologic, geochemical, and geophysical data and the extent and adequacy of mineral exploration, are integrated to make the estimates. Estimates of the number of undiscovered deposits for selected deposit types in the delineated domains are made at the 90th, 50th, and 10th percentile values. For example, the 90th percentile value is that number of deposits for which there is a probability of 0.90 that the actual number of deposits equals or exceeds that number. Approximately half the estimated undiscovered deposits should have tonnages or grades greater than the median for the tonnage and grade models of that deposit type. Documented mines and prospects in Costa Rica are listed in the section by Huber and others (this report) and are not included in the estimated number of undiscovered deposits.

GUIDES AND RECOMMENDATIONS FOR EXPLORATION

The delineation of domains and the identification of deposit types facilitates exploration because deposit types with similar physical, chemical, and mineralogical features tend to occur in similar geologic environments throughout the world. Thus, it is important to identify deposit types in Costa Rica using what is known about geologic environments and deposit types elsewhere. This report includes exploration guides and recommendations as part of the discussion of selected domains. Future exploration programs in Costa Rica should be based on the world economic outlook for specific commodities and should focus on those domains delineated for specific deposit types.

DEPOSIT TYPES IDENTIFIED IN COSTA RICA

SADO EPITHERMAL VEIN

The epithermal gold-silver veins in Costa Rica are examples of the Sado epithermal vein deposit type. This deposit type is hosted by subaerial dacite, andesite, quartz latite, rhyodacite, rhyolite, and associated subaerial volcaniclastic rocks. Mineralization is generally localized along high-angle faults as fissure-fill veins. Basement rocks are typically older volcanic sequences or igneous intrusive rocks (Mosier and others, 1986). Tonnages in the Sado epithermal vein deposit type (Mosier and Sato, 1986) are small compared to the hot-spring, carbonate-hosted, and epithermal precious-metal deposit types but overlap the tonnages for the quartz-alunite and Creede epithermal vein deposit types (fig. 21). Gold grades for the Sado epithermal vein deposit type are similar to the quartz-alunite epithermal deposit type, overlap the highest grades of the Creede epithermal vein deposit type and are generally higher than those for hot-spring and carbonate-hosted deposit types (fig. 21).

Domains D and E delineate areas permissive for the Sado epithermal vein deposit type (pl. 10). Both domains are underlain by Tertiary volcanic rocks and minor amounts of volcaniclastic sedimentary rocks. Domain D contains known Sado epithermal vein deposits as well as shallow intrusive stocks and dikes and extrusive rhyolite domes. Because there is no evidence to support an estimate of the number of undiscovered deposits in domain E it is differentiated from domain D.

The known Sado deposits in domain D provide evidence that the geologic environment in domain D is permissive for additional, undiscovered deposits. These undiscovered deposits may occur either within or outside the identified mining areas. Although some of the Sado deposits are located in areas mapped as Monteverde Formation on plate 6 (Río Chiquito and Corinto), these deposits are located either near the contact with the Aguacate volcanic rocks (Corinto) or in canyons cut through the Monteverde Formation andesites (Río Chiquito). Thus, although the delineation of domain D excludes the Monteverde Formation andesites, exploration programs should consider the possibility of the existence of Sado deposits in windows cut through these younger geologic units into the Aguacate Group. The probability of undiscovered Sado deposits in such windows has not been considered in this assessment.

In Costa Rica, the Sado deposits show a spatial and possibly genetic association with rhyolites and gold values as high as 0.02 ounces Au/ton are recorded from several rhyolites. Recognition of the rhyolite association provides a basis for the estimation of the number of undiscovered deposits in domain D. At least nine rhyolite centers are known to occur outside identified mining areas. We estimate that 50 percent of these rhyolite centers are likely to contain one or more Sado epithermal vein deposit type deposits nearby. These estimates are used subjectively in the estimation of the number of undiscovered deposits in domain D.

The formation of epithermal deposit types is associated with convecting hydrothermal fluids driven by a nearby heat source. Magmas beneath volcanic centers are usually regarded as the heat source. We estimate that there were at least 18 volcanic centers in domain D during the period of formation of the gold deposits. No more than half these were likely to have provided heat to drive convecting, metal-bearing hydrothermal systems. This proportion was used in the estimation of number of undiscovered deposits in domain D.

Domain E, located southeast of domain D also contains Tertiary rhyolites. However, only one known epithermal(?) gold occurrence has been found at Pejibaye and it is an unidentified deposit type not associated with any known rhyolites. The intrusions that occur in domain E are composed of equigranular quartz diorites and granodiorites, suggesting a deeper level of erosion than the rhyolite terrane of domain D. The northwestern boundary of domain E drawn along the Río Grande, represents the southeastern extent of domain D which includes most of the Sado epithermal vein deposits. The southeastern boundary of domain E, is drawn where the available geologic information is insufficient to justify inclusion of other Tertiary volcanic rocks in the domain. However, in the area southeast of domain E, the occurrence of Tertiary volcanic rocks suggests that the area should not be totally dismissed as a possible exploration target for epithermal, precious-metal occurrences. Although Tertiary volcanic host rocks persist in domain E, the geologic environment is not as favorable for Sado deposits as in domain D. Evidence for this assessment includes the lack of identified deposits, lack of rhyolite intrusions, and indications of deeper erosion, possibly below the environment of epithermal deposition. The number of undiscovered deposits in domain E was not estimated because of these uncertainties.

Estimates of the number of undiscovered Sado deposits in Costa Rica are restricted to the area outlined as domain D. The estimate, based on a compilation of the number of known deposits, number of rhyolite bodies, number of volcanic centers, and an examination of the tonnage and grade models for the Sado epithermal vein deposit type, refers to undiscovered deposits that will plot on the tonnage and grade curves shown in figure 19. We estimate there is a 90 percent chance of 4 or more undiscovered deposits, a 50 percent chance of 11 or more undiscovered deposits, and a 10 percent chance of 17 or more undiscovered deposits.

The geologic zoning of the Sado deposit type occurrences as displayed by vein patterns can be helpful in recognizing where, in terms of depth or lateral displacement, a given prospect may occur (fig. 20). Linear zones of sheeted, small quartz and pyrite veins suggest that the prospect is high in the vein system and lies above or lateral to a fissure-fill vein. Prospects that contain zones of sheeted quartz veins parallel to a major fissure-fill vein are also relatively high in the system. In contrast, zones of sheeted quartz veins dipping back into a major fissure-fill vein indicate the deeper parts of a system. These observations are important as the higher levels of the system are more likely to be rich in precious-metals than the deeper levels.

Sado deposits in Costa Rica display certain alteration and geochemical characteristics that help in exploration. These geochemical data, combined with structural analysis, and an understanding of vein spacing form a powerful exploration tool. Alteration characteristics include intense silicification, quartz veining, and argillitization. Geochemical analyses of rock samples can help indicate where an occurrence is in the hydrothermal system. Anomalous gold, mercury, and thallium values combined with generally low base metal values suggest higher levels of the system. Highly anomalous base metal and arsenic values with low mercury and telurium values suggest lower levels in the system. A high density of quartz veins and veinlets generally results in silicification of the host rock. Sericitic alteration generally occurs near quartz veins. Geologic mapping and geochemical sampling indicate that the highest gold and silver values occur in the quartz veins. Thus, observations of the geologic zoning of the vein patterns revealed by the spacial distribution of silicic and sericitic alteration help to identify drill-hole targets. Recognition of the spatial association between vertically zoned trace-element concentrations with the orientation of small veins relative to each other and to the main vein provide a powerful exploration tool. Because gold is more highly concentrated in the shallow parts of system, it is important to determine from field mapping and geochemical sampling how deeply eroded any given deposit is. Ground geophysical techniques may prove valuable for extending known vein systems or for discovering new buried veins in identified mining areas.

Hesselbom (1985) tested magnetic self potential, induced polarization, resistivity, and electromagnetic ground geophysical techniques across precious-metal-bearing quartz veins in andesitic host rocks in Nicaragua. Electromagnetic methods proved most valuable for locating buried veins. The geophysical target was the conductive zone adjacent to the veins. Similar results were obtained by Middleton and Campbell (1979) who combined geophysical and geochemical anomalies to identify veins in Nicaragua. The geologic similarity between the Costa Rican and Nicaraguan gold deposits suggests that electromagnetic techniques would be useful exploration tools in Costa Rica. Ground geophysics could be used to identify extensions of known veins beneath thick soil cover or to identify new veins in known districts.

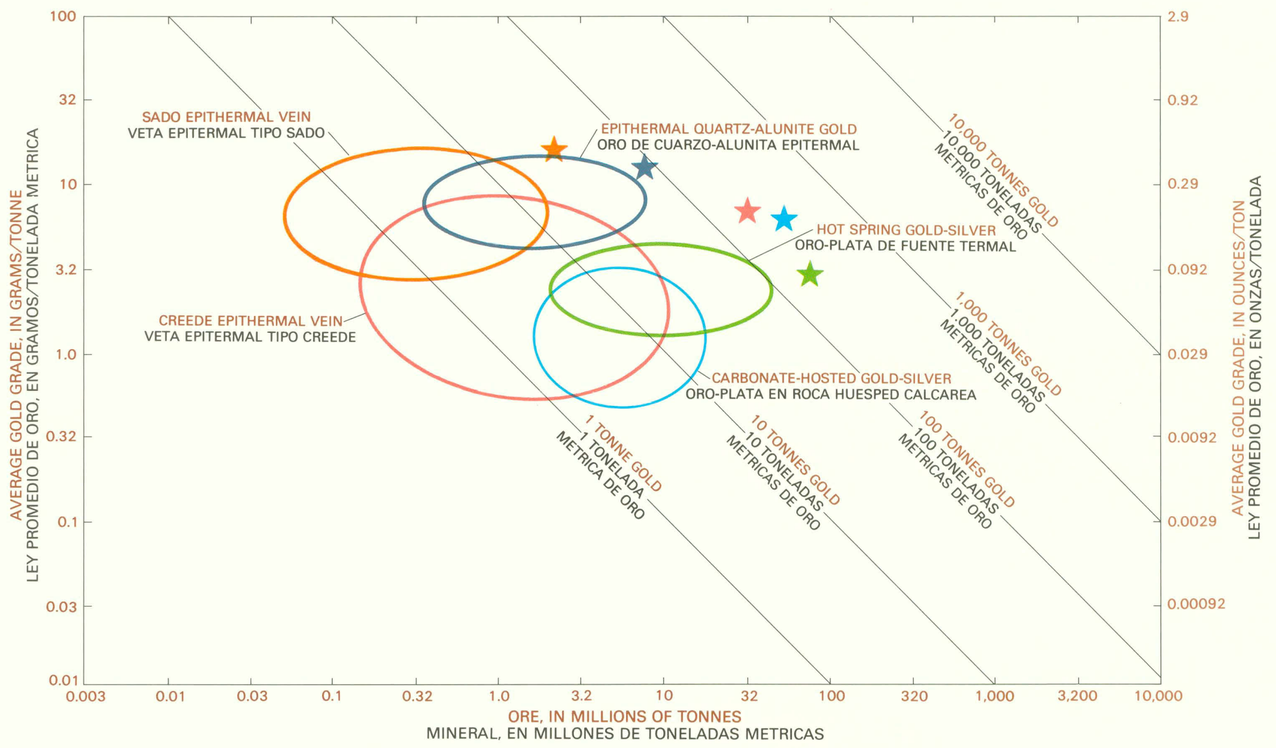
Rhyolitic rocks are spatially and genetically associated with the gold deposits in Costa Rica. Many of the rhyolite intrusions are silicified and form topographic highs that are characterized by circular (domes and intrusions) or linear (dikes) patterns. These patterns can be recognized on aerial photographs which makes them excellent, regional exploration guides. A combination of favorable alteration patterns, anomalous geochemical values, and geophysical anomalies will define drill targets.

PODIFORM CHROMITE

The podiform chromite deposit type consists of podlike masses of chromitite in ultramafic parts of ophiolite complexes. The deposit type is restricted to dunite bodies within tectonized harzburgite and (or) the lower portions of ultramafic cumulates which are commonly serpentinized (Albers, 1986). Tonnages of known podiform chromite deposits in Costa Rica are quite small, however the grades seem to be consistent with grades of similar deposits in the Western United States (fig. 22*A*, *B*; Singer and Page, 1986).

The podiform chromite deposit type occurs in an area of ultramafic rocks on the Santa Elena peninsula. This area has been designated as domain A. Some eastward extensions of the ultramafic rocks under younger covering rock units are inferred to be present because the area has the same aeromagnetic signature as that of the exposed ultramafic rocks. Field observations suggest that both cumulate and tectonite ultramafic rocks are present in domain A; however because the area has not been mapped in any detail, domain A cannot be subdivided further.

Only nine known podiform chromite deposits are reported in domain A; most occur along the crest of the Santa Elena peninsula and follow a more or less east-west trend. Every one of the nine Costa Rican deposits is lower than the median value shown on the world tonnage model (fig. 22*A*). If it is assumed that the largest deposits tend to be discovered first, then the podiform chromite deposits left to be discovered in domain A would tend to have lower tonnages than the model median. In extensively explored areas elsewhere in the world there are, to depth of 200 m, 0.2 deposits per square kilometer (Page and Johnson, 1977); that figure along with other unpublished statistics on Californian chromite deposits and the known areal extent of 250 km² of ultramafic rock on the Santa Elena peninsula allows us to make an estimate that there is a 90 percent chance of 0, a 50 percent chance of 13, and a 10 percent chance of 63 or more undiscovered deposits in Costa Rica.



EXPLANATION

Ore tonnages and gold grades for selected epithermal gold deposits—Circle encompasses 45 percent of occurrences from a given deposit type. Star indicates average tonnage and grade of 5 largest mines; color correlates with shown deposit types

- Sado epithermal vein
- Epithermal quartz-alunite gold
- Creede epithermal vein
- Hot spring gold-silver
- Carbonate-hosted gold-silver

Figure 21.—Comparison of gold tonnages and grades for different types of epithermal, precious-metal deposit types. The ellipses encircle the gold tonnages and grades for 45 percent of the deposits in each deposit type. The stars represent the average grade and tonnage for the 5 largest deposits from each deposit type. The epithermal gold deposits from the Cordillera de Tilarán and Montes del Aguacate in Costa Rica are of the Sado epithermal vein deposit type. Undiscovered deposits in Costa Rica are unlikely to be significantly larger in either tonnage or grade than the average shown for the Sado epithermal vein deposit type.

EVALUACION DE LOS RECURSOS MINERALES METALICOS DE COSTA RICA

Por
D. A. Singer, Norman J Page, W. C. Bagby,
D. P. Cox y Steve Ludington

INTRODUCCION

Las evaluaciones de recursos minerales son productos de la cuidadosa interpretación y evaluación de informaciones geológicas, geoquímicas y geofísicas recolectadas durante el estudio de un área. La evaluación de los recursos metálicos de Costa Rica se realizó en tres etapas: (1) la delineación de los dominios que permiten la ocurrencia de espicíficos tipos de yacimientos; (2) la comparación de los modelos de tonelaje y ley de los yacimientos conocidos por todo el mundo con los tipos de yacimientos identificados en Costa Rica; (3) la estimación, o cálculo, del número de yacimientos no descubiertos en cada uno de los dominios delineados. En ésta discusión, el término "tipo de yacimiento" se defina como ser un modelo representativo de un espicífico grupo de yacimientos, como definidos en Cox y Singer (1986); "ocurrencia mineral" se usa para describir una localidad espicífica en la cual las observaciones geológicas y otros datos indican la presencia de mineralización; y "yacimientos" es una ocurrencia mineral de tamaño y ley suficiente para considerarla como tener potencial económico. Este proceso de tres etapas (Singer, 1975) primero fue aplicado en la evaluación de los recursos minerales del cuadrangulo Nabesna a una escala de 1:250.000 en Alaska (Richter y otros, 1975). Desde entonces aproximadamente 170.000 km² de los EEUU han sido evaluados a una escala de 1:250.000 y aproximadamente 2,2 millones km² en las Américas a una escala de 1:100.000.

EL PROCESO DE EVALUACION DE TRES ETAPAS

DELINEACION DE DOMINIOS SEGUN EL TIPO DE YACIMIENTO

Los factores considerados en la delineación de dominios incluyen información estratigráfica y tectónica, descripciones litológicas, el ambiente geológico y el tipo o tipos de yacimientos que puedan presentarse en este ambiente particular (en comparación con los tipos de yacimientos en otros ambientes geológicos similares). En cada caso, los bordes de los dominios primero están basados en las características geológicas cartografiadas o inferidas. Subsiguientemente dichos bordes se pueden delinear de nuevo utilizando los resultados de análisis geoquímicos de muestras de roca y (o) la historia de exploración minera. Estudios geofísicos tales como reconocimientos gravimétricos y aeromagnéticos contribuyen a la evaluación ya que ayudan en la identificación de rocas cubiertas o rocas en áreas con pocos afloramientos. Los tipos de yacimientos se identifican con base en los tipos de roca huésped y roca asociada, el contenido de metales, el tonelaje y ley, los minerales de mena y el marco geológico. Otra información muy importante en la determinación de los tipos de yacimientos es un inventario de la actividad minera conocida en y cerca del área de estudio. Descripciones incompletas o inexactas de las ocurrencias minerales conocidas pueden dificultar la identificación de los tipos específicos de yacimientos. Ya que hayan sido identificados se puede limitar lo que es permisible dentro del dominio. En casos en que se puede demonstrar científicamente que un cierto tipo de yacimiento no puede existir en un terreno, los bordes del dominio se pueden ajustar para excluir de él dicho terreno. Para algunos tipos de yacimientos una exploración extensa podría proveer evidencias para excluir del dominio cierto terrenos; sin embargo, para muchos tipos de yacimientos solamente una red muy densa de perforaciones permite excluir terrenos.

MODELOS DE TONELAJE Y LEY

Para la construcción de los modelos de tonelaje y ley se utilizaron las estimaciones de los tonelajes pre-minería y leyes promedio de los tipos de yacimientos bien explorados, bien documentados y bien descritos, distribuidos por todo el mundo. Los modelos mundiales de tonelaje y ley publicados (Cox y Singer, 1986) han sido utilizados para calcular los tonelajes y leyes de los yacimientos no descubiertos en ambientes geológicos en Costa Rica similares a los de los modelos. La variabilidad del tonelaje y ley de los particulares yacimientos pertenecientes a un tipo específico de yacimiento tiende ser poca en comparación con la variabilidad entre diferentes tipos de yacimientos.

ESTIMACIONES DEL NUMERO DE OCURRENCIAS MINERALES NO DESCUBIERTAS

Las estimaciones del número de yacimientos no descubiertos en Costa Rica, realizadas para una selección de los tipos de yacimientos, se presentan en una forma probabilista con el fin de indicar el grado de certez. Una gran variedad de factores incluyendo conocimientos de la geología, geoquímica y geofísica y el grado de la exploración están integrados en las estimaciones. Los cálculos del número de yacimientos no descubiertos de los tipos de yacimientos en dominios delineados se hacen con "por centiles" del valor 90, 50 y 10. Por ejemplo, el valor indicado para el por centile del valor 90 ("90th percentile") es el número de yacimientos para cuales hay una probabilidad del 0,90 que el número de yacimientos actuales es como mínimo ese número. Aproximadamente la mitad del número calculado de yacimientos no descubiertos deben tener un tonelaje o ley mayor que el valor medio presentado en el modelo de tonelaje y ley del tipo de yacimiento bajo consideración. Las minas y prospectos conocidos en Costa Rica se presentan en la sección de Huber y otros (ésta obra) y no han sido incluidos en las estimaciones de yacimientos no descubiertos presentadas aquí.

GUIAS Y RECOMENDACIONES PARA LA EXPLORACION

La delineación de los dominios y la identificación de específicos tipos de yacimientos facilita la exploración mínera porque diferentes tipos de yacimientos con características físicas, químicas y mineralógicas semejantes tienden presentarse en ambientes geológicos similares por todo el mundo. Así, es de gran importancia identificar los tipos de yacimientos en Costa Rica con base en los ambientes geológicos y tipos de yacimientos conocidos en otras regiones. Guías y recomendaciones para la exploración han sido incluidas en esta obra como parte de las discusiones de los dominios seleccionados. Futuros programas de exploración en Costa Rica deben basarse en la expectativa económica mundial de los metales y deben dirigirse a los dominios delineados para específicos tipos de yacimientos.

TIPOS DE YACIMIENTOS IDENTIFICADOS EN COSTA RICA

VETAS EPITERMALES DEL TIPO SADO

Los yacimientos epitermales de oro y plata en Costa Rica son ejemplos del modelo tipo Sado denominado según un yacimiento en el Japón. Este tipo de yacimiento se encuentra en rocas huéspedes vulcánicas de composición dacítica, andesítica, latita cuarcífera, riodacítica y riolítica y rocas vulcanoclásticas asociadas, todas formadas en un ambiente subaéreo. Los yacimientos se ubican por lo general a lo largo de fallas de fuerte inclinación en forma de vetas de relleno de fisuras. Las rocas del basamento consisten típicamente de secuencias vulcánicas o rocas intrusivas más antiguas que las rocas huéspedes (Mosier y otros, 1986). Los tonelajes de los yacimientos epitermales del tipo Sado (Mosier y Sato, 1986) son pequeños en comparación con los yacimientos epitermales auríferos tipo fuentes termales, roca huésped calcárea (tipo Carlin) y los epitermales de metales preciosos, pero se traslapan con los tonelajes de los yacimientos epitermales del tipo cuarzo-alunita y tipo Creede (Fig. 21). Las leyes de oro de los yacimientos epitermales del tipo Sado son similares a las del tipo de vetas de cuarzo-alunita, se traslapan con las leyes de los yacimientos más ricos en oro del tipo Creede y generalmente son mayores que las de los tipos fuentes termales y roca huésped calcárea. (Fig. 21).

Los dominios D y E delinean áreas permisivas para la ocurrencia de yacimientos epitermales del tipo Sado (Lámina 10). Ambos domínios están subyacidos por rocas vulcánicas Terciarias y rocas sedimentarias vulcanoclásticas menos frecuentes. El dominio D contiene yacimientos epitermales del tipo Sado y también stocks y diques intrusivos someros y domos extrusivos riolíticos. El dominio E se separó del dominio D porque, aunque la geología es suficientemente conocida para una delineación exacta, faltan los factores que permiten un cálculo del número de yacimientos no descubiertos.

Las ocurrencias minerales conocidas del tipo Sado en el dominio D provienen la evidencia que el ambiente geológico dentro de este dominio permite la existencia de otros yacimientos no descubiertos aún. Estos yacimientos pueden presentarse dentro o fuera de los distritos mineros conocidos. Aunque algunas ocurrencias minerales del tipo Sado están ubicadas en áreas que fueron asignadas en la Lámina 6 a la Formación Monteverde (por ejemplo Río Chiquito y Corinto) estos yacimientos se encuentran cerca del contacto con las rocas vulcánicas Aguacate (Corinto) o están ubicados en cañones que cortan a través de las andesitas de Monteverde (Río Chiquito). Siendo así, aunque la delineación del domínio D excluye las andesitas de la Formación Monteverde los programas de exploración deben considerar la posibilidad de la presencia de yacimientos del tipo Sado en ventanas cortadas a través las rocas jovenes que exponen a las rocas del Grupo Aguacate. La probabilidad de la presencia de yacimientos del tipo Sado no descubiertos en tales ventanas no se ha considerado en este informe.

Los yacimientos del tipo Sado en Costa Rica muestran una asociación espacial y posiblemente también genética con las riolitas, y valores de oro hasta 0,6 ppm se encontraron en algunas de las riolitas. El reconocimiento de la asociación proporciona una de las bases para el cálculo del número de yacimientos no descubiertos en el dominio D. Fuera de los distritos mineros conocidos se conocen como mínimo nueve centros de intrusión riolítica. Calculamos que el 50 por ciento de estos pueden tener uno o más yacimientos de vetas epitermales del tipo Sado en la vecinidad. Estos cálculos se usan subjectivamente en la estimación del número de yacimientos no descubiertos.

La formación de yacimientos epitermales está estrechamente ligada a la convección de flúidos hidrotermales proporcionada por una fuente de calor cercana. Generalmente se consideran a los magmas debajo de los centros vulcánicos como las fuentes de calor. Estimamos que durante el período de la formación de los yacimientos de oro existían como mínimo 18 centros vulcánicos en el dominio D. Es probable que menos de la mitad de estos podrían haber proporcionado el calor suficiente para provocar sistemas de convección de aguas hidrotermales cargadas de metales. Esta consideración también se usó en el cálculo del número de yacimientos no descubiertos en el dominio D.

El dominio E al sureste del dominio D también contiene riolitas Terciarias. Sin embargo, solo un yacimiento epitermal(?) de oro se ha reconocido en la vecinidad de Pejibaye, de tipo desconocido y no asociado a riolitas. Las intrusiones presentes en el dominio E son dioritas cuarcíferas y granodioritas equigranulares, lo cual sugerie una erosión más profunda que él del terreno de riolitas del dominio D. El límite noroeste del domínio E coincide con el Río Grande y representa la extensión al sureste del dominio D que incluye la mayoría de los yacimientos epitermales del tipo Sado. El límite sureste del dominio E se dibujó donde la información geológica es insuficiente como para permitir la inclusión de otras rocas vulcánicas Terciarias en el dominio. Sin embargo, la presencia de rocas vulcánicas Terciarias en el área al sureste del dominio E indica que dicha área no se debe omitir completamente de consideración como un blanco de posible exploración para ocurrencias epitermales de metales preciosos. Aunque las rocas huéspedes vulcánicas Terciarias presentes en el dominio D persisten en el dominio E, el ambiente geológico no es tan favorable para los yacimientos del tipo Sado como el del dominio D. Esto está indicado por la falta de yacimientos conocidos, la falta de riolitas y las indicaciones de una erosión profunda, probablemente debajo del ambiente de depositación epitermal. Debido a esta incertidumbre no hemos calculado el número de yacimientos no descubiertos en el dominio E.

Las estimaciones del número de yacimientos del tipo Sado no descubiertos en Costa Rica están restringidas al área delineada como ser el dominio D. El cálculo se hizo a base de la compilación del número de yacimientos conocidos, el número de cuerpos riolíticos, el número de centros vulcánicos y una examinación del modelo de tonelaje y ley para los yacimientos epitermales del tipo Sado. El cálculo se refiere a los yacimientos no descubiertos que caerían sobre las curvas de distribución de tonelajes y leyes presentadas en la Figura 19. Calculamos que hay una probabilidad del 90 por ciento que existan 4 o más yacimientos no descubiertos, del 50 por ciento que son 11 o más y una probabilidad del 10 por ciento que el número de yacimientos no descubiertos sea 17 o más.

La zonación geológica de los yacimientos del tipo Sado, presentada por los patrones de las vetas, puede asistir en el reconocimiento de donde, en cuanto a la profundidad y desplazamiento lateral, se puede presentar un prospecto (Fig. 20). La presencia de zonas lineales de pequeñas vetas en lajas de cuarzo y pirita sugiere que el prospecto está ubicado a un nivel alto en el sistema de vetas y está sobre o al lado de una veta de relleno de fisura. Los prospectos que contienen zonas de vetas en lajas de cuarzo paralelas con una veta de relleno de fisura mayor también están presente relativamente alto en el sistema. En contraste, las zonas de vetas en lajas de cuarzo buzando hacia una veta de relleno de fisura mayor indican ubicación en las partes más profundas del sistema. Estas observaciones son de importancia en cuanto que los niveles más altos del sistema son más ricos de metales preciosos que los niveles más profundos.

Los yacimientos epitermales del tipo Sado exhiben algunas características de alteración y rasgos geoquímicos que ayudan en la exploración. Estos datos geoquímicos, combinados con análisis estructural y un entendimiento de los patrones de vetas, juntos forman una efectiva base para exploración. Las características de alteración típicamente incluyen silicificación intensa, formación de vetillas de cuarzo, y arcillización. Los análisis geoquímicos de muestras de roca pueden indicar en que parte o nivel del sistema hidrotermal se presenta una ocurrencia mineral. La presencia de anomalías de oro, mercurio y talio, juntos con valores generalmente bajos de metales básicos, indican ubicación en niveles más altos del sistema. Valores altamente anómalos de metales básicos y arsénico, juntos con valores bajos de mercurio y telurio, indica ubicación en niveles más bajos del sistema. Una alta densidad de vetas y vetillas de cuarzo generalmente resulta en la silicificación de la roca huésped. Las cartografías geológicas y los muestreos geoquímicos indican que los valores más altos de oro y plata se presentan en las vetas de cuarzo. Siendo así, las observaciones de la zonación geológica de los patrones de vetas proporcionadas por la distribución espacial de la alteración silícia y sericítica ayuda en la identificación de blancos para las perforaciones. El entendimiento de la asociación espacial entre las concentraciones de elementos traza distribuidas en zonas verticales y las orientaciones de pequeñas vetas relativo a sí mismas tanto como en relación a una veta mayor, proporciona uno de los mejores guías para exploración. Siendo que el oro es más concentrado en las partes más someras del sistema, es de gran importancia determinar a base de trabajos de campo y muestreos geoquímicos a que nivel ha sido erosionado el yacimiento estudiado.

Hesselbom (1985) realizó estudios geofísicos del potencial magnético, polarización inducida, resitividad y electromagnéticos en superficie a través de vetas de cuarzo con contenido de metales preciosos ubicados en rocas andesíticas en Nicaragua. Los métodos electromagnéticos resultaron con más éxito en la búsqueda de filones cubiertos. El blanco geofísico fue la zona conductible adyacente con las vetas. Resultados similares han sido obtenidos por Middleton y Campbell (1979) quienes utilizaron anomalías geofísicas en conjunto con geoquímicas para identificar vetas en Nicaragua. Las semejancias geológicas entre los yacimientos auríferos de Costa Rica y Nicaragua sugieren que los métodos electromagnéticos serían útiles también en la exploración en Costa Rica. Estudios de geofísica en superficie podrían utilizarse en la búsqueda de extensiones de vetas conocidas cubiertas por suelos gruesos o de nuevos filones en los distritos mineros conocidos.

Las rocas riolíticas están espacialmente y genéticamente asociadas con los yacimientos auríferos en Costa Rica. Muchas de las intrusiones riolíticas están silicificadas y forman altos topográficos en formas circulares (los domos o intrusiones) o lineales (los diques). Estas características se distinguen en las fotografías áreas y provienen una excelente guía para la exploración regional. La combinación de favorables patrones de alteración, valores geoquímicos anómalos y anomalías geofísicas definirá los blancos para las perforaciones.

EXPLICACION

Tonelajaes de mena y leyes de oro para una selección de tipo de yacimientos auríferos epitermales—Circulos delinean el 45 por ciento de los yacimientos de un tipo particular. Estrella indica tonelaje y ley promedio de las 5 minas más grandes; color tiene correlación con los tipos de yacimientos prestentados

- Veta epitermal tipo Sado
- Oro de cuarzo-alunita epitermal
- Veta epitermal tipo Creede
- Oro-plata de fuente termal
- Oro-plata en roca huésped calcárea

Figura 21.—Comparación de las leyes y tonelajes de diferentes tipos de yacimientos epitermales de metales preciosos. Los elipses circundan los tonelajes y leyes de oro del 45 por ciento de los yacimientos de cada tipo. Las estrellas indican la ley promedio y tonelaje promedio de los cinco yacimientos más grandes de cada tipo de yacimiento. Los yacimientos epitermales auríferos de la Cordillera de Tilarán y los Montes del Aguacate en Costa Rica son yacimientos epitermales del tipo Sado. El tonelaje y ley de los yacimientos no descubiertos en Costa Rica probablemente no son significantemente más grandes que los valores promedios de los yacimientos epitermales del tipo Sado presentados en esta figura.

Almost all of the world's known chromite bodies have been found by surface prospecting. Geophysical and geochemical techniques have proven helpful at only a few specific sites. The low tonnages of podiform chromite deposits in Costa Rica do not make the commodity an attractive target for development, however the most effective means of looking for podiform chromite would probably be detailed geologic mapping of the ultramafic rocks to locate dunite bodies and detailed exploration of the dunite for chromite deposits.

VOLCANOGENIC MANGANESE

The volcanogenic manganese deposit type occurs as lenses and stratiform bodies of manganese oxide, carbonate, and silicate in volcanic and sedimentary sequences. Host rocks in the sequences containing the manganese-bearing lenses include chert, shale, graywacke, tuff, jasper, and basalt. The volcanogenic manganese deposit type typically occurs in an ophiolitic environment, but locally occurs in island-arc and sea-mount settings (Koski, 1986). For the volcanogenic manganese deposit type, tonnages tend to be quite low worldwide (fig. 22*C*) and grades (fig. 22*D*) are comparable to other manganese-bearing deposit types (Mosier, 1986a).

Located on the Nicoya peninsula, domains B and C contain volcanogenic manganese deposits in basalt, radiolarite, and at contacts between basalt and radiolarite. Domains B and C are delineated on the basis of mapped sea-floor basalts and mafic intrusions, stratigraphic descriptions of the interbedded radiolarian cherts, and the extent of known manganese deposits.

More than 90 known volcanogenic manganese occurrences are located in domains B and C, but only the Playa Real and Curiol mines are large enough to fit the tonnage distribution of similar deposits from other parts of the world. Most of the surface deposits probably have been found, however, additional undiscovered deposits with similar tonnage and grade characteristics to those known at the surface may exist at depth.

SHORELINE PLACER MAGNETITE

Attanasi and DeYoung (1986) defined a shoreline placer titanium deposit type that is applicable to the placer magnetite deposits in Costa Rica. This deposit type is defined here as the shoreline placer magnetite deposit type. Because most of the shoreline placer magnetite occurrences are identified on plate 6 and because magnetite of the concentration found in the occurrences of Costa Rica is not presently competitive on the world market (E. R. Force, oral commun., 1986) domains permissive for the occurrence of the shoreline placer magnetite deposit type have not been delineated. Tonnages for shoreline placer magnetite deposits throughout the world are compared with estimated tonnages for deposits in Costa Rica (fig. 22*E*) and grades are consistent with grades of TiO_2 contained in ilmenite (fig. 22*F*).

Magnetite and other heavy minerals are enriched by weathering and concentrated by beach processes. The magnetite typically occurs in well-sorted medium- to fine-grained dune, beach, and inlet sand that overlies shallow marine deposits. Mineralogy of the sand includes magnetite, ilmenite and rutile, locally zircon, and traces of monazite, and pyroxene (Force, 1986). Previous studies of the shoreline placer magnetite deposit type documented abundant magnetite in shoreline-complex sands of the Nicoya peninsula (Organización de los Estados Americanos, 1978). The heavy minerals were separated from a single 1.5 kg sample of black sand collected on the beach near Caldera (sample no. CR0005NP). The magnetite fraction, comprising 33.4 weight percent of the concentrate, showed 8.74 percent TiO_2 when analyzed chemically. Other minerals of possible economic value were present in low abundance in the concentrate. The maximum concentration of TiO_2 in ilmenite based on analysis of the appropriate magnetic fraction is 2 percent, however, visual examination indicates that the amount of free ilmenite is much smaller. Chromite, if present, constitutes less than 0.3 weight percent. Zircon is present in concentrations of about 0.0007 weight percent. Olivine, forms about 3 weight percent of the concentrate. Rutile, monazite, xenotime, cassiterite, and gold were not detected in the concentrate.

There is little likelihood that the shoreline placer magnetite deposits will be developed because the tonnages are small (fig. 22*E*) and the ilmenite grade (fig. 22*F*) is probably low.

CYPRUS MASSIVE SULFIDE

The Cyprus massive sulfide deposit type contains massive pyrite, chalcopyrite, and sphalerite formed in a marine environment in or associated with pillow basalts. These deposits occur in ophiolite sequences and are associated with diabase dikes, pillow basalts, and, in some cases, brecciated basalt. Commonly, the deposits are localized in the pillow basalts or mafic volcanic breccias above the diabase dikes; rarely the deposits are in the sedimentary rocks above the pillow basalt flows (Singer, 1986b). Tonnages and copper grades in the Cyprus massive sulfide deposit type are shown on figures 22*G* and 22*H*. Lead is typically absent in the Cyprus massive sulfide deposit type, but zinc, gold, and silver may be recoverable (Singer and Mosier, 1986).

Domains B and C are dominantly underlain by oceanic basaltic rocks which are probably part of an ophiolite sequence developed in an oceanic ridge or near-ridge environment. The basaltic rocks that occur as sills and dikes in the Salsipuedes Formation on the Osa peninsula (Lew, 1983) and in the Quepos area, and certain basaltic rocks on the Nicoya peninsula which are probably sea-mount basalts were excluded from domains B and C. Basaltic rocks on the Osa and Burica peninsulas were also excluded because they do not fit the requirements for the deposit type; they contain xenoliths of Pliocene age suggesting that they were not deposited near a ridge axis (Lew, 1983). A geochemical survey of stream-sediment samples analyzed for Cu, Zn, Co, and Ni (Naciónes Unidas, 1975b) was used to differentiate domain B from domain C on the Nicoya peninsula. Domain C is considered to be more favorable for the occurrence of the Cyprus massive sulfide deposit type than domain B because of the higher concentrations of Cu and Zn in some of the stream-sediment samples. The aeromagnetic survey shows that both domains B and C are characterized by high-amplitude magnetic anomalies which are a typical signature of basaltic rocks.

Three Cyprus massive sulfide occurrences are known in domains B and C; the largest is estimated to contain about 180 tonnes of sulfide ore and is too small to be shown on the tonnage model (fig. 22*G*). Those deposits occurring on the surface probably have been identified because of extensive prospecting. Consequently, our estimate is that there is a 90 percent chance of 0, a 50 percent chance of 1, and a 10 percent chance of 2 or more undiscovered deposits.

The undiscovered deposits are most likely to occur at or close to the contact between submarine pillow basalts and overlying pelagic strata. Additional geologic mapping may identify favorable areas and any gossans or sulfides that crop out should be sampled carefully. Ground geophysical surveys would aid in establishing drilling targets.

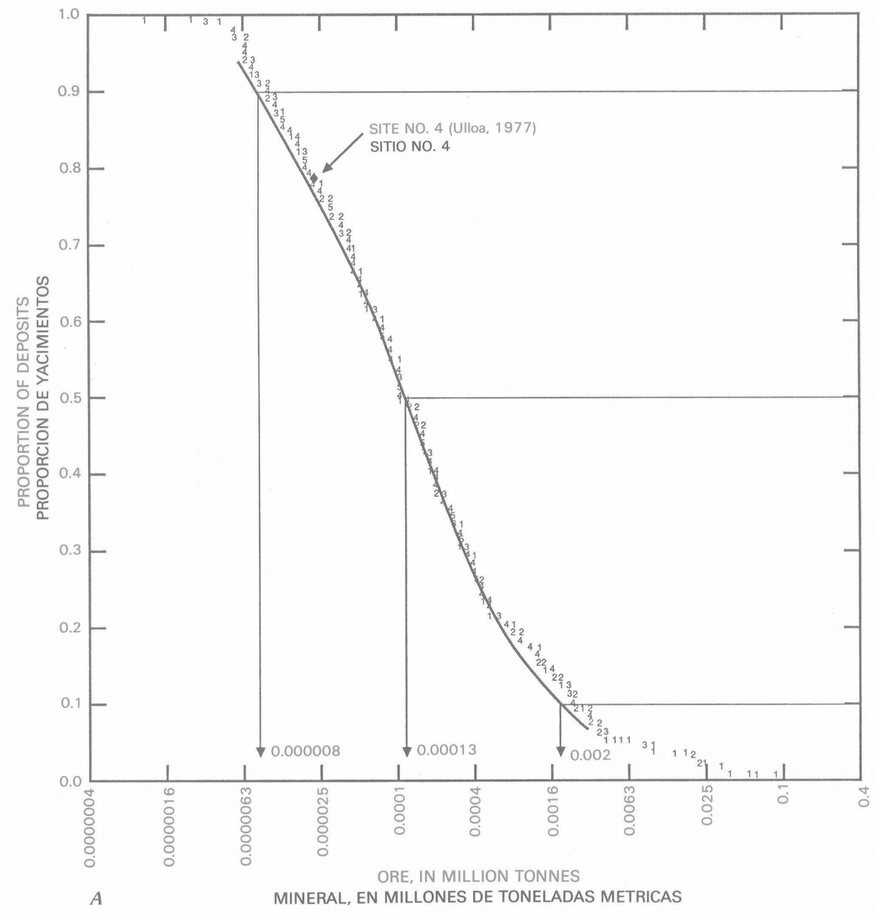


Figure 22.—Tonnage and grade percent models for selected deposit types. All plots show either tonnage or grade on the x axis and the cumulative proportion of deposits on the y axis. Plots of the same commodity or tonnages are presented on the same scale; a logarithic scale is used for tonnage and most grades. Each dot represents an individual deposit (or, rarely, a mining area), cumulated in ascending tonnage or grade. Individual digits represent the number of deposits at that tonnage or grade. Smoothed curves are plotted through the means and standard deviations of the data, and intercepts for the 90th, 50th, and 10th percentiles are constructed. For tonnages and most grades, the smoothed curves represent percentiles of a log normal distribution that has the same mean and standard deviation as the observed deposits. Costa Rica deposits (diamonds) compared with general tonnage and grade models modified from Cox and Singer (1986). Data on Costa Rica from Organización de los Estados Americanos (1978). *A*, Tonnage model of the podiform chromite deposit type based on 435 deposits in California and Oregon, U.S.A. *B*, Grade percent model of the podiform chromite deposit type based on 435 deposits in California and Oregon, U.S.A. *C*, Tonnage model of the volcanogenic manganese deposit type based on 93 worldwide localities. *D*, Grade percent models of the volcanogenic manganese deposit type based on 93 worldwide localities.

Figura 22.—Modelos del por ciento de ley y tonelaje de varios tipos de yacimientos. Todos los gráficos presentan el tonelaje o ley en el abcisa y la proporción cumulativa en el ordenado. Gráficos de la misma comodidad o tonelajes se presentan a la misma escala; se utiliza una escala logarítmica para los tonelajes y la mayoría de leyes. Cada punto representa un yacimiento individual (o en raros casos un distrito), acumulados en orden de ascendiente ley o tonelaje. Las cifras individuales representan el número de yacimientos con ley o tonelaje indicada. Las correctadas curvas de distribuciones han sido elaboradas utilizando los valores medios y las desviaciones estandares de los datos y los valores del 90, 50 y 10 por centile han sido determinados. Para los tonelajes y la mayoría de leyes, las correctadas curvas de distribución representan por centiles ("percentiles") de una distribución lognormal con los mismos valor medio y desviación estandar que los yacimientos conocidos. Los yacimientos de Costa Rica (indicados con diamantes) se presentan para comparación con los generales modelos de ley y tonelaje, modificados de Cox y Singer (1986). Datos de Costa Rica han sido provenidos por la Organización de los Estados Americanos (1978). *A*, Modelo de tonelaje de yacimientos del tipo cromita podiforme con base en 435 yacimientos en California y Oregon, EEUU. *B*, Modelo del por ciento de ley de yacimientos del tipo cromita podiforme con base en 435 yacimientos en California y Oregon, EEUU. *C*, Modelo de tonelaje de yacimientos del tipo manganeso vulcanogénico con base en 93 yacimientos mundiales. *D*, Modelo del por ciento de ley de yacimientos de manganeso vulcanogénico con base en 93 yacimientos mundiales.

YACIMIENTOS DE CROMITA PODIFORME

Los yacimientos del tipo cromita podiforme son masas irregulares de cromitita en las partes ultramáficas de los complejos ofiolíticos. Se encuentran solo en cuerpos de dunita dentro de harzburgitas tectonizadas y (o) en las partes inferiores de secuencias de cumulatas ultramáficas que comúnmente están serpentinizadas (Albers, 1986). Los tonelajes de los yacimientos de cromita podiforme conocidos en Costa Rica son bastante pequeños; sin embargo, las leyes son comparables con las leyes de yacimientos similares en la parte este de los EEUU (Fig. 22*A*, *B*; Singer y Page, 1986).

Los yacimientos de cromita podiforme se presentan en un área de la Península de Santa Elena que contiene rocas ultramáficas. Esta área ha sido denominada el dominio A. Se piensa que las rocas ultramáficas se extienden más al este, cubiertas por rocas más jovenes, porque algunas áreas con cobertura presentan las mismas características aeromagnéticas como las rocas ultramáficas que afloran en la península. Las observaciones de campo indican que en el dominio A existen rocas ultramáficas formadas tanto por cumulatas como por tectonismo; sin embargo, porque el área no ha sido mapeado con detalle, el dominio A no se puede subdividir más.

En el dominio A solamente se conocen nueve yacimientos de cromita podiforme. La mayor parte de ellos afloran a lo largo de la cresta de la Península de Santa Elena y siguen una dirección este-oeste, aproximadamente. Cada uno de los nueve yacimientos tienen un tonelaje menor que el valor medio del modelo de tonelaje y ley (Fig. 22*A*). Si se presume que por lo general los yacimientos más grandes se descubren primero, los yacimientos que permanecen sin descubrirse en el dominio A también tendrían tonelajes menores que el valor medio del modelo. En otras áreas del mundo intensivamente exploradas existen, hasta una profundidad de 200 m, 0,2 yacimientos por kilómetro cuadrado (Page y Johnson, 1977); a base esta figura, junta con otras estadísticas no publicadas sobre los yacimientos de cromita en California y sabiendo que la extensión del área que ocupan las rocas ultramáficas del dominio A es de 250 km², calculamos que hay una probabilidad del 90 por ciento que existan cero a más yacimientos, 50 por ciento de que son 13 y del 10 por ciento de que el número de yacimientos no descubiertos sea 63 o más en Costa Rica.

Casi todos los yacimientos de cromita en el mundo fueron encontrados por la prospección en superficie. Los diferentes métodos geofísicos y geoquímicos ayudaron y comprobaron la prospección en sólo algunos pocos lugares. Debido a sus bajos tonelajes, los yacimientos de cromita podiforme no son objetos económicos ni atractivos. Sin embargo, si uno está interesado en cromita podiforme, la búsqueda más efectiva será siempre un mapeo geológico detallado de las rocas ultramáficas con el fin de localizar los cuerpos de dunita, donde posteriormente se concentrará la exploración de la cromita.

YACIMIENTOS DE MANGANESO VULCANOGENICO

Los yacimientos de manganeso vulcanogénico forman lentes y cuerpos estratiformes compuestos de óxidos, carbonatos y silicatos de manganeso dentro de secuencias vulcano-sedimentarias. Las rocas huéspedes en las secuencias que contienen lentes con contenido de manganeso incluyen pedernales radiolaríticos, lodolitas, grauvacas, tobas, jaspe y basaltos. Los yacimientos de este tipo típicamiente se presentan en ambientes ofiolíticos, pero localmente se encuentran también en ambientes de arco de islas y montes submarinos (Koski, 1986). Los tonelajes de los yacimientos del tipo manganeso vulcanogénico tienden a ser muy bajos en todo el mundo (Fig. 22*C*) y las leyes (Fig. 22*D*) son comparables con otros tipos de yacimientos de manganeso (Mosier, 1986a).

Los dominios B y C en la Península de Nicoya contienen yacimientos de manganeso que se encuentran en basaltos, radiolaritas, o en los contactos entre el basalto y la radiolarita. Se delimitan basandose en la distribución de los basaltos submarinos e intrusiones máficas que afloran en la península, descripciones estratigráficas de los pedernales radiolaríticos interestratificados y mineralizaciones conocidas de manganeso.

Más de 90 ocurrencias minerales de manganeso vulcanogénico se ubican en los dominios B y C, pero solamente los yacimientos Playa Real y Curiol son suficientemente grandes para acomodarse sobre la curva de distribución de tonelajes de los yacimientos de este tipo en otras partes del mundo. Es probable que la mayor parte de los yacimientos que afloran en la superficie han sido encontrados; sin embargo, es posible que existen todavía yacimientos cubiertos, a más profundidad, con características de tonelaje y ley similares a los en la superficie.

YACIMIENTOS DE MAGNETITA EN PLACERES DE PLAYA

El modelo de yacimientos del tipo titanio en placeres de playa, creado por Attanasi y DeYoung (1986), ha sido aplicado a los yacimientos de magnetita en placeres en Costa Rica, y se defina en esta obra como yacimientos de magnetita en placeres de playa. Porque la mayor parte de las ocurrencias de magnetita han sido identificadas en la Lámina 6 y porque la concentración de la magnetita en las arenas en Costa Rica actualmente no están competitivas en el mercado munidal en el presente (E. R. Force, comunicación oral, 1986), no se han delineado dominios de áreas que permiten la presencia de yacimientos del tipo magnetita en placeres de playa. Los tonelajes estimados de los yacimientos en Costa Rica se comparan con los modelos de tonelajes de yacimientos de magnetita en placeres en todo el mundo (Fig. 22*E*) y las leyes de TiO_2 son consistentes con las leyes de TiO_2 dentro de la ilmenita (Fig.22*F*).

Magnetita y otros minerales pesados desprenden de rocas por los procesos de meteorización y se concentran por el transporte en las playas. Las concentraciones típicamente se presentan en arenas de dunas, playas y entradas, bien clasificadas y de grano medio hasta fino que comúnmente sobreyacen otros sedimentos marinos someros. La mineralogía incluye magnetita, ilmenita y rutilo, localmente circón y trazas de monacita y piroxenos (Force, 1986). Los estudios anteriores de los placeres de playa (Organización de los Estados Americanos, 1978) describieron magnetita en abundancia en las arenas de playa de la Península de Nicoya. Los minerales pesados fueron separados de una sola muestra (1,5 kg) de arena negra de la playa cerca de Caldera (muestra No. CR005NP). La fracción magnética comprende el 33,4 por ciento (por peso) de la muestra y contiene 8,74 por ciento TiO2 según un análisis químico. Otros minerales con posible valor económico se encuentran en concentraciones bajas en el concentrado. La concentración máxima de ilmenita (basada en análisis químico) es de 2 por ciento, aunque el examen visual indica que la cantidad de ilmenita en granos libres es mucho menor. La cromita, si está presente, comprende menos de 0,3 por ciento. El circón se encontró en concentraciones de 0,0007 por ciento. El olivino compone aproximadamente 3 por ciento del concentrado. El rutilo, monacita, xenotima, casiteria y oro no fueron detectados en el concentrado.

Concluimos que el desarrollo de una explotación de yacimientos de magnetita en placeres de playa es poco probable porque los tonelajes de éstas arenas son pequeños (Fig. 22*E*) y porque la ley de la ilmenita (Fig. 22*F*) probablemente es baja.

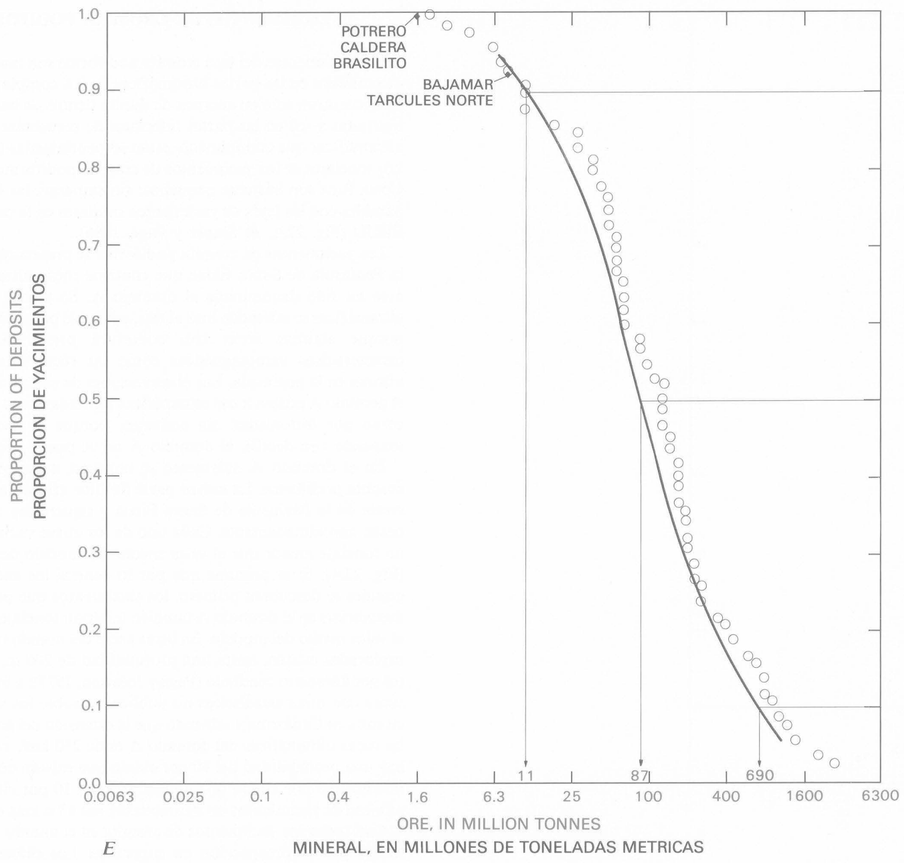
YACIMIENTOS DE SULFUROS MASIVOS DEL TIPO CHIPRE

Sulfuros masivos del tipo Chipre están compuestos de pirita maciza, calcopirita y esfalerita y depositados en un ambiente marino en o asociados con basalto en amohadillas. Los yacimientos se encuentran en complejos ofiolíticos, y además de basalto en amohadillas, están asociados con diques de diabasa y en algunos casos brechas de basalto. Generalmente están localizados dentro de los basaltos o las brechas vulcánicas máficas encima de los diques de diabasa; en pocos casos se encuentran también en rocas sedimentarias que sobreyacen los basaltos de almohadillas (Singer, 1986). Los tonelajes y leyes de cobre de este modelo se presentan en figuras 22*G* y 22*H*. Falta típicamente plomo en los sulfuros masivos del tipo Chipre, pero pueden presentarse cinc, oro y plata en forma recuperable (Singer y Mosier, 1986).

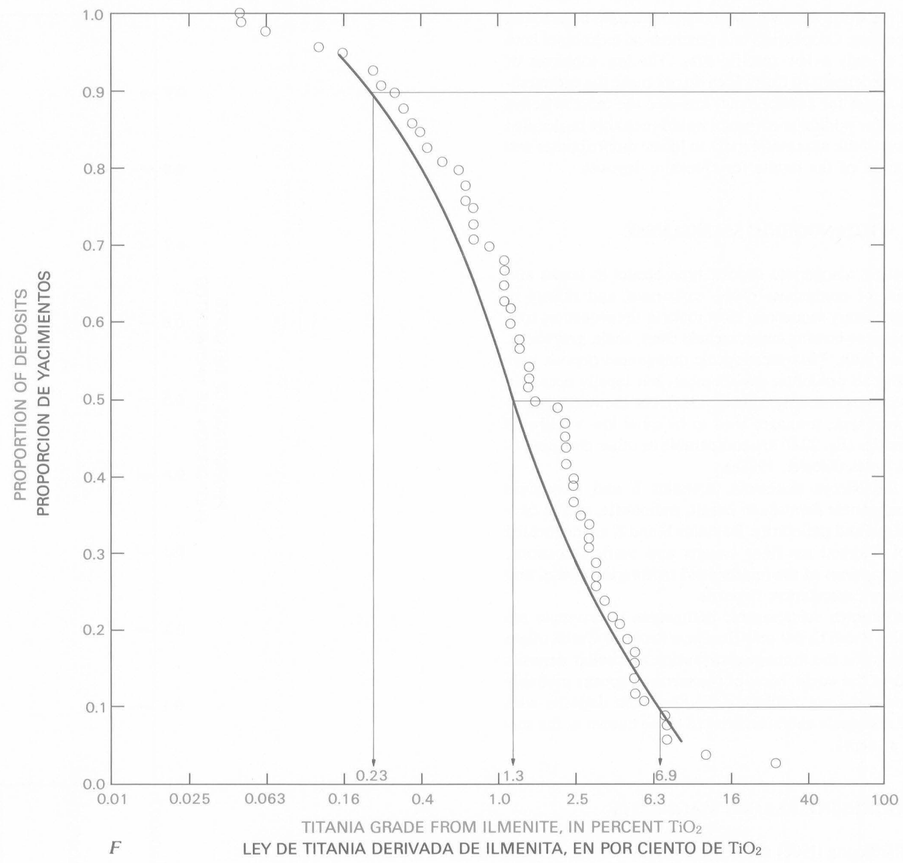
En los dominios B y C se encuentran principalmente rocas basálticas oceánicas subyacentes, probablemente formando parte de una secuencia ofiolítica desarollada en o cerca de una cresta mediaoceánica o el ambiente cercano. Las rocas basálticas en forma de sills y diques dentro de la Formación Salsipuedes en la Península de Osa (Lew, 1983) y en Quepos, y algunos basaltos de la Península de Nicoya que aparentemente representan montes submarinos, se excluyen de estos dominios. Los basaltos de las penínsulas de Osa y Burica también han sido excluidos porque contienen xenolitos de edad Plioceno lo cual indica que no han sido depositadas cerca de una cresta oceánica (Lew, 1983). Un estudio geoquímico en la Península de Nicoya (Naciones Unidas, 1975b) en cual los sedimentos fluviales han sido analizados para Cu, Zn, Co y Ni fue usado para distinguir los dominios B y C. El dominio C se considera ser más favorable para la presencia de yacimientos de sulfuros masivos del tipo Chipre porque algunas de las muestras de sedimentos fluviales contienen valores de Cu o Zn mayores. Los reconocimientos aeromagnéticos presentan anomalías magnéticas de alta amplitud que son típicas de basaltos.

Se conocen en los dominios B y C tres yacimientos de sulfuros masivos tipo Chipre; el mayor con aproximadamente 180 toneladas métricas es demasiado pequeño para ajustarse a la curva de distribución de tonelajes del modelo (Fig. 22*G*). Estos yacimientos en la superficie probablemente han sido descubiertos por la intensa prospección en esta región. Por consiguiente, calculamos que hay una probabilidad del 90 por ciento que existan 0 o más yacimientos no descubiertos, 50 por ciento que son 1 o más y una probabilidad del 10 por ciento que el número de yacimientos no descubiertos sea 2 o más.

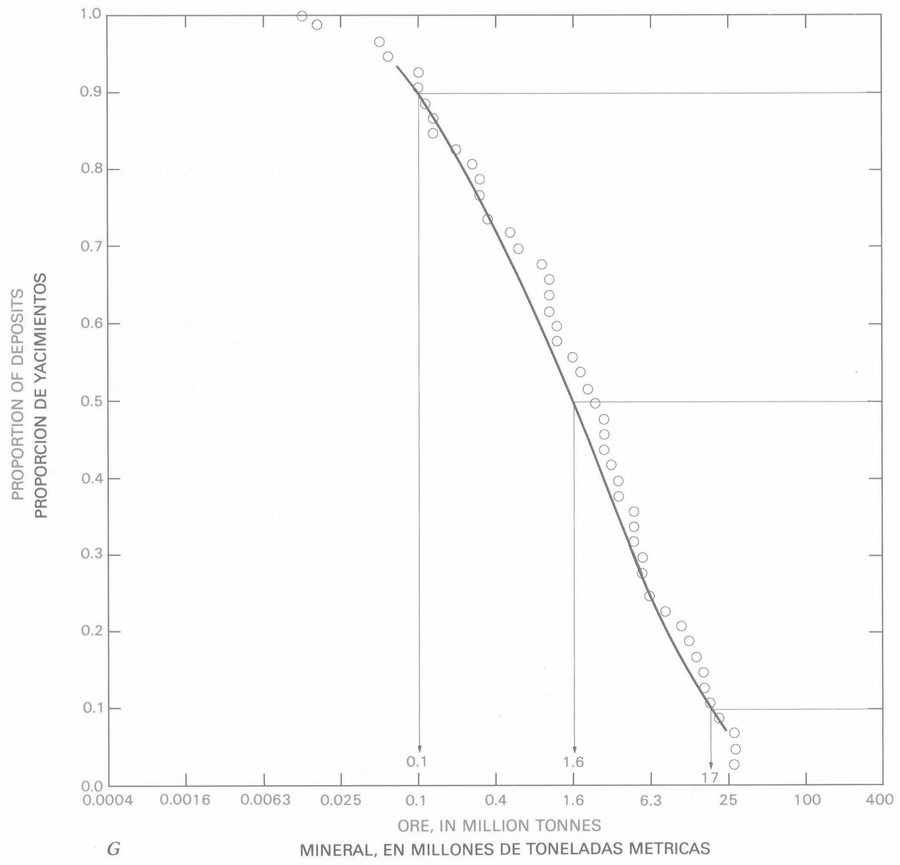
Es probable que los yacimientos no descubiertos se encuentran en o cerca del contacto entre los basaltos de almohadillas submarinos y los sedimentos pelágicos sobreyacentes. Adicionales cartografías geológicas podrían identificar áreas favorables y afloramientos de sulfuros o sombreros de hierro deben ser muestreados con mucho detalle. Estudios geofísicos en superficie detallados ayudarían mucho en establecer sitios para perforaciones.



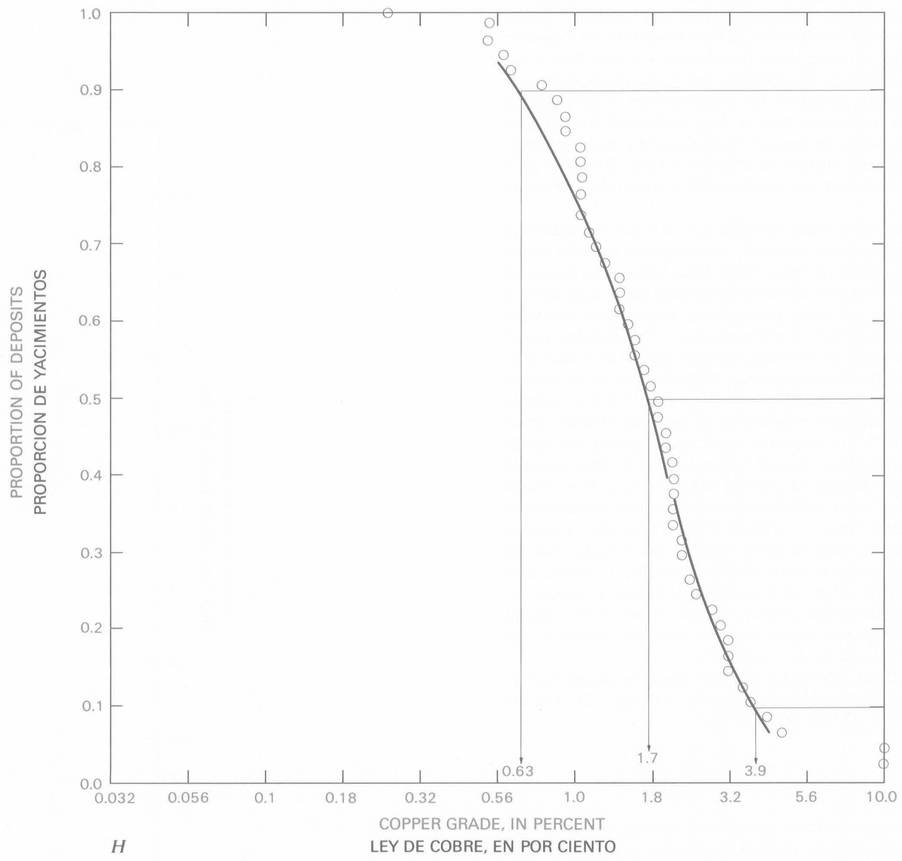
E



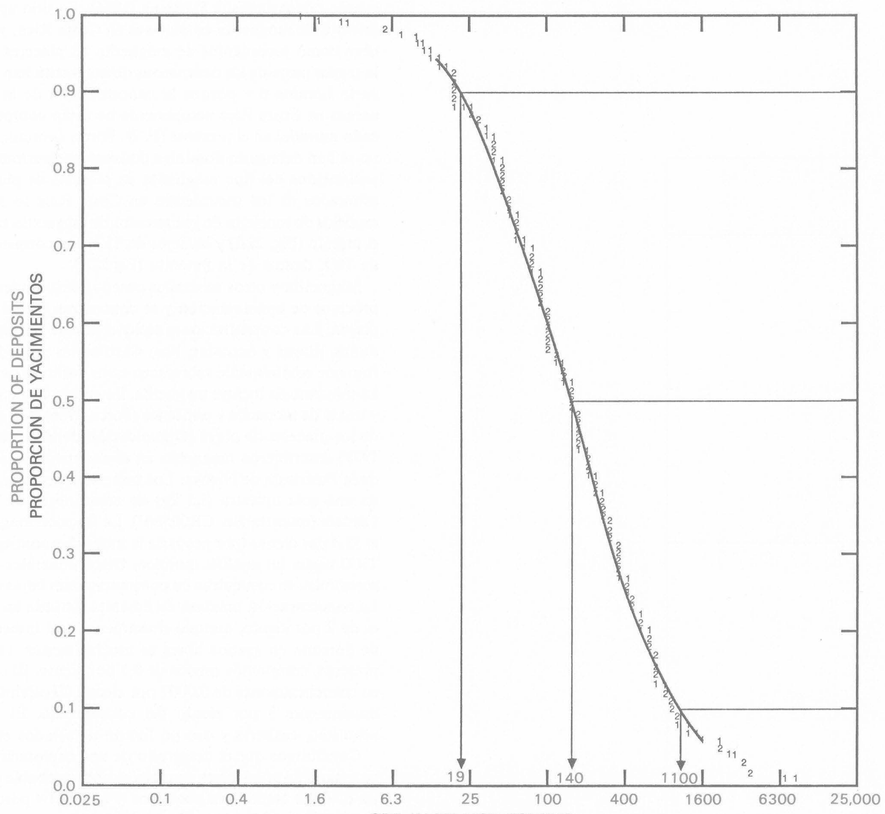
F



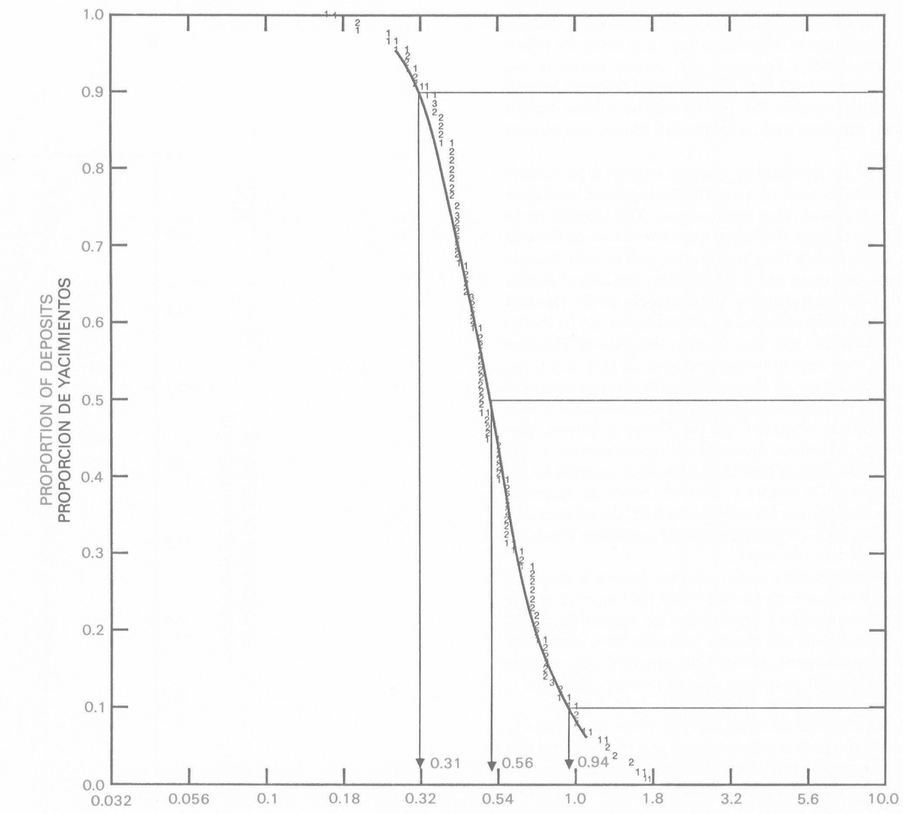
G



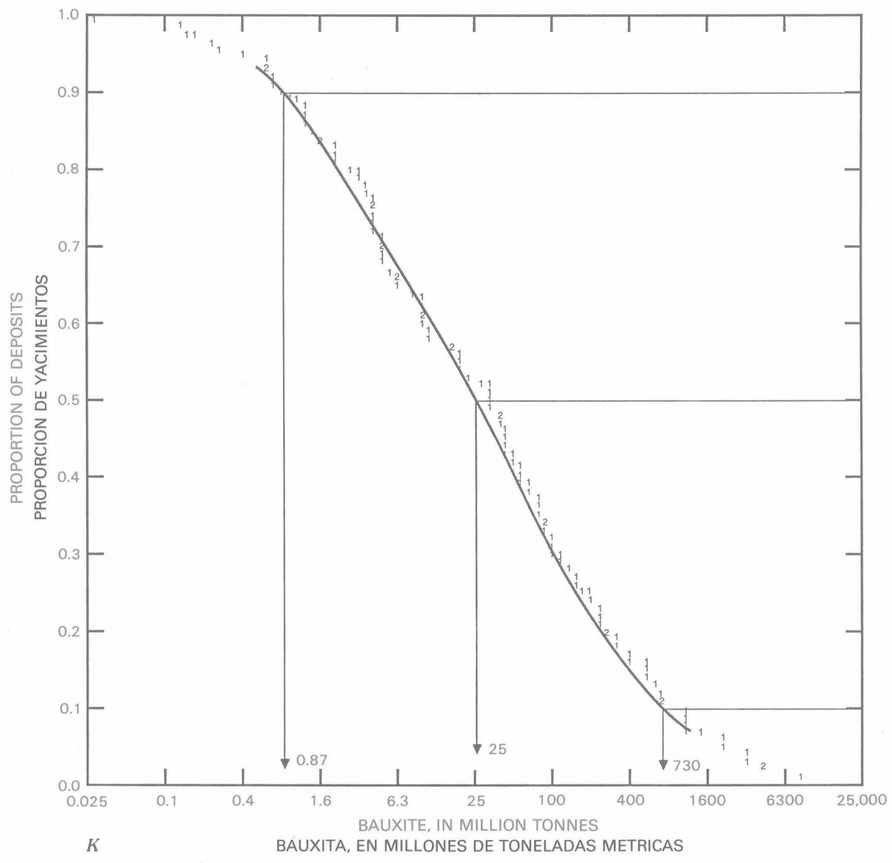
H



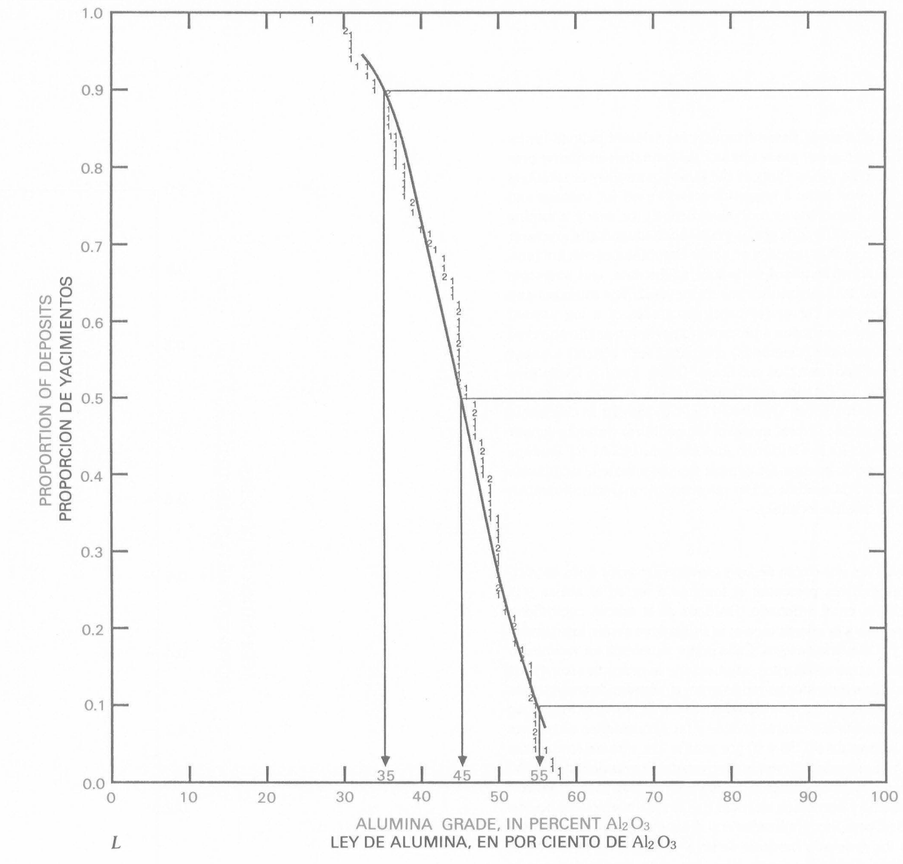
I



J



K



L

Figure 22.—Tonnage and grade percent models for selected deposit types. All plots show either tonnage or grade on the x axis and the cumulative proportion of deposits on the y axis. Plots of the same commodity or tonnages are presented on the same scale; a logarithic scale is used for tonnage and most grades. Each dot represents an individual deposit (or, rarely, a mining area), cumulated in ascending tonnage or grade. Individual digits represent the number of deposits at that tonnage or grade. Smoothed curves are plotted through the means and standard deviations of the data, and intercepts for the 90th, 50th, and 10th percentiles are constructed. For tonnages and most grades, the smoothed curves represent percentiles of a log normal distribution that has the same mean and standard deviation as the observed deposits. Costa Rica deposits (diamonds) compared with general tonnage and grade models modified from Cox and Singer (1986). Data on Costa Rica from Organización de los Estados Americanos (1978). *E*, Tonnage model of the shoreline placer magnetite deposit type based on 61 worldwide localities. *F*, Grade percent model of TiO_2 from ilmenite of the shoreline placer magnetite deposit type based on 61 worldwide localities. *G*, Tonnage model of the Cyprus massive sulfide deposit type based on 49 worldwide localities. *H*, Grade percent model of the Cyprus massive sulfide deposit type based on 49 worldwide localities. *I*, Tonnage model of the porphyry copper deposit type based on 208 worldwide localities. *J*, Grade percent model of the porphyry copper deposit type based on 208 worldwide localities. *K*, Tonnage model of the lateritic bauxite deposit type based on 122 worldwide localities. *L*, Alumina grade percent model of the lateritic bauxite deposit type based on 122 worldwide localities.

Figura 22.—Modelos del por ciento de ley y tonelaje de varios tipos de yacimientos. Todos los gráficos presentan el tonelaje o ley en el abcisa y la proporción cumulativa en el ordenado. Gráficos de la misma comodidad o tonelajes se presentan a la misma escala; se utiliza una escala logarítmica para los tonelajes y la mayoría de leyes. Cada punto representa un yacimiento individual (o en raros casos un distrito), acumulados en orden de ascendiente ley o tonelaje. Las cifras individuales representan el número de yacimientos con ley o tonelaje indicada. Las correctadas curvas de distribuciones han sido elaboradas utilizando los valores medios y las desviaciones estandares de los datos y los valores del 90, 50 y 10 por centile han sido determinados. Para los tonelajes y la mayoría de leyes, las correctadas curvas de distribución representan por centiles ("percentiles") de una distribución lognormal con los mismos valor medio y desviación estandar que los yacimientos conocidos. Los yacimientos de Costa Rica (indicados con diamantes) se presentan para comparación con los generales modelos de ley y tonelaje, modificados de Cox y Singer (1986). Datos de Costa Rica han sido provenidos por la Organización de los Estados Americanos (1978). *E*, Modelo de tonelaje de yacimientos del tipo magnetita en placeres de playa con base en 61 yacimientos mundiales. *F*, Modelo del por ciento de ley de TiO_2 derivado de ilmenita de yacimientos del tipo magnetita en placeres de playa con base en 61 yacimientos mundiales. *G*, Modelo de tonelaje de yacimientos de sulfuros masivos tipo Chipre con base en 49 yacimientos mundiales. *H*, Modelo del por ciento de ley de yacimientos de sulfuros masivos tipo Chipre con base en 49 yacimientos mundiales. *I*, Modelo de tonelaje de yacimientos del tipo pórfido de cobre con base en 208 yacimientos mundiales. *J*, Modelo del por ciento de ley de yacimientos del tipo pórfido de cobre con base en 208 yacimientos mundiales. *K*, Modelo de tonelaje de yacimientos del tipo bauxita laterítica con base en 122 yacimientos mundiales. *L*, Modelo del por ciento de ley de alumina de yacimientos del tipo bauxita laterítica con base en 122 yacimientos mundiales.

PORPHYRY COPPER

The porphyry copper deposit type consists of chalcopyrite-bearing stockwork veinlets in hydrothermally altered porphyry and adjacent rocks (Cox, 1986c). In these porphyry systems, high-level intrusion of tonalite to monzogranite or syenite porphyry is contemporaneous with formation of abundant dikes, breccia pipes, and faults. The deposits are typically associated with volumetrically extensive alteration. Tonnages of worldwide porphyry copper deposits can be very large (fig. 22*I*) and copper grades range from 0.15 percent to about 2 percent (fig. 22*J*); molybdenum and gold grades are locally important (Singer and others, 1986).

In Costa Rica, the geologic environment that is permissive for the porphyry copper deposit type is also permissive for other deposit types. The base-metal skarn deposit type forms where limestone makes up a significant part of the country rock (Cox, 1986e; Cox and Theodore, 1986). However, because the distribution of limestone in Costa Rica is not adequately described, domains for the base-metal skarn deposit type cannot be delineated. The volcanic-hosted copper-arsenic-antimony deposit type forms as massive bodies in volcanic rocks near porphyry systems (Cox, 1986d). Geologic controls are not well understood for this deposit type and although this deposit type may exist in Costa Rica a separate domain cannot be delineated.

Domain F, permissive for the porphyry copper and related deposit types is an area of small stocks intruding deep-water sedimentary and Tertiary volcanic rocks on the northeast side of the Talamanca batholith. Domain F appears to have been less strongly uplifted than the main batholith (Naciónes Unidas, 1975b) and hence may contain intrusions emplaced at a high level in the crust. Such high-level intrusions are favorable for the porphyry copper deposit type. The boundary of domain F excludes the main batholith and the smaller northeast-trending pluton southeast of the batholith because diorite boulders from the main batholith and examined in the bed of the Río del General were not of suitable composition or texture to indicate a porphyry copper deposit type host. Rocks of the Suretka Formation (Sáenz, 1982b) are also excluded from domain F because they are probably younger than the intrusion.

In domain F there are three known porphyry copper prospects in the Río Banano, Río Ñari and Sukut areas. These prospects have been identified as the porphyry copper deposit type by their characteristic alteration and by the presence of disseminated chalcopyrite and molybdenite. These prospects have not been sufficiently explored to determine whether or not they fall within the tonnage and grade models (fig. 22-*I*, *J*). Consequently, these prospects are included in the estimate of undiscovered deposits.

Another 20 copper occurrences or geochemical anomalies are shown on mineral resource maps (Organización de los Estados Americanos, 1978; pl. 6). These occurrences were also used in delineating domain F, and therefore, the large pluton drained by the Río Ñari was included in the domain because of its association with the Sukut area.

Numerous positive magnetic anomalies, which suggest intrusive bodies, and numerous negative anomalies that may indicate alteration zones in which magnetite has been replaced by pyrite or iron oxides, have been identified in domain F. Of the 20 copper occurrences, 10 lie within 2 km of small aeromagnetic lows that may indicate hydrothermal alteration zones. At least 15 small negative aeromagnetic anomalies possibly related to alteration but not associated with known copper occurrences were also identified in domain F.

As noted by previous workers (Naciónes Unidas, 1975b), domain F is a northwesterly continuation of a region permissive for the porphyry copper deposit type in Panamá. The igneous activity was a late Tertiary response to subduction on a southeast continuation of the Middle America trench. The northwest boundary of domain F coincides with one of many northeast-striking seismic gaps or segment boundaries that cut across Central America.

Domain F includes a zone 5 km wide beyond the outermost stock or copper occurrences because of uncertainties related to the reconnaissance nature of the geologic mapping and sampling.

On the basis of copper occurrences, geochemical and geophysical anomalies, and the number and density of known deposits in a similar terrane in Panamá, we estimate that there is a 90 percent chance of 1, a 50 percent chance of 3, and a 10 percent chance of 8 or more undiscovered deposits.

Other occurrences of copper in Costa Rica were investigated to determine if they belonged to the porphyry copper type. Copper occurrences near Pueblo Viejo and Cerro Boruca (table 4) are excluded from domain F because they are low-sulfide, hematite-rich veins not likely to be associated with porphyry mineralization. Copper-rich polymetallic veins known at the Alaska and Santa Cruz del General (Naciónes Unidas, 1975c; table 4) are probably younger than, and unrelated to porphyry-type mineralization. The intrusion at the Siberia prospect was inspected during this study and tourmaline-rich alteration (Naciónes Unidas, 1975c) was confirmed. This intrusion was, however, excluded from domain F because it has no other features typical of the porphyry copper deposit type.

The belt of granitic plutons extending from the north end of the Cordillera de Talamanca to the area of the Guacimal intrusion in the Cordillera de Tilarán may represent an environment favorable for porphyry copper mineralization but limited information does not support delineation of this belt of granitic plutons as a domain for the porphyry copper deposit type. Few copper occurrences were noted in association with these plutons, and no descriptions were found in the literature indicating favorable rock textures or alteration. Moreover, the region is accessible and has a long history of prospecting that makes it unlikely that porphyry copper deposits were overlooked. At the La Unión mine in the Cordillera de Tilarán, however, porphyry-type mineralization of limited extent occurs in a 10-m wide monzogranite porphyry dike, exposed in a small stream bed southwest of the mine adit; this dike contains disseminated chalcopyrite and pyrite and abundant secondary biotite.

A number of targets suitable for more detailed evaluation have been identified by existing geologic studies. Further studies should include detailed geologic mapping, rock and soil sampling, ground geophysical surveys, and drilling.

LATERITIC BAUXITE

The lateritic bauxite deposit type forms when aluminum containing rocks on well-drained plateaus, in warm to hot and wet climates, are weathered. Locally, lateritic bauxite deposits form in poorly drained areas where iron has been removed by organic complexing (Patterson, 1986). Tonnages can be very large in deposits of lateritic bauxite, which is the major aluminum ore (Mosier, 1986b).

Two domains have been delineated for lateritic bauxite; domain G is southwest of San Isidro and domain H lies along the Río Coto Brus. Both domains G and H are underlain predominantly by Pleistocene to Pliocene alluvial-fan and terrace deposits whose materials were derived from the Cordillera de Talamanca uplift. The topography in the areas outlined by domains G and H is relatively flat and featureless, ranges in elevation from 800 to 1,200 m, and is highly dissected by modern river and stream drainages. The existence of these dissecting drainages suggests that individual bauxite deposits may be relatively small in area, and that much of the bauxite developed in the previous weathering cycle was removed by erosion (Dondoli, 1970). Most of the deposits in Costa Rica consist of andesitic gravels from which the bauxite developed during humid, tropical weathering (Alán, 1983). The south and southwestern boundaries of domains G and H coincide with major river drainages which appear to have destroyed the older bauxite deposits and which have relatively extensive, modern alluvial deposits.

There are several bauxite occurrences in lowlands northeast of Siquirres. Domain I, is an area of flat, plateau-like topography which coincides with the distal facies of modern volcanic rocks. Northwest of domain I, geologic information is too sparse to delineate additional domains in areas where bauxite occurrences are known.

Lateritic bauxite domains G and H have been extensively explored by the Alcoa and Reynolds Aluminum Companies and all deposits in those domains have probably been found. Information is too sparse to estimate the number of undiscovered deposits in domain I. Published estimates of tonnages for deposits in domains G and H range from 118 million tonnes on the Alcoa concession in the Valle del General (Organización de los Estados Americanos, 1978) to 590 thousand tonnes for 10 percent of the area containing bauxite (Alán, 1983). Estimated grades range from 26.9 percent Al_2O_3 and 8.2 percent SiO_2 to 41.1 percent Al_2O_3 and 11.4 percent SiO_2. These estimates have been compared with the tonnage and grade distributions for deposits from throughout the world (fig. 22*K*, *L*).

Soils developed on the lateritic bauxite type commonly support a cover of dwarfed, undernourished vegetation because chemical weathering has removed essential nutrients. In other parts of the world recognition of dwarfed vegetation has led to the discovery of some very large deposits. Remote sensing techniques that assess stressed vegetation is a potential tool for exploration.

PLACER GOLD

The placer gold deposit type contains metallic gold in grains and rarely nuggets in gravel, sand, silt, and clay, and their consolidated equivalents, formed in alluvial, beach, eolian, and rarely in glacial deposits (Yeend, 1986). The tonnages of identified deposits of the placer gold deposit type vary widely (fig. 22*M*). Minor amounts of silver and other metals have been produced as byproducts of gold mining from some placers (Orris and Bliss, 1986).

Placer gold deposits in alluvial and beach deposits on the Osa and Burica peninsulas appear to be reworked from older gold-bearing deposits that occur at or above the unconformity between the Pliocene Punta la Chancha Formation and the older basaltic and limestone units (Lew, 1983; Kevan Berrangé, oral commun., 1986). South-southeast- to south-southwest-trending stream channels, 1–3 m deep, are filled with shallow-water marine conglomerates and proximal turbidites which grade upward into distal turbidites of the Punta la Chancha Formation. Lew (1983) suggested that the source of the gold was a vegetated volcanic land mass containing hydrothermal gold deposits and flanked by a shallow-marine environment. The source area was to the north and northeast of the Osa and Burica peninsulas, as evidenced by mafic and felsic igneous rock fragments, littoral and neritic fauna, plant debris, and gold nuggets in the Pliocene sedimentary sequence.

Domain J, on the Osa peninsula, is delineated to include Recent alluvial and beach deposits and the fossil placer deposits in Pliocene and younger sedimentary rocks. The northeastern boundary of domain J is consistent with the extent of the alluvium derived from the southern portions of the Osa peninsula. All areas containing rocks showing this unconformity and the overlying sedimentary rocks have been included in domain J. Parts of the basalt and limestone outcrops have been excluded because of lack of evidence for the existence of Pliocene and younger sediments.

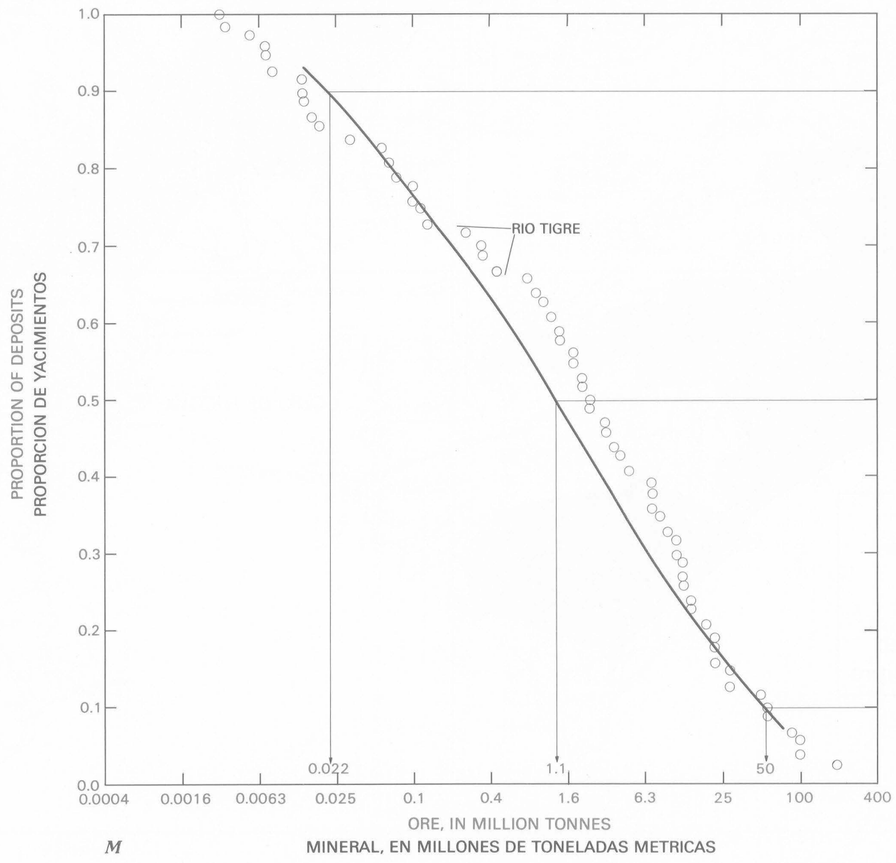
Domain K, on the Burica peninsula, is limited on the north and northeast by the Río Colorado and alluvial-fan material from the Río Chiriqui Viejo. Rivers and tributaries flow northward and northeastward from the placer gold source rocks into the Río Colorado and no source rocks occur north of the Río Colorado.

Domains J and K may extend beyond the coastline; evidence for modern submergence of parts of the Osa peninsula and adjacent coast areas (Lew, 1983) indicates that the geologic environment permissive for this deposit type probably extends into the ocean. The Golfo Dulce did not develop before the Punta La Chancha Formation was deposited suggesting that the Golfo Dulce and adjacent coastal areas may contain marine placers.

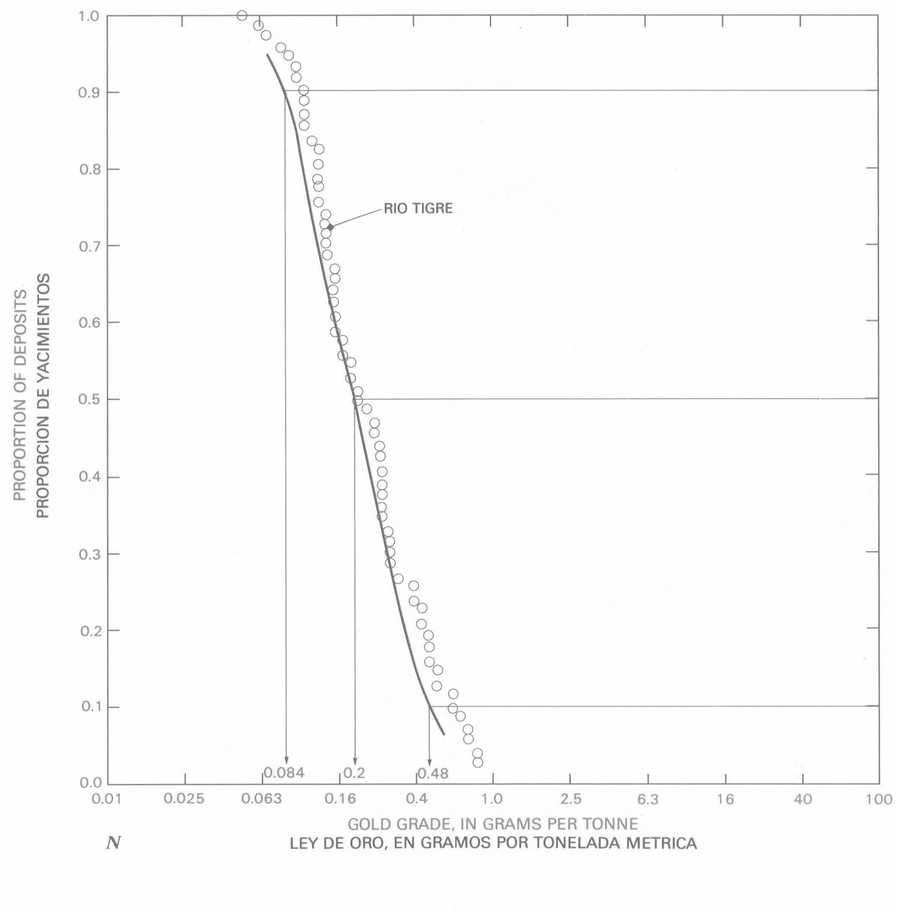
More than 45 known placer gold deposits in domains J and K are listed in table 4, however, this listing probably contains only a small fraction of all the placers that have been found. Some parts of domains J and K are permissive for the occurrence of fossil placer deposits in channels in and at the base of the Punta La Chanca Formation. There is insufficient information to estimate the number of undiscovered deposits in domains J and K. Because of the efficiency of exploration for placer gold deposits in Costa Rica, few if any modern onshore placers are believed to be undiscovered.

ADDITIONAL DEPOSIT TYPES

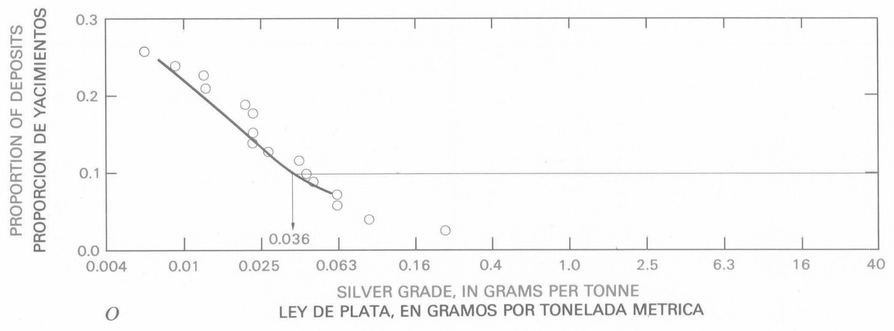
The lateritic nickel deposit type is formed by weathering of ultramafic rocks, and therefore could exist in domain A with podiform chromite. However, domain A lacks the geologic characteristics required for the development of lateritic nickel deposits. The development of lateritic nickel requires an extensive, nearly level erosion surface with low rates of physical erosion, and weathering over a prolonged period of time in a humid, warm climate. The present topography in areas of ultramafic rocks on the Santa Elena peninsula suggests that rapid physical weathering has occurred and that there are no extensive upland plateau surfaces. Areas at lower elevation that were formed during a previous erosion cycle are now covered by younger volcanic rocks. Field studies indicate that the unconformable contact between lateritic soils and younger tuffaceous deposits acted as a porous boundary for fluid flow. Silica from the tuffaceous deposits reacted with soils and now forms siliceous boxworks.



M



N



O

Figure 22.—Tonnage and grade percent models for selected deposit types. All plots show either tonnage or grade on the x axis and the cumulative proportion of deposits on the y axis. Plots of the same commodity or tonnages are presented on the same scale; a logarithic scale is used for tonnage and most grades. Each dot represents an individual deposit (or, rarely, a mining area), cumulated in ascending tonnage or grade. Individual digits represent the number of deposits at that tonnage or grade. Smoothed curves are plotted through the means and standard deviations of the data, and intercepts for the 90th, 50th, and 10th percentiles are constructed. For tonnages and most grades, the smoothed curves represent percentiles of a log normal distribution that has the same mean and standard deviation as the observed deposits. Costa Rica deposits (diamonds) compared with general tonnage and grade models modified from Cox and Singer (1986). Data on Costa Rica from Organización de los Estados Americanos (1978). *M*, Tonnage model of the placer gold deposit type based on 65 worldwide localities. *N*, Gold grade of the placer gold deposit type based on 65 worldwide deposits. *O*, Silver grade of the placer gold deposit type based on 65 worldwide deposits.

YACIMIENTOS DE PORFIDO DE COBRE

Este tipo de yacimiento se caracteriza por vetillas de cuarzo y calcopirita en forma de un stockwork en una intrusión porfirítica hidrotermal o en las rocas adyacentes, donde ambas rocas han sido afectadas por una alteración hidrotermal intensa (Cox, 1986c). En estos sistemas de pórfidos, las intrusiones someras de pórfidos de composición tonalítica hasta monzogranítica o sienítica están acompañadas por abundantes diques, chimeneas de brecha y fallas (Cox, 1986). Los pórfidos de cobre se caracterizan por una alteración hidrotermal de gran extensión. Los tonelajes de los yacimientos de pórfido de cobre pueden ser muy grandes (Fig. 22*I*) y las leyes de cobre varían entre 0,15 y 2,0 por ciento (Fig. 22*J*); localmente las leyes de molibdeno y oro son importantes (Singer y otros, 1986).

En Costa Rica, muchos tipos de yacimientos se encuentran en el mismo ambiente geológico que el de los pórfidos de cobre y pueden estar asociados a estos. Los yacimientos de skarn de metales básicos se forman donde calizas comprenden una porción significante de las secuencias intruidas (Cox, 1986e; Cox y Theodore, 1986). Sin embargo, porque la distribución de calizas en Costa Rica no está bien conocida, no se pueden delinear dominios para este tipo de yacimientos. Los yacimientos de cobre-arsénico-antimonio en roca huésped vulcánica se forman como cuerpos masivos en rocas vulcánicas cerca de los sistemas de pórfidos (Cox, 1986d). Tales yacimientos pueden existir en Costa Rica en el dominio de los pórfidos de cobre pero sus controles geológicos no están bien conocidos y por eso no se puede delinear un dominio de Cu-As-Sb separado.

El dominio F es permisible para pórfidos de cobre y otros yacimientos asociados y se defina como el área de pequeños stocks que intruyen a rocas sedimentarias de aguas profundas y vulcánicas de edad Terciaria en el flanco noreste del batolito de Talamanca. Aparentemente el área que comprende el dominio F ha sido menos levantado que la parte principal del batolito y por esto puede contener intrusiones emplazadas a un nivel de la corteza más alto que el del batolito (Naciones Unidas, 1975b). Dichas intrusiones de nivel alto son favorables para mineralizaciones del tipo pórfido de cobre. El borde del dominio F excluye el batolito mayor al igual que el pluton pequeño con rumbo noreste, ubicado al sureste del batolito, porque el estudio de bloques de diorita del batolito y también cantos rodados en el Río El General derivados del batolito no reveló ningunas rocas con una composición o textura típica del huésped de pórfido de cobre. Rocas de la Formación Suretka (Sáenz, 1982) han sido excluidas del dominio porque probablemente son más jovenes que la intrusión.

Dentro del dominio F tres prospectos han sido reconocidos como yacimientos de pórfido de cobre en las areas del Río Banano, Río Ñari y Sukut, identificados a base de su alteración característica y por la presencia de calcopirita y molibdenita diseminada. Estos prospectos no han sido suficientemente explorados para compararse con los modelos de ley y tonelaje (Fig. 22*I*, *J*), y por consiguiente estos prospectos han sido incluidos en la estimación de los yacimientos no descubiertos.

En los mapas de los recursos minerales (Organización de los Estados Americanos, 1978; Lámina 6) se muestran otras 20 ocurrencias minerales o anomalías geoquímicas de cobre. Estos yacimientos, ocurrencias minerales y anomalías fueron usados también en la delineación del dominio F. De esta manera el plutón grande en la cuenca del Río Ñari se incluyó en el dominio debido a su asociación con el yacimiento Sukut.

En el dominio F se han identificado numerosas anomalías magnéticas positivas que sugieren la presencia de cuerpos intrusivos, y numerosas anomalías negativas que pueden indicar zonas de alteración hidrotermal en las cuales la magnetita ha sido reemplazada por pirita u óxidos de hierro. De las 20 ocurrencias minerales de cobre, 10 están ubicadas a menos de 2 km de las pequeñas anomalías aeromagnéticas negativas que podrían estar relacionados con la alteración hidrotermal. A lo menos 15 pequeñas anomalías aeromagnéticas negativas posiblemente relacionadas con la alteración pero que no están asociadas con ocurrencias de cobre se encuentran en el dominio F.

Como se notó en los estudios anteriores (Naciones Unidas, 1975b) el dominio F forma la continuación hacia el noroeste de una región favorable para pórfidos de cobre en Panamá. La actividad ígnea en el Terciario Tardío era la consecuencia de la subducción en la continuación sureste de la Fosa Centroamericana. El límite noroeste del dominio F coincide con uno de los gaps sísmicos o límites de segmentos con dirección noreste que cruzan a la América Central.

El dominio F incluye una franja de 5 km alrededor de los stocks o ocurrencias minerales de cobre más periféricos debido a la incertidumbre en la elaboración del mapa geológico y los muestreos a nivel de reconocimiento.

Basado en las mineralizaciones de cobre observadas, las anomalías geoquímicas y geofísicas y el número y la densidad de yacimientos conocidos en terenos similares en Panamá, calculamos que hay una probabilidad del 90 por ciento que exista 1 yacimiento no descubierto, del 50 por ciento de que son 3 o más y una probabilidad del 10 por ciento de que el número de yacimientos no descubiertos sea 8 o más.

Otras mineralizaciones de cobre en Costa Rica fueron investigadas para determinar si corresponden con los yacimientos del tipo pórfido de cobre. Los yacimientos de cobre cerca de Pueblo Viejo y Cerro Boruca (Cuadro 4) se excluyen del dominio F porque son vetas pobres en sulfuros y ricas en hematita, que probablemente no están asociadas con pórfidos de cobre. Las vetas polimetálicos ricas en cobre de Alaska y Santa Cruz de El General (Naciones Unidas, 1975c; Cuadro 4) probablemente son más jovenes y no están relacionadas con la mineralización del tipo pórfido de cobre. La intrusión en el prospecto Siberia se examinó durante este estudio debido a su alteración rica en turmalina (Naciones Unidas, 1975c). Esta intrusión fué excluida del dominio porque no tiene otras características típicas de yacimientos de pórfidos de cobre.

La faja de plutones graníticos que se extiende desde la terminación norte de la Cordillera de Talamanca hasta la intrusión Guacimal en la Cordillera de Tilarán puede representar un ambiente permisible para mineralizaciones del tipo pórfido de cobre pero la escasa información no permite delimitar un dominio de pórfidos de cobre en esta faja de rocas plutónicas. Unas pocas mineralizaciones de cobre se notaron asociadas con estos plutones y en la literatura no se encontraron descripciones indicando una alteración o texturas favorables para la presencia de pórfidos de cobre. Además, la región es bastante accesible y tiene una larga historia de prospección por lo cual es improbable que yacimientos de pórfidos de cobre podrían haber escapado de la detección. Sin embargo, encontramos en la Mina La Unión, en la Cordillera de Tilarán, una mineralización del tipo pórfido de cobre, pero con dimensiones reducidas, dentro de un dique de pórfido monzogranítico con 10 m de ancho, expuesto en una pequeña quebrada al suroeste de la mina. Este dique contiene calcopirita y pirita diseminada y abundante biotita secundaria.

Hasta la fecha se han realizado bastantes estudios geológicos que permiten identificar varios blancos interesantes para una evaluación detallada que debe incluir detallados estudios geológicos, muestreos de rocas y suelos, métodos electromagnéticos y perforaciones.

YACIMIENTOS DE BAUXITA LATERITICA

Los yacimientos de bauxita laterítica se forman por la meteorización de rocas en una meseta bien drenada y en climas húmedos y calorosos a calientes. Localmente, la bauxita se forma en áreas con mal drenaje donde el hierro se remueve en forma de complejos orgánicos (Patterson, 1986). Los tonelajes de los yacimientos de bauxita laterítica pueden ser muy grandes (Mosier, 1986b).

Dos dominios, G y H, uno al suroeste de San Isidro de El General y el otro a lo largo del Río Coto Brus, han sido delineados para bauxita laterítica. Incluyen áreas subyacidas principalmente por abanicos aluviales y depósitos de terrazas de edad Plioceno o Pleistoceno compuestos de sedimentos derivados de la erosión y el levantamiento de la Cordillera de Talamanca. La topografía de estos dominios es bastante plana, alcanzando en el norte y noroeste elevaciones entre 800 y 1.200 m; está muy disectada por los ríos y quebradas modernos. A la disección se debe que los yacimientos bauxíticos son relativamente pequeños y que una gran parte de la bauxita formada en ciclos previos de meteorización fue removida (Dondoli, 1969). La mayoría de estos yacimientos en Costa Rica constan de gravas andesíticas que se transforman en bauxitas por la meteorización tropical (Alán, 1983). Los límites de los dominios G y H hacia el sur y suroeste son las cuencas de grandes ríos con relativamente extensos depósitos aluviales modernos en que los depósitos de bauxita fueron destruidos.

Existen algunas ocurrencias de bauxita en las tierras bajas al noroeste de Siquirres. El dominio I es un área con topografía plana de tipo de mesetas que coincide con las facies distales de las rocas vulcáncias modernas. Al noroeste de esta área no hay suficiente información para delinear dominios que incluyen las otras ocurrencias de bauxita.

Los dominios G y H han sido explorados intensamente por las compañías Alcoa y Reynolds Aluminum y todos los yacimientos en estos dominios probablemente han sido encontrados. No hay suficiente información para calcular el número de yacimientos no descubiertos en dominio I. Los cálculos publicados de tonelajes varían entre 118 millones de toneladas métricas en las concesiones de Alcoa en el valle de El General (Organización de los Estados Americanos, 1978) y 590 mil toneladas métricas en el 10 por ciento del área conteniendo bauxita (Alán, 1983). Las leyes calculadas varían entre 16,9 por ciento de Al_2O_3 con 8,2 por ciento de SiO_2 y 41,1 por ciento de Al_2O_3 con 11,4 por ciento de SiO_2. Estos cálculos han sido comparados con las curvas de distribuciones de tonelaje y ley de los yacimientos de todo el mundo (Fig. 22*K*, *L*).

Los suelos formados sobre yacimientos de bauxita comúnmente presentan una vegetación enana y subnutrida porque debido a la meteorización química muchos nutrimentos esenciales han sido removidos. El reconocimiento de éste tipo de vegetación llevó en otras partes del mundo al descubrimiento de algunos yacimientos muy grandes. Los métodos de sensores remotos pueden servir para la detección de ésta vegetación e yacimientos de bauxita escondidos.

YACIMIENTOS DE ORO EN PLACERES

Los yacimientos de oro en placeres contienen oro nativo en granos y raramente en pepitas dentro de grava, arena, limo y arcilla y sus rocas equivalentes consolidadas y depositadas en ambientes aluviales, de playa, eolianos y raramente glaciales (Yeend, 1986). Los tonelajes de los yacimientos en placeres varían mucho (Fig. 22*M*). Cantidades pequeñas de plata y otros metales son extraidos de algunos yacimientos como subproductos de la explotación del oro (Orris y Bliss, 1986).

Los placeres aluviales y de playa en las penínsulas de Osa y Burica aparentemente han sido retrabajados de depósitos sedimentarios que contienen oro, ubicados en o encima de la discordancia entre la Formación Punta la Chancha de edad Plioceno y los basaltos y calizas más antiguos (Lew, 1983; K. Berrangé comunicación oral, 1986). Canales con 1 a 3 m de profundidad y rumbo sur-suroeste hasta sur-sureste han sido rellenados con conglomerados marinos y turbiditas proximales que cambian gradualmente hacia arriba a turbiditas distales de la Formación Punta la Chancha. Lew (1983) sugiere que la fuente de estos sedimentos era un terreno vulcánico con mucha vegetación y con yacimientos hidrotermales de oro, adyacente a un ambiente marino de poca profundidad. Dicha fuente se ubicó al norte o nordeste de las penínsulas de Osa y Burica así lo indica la distribución de los clastos de rocas ígneas máficas y félsicas, la fauna litoral y nerítica, los fragmentos de plantas y las pepitas de oro en la secuencia sedimentaria del Plioceno.

El domínio J, en la Península de Osa, se delimitó incluyendo los Recientes depósitos aluviales y de playa y los depósitos de los placeres fósiles en las rocas sedimentarias de edad Plioceno o más joven. El límite noreste del dominio coincide con la extensión de los sedimentos aluviales que podrían haberse originados de la parte sur de la Península de Osa. Todas las áreas que contienen secuencias que muestran ésta discordancia y las rocas sedimentarias sobreyacentes han sido incluidas en el dominio J. Algunas áreas de afloramientos de basalto y caliza han sido excluidos por falta de evidencias para la existencia de sedimentos de edad Plioceno o más joven.

El dominio K, en la Península Burica, está limitado en el norte y noreste por el Río Colorado y por los abanicos aluviales depositados por el Río Chiriqui Viejo. Las rocas que sirvieron de fuente para los placeres afloran al sur y los ríos y tributarios corren hacia el norte y noreste desembocando en el Río Colorado. Al norte del Río Colorado no afloran rocas que podrían haber servido de fuente.

Los dominios J y K pueden extenderse fuera de la costa; existen evidencias que partes de la Península de Osa y áreas costeras adyacentes sufren una sumersión moderna (Lew, 1983), lo cual indica que el ambiente favorable para los placeres de oro probablemente se extiende más al mar. El Golfo Dulce no se puede haber formado antes de la deposición de la Formación Punta La Chancha, lo cual indica que el Golfo Dulce y las áreas costeras adyacentes pueden contener placeres marinos.

Más de 45 yacimientos de placeres de oro se presentan en los dominios J y K; sin embargo, la lista en cuadro 4 probablemente contiene solo una pequeña fracción de todos los placeres encontrados. Algunas partes de los dos dominios son favorables para la occurrencia de placeres fósiles en canales dentro de y en la base de la Formación Punta La Chancha. La información existente no permite estimar el número de yacimientos no descubiertos. Considerando la eficiencia de la exploración de placeres de oro en Costa Rica, se cree poco probable que queden algunos yacimientos de placeres aluviales sin descubrirse.

Figura 22.—Modelos del por ciento de ley y tonelaje de varios tipos de yacimientos. Todos los gráficos presentan el tonelaje o ley en el abcisa y la proporción cumulativa en el ordenado. Gráficos de la misma comodidad o tonelajes se presentan a la misma escala; se utiliza una escala logarítmica para los tonelajes y la mayoría de leyes. Cada punto representa un yacimiento individual (o en raros casos un distrito), acumulados en orden de ascendiente ley o tonelaje. Las cifras individuales representan el número de yacimientos con ley o tonelaje indicada. Las correctadas curvas de distribuciones han sido elaboradas utilizando los valores medios y las desviaciones estandares de los datos y los valores del 90, 50 y 10 por centile han sido determinados. Para los tonelajes y la mayoría de leyes, las correctadas curvas de distribución representan por centiles ("percentiles") de una distribución lognormal con los mismos valor medio y desviación estandar que los yacimientos conocidos. Los yacimientos de Costa Rica (indicados con diamantes) se presentan para comparación con los generales modelos de ley y tonelaje, modificados de Cox y Singer (1986). Datos de Costa Rica han sido provenidos por la Organización de los Estados Americanos (1978). *M*, Modelo de tonelaje de yacimientos del tipo oro en placeres con base en 65 yacimientos mundiales. *N*, Ley de oro de yacimientos del tipo oro en placeres con base en 65 yacimientos mundiales. *O*, Ley de plata de yacimientos del tipo oro en placeres con base en 65 yacimientos mundiales.

DEPARTMENT OF THE INTERIOR
U.S. GEOLOGICAL SURVEY

DOMAIN A
Podiform chromite

DOMINIO A
Cromita podiforme

DOMAINS B and C
Volcanogenic manganese
Cyprus massive sulfide

DOMINIOS B y C
Manganeso vulcanogenico
Sulfuros masivos tipo Chipre

DOMAINS D and E
Sado epithermal vein

DOMINIOS D y E
Vetas epitermales tipo Sado

Base from U.S. Defense Mapping Agency, Tactical Pilotage Chart K-25C, 3rd. edition

Base de la Agencia U.S. Defense Mapping, Carta de Pilotaje Táctico K-25C, 3ra. edición

1:500 000

10 0 10 20 30 40 50 KILOMETROS

PLATE 10.—MAP SHOWING DOMAINS DELINIATED FOR SELECTED DEPOSIT TYPES, COSTA RICA

See plate 2 for explanation and correlation of geologic map units. Digitized by Rosalinda Jara, 1986

Véase Lámina 2 para explicación y correlación de unidades geológicas. Digitalizado por Rosalinda Jara, 1986

LAMINA 10.—MAPA PRESENTANDO LA DELINEACION DE DOMINIOS DE UNA SELECCION DE TIPOS DE YACIMIENTOS, COSTA RICA

The polymetallic vein deposit type consists of quartz-carbonate veins with silver and gold associated with base-metal sulfides related to hypabyssal intrusions in sedimentary and metamorphic terranes (Cox, 1986b). The deposits of this deposit type tend to be quite small, but locally are high grade. Polymetallic vein deposits are associated with some of the intrusions in southern Costa Rica, such as the galena-sphalerite veins near Guacimal and southwest of San José and the copper-rich veins at Alaska and Santa Cruz del General.

Gold (Berger, 1986), mercury (Rytuba, 1986), and sulfur can form in hot-spring systems. These hot-spring deposit types can occur in and near subaerial andesitic to rhyolitic volcanic centers. Calderas, cauldrons, andesitic stratovolcanoes, and rhyolitic flow-dome volcanic fields are the most common volcanic environments for hot-spring deposit types. Water-dominated hot-spring systems are more likely to form gold than the vapor-dominated systems where sulfur commonly forms. Mercury can be formed in either water- or vapor-dominated systems. Although no gold or mercury hot-spring deposits are known in Costa Rica, a permissive geologic environment is present for the occurrence of these deposit types and it coincides with areas mapped as Tertiary and Quaternary volcanic rocks (pl. 2). For example, the geologic environment permissive for the gold and mercury hot-spring deposit types exists in parts of domains D and E where erosion has not cut deeply into the surficial units, the Monteverde Formation, and possibly areas of recent and active volcanism. Exploration for hot-spring gold and mercury deposits should focus on areas with siliceous sinter, with or without haloes of argillitically altered rock. Zones of massive silicification and multiple episodes of hydrothermal brecciation are also important indicators of these deposit types. Exploration for sulfur-rich hot-spring deposits should focus on acid-leached zones and the presence of sulfates, especially alunite. Highly anomalous amounts of gold, silver, mercury, arsenic, thallium, and antimony are associated with rocks altered by hot-spring systems.

Occurrences of amygdaloidal and disseminated native copper and sulfides in subaerial basalt flows in Costa Rica cannot be related to any deposit type. Typically, such occurrences tend to contain only minor concentrations of copper.

The hematitic copper deposit type consists of hematite-filled breccias and fractures, accompanied by bornite and locally by chalcocite or chalcopyrite. Quartz or calcite vein fillings are rare. Alteration of wallrock to chlorite is intense. Veins of this deposit type are common in certain parts of Peru and the southwestern United States but no deposits have been found that are large enough to merit development. Several small occurrences of this deposit type, including Cerro Boruca and Pueblo Nuevo, are known in the vicinity of Division near San Isidro del General, but there is insufficient geologic information to delineate a domain for this deposit type in Costa Rica.

Volcanic and subvolcanic rocks of alkalic composition in Costa Rica comprise an environment that may be permissive for gold deposits. These rocks are distributed in and near the Río San Carlos, in the region extending from the Caribbean coast near Tortuguero, and in the Río Reventazon between Siquirres and Turrialba (Azambre and Tournon, 1977; Robin and Tournon, 1978). Gold deposits that may exist in these areas are of two types: disseminated gold of the Lihir Island deposit type and gold-silver telluride deposit type. The Lihir Island (New Guinea) disseminated gold deposit type has only recently been recognized in alkalic volcanic rocks in a Quaternary volcanic crater associated with widespread and pervasive alunite alteration (Williamson, 1983). The alunite alteration grades downward into potassic alteration of syenitic intrusive rocks in the feeder zone of the volcano. Beside gold and silver, high arsenic and weak copper, lead, zinc, and molybdenum anomalies accompany these deposits. The Lihir Island deposit contains at least 137 million tonnes of ore averaging 2.66 g Au/t. Both on Lihir Island and in northeastern Costa Rica alkalic basaltic volcanic terranes lie roughly 200 km from an active trench and on the opposite side of the chain of active calcalkaline volcanoes.

Another deposit type that occurs in alkalic volcanic rocks is gold-silver telluride veins. This deposit type is typified by the deposits at Vatukoula, Fiji, where altered alkalic basalt in veins contain calcite, quartz, and calaverite or sylvanite (Colley, 1976). Most of the veins are found in rocks near the rim of a breccia-filled caldera. This kind of deposit requires intensive, detailed prospecting because the veins are narrow and the alteration is weak. Moreover, telluride minerals tend to weather to very fine gold that generally does not form placer deposits. Although no deposits are known in Costa Rica, exploration should concentrate on volcanic centers.

CONCLUSION

Gold production in Costa Rica has been primarily from Sado epithermal vein and placer gold deposit types. We estimate that there is a 90 percent chance of 4 and a 10 percent chance of 17 or more undiscovered Sado deposit type deposits in domains D and E. Although the domains J and K, delineated for the placer gold deposit type, have been well-explored, they are still permissive for undiscovered fossil placer gold deposits. Costa Rica has no identified hot-spring gold deposits, but a permissive geologic environment for this deposit type is present. There is also the possibility of gold deposits associated with volcanic and subvolcanic rocks of alkalic composition in northeastern Costa Rica.

Porphyry copper deposits throughout the world have a median tonnage of 140 $\times$ 10^6 tonnes and a median copper grade of 0.54. It is estimated that there is a 90 percent chance of 1, a 50 percent chance of 3, and a 10 percent chance of 8 or more undiscovered deposits for the porphyry copper deposit type which is delineated in domain F.

More than 90 volcanogenic manganese occurrences are known in domains B and C, delineated on the Nicoya peninsula. Although the median size of the volcanogenic manganese deposit type is 47,000 tonnes, none of the known deposits are this large. Undiscovered deposits of a size similar to those on the surface are believed to exist at depth.

Domain A, on the Santa Elena peninsula, delineates an area containing the podiform chromite deposit type. This deposit type has a median size of 130 tonnes. It is estimated that there is a 50 percent chance of 13 and a 10 percent chance of 63 or more similar undiscovered podiform chromite deposits in domain A.

The Cyprus massive sulfide deposit type is defined as containing copper, zinc, and locally gold and silver. Worldwide data show this deposit type to have a median size of 1.3 million tonnes. In Costa Rica, it is estimated that there is a 50 percent chance of 1 and a 10 percent chance of 2 or more undiscovered deposits of the Cyprus massive sulfide deposit type in the areas delineated as domains B and C.

Of the three lateritic bauxite deposit type domains (G, H, I), only domain I near the lowlands northeast of Siquirres has the chance of undiscovered deposits.

Other deposit types that are present in Costa Rica, but which have not been delineated as domains, include shoreline placer magnetite, polymetallic vein, copper skarn, zinc-lead skarn, and hot-spring sulfur. Although the lateritic nickel deposit type was investigated, the chances for deposits of this deposit type are considered unlikely.

OTROS TIPOS DE YACIMIENTOS

Los yacimientos del tipo níquel laterítico se forman por la meteorización de rocas ultramáficas y por eso podrían encontrarse en el dominio A. Sin embargo, el dominio A carece de las características geológicas necesarias para la presencia de yacimientos de níquel laterítico. Su formación requiere una superficie de erosión extensiva y casi llana, con erosión física y meteorización a paso muy lento durante un período largo y en un clima trópico y húmedo. La topografía actual de las rocas ultramáficas de la Península de Santa Elena sugiere una erosión física muy rápida y no se presentan mesetas extensas. Areas con elevaciones más bajas que se formaron en un ciclo de erosión más antiguo están ahora cubiertas por rocas vulcánicas jovenes. En los trabajos de campo se observó que el contacto discordante entre los suelos lateríticos, formados en el ciclo previo, y las rocas tobáceas jovenes funcionó como una zona permeable para el flujo de aguas subterráneas. Sílice de la toba reaccionó con los suelos formando un sistema de vetillas silíceas.

Los yacimientos del tipo de vetas polimetálicas constan de vetas de cuarzo-carbonato con plata y oro asociados con sulfuros de metales preciosos, relacionados con intrusiones hipabisales dentro de terrenos sedimentarios y metamórficos (Cox, 1986b). Los yacimientos de este tipo tienden ser pequeños pero localmente pueden ser de ley muy alta. Las vetas polimetálicas están asociadas con algunas de las intrusiones en la parte meridional de Costa Rica, como por ejemplo las vetas de galena y esfalerita cerca de Guacimal y al suroeste de San José y las vetas ricas en cobre cerca de Alaska y Santa Cruz de El General.

El oro (Berger, 1986), el mercurio (Rytuba, 1986) y el azufre pueden formarse en los sistemas de fuentes termales. Tales yacimientos en fuentes termales se ubican dentro de o cerca de los centros vulcánicos subaéreos de composición andesítica a riolítica. Calderas, estratovolcanes andesíticos y campos de domos riolíticos son los ambientes vulcánicos que contienen más frecuentemente los yacimientos de fuentes termales. Los sistemas de fuentes termales ricas en agua son más favorables para la formación de yacimientos de oro que las ricas de vapor, las cuales forman más bien yacimientos de azufre. Yacimientos de mercurio se pueden formar en cualquiera de los dos sistemas. Aunque no se conocen yacimientos de oro y mercurio del tipo fuente termal en Costa Rica, existe un ambiente permisible para la presencia de oro y mercurio en fuentes termales. Este ambiente coincide con las áreas de rocas vulcánicas Terciarias y Cuaternarias presentadas en el mapa geológico (Lámina 2). Por ejemplo, el ambiente existe en partes de los dominios D y E donde la erosión no ha afectado demasiado a las rocas vulcánicas superficiales, la Formación Monteverde y posiblemente también en áreas con vulcanismo reciente o activo. La exploración para yacimientos de oro y mercurio de fuente termal debe concentrarse en áreas con toba silícea (sinter) con o sin aureolas de una alteración argilítica. Además, zonas con silicificación maciza y brechas hidrotermales de diferente edad son indicadores importantes de este tipo de yacimiento. La exploración para yacimientos de azufre del tipo fuente termal debe concentrarse en zonas con una lixiviación por ácidos y la presencia de sulfatos, especialmente alunita. Anomalías de Au, Ag, Hg, As, Ti y Sb pueden indicar rocas alteradas por fuentes termales.

La presencia de cobre nativo y sulfuros en amígdalas y diseminaciones dentro de coladas de basalto en Costa Rica no se puede relacionar con ningún modelo de yacimiento. Típicamente, tales mineralizaciones son concentraciones pequeñas de cobre.

Yacimientos hematíticos de cobre se presentan como relleno de brechas y grietas con hematita especular acompañada por bornita y localmente por calcosita y calcopirita. Cuarzo o calcita son raros en estas vetas. La alteración clorítica de la paréd de roca es intensa. Vetas de este tipo son comúnes en ciertas áreas de Peru y en el sudoeste de los EEUU pero ninguno se ha descubierto que es lo suficientemente grande para tener interés económico. Algunos yacimientos pequeños de este tipo incluyiendo Cerro Buruca y Pueblo Nuevo se conocen en los alrededores de División cerca de San Isidro de El General, pero la informacion geológica disponible no permite la delineación de un dominio para este tipo de yacimiento.

Rocas vulcánicas y subvulcánicas de composición alcalina comprenden un ambiente que teóricamente puede ser considerado como favorable para yacimientos de oro. Estas rocas afloran en y cerca del Río San Carlos y en la región desde la costa del Caribe, cerca de Tortuguero, y en el Río Reventazón entre Siquirres y Turrialba (Azambre y Tournon, 1977; Robin y Tournon, 1978). Los yacimientos de oro que pueden existir en estas áreas son de dos tipos: oro diseminado del tipo Isla Lihir y vetas con telurios de oro y plata. El tipo diseminado en rocas vulcánicas alcalinas se encontró recientemente en la Isla de Lihir (Papua Nueva Guinea), en un cráter vulcánico y asociado con una alteración alunítica intensa (Williamson, 1983). Hacia abajo, la alteración cambia a una zona de alteración potásica (biotita-feldespato de K-magnetita) en rocas intrusivas sieníticas en la zona de alimentación del volcán. Además de oro y plata, anomalías altas de As y débiles de Cu, Pb, Zn y Mo están relacionadas con el yacimiento. El yacimiento de Lihir contiene como mínimo 137 millones de toneladas métricas con ley promedio de 2,66 gramos de oro por tonelada. Los terrenos de basaltos alcalinos tanto en Lihir como en Costa Rica están aproximadamente a 200 km de la fosa activa y al otro lado de la cadena de volcanes calcoalcalinos activos. Yacimientos de este tipo pueden ser reconocidos por extensas zonas de alteración ricas en alunita y cerca de centros vulcánicos.

Vetas de telurios de oro y plata son características de los yacimientos en Vatukoula, Fiji. Estos yacimientos se encuentran en un basalto alcalino alterado, en forma de vetas de calcita, cuarzo y calaverita o silvanita (Colley, 1976). Una gran parte de las vetas se encuentra en los basaltos cerca del borde de una caldera rellenada por brechas. Yacimientos de este tipo requieren una prospección muy detallada, porque las vetas son delgadas y la alteración es débil. Además, los telurios de oro típicamente meteorizan formando oro de grano fino que, por lo general, no forma yacimientos de placeres. Aunque no hay yacimientos conocidos de este tipo en Costa Rica, la exploración para estas vetas debe concentrarse en los centros vulcánicos.

CONCLUSION

La producción de oro en Costa Rica ha sido principalmente de las vetas epitermales del tipo Sado y los placeres de oro. Calculamos que hay una probabilidad del 90 por ciento que existan 4 yacimientos y una probabilidad del 10 por ciento que el número de yacimientos no descubiertos del tipo Sado sea 17 o más en los dominios D y E. Aunque los dominios J y K, delineados para el tipo de yacimientos placeres de oro, han sido intensamente explorados, aún son permisibles para yacimientos de placeres fósiles de oro no descubiertos. No se han identificado yacimientos de oro en fuentes termales en Costa Rica pero existe un ambiente geológicamente permisivo para este tipo. Existe también la posibilidad de la presencia de yacimientos de oro asociados con rocas vulcánicas y subvulcánicas de composición alcalina en la parte noreste de Costa Rica.

El valor medio del tonelaje de los yacimientos de pórfidos de cobre en todo el mundo es 140 $\times$ 10^6 toneladas métricas y el valor medio de la ley de cobre es 0,54. Calculamos que para los yacimientos del tipo pórfido de cobre hay una probabilidad del 90 por ciento que exista un yacimiento, del 50 por ciento que son 3 o más y una probabilidad del 10 por ciento que el número de yacimientos no descubiertos sea 8 o más en el dominio F.

Más de 90 ocurrencias minerales del tipo manganeso vulcanogénico se ubican en los dominios B y C, delineados en la Península de Nicoya. Aunque el valor medio del tonelaje de este tipo de yacimiento es 47.000 toneladas métricas, ninguno de los yacimientos conocidos es tan grande. Es probable que existen todavía yacimientos cubiertos, a más profundidad, con características de tonelaje y ley similares a los en la superficie.

El dominio A, en la Península de Santa Elena, delinea un área que contiene los yacimientos del tipo cromita podiforme. Este tipo de yacimiento tiene un tamaño medio de 130 toneladas métricas. Calculamos que hay una probabilidad del 50 por ciento que se encuentren 13 y una probabilidad del 10 por ciento que hay 63 o más yacimientos de cromita podiforme no descubiertos en el dominio A.

Los yacimientos de sulfuros masivos del tipo Chipre contienen cobre, cinc y localmente oro y plata. Los datos de yacimientos de este tipo de todo el mundo presentan que el valor medio del tonelaje es 1.3 millones de toneladas métricas. Para Costa Rica se ha calculado que hay una probabilidad del 50 por ciento que exista un yacimiento y una probabilidad del 10 por ciento que el número de yacimientos no descubiertos sea 2 o más en los dominios B y C.

De los tres dominios favorables para la presencia de yacimientos de bauxita laterítica (dominios G, H, I), solo el dominio I, cerca de las tierras bajas al noreste de Siquirres, tiene probabilidades de contener yacimientos no descubiertos.

Los otros tipos de yacimientos presente en Costa Rica pero para los cuales no se han delineado dominios, incluyen los de magnetita en placeres de playa, las vetas polimetálicas, skarn de cobre, skarn de cinc-plomo y azufre en fuente termales. Aunque los yacimientos de níquel laterítico se investigaron en esta obra, la probabilidad de la presencia de yacimientos de este tipo es muy baja.

La Unión mine — Mina La Unión

APPENDIX A

SAMPLE COLLECTION AND PREPARATION

Three hundred and sixty rock samples were collected from mines, mine dumps, prospects, and outcrops in the gold areas of Costa Rica as part of this geochemical survey. Only altered, iron-oxide stained, or visibly mineralized rock samples were collected (table 5). The sampling scheme was purposefully designed to best describe and delineate obviously mineralized areas. All rock samples were crushed, split, and pulverized to minus 0.15 mm with ceramic plates before analysis.

SAMPLE ANALYSIS

Rock samples were analyzed for 31 elements using a semiquantative, direct-current arc emission spectrographic method (Grimes and Marranzino, 1968) by E. A. Bailey. Spectrographic results were obtained by visual comparison of spectra derived from the sample against spectra obtained from standards made from pure oxides and carbonates. Standard concentrations are geometrically spaced over any given order of magnitude of concentration as follows: 100, 50, 20, 10, and so forth. Samples whose concentrations are estimated to fall between those values are assigned values of 70, 30, 15, and so forth. The precision of the analytical method is approximately plus or minus one reporting interval at the 83 percent confidence level and plus or minus two reporting intervals at the 96 percent confidence level (Motooka and Grimes, 1976). The elements looked for and their lower limits of determination are listed in table 9. Values determined for the major elements (Fe, Mg, Ca, Ti) are given in weight percent; all others are given in parts per million (micrograms/gram) based on 10 mg samples.

Chemical methods used to analyze samples from the gold areas of Costa Rica are summarized in table 10.

DESCRIPTION OF TABLE 11

Table 11 lists the analytical results for the Costa Rican rock samples. The first columns contain the U.S. Geological Survey sample number and map number (pl. 9). In the next columns, the letter "s" below the element symbol indicates emission spectrograph analyses; "aa" indicates atomic absorption analyses; "si" indicates specific ion electrode; the letter "N" in the table indicates that a given element was looked for but not detected at the lower limit of determination. A "less than" symbol (<) indicates that the element was observed but its content is less than the lowest reporting value; a "greater than" symbol (>) indicates that the element was observed but its content is greater than the highest reporting value. Many elements carry one or more nonsignificant digits to the right of the significant digits because of the format used in this computer program. The analytical methods used do not have the accuracy suggested by the extra zeros. The latitudes and longitudes of the sample localities are listed in table 5.

WHOLE ROCK ANALYSES

Selected samples largely free of alteration and mineralization were selected for major-element analyses by wavelength-dispersive X-ray fluorescence methods (table 12). A slightly larger group with the same characteristics were selected for trace element analyses by energy-dispersive X-ray fluorescence methods (table 13).

Table 9.--Limits of determination for the spectrographic analysis of rock samples from Costa Rica

Elements	Lower limit of determination	Upper limit of determination
	Percent	
Iron (Fe)	0.05	20
Magnesium (Mg)	.02	10
Calcium (Ca)	.05	20
Titanium (Ti)	.002	1
	Parts per million	
Maganese (Mn)	10	5,000
Silver (Ag)	.5	5,000
Arsenic (As)	200	10,000
Gold (Au)	10	500
Boron (B)	10	2,000
Barium (Ba)	20	5,000
Beryllium (Be)	1	1,000
Bismuth (Bi)	10	1,000
Cadmium (Cd)	20	500
Cobalt (Co)	5	2,000
Chromium (Cr)	10	5,000
Copper (Cu)	5	20,000
Lanthanum (La)	20	1,000
Molybdenum (Mo)	5	2,000
Niobium (Nb)	20	2,000
Nickel (Ni)	5	5,000
Lead (Pb)	10	20,000
Antimony (Sb)	100	10,000
Scandium (Sc)	5	100
Tin (Sn)	10	1,000
Strontium (Sr)	100	5,000
Vanadium (V)	10	10,000
Tungsten (W)	50	10,000
Yttrium (Y)	10	2,000
Zinc (Zn)	200	10,000
Zirconium (Zr)	10	1,000
Thorium (Th)	100	2,000

Table 10.--Limits of determination and chemical methods used to analyze rock samples from Costa Rica

Element or constituent determined	Analytical method	Determination limit[1] (ppm or micrograms/gram)	Analyst	Reference
Gold (Au)	Atomic absorption	0.05	R. J. Fairfield, L. S. Laudoy	Thompson and others (1968).
Mercury (Hg)	Instrument	.02	F. W. Tippitt	Modification of McNerney and others (1972) and Vaugh and McCarthy (1964).
Arsenic (As)	Colorimetric	10	R. J. Fairfield, L. S. Laudoy	Ward and others (1963).
Antimony (Sb)	Atomic absorption	2	R. J. Fairfield, L. S. Laudoy	Welsch and Chao (1975).
Zinc (Zn)	Atomic absorption	5	R. J. Fairfield, L. S. Laudoy	Modification of Viets (1978).
Bismuth (Bi)	Atomic absorption	1	R. J. Fairfield, L. S. Laudoy	Modification of Viets (1978).
Cadmium (Cd)	Atomic absorption	.05	R. J. Fairfield, L. S. Laudoy	Modification of Viets (1978).
Copper (Cu)	Atomic absorption	5	R. J. Fairfield, L. S. Laudoy	Modification of Viets (1978).
Lead (Pb)	Atomic absorption	5	R. J. Fairfield, L. S. Laudoy	Modification of Viets (1978).
Silver (Ag)	Atomic absorption	.05	R. J. Fairfield, L. S. Laudoy	Modification of Viets (1978).
Tellurium (Te)	Atomic absorption	.1	R. J. Fairfield, L. S. Laudoy	Chao and others (1978).
Thalium (Tl)	Atomic absorption	.05	R. J. Fairfield, L. S. Laudoy	Hubert and Lukin (1972).
Fluorine (F)	Specific ion electrode	100	J. Sharkey	Hopkins (1977).
Selenium (Se)	Atomic absorption	.05	E. Welsch	Sanzalone and Chao (1981).

[1] The determination limit is dependent upon sample weight. Given limits imply use of sample weight required by method. Higher limits of determination result from using less than required sample weight. Analytical results for rock samples are listed in table 10.

APENDICE A

RECOLECCION Y PREPARACION DE MUESTRAS

Se recoletaron de las minas, desechaderos de minas, prospectos y afloramientos de los distritos auríferos de Costa Rica trescientas sesenta (360) muestras de rocas como parte de un levantamiento geoquímico regional. Solo se recoletaron muestras con alteración, tiñadas por óxidos de hierro o con mineralización visible (Cuadro 5). La distribución de muestreo se efectuó para mejor describir y delinear áreas obviamente mineralizadas. Antes de analizarse, todas las muestras fueron trituradas, quebradas y pulverizadas a –0,015 mm por medio de molino con discos de cerámica.

METODOS DE ANALISIS

Las muestras de rocas fueron analizadas para 31 elementos utilizando el método de espectografía de emisión de arco por corriente directa (Grimes y Marranzino, 1968), y el análisis lo realizó E. A. Bailey. Los resultados analíticos se obtuvieron por medio de la comparación visual de los espectros derivados de las muestras colectadas contra los espectros derivados de los estandares obtenidos en base a óxidos y carbonatos puros. Los valores de las concentraciones estandares se disponen geométricamente sobre el alcance de una magnitud con los siguientes valores: 100, 50, 20, 10, etc. A las muestras cuyas concentraciones calculadas se disponen entre dichos intervalos de valores se les asignan valores de 70, 30, 15, etc. La precisión del método analítico es más o menos un intervalo de valores de concentración, al nivel de confianza de 83 por ciento y mas o menos dos intervalos de valores de concentración, al nivel de confianza de 96 por ciento (Motooka y Grimes, 1976). Los elementos analizados y sus límites de determinación bajos se presentan en el Cuadro 9. Valores determinados para los elementos mayores (hierro, magnesio, calcio y titanio) se presentan en peso por ciento; los demás se presentan en partes por millón (microgramos/gramo) en base a muestras de 10 mg de peso.

Los métodos de análisis químicos de las muestras de los distritos auríferos de Costa Rica se presentan en el Cuadro 10.

DESCRIPCION DEL CUADRO 11

El Cuadro 11 presenta los resultados analíticos de las muestras de roca colectadas en Costa Rica. Las primeras columnas presentan los números de muestras y números de mapas asignados por el U. S. Geological Survey. En las subsiguientes columnas se indican con una letra, bajo el símbolo elemental, cual método de análisis fue utilizado. La letra "s" indica análisis por el método de emisión espectográfica; "aa" indica análisis por medio de absorción atómica; "si" indica análisis por medio de electrodo iónico espicífico; "N" indica que se llevó a cabo el análisis del elemento, pero no se alcanzó el limite de determinación bajo. El símbolo "menor que" (<) indica que el elemento se observó pero su contenido es menos que el valor de reporte mínimo; el símbolo "mayor que" (>) indica que el elemento se observó y su contenido es mayor que el valor de reporte máximo. Muchos de los valores de los elementos se presentan con uno o más dígito no significtivo, hacia la derecha del dígito significativo, debido al formato usado en el programa de computadora; en realidad los métodos analíticos utilizados no tienen la exactitud que sugiere la presencia de los ceros en exceso. Las coordenas en latitud y longitud de las muestras se presentan en el Cuadro 5. Se escriben las cifras con comas en lugar de puntos para separar los grupos de mil y se escriben los numerales fraccionarios con punto en lugar de coma, según reglamiento gramático de inglés.

ANALISIS DE ROCA TOTAL

Algunas muestras principalmente libres de alteración y mineralización fueron seleccionadas para análisis de elementos mayores con métodos de fluorescencia de rayos-X de dispersión de longitud de onda (Cuadro 12). Otro grupo más grande de muestras con las mismas características fueron analizadas para elementos traza con métodos de fluorescencia de rayos-X de tipo energía dispersa (Cuadro 13).

Cuadro 9.--Límites de la determinación del análisis espectográficas de muestras de rocas de Costa Rica

[En esta obra se escriben las cifras con comas en lugar de puntos para separar los grupos de mil y se escriben los numerales fraccionarios con punto en lugar de coma, según reglamiento gramático de inglés]

Elementos	Límite de determinación bajo	Límite de determinación máximo
	Por ciento	
Hierro (Fe)	0.05	20
Magnesio (Mg)	.02	10
Calcio (Ca)	.05	20
Titanio (Ti)	.002	1
	Partes por millón (ppm)	
Manganeso (Mn)	10	5,000
Plata (Ag)	.5	5,000
Arsénico (As)	200	10,000
Oro (Au)	10	500
Boro (B)	10	2,000
Bario (Ba)	20	5,000
Berilio (Be)	1	1,000
Bismuto (Bi)	10	1,000
Cadmio (Cd)	20	500
Cobalto (Co)	5	2,000
Cromo (Cr)	10	5,000
Cobre (Cu)	5	20,000
Lantano (La)	20	1,000
Molibdeno (Mo)	5	2,000
Niobio (Nb)	20	2,000
Níquel (Ni)	5	5,000
Plomo (Pb)	10	20,000
Antimonio (Sb)	100	10,000
Escandio (Sc)	5	100
Estaño (Sn)	10	1,000
Estroncio (Sr)	100	5,000
Vanadio (V)	10	10,000
Tungsteno (W)	50	10,000
Itrio (Y)	10	2,000
Cinc (Zn)	200	10,000
Circonio (Zr)	10	1,000
Torio (Th)	100	2,000

Cuadro 10.--Límites de la determinación y métodos de análisis químicos usados para las muestras de rocas de Costa Rica

[En esta obra se escriben las cifras con comas en lugar de puntos para separar los grupos de mil y se escriben los numerales fraccionarios con punto en lugar de coma, según reglamiento gramático de inglés]

Elemento o constituyente determinado	Método analítico	Límite de determinación[1] (ppm o microgramos/gramo)	Analizó	Referencia
Oro (Au)	Absorción atómica	0.05	R. J. Fairfield, L. S. Laudoy	Thompson y otros (1968).
Mercurio (Hg)	Instrumento	.02	F. W. Tippitt	Modificado de McNerney y otros (1972) y Vaugh y McCarthy (1964).
Arsénico (As)	Colorimétrico	10	R. J. Fairfield, L. S. Laudoy	Ward y otros (1963).
Antimonio (Sb)	Absorción atómica	2	R. J. Fairfield, L. S. Laudoy	Welsch y Chao (1975).
Cinc (Zn)	Absorción atómica	5	R. J. Fairfield, L. S. Laudoy	Modificado de Viets (1978).
Bismuto (Bi)	Absorción atómica	1	R. J. Fairfield, L. S. Laudoy	Modificado de Viets (1978).
Cadmio (Cd)	Absorción atómica	.05	R. J. Fairfield, L. S. Laudoy	Modificado de Viets (1978).
Cobre (Cu)	Absorción atómica	5	R. J. Fairfield, L. S. Laudoy	Modificado de Viets (1978).
Plomo (Pb)	Absorción atómica	5	R. J. Fairfield, L. S. Laudoy	Modificado de Viets (1978).
Plata (Ag)	Absorción atómica	.05	R. J. Fairfield, L. S. Laudoy	Modificado de Viets (1978).
Telurio (Te)	Absorción atómica	.1	R. J. Fairfield, L. S. Laudoy	Chao y otros (1978).
Talio (Tl)	Absorción atómica	.05	R. J. Fairfield, L. S. Laudoy	Hubert y Lukin (1972).
Fluor (F)	Electrodo iónico espicífico	100	J. Sharkey	Hopkins (1977).
Selenio (Se)	Absorción atómica	.05	E. Welsch	Sanzalone y Chao (1981).

[1] El límite de determinación está vinculado al peso de la muestra. Límites presentados presumen uso del peso de muestra requirido para los métodos. Límites de determinación más elevados son resultado del uso de menos que el peso de muestra requirido. Los resultados de análisis de muestras de rocas se presentan en Cuadro 10.

Table 11.--Analytical data for rock samples collected from the Cordillera de Tilarán and Montes del Aguacate, Costa Rica

Cuadro 11.--Datos analíticos de las muestras de roca de la Cordillera de Tilarán y los Montes del Aguacate, Costa Rica

Sample No. / Muestra No.	Map No. / Mapa No.	Fe pcts	Mg pcts	Ca pcts	Ti pcts	Mn ppms	Ag ppms	As ppms	Au ppms	B ppms	Ba ppms	Be ppms	Bi ppms	Cd ppms	Co ppms	Cr ppms	Cu ppms	La ppms	Mo ppms	Nb ppms	Ni ppms	Pb ppms	Sb ppms
CR003AWB	300	2.00	.20	<.050	.300	500	N	N	N	10.0	1,000	1.5	N	N	7.0	N	20	20	N	N	<5.0	<10	N
CR003BWB	300	2.00	.30	<.050	.300	300	N	200	N	10.0	1,000	1.0	N	N	7.0	<10	30	N	N	N	5.0	10	<100
CR004AWB	300	5.00	<.02	<.050	.020	20	<.50	N	N	<10.0	300	1.5	N	N	N	N	20	N	N	N	<5.0	<10	N
CR005AWB	300	20.00	<.02	<.050	.010	>5,000	1.50	200	N	N	300	5.0	N	N	50.0	N	30	N	N	N	15.0	N	N
CR006AWB	300	10.00	.20	<.050	.200	5,000	5.00	200	N	<10.0	1,000	<1.0	N	N	50.0	50	150	N	N	N	15.0	10	N
CR006BWB	300	2.00	.30	<.050	1.000	500	.70	N	N	20.0	700	N	N	N	7.0	100	50	N	N	N	10.0	<10	N
CR007AWB	300	.70	.02	.050	.050	70	1.00	N	N	<10.0	700	<1.0	N	N	N	N	50	N	N	N	5.0	10	<100
CR008AWB	300	7.00	.50	<.050	.100	200	1.00	1,000	N	10.0	70	N	N	N	50.0	<10	200	N	10	N	20.0	N	<100
CR008BWB	300	5.00	1.00	.100	.500	500	<.50	N	N	15.0	500	N	N	N	20.0	70	30	N	5	N	20.0	<10	N
CR009AWB	300	.70	.07	<.050	.050	50	2.00	N	N	10.0	>5,000	<1.0	N	N	N	N	20	N	N	N	5.0	70	N
CR011BWB	369	2.00	1.50	1.500	.500	1,000	N	N	N	<10.0	1,500	<1.0	N	N	50.0	20	70	70	N	N	10.0	<10	N
CR011CWB	369	2.00	1.00	2.000	.200	1,000	N	N	N	200.0	500	N	N	N	30.0	<10	70	70	N	N	10.0	20	N
CR023AWB	368	2.00	.50	.070	.200	150	5.00	2,000	N	150.0	700	N	N	N	7.0	N	50	70	N	N	5.0	N	100
CR023CWB	369	.50	.02	<.050	.050	50	7.00	>10,000	N	50.0	100	N	N	<20	N	N	10	N	N	N	<5.0	100	100
CR023DWB	369	1.50	.30	.050	.500	200	5.00	>10,000	N	20.0	500	N	N	N	10.0	<10	50	30	N	N	15.0	N	700
CR010ARK	381	1.00	1.00	.500	.150	200	N	N	N	20.0	700	N	N	N	7.0	10	30	20	N	N	7.0	<10	N
CR014ARK	383	1.00	.70	1.000	.150	500	N	N	N	10.0	1,000	<1.0	N	N	<5.0	N	30	30	N	N	<5.0	<10	N
CR018ARK	299	.70	.10	.200	.200	100	<.50	N	N	10.0	300	N	N	N	5.0	N	20	N	N	N	5.0	N	N
CR019ARK	319	1.00	1.50	2.000	.300	500	N	N	N	30.0	1,000	N	N	N	10.0	10	50	30	<5	N	5.0	<10	N
CR022ARK	205	1.00	.50	.115	.500	300	N	N	N	10.0	1,000	N	N	N	7.0	N	15	<20	N	N	<5.0	<10	N
CR025ARK	274	1.50	1.50	1.500	.500	500	N	N	N	<10.0	500	N	N	N	15.0	150	50	<20	N	N	30.0	N	N
CR026ARK	297	2.00	1.50	.700	.300	500	N	N	N	10.0	500	N	N	N	30.0	150	50	20	N	N	50.0	N	N
CR033ARK	301	1.00	.20	.700	.100	700	N	N	N	50.0	1,000	1.0	N	N	<5.0	N	20	50	N	N	<5.0	10	N
CR034ARK	108	1.00	.05	.150	.200	50	N	N	N	50.0	100	N	N	N	N	N	7	N	N	N	<5.0	N	N
CR035ARK	298	1.00	1.00	.200	.200	300	N	N	N	20.0	700	N	N	N	10.0	15	30	N	N	N	10.0	N	N
CR036ARK	207	1.50	1.00	.700	.200	500	N	N	N	10.0	700	N	N	N	7.0	N	20	N	N	N	5.0	N	N
CR043ARK	213	2.00	1.50	1.500	.150	700	N	N	N	10.0	70	N	N	N	15.0	30	30	N	N	N	10.0	N	N
CR048ARK	168	5.00	2.00	1.500	.300	700	N	N	N	10.0	100	N	N	N	30.0	70	30	N	N	N	20.0	N	N
CR052ARK	180	1.00	.70	.700	.200	300	N	N	N	10.0	1,000	N	N	N	5.0	N	10	N	N	N	<5.0	N	N
CR053ARK	164	2.00	.70	.700	.300	300	N	N	N	20.0	1,000	N	N	N	7.0	<10	10	30	N	N	5.0	N	N
CR056ARK	133	1.00	.50	.300	.200	500	N	N	N	50.0	1,000	<1.0	N	N	<5.0	N	20	N	N	N	<5.0	<10	N
CR057ARK	118	3.00	1.50	1.000	.200	500	N	N	N	10.0	500	N	N	N	30.0	100	30	N	N	N	30.0	N	N
CR060ARK	134	3.00	.02	N	.200	50	N	N	N	10.0	50	N	N	N	10.0	20	30	N	N	N	10.0	N	N
CR061RRK	95	.70	.30	1.000	.100	200	N	N	N	N	500	1.0	N	N	5.0	<10	20	30	N	N	10.0	N	N
CR062ARK	271	2.00	1.00	1.000	.200	200	N	N	N	10.0	500	N	N	N	15.0	30	50	20	N	N	20.0	N	N
CR063ARK	237	2.00	1.50	2.000	.500	1,000	N	N	N	10.0	500	N	N	N	20.0	15	200	N	N	N	5.0	N	N
CR064ARK	238	1.00	.50	.700	.300	200	N	N	N	10.0	1,500	N	N	N	N	N	20	<20	N	N	<5.0	<10	N
CR066ARK	196	2.00	2.00	2.000	.500	700	N	N	N	<10.0	1,000	N	N	N	15.0	50	70	20	N	N	20.0	<10	N
CR067ARK	192	2.00	1.50	.500	.500	700	N	N	N	<10.0	1,000	N	N	N	10.0	50	70	30	N	N	20.0	<10	N
CR068ARK	218	2.00	.05	<.050	.500	5,000	N	N	N	10.0	500	<1.0	N	N	15.0	N	30	N	N	N	<5.0	N	N
CR068BRK	217	.10	<.02	<.050	.300	20	N	N	N	10.0	<20	<1.0	N	N	N	N	<5	N	N	N	<5.0	N	N
CR069ARK	219	5.00	2.00	2.000	.500	1,000	N	N	N	10.0	300	N	N	N	30.0	30	150	N	N	N	15.0	N	N
CR081ARK	385	3.00	2.00	2.000	.500	1,000	N	N	N	10.0	300	N	N	N	20.0	30	1,100	N	N	N	15.0	N	N
CR083ARK	317	2.00	1.50	2.000	.300	1,000	N	N	N	10.0	1,000	<1.0	N	N	10.0	N	30	30	N	N	<5.0	<10	N
CR084ARK	323	.50	.30	.200	.300	500	N	N	N	20.0	1,000	<1.0	N	N	N	N	5	70	N	N	<5.0	10	N
CR088ARK	109	1.00	.70	.500	.200	300	N	N	N	10.0	1,000	N	N	N	<5.0	N	10	N	N	N	<5.0	<10	N
CR089ARK	60	1.00	1.00	.700	.200	500	N	N	N	10.0	700	<1.0	N	N	7.0	10	30	30	N	N	5.0	<10	N
CR001ASL	220	2.00	1.50	1.500	.500	500	N	N	N	10.0	1,000	N	N	N	10.0	30	150	30	N	N	20.0	N	N
CR002ASL	236	7.00	<.02	N	.500	10	N	N	N	N	N	<1.0	N	N	N	<10	30	N	N	N	N	<10	N
CR003ASL	287	2.00	<.02	<.050	.500	<10	N	N	N	<10.0	1,000	N	N	N	N	50	50	70	<5	N	<5.0	N	N
CR005ASL	137	1.00	.70	3.000	.070	1,500	N	N	N	<10.0	100	N	N	N	5.0	N	30	N	N	N	<5.0	N	N
CR006ASL	324	.15	<.02	<.050	1.000	<10	<.50	N	N	<10.0	N	1.0	N	N	N	<10	<5	N	N	N	<5.0	N	N
CR007ASL	324	.15	<.02	<.050	>1.000	N	<.50	N	N	10.0	N	<1.0	N	N	N	10	<5	N	N	N	<5.0	N	N
CR008ASL	326	.07	<.02	<.050	.500	<10	<.50	N	N	<10.0	N	N	N	N	N	N	<5	N	N	N	<5.0	N	N
CR009ASL	321	.07	<.02	<.050	.500	10	<.50	N	N	50.0	N	N	N	N	N	N	7	N	N	N	<5.0	N	<100
CR010ASL	347	.10	<.02	<.050	.500	N	.50	N	N	10.0	1,000	N	N	N	N	<10	<5	50	N	N	<5.0	50	N
CR011ASL	270	3.00	2.00	2.000	.700	1,000	N	N	N	<10.0	500	N	N	N	15.0	70	50	N	N	N	15.0	N	N
CR012ASL	288	1.50	.70	.050	.500	200	N	N	N	150.0	1,000	N	N	N	10.0	50	200	20	<5	N	20.0	<10	N
CR013ASL	114	2.00	2.00	2.000	.500	700	N	N	N	<10.0	500	N	N	N	20.0	100	70	N	N	N	20.0	N	N
CR014ASL	242	1.50	1.00	<.050	.050	700	.70	N	N	10.0	100	N	N	N	7.0	30	30	N	N	N	50.0	500	N
CR015ASL	369	1.50	.30	.050	.500	100	20.00	2,000	N	200.0	1,000	N	N	N	15.0	20	200	30	N	N	15.0	10	100
CR016ASL	304	2.00	1.50	.200	.300	700	<.50	N	N	<10.0	200	N	N	N	7.0	<10	20	N	N	N	<5.0	N	N
CR017ASL	313	10.00	<.02	N	.200	<10	N	N	N	N	<20	N	N	N	N	10	500	N	N	N	<5.0	N	N
CR017BSL	313	3.00	<.02	.050	.300	150	N	N	N	<10.0	1,000	N	N	N	N	50	50	70	<5	N	<5.0	20	N
CR018ASL	311	5.00	<.02	<.050	.500	N	N	N	N	10.0	700	N	N	N	N	50	50	N	5	N	<5.0	10	N
CR019ASL	310	10.00	.70	<.050	.500	100	N	N	N	10.0	500	N	N	N	N	200	150	N	20	N	<5.0	<10	150
CR020ASL	59	5.00	2.00	3.000	.300	1,000	N	N	N	<10.0	700	N	N	N	10.0	20	70	N	<5	N	5.0	<10	N
CR021BSL	136	.50	.02	.050	.300	200	<.50	N	N	10.0	150	<1.0	N	N	N	30	20	N	N	N	<5.0	<10	N
CR022ASL	112	1.50	.70	1.000	.300	500	N	N	N	50.0	1,500	N	N	N	5.0	N	20	N	N	N	<5.0	<10	N
CR023ASL	121	2.00	.70	.700	.500	200	N	N	N	20.0	1,000	N	N	N	7.0	<10	30	N	N	N	5.0	<10	N
CR023BSL	121	2.00	.30	.500	.300	300	N	N	N	20.0	1,500	N	N	N	5.0	<10	20	N	N	N	<5.0	<10	N
CR024ASL	79	1.50	.30	.500	.200	200	N	N	N	20.0	1,000	N	N	N	N	N	20	20	N	N	<5.0	10	N
CR026ASL	189	1.50	.50	<.050	.300	20	N	N	N	20.0	500	<1.0	N	N	N	N	10	20	15	N	<5.0	<10	N
CR027ASL	165	3.00	2.00	1.500	.500	700	N	N	N	110.0	1,000	N	N	N	20.0	30	50	30	N	N	20.0	<10	N
CR028ASL	194	.70	<.02	<.050	.300	10	N	N	N	10.0	1,000	N	N	N	N	<10	7	50	N	N	<5.0	15	N
CR029ASL	175	.70	.50	.500	.150	200	N	N	N	N	700	N	N	N	<5.0	N	15	20	N	N	<5.0	<10	N
CR030ASL	122	.20	<.02	<.050	.300	N	<.50	N	N	10.0	100	N	N	N	N	70	5	N	7	N	<5.0	<10	N
CR031ASL	208	2.00	.30	.700	.500	2,000	N	N	N	10.0	1,000	<1.0	N	N	5.0	N	30	N	N	N	5.0	<10	N
CR032ASL	206	2.00	1.00	1.500	.300	1,000	N	N	N	N	700	<1.0	N	N	7.0	N	30	N	N	N	<5.0	N	N
CR033ASL	157	.70	<.02	<.050	.500	<10	N	N	N	10.0	500	N	N	N	N	N	5	<20	5	N	<5.0	<10	N
CR034ASL	128	1.00	.20	.100	.150	150	N	N	N	<10.0	2,000	<1.0	N	N	N	N	<5	20	N	N	<5.0	<10	N
CR034BSL	128	1.00	.50	.500	.300	150	N	N	N	10.0	1,500	N	N	N	<5.0	N	5	30	N	N	<5.0	<10	N
CR035ASL	240	2.00	<.02	.100	.500	110	N	N	N	10.0	1,500	N	N	N	N	N	50	50	<5	N	<5.0	10	N
CR036ASL	239	5.00	<.02	<.050	.500	<10	N	N	N	<10.0	1,000	N	N	N	N	<10	20	N	N	N	<5.0	<10	N
CR037ASL	210	.70	<.02	<.050	1.000	<10	N	N	N	10.0	30	N	N	N	N	<10	<5	N	N	N	<5.0	30	N
CR038ASL	303	1.50	.20	<.050	.700	30	.70	N	N	10.0	1,500	N	N	N	N	<10	200	N	N	N	<5.0	<10	N
CR039ASL	227	.70	.20	.200	.150	20	N	N	N	10.0	2,000	N	N	N	<5.0	N	5	30	N	N	<5.0	<10	N
CR040ASL	209	5.00	.50	.100	.500	200	N	N	N	10.0	1,000	N	N	N	10.0	<10	50	N	N	N	5.0	N	N
CR041ASL	177	2.00	2.00	2.000	.700	200	N	N	N	<10.0	1,000	N	N	N	10.0	70	70	20	N	N	20.0	<10	N
CR042ASL	191	2.00	2.00	2.000	.500	300	N	N	N	10.0	1,000	N	N	N	10.0	50	70	30	N	N	20.0	<10	N
CR043ASL	223	3.00	1.50	2.000	.500	300	N	N	N	10.0	300	N	N	N	15.0	10	70	N	N	N	10.0	N	N
CR044ASL	232	2.00	1.50	2.000	.300	200	N	N	N	<10.0	300	N	N	N	7.0	<10	50	N	N	N	<5.0	N	N
CR045ASL	169	7.00	.10	.050	.500	150	N	N	N	30.0	200	N	N	N	7.0	100	50	20	N	N	10.0	N	N
CR046ASL	158	2.00	1.50	2.000	.300	700	N	N	N	<10.0	500	N	N	N	10.0	100	30	N	N	N	15.0	N	N
CR047ASL	132	5.00	1.50	1.000	.500	700	N	N	N	20.0	500	N	N	N	30.0	70	150	N	N	N	30.0	N	N
CR048ASL	170	5.00	2.00	1.000	.500	700	.70	N	N	<10.0	300	N	N	N	30.0	50	30	N	N	N	20.0	N	N
CR049ASL	149	2.00	<.02	<.050	.700	15	2.00	<200	N	10.0	2,000	N	N	N	N	20	30	N	7	N	<5.0	10	<100
CR050ASL	142	.70	.30	.700	.200	100	N	N	N	<10.0	1,500	<1.0	N	N	<5.0	N	5	N	N	N	<5.0	<10	N
CR051ASL	135	1.00	.70	.700	.200	500	N	N	N	20.0	1,500	N	N	N	<5.0	N	7	N	N	N	<5.0	<10	N
CR052ASL	104	2.00	1.50	1.000	.500	700	N	N	N	20.0	1,000	N	N	N	10.0	30	70	N	N	N	7.0	N	N
CR054ASL	27	10.00	<.02	<.050	.500	15	N	N	N	N	500	N	N	N	N	15	150	30	10	N	<5.0	<10	N
CR055ASL	35	5.00	1.50	1.000	.300	700	N	N	N	10.0	1,000	N	N	N	30.0	50	100	N	N	N	15.0	<10	N
CR056ASL	29	.05	<.02	<.050	.200	110	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	5	N	N	N	N	N	N
CR058ASL	32	N	<.02	<.050	.300	<10	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
CR059ASL	80	3.00	1.00	1.000	.700	200	N	N	N	<10.0	1,500	<1.0	N	N	5.0	N	20	70	N	N	<5.0	<10	N
CR060ASL	144	2.00	1.00	.700	.200	700	N	N	N	10.0	1,000	N	N	N	7.0	<10	20	N	N	N	5.0	10	N
CR061ASL	107	1.50	.50	.500	.150	300	N	N	N	10.0	1,000	N	N	N	N	N	5	50	N	N	5.0	10	N
CR062ASL	103	1.00	.50	.700	.100	200	N	N	N	10.0	1,500	<1.0	N	N	N	N	5	N	N	N	<5.0	<10	N
CR001RSM	258	5.00	1.00	<.050	.500	1,000	N	N	N	100.0	700	<1.0	N	N	20.0	30	100	30	N	N	10.0	<10	N
CR002RSM	286	1.50	.20	<.050	.500	50	<.50	N	N	70.0	1,500	<1.0	N	N	N	20	20	30	N	N	<5.0	10	N
CR003RSM	389	7.00	<.02	.050	.200	10	N	N	N	10.0	1,000	N	N	N	30.0	50	200	20	N	N	50.0	<10	N
CR004RSM	389	15.00	.02	.100	.200	30	2.00	N	N	N	1,500	N	N	N	500.0	100	5,000	50	20	N	300.0	20	150
CR005RSM	279	2.00	.70	7.000	.020	1,500	N	N	N	10.0	200	N	N	N	7.0	N	150	N	N	N	7.0	N	N
CR006RSM	182	3.00	1.00	.050	.500	700	N	N	N	10.0	1,000	<1.0	N	N	7.0	15	30	N	N	N	<5.0	N	N
CR007RSM	139	.20	.07	.050	.100	50	15.00	N	N	10.0	300	N	N	N	<5.0	<10	20	N	15	N	5.0	100	N
CR008RSM	364	2.00	.20	<.050	.200	150	2.00	>10,000	N	100.0	700	<1.0	N	N	N	<10	30	N	N	N	5.0	10	<100
CR009RSM	364	1.50	.15	<.050	.150	150	20.00	>10,000	N	100.0	1,500	1.0	N	N	N	N	30	N	N	N	<5.0	<10	100
CR010RSM	360	.70	.05	<.050	.070	70	15.00	5,000	N	100.0	150	<1.0	N	N	N	N	20	N	N	N	5.0	<10	<100
CR011RSM	360	1.50	.05	<.050	.070	200	20.00	>10,000	<10	50.0	500	1.0	N	20	N	N	200	20	N	N	<5.0	5,000	150
CR012RSM	360	1.00	.02	N	.030	50	100.00	>10,000	N	50.0	70	<1.0	N	N	N	N	150	N	N	N	5.0	50	200
CR013RSM	370	5.00	1.00	2.000	.500	1,000	<.50	N	N	10.0	1,000	<1.0	N	N	20.0	N	70	30	<5	N	15.0	30	N
CR014RSM	283	2.00	.50	1.000	.300	1,000	N	N	N	70.0	700	<1.0	N	N	5.0	<10	50	50	N	N	<5.0	<10	N
CR015RSM	296	5.00	1.50	2.000	.500	1,000	N	N	N	15.0	700	<1.0	N	N	20.0	10	150	20	N	N	10.0	<10	N
CR016RSM	312	5.00	<.02	.050	.500	<10	N	N	N	10.0	700	N	N	N	N	70	70	N	100	N	10.0	10	N
CR017RSM	314	10.00	<.02	<.050	.300	20	N	N	N	<10.0	200	N	N	N	N	20	100	N	20	N	5.0	<10	N
CR018RSM	314	7.00	.02	.050	.300	15	N	N	N	<10.0	200	N	N	N	N	30	100	N	50	N	5.0	10	N
CR019RSM	316	2.00	<.02	.050	.500	<10	N	N	N	10.0	700	N	N	N	N	50	200	50	<5	N	7.0	15	N
CR020RSM	328	1.50	<.02	<.050	.200	20	.50	N	N	10.0	1,000	<1.0	N	N	N	20	20	70	N	N	5.0	50	N
CR021RSM	340	5.00	1.50	3.000	.500	1,500	N	N	N	10.0	1,000	N	N	N	15.0	<10	100	20	<5	N	7.0	<10	N
CR022RSM	340	3.00	1.00	2.000	.300	1,000	N	N	N	10.0	1,500	<1.0	N	N	5.0	N	50	50	<5	N	<5.0	10	N
CR023RSM	340	5.00	1.50	1.500	.300	1,000	N	N	N	10.0	200	N	N	N	15.0	50	200	20	N	N	15.0	<10	N
CR024RSM	340	5.00	1.50	2.000	.300	1,000	N	N	N	<10.0	700	1.0	N	N	15.0	50	100	50	<5	N	15.0	<10	N
CR025RSM	337	3.00	1.50	2.000	.300	1,000	N	N	N	15.0	5,000	<1.0	N	N	5.0	N	50	50	<5	N	7.0	10	N
CR026RSM	337	2.00	.15	.050	.300	200	<.50	N	N	15.0	3,000	<1.0	N	N	N	N	30	N	7	N	<5.0	<10	N

Table 11.--Analytical data for rock samples collected from the Cordillera de Tilarán and Montes del Aguacate, Costa Rica

Cuadro 11.--Datos analíticos de las muestras de roca de la Cordillera de Tilarán y los Montes del Aguacate, Costa Rica

Sc ppm s	Sn ppm s	Sr ppm s	V ppm s	W ppm s	Y ppm s	Zn ppm s	Zr ppm s	Th ppm s	Au ppm aa	Hg ppm inst	Te ppm aa	As ppm aa	Cu ppm aa	Pb ppm aa	Zn ppm aa	Ag ppm aa	Cd ppm aa	Bi ppm aa	Sb ppm aa	Tl ppm aa	F ppm si	Se ppm inst	Map No. Mapa No.	Sample No. Muestra No.
7	N	N	50.00	N	20	N	150	N	N	.02	N	10	15	5	10	N	N	N	N	.60	100	.35	300	CR003AWB
15	N	N	100.00	<50	30	N	150	N	.10	.35	N	400	45	10	5	.10	.1	N	74	.80	100	.70	300	CR003BWB
5	N	<100	20.00	N	N	700	20	N	1.90	>10.00	N	130	20	5	10	.50	N	N	8	.15	<100	.75	300	CR004AWB
N	N	N	20.00	<50	30	<200	10	N	2.90	3.00	N	420	45	5	300	3.50	.3	N	12	5.10	400	.20	300	CR005AWB
20	N	N	100.00	N	30	N	30	N	1.40	1.70	N	450	110	20	200	5.60	.2	N	12	2.80	200	.40	300	CR006AWB
20	N	N	200.00	N	15	N	70	N	.15	.60	N	60	55	N	50	.18	.1	N	2	1.10	300	.10	300	CR006BWB
<5	N	<100	20.00	N	10	N	N	N	1.00	.60	N	70	45	10	10	1.00	.1	N	2	.20	<100	.10	300	CR007AWB
10	N	N	70.00	N	10	N	15	N	.25	3.00	N	450	110	N	75	.50	1.5	N	20	4.00	700	1.00	300	CR008AWB
30	N	<100	200.00	N	15	N	70	N	.05	.10	N	40	20	N	75	.05	2.4	N	2	.75	300	N	300	CR008BWB
<5	N	<100	20.00	N	<10	N	30	N	4.00	.22	N	30	30	110	5	3.20	.9	N	4	.30	<100	2.00	300	CR009AWB
15	N	700	100.00	50	15	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	369	CR011BWB
7	N	200	100.00	N	15	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	369	CR011CWB
5	N	150	100.00	N	10	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	368	CR023AWB
N	N	<100	15.00	N	N	1,000	10	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	369	CR023CWB
10	N	100	100.00	N	<10	300	100	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	369	CR023DWB
7	N	300	50.00	N	<10	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	381	CR010ARK
5	N	700	50.00	N	10	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	383	CR014ARK
7	N	200	50.00	N	15	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	299	CR018ARK
15	N	500	70.00	N	15	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	319	CR019ARK
10	N	300	50.00	N	15	N	100	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	205	CR022ARK
15	N	200	100.00	N	<10	N	15	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	198	CR023ARK
15	N	500	100.00	N	15	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	274	CR025ARK
10	N	300	70.00	N	20	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	297	CR026ARK
5	N	500	15.00	N	30	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	301	CR033ARK
7	N	<100	15.00	N	20	N	100	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	108	CR034ARK
7	N	100	50.00	N	10	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	298	CR035ARK
7	N	300	70.00	N	10	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	207	CR036ARK
15	N	300	100.00	N	10	N	10	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	213	CR043ARK
30	N	200	150.00	N	15	N	30	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	168	CR048ARK
10	N	300	30.00	N	15	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	180	CR052ARK
10	N	300	50.00	N	30	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	164	CR053ARK
7	N	150	15.00	N	15	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	133	CR056ARK
20	N	200	100.00	N	10	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	118	CR057ARK
15	N	N	70.00	N	30	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	134	CR060ARK
5	N	200	30.00	N	10	N	20	N	N	N	N	N	45	N	20	N	N	N	N	<.05	100	N	95	CR061RRK
7	N	500	70.00	N	10	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	271	CR062ARK
20	N	500	200.00	N	15	N	30	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	237	CR063ARK
7	N	<100	30.00	N	20	N	150	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	238	CR064ARK
15	N	700	150.00	N	15	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	196	CR066ARK
15	N	300	70.00	N	15	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	192	CR067ARK
20	N	N	100.00	N	20	<200	100	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	218	CR068ARK
5	N	<100	10.00	N	<10	N	100	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	217	CR068BRK
30	N	500	150.00	N	15	N	30	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	219	CR069ARK
30	N	500	150.00	N	15	N	20	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	385	CR081ARK
10	N	700	100.00	N	20	N	100	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	317	CR083ARK
5	N	150	15.00	N	20	N	100	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	323	CR084ARK
7	N	300	30.00	N	30	N	100	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	109	CR088ARK
7	N	300	70.00	N	10	N	100	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	60	CR089ARK
10	N	500	100.00	N	30	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	220	CR001ASL
7	N	300	70.00	N	20	N	150	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	236	CR002ASL
15	N	1,000	200.00	N	<10	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	287	CR003ASL
5	N	150	50.00	N	<10	N	<10	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	137	CR005ASL
5	N	N	10.00	N	N	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	324	CR006ASL
15	N	<100	15.00	N	N	N	150	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	324	CR007ASL
<5	N	N	10.00	N	N	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	326	CR008ASL
N	N	N	10.00	N	N	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	321	CR009ASL
N	N	1,000	50.00	N	N	N	30	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	347	CR010ASL
20	N	500	150.00	N	15	N	30	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	270	CR011ASL
10	N	100	100.00	N	<10	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	288	CR012ASL
20	N	500	150.00	N	15	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	114	CR013ASL
10	N	N	300.00	N	N	500	N	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	242	CR014ASL
15	N	300	150.00	N	10	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	369	CR015ASL
20	N	300	100.00	N	10	N	20	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	304	CR016ASL
<5	N	100	100.00	N	N	N	30	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	313	CR017ASL
7	N	500	150.00	N	N	N	70	N	N	.04	.50	10	45	5	N	N	N	N	N	.05	300	1.80	313	CR017BSL
7	N	200	150.00	N	N	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	311	CR018ASL
20	N	N	200.00	N	30	N	70	N	N	.04	1.10	N	160	5	5	N	N	1	N	1.20	1,900	4.70	310	CR019ASL
20	N	500	150.00	N	20	N	70	N	N	N	N	N	100	N	60	.15	N	N	N	.10	300	.35	59	CR020ASL
15	N	1,500	100.00	N	<10	200	70	N	N	2.80	.30	<10	15	<5	N	.05	N	N	N	<.05	300	6.50	136	CR021BSL
15	N	200	50.00	N	30	N	100	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	112	CR022ASL
10	N	150	70.00	N	30	N	100	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	121	CR023ASL
10	N	200	50.00	N	20	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	121	CR023BSL
N	N	150	30.00	N	10	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	79	CR024ASL
5	N	N	30.00	N	<10	N	100	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	189	CR026ASL
15	N	700	100.00	N	15	N	100	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	165	CR027ASL
10	N	700	70.00	N	10	N	150	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	194	CR028ASL
<5	N	200	20.00	N	10	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	175	CR029ASL
15	N	1,500	150.00	N	N	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	122	CR030ASL
10	N	500	100.00	N	10	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	208	CR031ASL
10	N	300	70.00	N	10	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	206	CR032ASL
10	N	1,000	100.00	N	<10	N	100	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	157	CR033ASL
N	N	<100	15.00	N	<10	N	100	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	128	CR034ASL
<5	N	300	30.00	N	15	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	128	CR034BSL
10	N	300	150.00	N	10	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	240	CR035ASL
10	N	500	150.00	N	N	N	100	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	239	CR036ASL
10	N	700	200.00	N	<10	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	210	CR037ASL
10	N	100	1,150.00	N	10	N	100	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	303	CR038ASL
<5	N	150	20.00	N	10	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	227	CR039ASL
10	N	<100	100.00	N	<10	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	209	CR040ASL
20	N	700	1,100.00	N	15	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	177	CR041ASL
15	N	700	100.00	N	10	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	191	CR042ASL
20	N	300	100.00	N	10	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	223	CR043ASL
15	N	500	70.00	N	<10	N	20	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	232	CR044ASL
20	N	500	200.00	N	20	N	100	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	169	CR045ASL
20	N	300	100.00	N	20	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	158	CR046ASL
30	N	300	150.00	N	15	N	30	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	132	CR047ASL
20	N	200	150.00	N	15	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	170	CR048ASL
20	N	1,000	70.00	N	<10	N	100	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	149	CR049ASL
5	N	200	20.00	N	10	N	100	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	142	CR050ASL
5	N	150	20.00	N	10	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	135	CR051ASL
20	N	200	100.00	N	20	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	104	CR052ASL
20	N	700	150.00	N	N	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	27	CR054ASL
20	N	300	100.00	N	15	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	35	CR055ASL
N	N	N	<10.00	N	N	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	29	CR056ASL
N	N	N	<10.00	N	N	N	30	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	32	CR058ASL
15	N	500	100.00	N	30	N	100	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	80	CR059ASL
7	N	200	70.00	N	10	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	144	CR060ASL
N	N	200	15.00	N	10	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	107	CR061ASL
<5	N	200	15.00	N	10	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	103	CR062ASL
20	N	N	150.00	N	30	N	100	N	N	.02	.25	N	50	N	50	.10	N	N	N	.20	400	1.10	258	CR001RSM
30	N	200	100.00	N	20	N	150	N	N	.12	.70	50	20	5	N	.20	N	N	N	.60	300	6.00	286	CR002RSM
7	N	2,000	100.00	N	N	N	30	N	N	.16	N	N	75	N	20	.15	N	N	50	.20	200	5.00	389	CR003RSM
10	N	5,000	100.00	N	<10	N	50	N	.05	.45	N	50	1,000	5	20	1.00	.3	N	N	.70	500	48.00	389	CR004RSM
7	N	500	50.00	N	10	N	N	N	N	.02	N	N	110	N	15	.05	.2	N	N	N	<100	1.30	279	CR005RSM
20	N	100	100.00	N	30	N	100	N	N	<.02	.90	N	30	N	35	.05	N	N	N	.20	300	4.40	182	CR006RSM
7	N	N	70.00	N	<10	N	N	N	1.60	.02	1.60	N	35	110	60	17.00	1.2	1	N	.40	100	1.40	139	CR007RSM
7	N	100	100.00	N	<10	N	70	N	4.20	.04	.05	50	30	20	35	3.60	.3	N	84	3.00	400	.50	364	CR008RSM
7	N	<100	70.00	N	<10	N	50	N	4.30	.02	.10	50	30	5	20	14.00	.2	N	72	.65	300	.65	364	CR009RSM
N	N	N	30.00	N	N	N	20	N	.80	.02	.05	500	35	5	20	14.00	.5	N	30	.35	100	.30	360	CR010RSM
5	N	<100	50.00	N	<10	5,000	30	N	11.00	.12	.55	520	120	>1,000	>2,000	23.00	84.0	N	240	1.30	200	17.00	360	CR011RSM
<5	N	N	15.00	N	N	500	15	N	4.80	<.02	.05	500	100	100	190	51.00	2.2	N	210	.30	<100	3.80	360	CR012RSM
20	N	1,000	150.00	N	20	N	100	N	N	.02	N	50	90	N	40	.15	.1	N	N	.05	300	.10	370	CR013RSM
15	N	300	100.00	N	30	N	100	N	N	<.02	N	80	40	N	90	N	.3	N	N	.75	200	.60	283	CR014RSM
30	N	1,500	300.00	N	15	N	70	N	N	<.02	.20	20	110	N	120	N	.1	N	N	.05	300	.25	296	CR015RSM
7	<10	300	200.00	N	N	N	70	N	N	<.02	.80	20	45	N	N	N	N	1	N	N	900	30.00	312	CR016RSM
10	N	500	200.00	N	N	N	50	N	N	<.02	.40	20	75	N	20	N	N	N	N	.05	600	3.20	314	CR017RSM
15	N	700	200.00	N	N	N	50	N	N	<.02	1.90	30	100	N	10	N	N	N	N	N	1,200	7.20	314	CR018RSM
10	N	700	200.00	N	N	N	100	N	N	<.02	1.00	10	230	N	N	N	N	N	N	N	700	24.00	316	CR019RSM
<5	N	500	100.00	N	N	N	70	N	N	<.02	.80	90	5	5	N	.05	.1	N	2	N	200	4.40	328	CR020RSM
20	N	2,000	200.00	N	20	N	100	N	N	<.02	<.05	<10	100	N	65	.10	.1	N	N	.05	500	.25	340	CR021RSM
10	N	1,000	70.00	N	20	N	100	N	N	<.02	N	<10	35	<5	80	.10	.1	N	N	.35	500	.25	340	CR022RSM
20	N	500	200.00	N	20	N	70	N	N	<.02	<.05	<10	120	5	45	.15	.1	N	N	.60	800	3.10	340	CR023RSM
20	N	1,000	150.00	N	15	N	150	N	N	<.02	.10	N	150	<5	35	.10	.1	N	N	.05	1,100	1.50	340	CR024RSM
7	N	500	100.00	N	15	N	100	N	N	<.02	N	10	35	5	70	.10	.1	N	N	.20	400	.15	337	CR025RSM
<5	N	200	30.00	N	<10	N	150	N	N	<.02	.25	50	10	5	<5	.25	N	N	N	.15	100	1.00	337	CR026RSM

Table 11.--Analytical data for rock samples collected from the Cordillera de Tilarán and Montes del Aguacate, Costa Rica--Continued

Cuadro 11.--Datos analíticos de las muestras de roca de la Cordillera de Tilarán y los Montes del Aguacate, Costa Rica--Continua

Sample No. / Muestra No.	Map No. / Mapa No.	Fe pct s	Mg pct s	Ca pct s	Ti pct s	Mn ppm s	Ag ppm s	As ppm s	Au ppm s	B ppm s	Ba ppm s	Be ppm s	Bi ppm s	Cd ppm s	Co ppm s	Cr ppm s	Cu ppm s	La ppm s	Mo ppm s	Nb ppm s	Ni ppm s	Pb ppm s	Sb ppm s
CR027RSM	337	3.00	.50	.100	.300	100	N	N	N	100.0	3,000	<1.0	N	N	<5.0	N	20	50	5	N	<5.0	10	N
CR028RSM	355	1.50	.20	.050	.150	>5,000	10.00	<200	N	50.0	700	N	N	<20	5.0	N	150	N	N	N	<5.0	30	N
CR029RSM	355	<.05	.10	.070	<.002	>5,000	3.00	N	N	<10.0	100	<1.0	N	N	10.0	N	10	100	N	N	<5.0	N	N
CR030RSM	355	5.00	.70	.200	.200	>5,000	10.00	N	N	20.0	1,000	N	N	50	50.0	20	1,000	N	N	N	<5.0	100	N
CR031RSM	355	.70	.20	.050	.015	>5,000	50.00	N	N	20.0	200	<1.0	N	70	30.0	N	1,000	100	N	N	5.0	2,000	N
CR032RSM	355	<.05	.02	<.050	.002	500	20.00	N	N	10.0	<20	N	N	N	N	N	30	N	N	N	5.0	50	N
CR033RSM	355	.20	.10	.200	.007	>5,000	2.00	N	N	<10.0	300	<1.0	N	N	15.0	N	50	100	N	N	<5.0	50	N
CR034RSM	355	3.00	.30	.100	.200	1,500	1.00	N	N	15.0	1,500	N	N	N	N	N	10	50	N	N	5.0	10	N
CR035RSM	352	5.00	1.00	2.000	.300	1,000	.50	N	N	10.0	1,500	1.0	N	N	10.0	<10	50	70	N	N	5.0	10	N
CR036RSM	350	5.00	1.50	3.000	.500	1,000	N	N	N	10.0	700	N	N	N	20.0	100	50	50	<5	N	20.0	<10	N
CR037RSM	350	.30	.20	3.000	.010	>5,000	10.00	N	N	10.0	200	N	N	<20	7.0	<10	70	N	<5	N	<5.0	200	N
CR038RSM	345	1.00	.10	<.050	.007	>5,000	50.00	N	N	<10.0	700	<1.0	N	N	10.0	N	200	N	N	N	5.0	30	N
CR039RSM	345	10.00	.50	<.050	.500	5,000	10.00	<200	N	50.0	500	<1.0	N	N	N	20	200	N	N	N	<5.0	30	<100
CR040RSM	345	.10	.15	.050	.005	>5,000	10.00	N	N	10.0	700	1.5	N	<20	<5.0	N	150	N	N	N	7.0	30	N
CR041RSM	345	.15	.05	<.050	.007	>5,000	50.00	N	N	<10.0	200	<1.0	N	<20	15.0	N	500	N	N	N	5.0	100	N
CR042RSM	345	1.00	.10	<.050	.100	>5,000	150.00	<200	N	10.0	3,000	<1.0	N	N	<5.0	N	500	N	N	N	10.0	700	200
CR043RSM	351	5.00	1.50	2.000	.300	1,500	1.00	N	N	10.0	700	N	N	N	10.0	20	30	30	<5	N	10.0	10	N
CR044RSM	351	7.00	.70	.200	.500	>5,000	7.00	300	N	20.0	1,500	1.0	N	N	30.0	15	50	50	<5	N	15.0	10	<100
CR045RSM	351	7.00	1.50	.300	.700	5,000	3.00	300	N	50.0	500	<1.0	N	N	20.0	10	100	50	N	N	10.0	15	N
CR046RSM	351	3.00	.30	.100	.300	>5,000	300.00	200	N	20.0	1,000	<1.0	N	N	7.0	<10	1,000	N	N	N	10.0	1,000	100
CR047RSM	351	.20	.07	.050	.015	>5,000	500.00	<200	30	10.0	300	<1.0	N	N	N	N	200	N	<5	N	<5.0	500	500
CR048RSM	351	3.00	.20	.100	.200	5,000	20.00	200	N	10.0	1,000	<1.0	N	N	7.0	10	150	20	5	N	5.0	15	<100
CR049RSM	351	5.00	.70	.150	.500	5,000	15.00	1,000	N	20.0	3,000	<1.0	N	N	20.0	20	300	100	5	N	10.0	30	N
CR050RSM	351	1.50	.07	<.050	.150	>5,000	30.00	300	N	20.0	1,500	<1.0	N	N	10.0	N	150	N	<5	N	5.0	200	<100
CR051RSM	351	5.00	.50	.050	.300	5,000	7.00	1,000	N	20.0	1,500	<1.0	N	N	20.0	50	200	N	N	N	20.0	10	N
CR052RSM	351	1.00	.20	.200	.100	>5,000	70.00	<200	N	15.0	1,500	<1.0	N	N	10.0	N	150	N	N	N	7.0	50	<100
CR053RSM	351	5.00	1.00	.150	.500	>5,000	7.00	1,000	N	100.0	1,500	<1.0	N	N	15.0	50	200	70	N	N	7.0	30	<100
CR054RSM	351	7.00	1.50	.300	.300	5,000	1.00	<200	N	20.0	1,000	<1.0	N	N	50.0	70	150	50	N	N	30.0	<10	<100
CR055RSM	351	5.00	1.50	.500	.300	1,500	1.00	N	N	20.0	2,000	<1.0	N	N	10.0	<10	30	70	N	N	7.0	<10	N
CR056RSM	351	5.00	.70	.300	.500	5,000	15.00	700	N	100.0	2,000	<1.0	N	N	15.0	30	200	70	N	N	10.0	100	<100
CR057RSM	351	2.00	.05	<.050	.100	2,000	15.00	300	N	20.0	1,000	N	N	N	20.0	<10	150	N	N	N	10.0	15	<100
CR058RSM	357	2.00	1.00	5.000	.200	5,000	15.00	<200	N	10.0	700	<1.0	N	N	5.0	<10	150	20	N	N	5.0	150	N
CR059RSM	357	1.00	.30	1.000	.100	>5,000	30.00	<200	N	20.0	500	<1.0	N	N	<5.0	<10	70	N	<5	N	<5.0	100	N
CR060RSM	390	5.00	1.00	.150	.500	1,000	1.50	<200	N	10.0	500	N	N	N	30.0	200	100	50	5	20	100.0	N	N
CR061RSM	390	.50	.02	<.050	.150	700	N	<200	N	20.0	100	N	N	N	50.0	20	15	50	<5	N	50.0	N	N
CR062RSM	346	1.50	<.02	<.050	.200	100	5.00	200	N	20.0	2,000	<1.0	N	N	N	<10	50	N	<5	N	<5.0	10	N
CR063RSM	349	5.00	.50	.300	.300	1,500	1.50	700	N	30.0	1,500	<1.0	N	N	20.0	<10	100	30	N	N	10.0	<10	N
CR064RSM	356	5.00	1.00	1.000	.300	700	N	N	N	<10.0	500	N	N	N	20.0	50	150	30	<5	N	20.0	<10	N
CR065RSM	356	7.00	.70	.050	.500	2,000	1.50	N	N	100.0	1,500	<1.0	N	N	50.0	30	150	50	7	N	10.0	20	N
CR066RSM	356	3.00	1.00	<.050	.300	500	<.50	N	N	100.0	1,500	<1.0	N	N	<5.0	10	20	50	7	N	<5.0	10	N
CR067RSM	356	5.00	.70	<.050	.300	500	1.50	N	N	100.0	1,000	<1.0	N	N	<5.0	30	150	30	20	N	<5.0	100	N
CR068RSM	356	2.00	.70	<.050	.300	1,500	7.00	N	N	50.0	1,500	N	N	N	15.0	10	300	50	<5	N	<5.0	100	N
CR069RSM	356	10.00	.02	<.050	.100	100	70.00	10,000	N	<10.0	700	N	20	<20	N	N	500	N	<5	N	<5.0	200	1,000
CR070RSM	356	7.00	.70	<.050	.500	500	5.00	N	N	50.0	5,000	N	N	N	N	20	100	50	N	N	<5.0	50	N
CR071RSM	361	5.00	1.00	.500	.200	1,500	150.00	<200	N	10.0	150	N	15	30	15.0	50	3,000	N	N	N	10.0	3,000	150
CR072RSM	361	3.00	1.00	2.000	.200	>5,000	15.00	N	N	10.0	700	N	N	<20	10.0	20	500	N	N	N	10.0	1,000	N
CR073RSM	361	.70	.30	1.000	.150	>5,000	15.00	N	N	15.0	300	N	N	N	N	<10	50	N	N	N	5.0	30	N
CR074RSM	361	10.00	.50	1.000	.010	>5,000	500.00	300	N	N	700	1.0	N	30	N	N	5,000	N	N	N	<5.0	7,000	N
CR075RSM	361	7.00	.70	1.500	.050	>5,000	150.00	<200	N	<10.0	700	1.0	N	20	15.0	N	5,000	N	N	N	7.0	5,000	N
CR076RSM	248	5.00	.20	<.050	.300	700	1.50	N	N	20.0	200	<1.0	N	N	7.0	20	100	N	N	N	15.0	30	N
CR077RSM	248	1.50	.50	.500	.200	1,000	2.00	N	N	50.0	2,000	1.0	N	N	<5.0	N	50	200	N	N	<5.0	20	N
CR078RSM	254	2.00	.30	<.050	.300	500	1.00	<200	N	20.0	300	<1.0	N	N	7.0	70	30	N	<5	N	5.0	10	N
CR079RSM	255	5.00	.20	<.050	.200	300	10.00	N	N	<10.0	3,000	N	N	N	N	<10	200	N	N	N	7.0	100	N
CR080RSM	254	5.00	.20	<.050	.300	200	1.50	<200	N	20.0	1,500	<1.0	N	N	N	20	50	N	N	N	<5.0	100	N
CR081RSM	254	3.00	.02	<.050	.300	100	1.00	<200	N	<10.0	5,000	N	N	N	N	10	30	N	<5	N	5.0	200	N
CR082RSM	254	3.00	.10	.050	.300	1,000	10.00	N	N	10.0	3,000	N	N	<20	<5.0	70	500	N	15	N	5.0	1,500	N
CR083RSM	256	20.00	.20	<.050	.300	150	N	N	N	N	300	<1.0	N	N	30.0	50	200	N	<5	N	30.0	<10	N
CR084RSM	256	15.00	.50	<.050	.300	500	N	N	N	15.0	300	N	N	N	15.0	50	50	N	<5	N	15.0	10	N
CR085RSM	256	2.00	.50	.070	.500	500	1.00	N	N	10.0	500	N	N	N	5.0	N	30	50	N	N	<5.0	<10	N
CR086RSM	261	10.00	1.00	<.050	.300	1,000	3.00	700	N	20.0	500	N	N	N	10.0	30	100	N	10	N	10.0	10	100
CR087RSM	252	10.00	1.00	2.000	.300	2,000	<.50	N	N	10.0	300	N	N	N	30.0	10	70	N	20	N	15.0	20	N
CR088RSM	257	5.00	.05	<.050	.050	1,000	7.00	700	N	10.0	200	1.0	N	N	5.0	N	30	N	N	N	<5.0	N	<100
CR089RSM	257	5.00	.30	.050	.300	1,500	1.50	<200	N	20.0	700	<1.0	N	N	20.0	10	50	N	N	N	7.0	<10	N
CR090RSM	257	5.00	.05	<.050	.070	700	7.00	200	N	15.0	200	<1.0	N	<20	5.0	N	70	N	N	N	5.0	30	N
CR091RSM	257	5.00	.07	.050	.100	200	2.00	500	N	15.0	300	<1.0	N	N	7.0	N	100	N	N	N	5.0	<10	N
CR092RSM	253	10.00	.30	.050	.200	150	N	N	N	10.0	300	<1.0	N	N	30.0	<10	200	N	7	N	7.0	<10	N
CR093RSM	253	10.00	.10	<.050	.150	30	.70	300	N	10.0	200	N	N	N	N	20	100	N	20	N	<5.0	N	N
CR094RSM	260	7.00	.30	<.050	.300	200	<.50	<200	N	20.0	700	N	N	N	5.0	30	70	N	N	N	7.0	<10	N
CR095RSM	260	5.00	.70	<.050	.300	200	N	N	N	30.0	700	N	N	N	7.0	50	20	N	N	N	5.0	N	N
CR096RSM	260	5.00	.30	<.050	.500	50	N	N	N	20.0	700	N	N	N	N	50	30	N	<5	N	5.0	<10	N
CR097RSM	265	5.00	1.50	.070	.500	500	1.00	N	N	20.0	500	N	N	N	10.0	50	30	N	<5	N	7.0	<10	N
CR098RSM	265	20.00	.50	.070	.100	1,500	1.00	3,000	N	N	150	1.0	N	<20	50.0	<10	200	N	<5	N	7.0	<10	150
CR099RSM	264	1.50	.30	>20.000	.010	>5,000	N	200	N	<10.0	300	<1.0	N	N	<5.0	N	5	N	N	N	N	N	N
CR100RSM	189	10.00	.70	.050	.200	500	N	N	N	50.0	1,000	1.0	N	N	15.0	<10	70	30	15	N	<5.0	10	N
CR101RSM	189	7.00	1.00	.050	.300	500	N	N	N	20.0	1,000	1.0	N	N	10.0	<10	50	50	15	N	<5.0	15	N
CR102RSM	189	10.00	.50	<.050	.500	100	N	N	N	500.0	500	<1.0	N	N	N	20	100	70	10	20	<5.0	<10	N
CR103RSM	189	10.00	1.00	<.050	.500	150	N	N	N	>2,000.0	500	<1.0	N	N	N	50	30	100	20	<20	<5.0	10	N
CR104RSM	195	2.00	<.02	.150	.500	20	N	N	N	10.0	2,000	N	N	N	N	<10	30	30	5	N	<5.0	30	N
CR105RSM	195	10.00	<.02	.300	.300	50	N	N	N	10.0	1,500	N	N	N	N	10	20	50	10	N	<5.0	10	N
CR106RSM	195	10.00	<.02	<.050	.200	150	N	N	N	<10.0	1,500	N	N	N	N	N	7	50	5	N	<5.0	10	N
CR107RSM	325	.30	<.02	<.050	1.000	50	.50	N	N	10.0	<20	N	N	N	N	15	<5	N	N	N	<5.0	N	N
CR108RSM	325	>20.00	<.02	<.050	.300	200	<.50	N	N	N	300	N	N	N	N	<10	200	50	N	N	<5.0	N	N
CR109RSM	322	15.00	.10	<.050	.500	100	N	N	N	20.0	700	N	N	N	<5.0	20	150	N	N	N	10.0	<10	N
CR110RSM	359	1.50	<.02	<.050	.500	10	N	N	N	<10.0	100	N	N	N	N	15	5	N	N	N	<5.0	<10	N
CR111RSM	342	1.00	.05	<.050	.200	100	5.00	700	N	10.0	1,000	<1.0	N	N	N	10	10	N	N	N	<5.0	<10	N
CR112RSM	342	1.00	.05	<.050	.150	100	10.00	1,000	N	10.0	1,000	<1.0	N	N	N	10	20	N	N	N	<5.0	<10	N
CR113RSM	343	1.00	.20	.050	.150	200	2.00	N	N	10.0	500	<1.0	N	N	5.0	<10	20	N	<5	N	5.0	<10	N
CR114RSM	343	5.00	1.50	2.000	.300	500	.50	N	N	10.0	500	N	N	N	20.0	20	70	30	5	N	15.0	10	N
CR115RSM	363	1.00	.20	2.000	.010	>5,000	150.00	N	N	<10.0	500	<1.0	N	50	N	N	1,000	N	N	N	N	3,000	N
CR116RSM	211	5.00	.07	<.050	.200	150	2.00	N	N	10.0	1,000	N	N	N	5.0	30	50	N	7	N	5.0	10	N
CR117RSM	211	.20	<.02	<.050	.003	300	1.00	N	N	10.0	100	<1.0	N	N	N	N	7	N	10	N	<5.0	<10	N
CR118RSM	211	1.50	.10	<.050	.300	30	<.50	N	N	<10.0	700	N	N	N	N	50	50	N	N	N	5.0	<10	N
CR119RSM	199	5.00	<.02	<.050	.300	50	N	N	N	<10.0	<20	N	N	N	N	30	30	N	N	N	<5.0	<10	N
CR120RSM	200	10.00	<.02	<.050	.200	30	N	N	N	N	<20	N	N	N	N	30	30	N	N	N	<5.0	N	N
CR121RSM	215	.15	.02	<.050	.500	20	N	N	N	15.0	70	N	N	N	N	50	<5	N	N	N	<5.0	50	N
CR122RSM	215	5.00	1.00	1.500	.200	1,000	N	N	N	10.0	500	N	N	N	10.0	30	50	N	<5	N	10.0	<10	N
CR123RSM	215	1.00	<.02	<.050	.300	20	<.50	N	N	10.0	3,000	N	N	N	N	30	100	N	<5	N	<5.0	30	N
CR124RSM	83	.50	<.02	<.050	.200	100	2.00	N	N	<10.0	100	<1.0	<10	N	N	<10	10	N	7	N	<5.0	10	<100
CR125RSM	244	10.00	.15	<.050	.015	200	15.00	<200	N	<10.0	100	N	N	100	N	N	1,500	N	N	N	<5.0	5,000	N
CR126RSM	244	.50	.05	.100	<.002	1,000	5.00	N	N	10.0	N	N	N	70	N	N	300	N	N	N	<5.0	2,000	N
CR127RSM	244	5.00	2.00	.050	.200	2,000	1.50	N	N	<10.0	700	N	N	<20	30.0	70	150	N	N	N	20.0	70	N
CR128RSM	244	2.00	.10	<.050	.100	500	3.00	N	N	10.0	1,000	N	N	N	7.0	20	30	N	N	N	5.0	200	N
CR129RSM	243	10.00	.05	N	.100	30	N	N	N	<10.0	300	<1.0	N	N	N	N	50	N	N	N	<5.0	20	N
CR130RSM	187	.70	.07	.200	.050	150	2.00	N	N	10.0	700	<1.0	N	N	N	N	10	N	N	N	<5.0	15	N
CR131RSM	183	.50	.07	<.050	.070	200	1.50	N	N	20.0	500	<1.0	N	N	<5.0	<10	7	N	N	N	<5.0	<10	N
CR132RSM	183	3.00	.20	.050	.300	100	1.00	N	N	10.0	1,000	<1.0	N	N	<5.0	10	30	N	N	N	20.0	10	N
CR133RSM	183	3.00	.50	.100	.200	500	2.00	N	N	10.0	3,000	<1.0	N	N	10.0	<10	50	N	N	N	5.0	20	N
CR134RSM	193	3.00	.05	.050	<.002	200	20.00	300	N	10.0	50	<1.0	N	20	N	N	700	N	5	N	<5.0	200	<100
CR135RSM	145	.70	.15	.100	.050	1,500	1.50	N	N	<10.0	500	<1.0	N	N	N	N	500	N	N	N	<5.0	50	N
CR136RSM	145	3.00	.70	.200	.150	2,000	2.00	N	N	10.0	1,000	N	N	<20	7.0	15	1,000	N	<5	N	10.0	500	N
CR137RSM	20	1.50	<.02	<.050	1.000	150	1.50	N	N	10.0	1,000	N	20	N	N	N	30	N	<5	N	<5.0	10	<100
CR138RSM	31	1.00	<.02	<.050	.300	100	<.50	<200	N	100.0	20	N	N	N	N	N	30	N	<5	N	<5.0	N	100
CR139RSM	31	3.00	<.02	<.050	.300	30	N	N	N	20.0	50	N	N	N	N	10	20	N	<5	N	<5.0	<10	<100
CR140RSM	13	2.00	.10	.100	.150	150	1.50	N	N	20.0	150	N	N	N	N	20	70	N	10	N	7.0	N	N
CR141RSM	13	5.00	.70	<.050	.500	150	1.50	N	N	10.0	500	N	N	N	N	100	70	N	15	N	5.0	10	N
CR142RSM	13	.20	.02	<.050	.010	100	<.50	N	N	10.0	<20	N	N	N	N	N	7	N	N	N	<5.0	N	N
CR143RSM	13	3.00	1.00	<.050	.150	700	<.50	N	N	10.0	300	N	N	N	10.0	50	100	N	N	N	30.0	<10	N
CR144RSM	18	1.00	.20	.300	.150	150	5.00	N	N	15.0	50	<1.0	N	<20	<5.0	20	100	N	10	N	10.0	70	N
CR145RSM	18	3.00	1.50	.050	.300	1,500	N	N	N	10.0	700	N	N	N	15.0	70	50	N	N	N	30.0	<10	N
CR146RSM	18	.70	.30	.200	.010	500	20.00	N	30	10.0	50	<1.0	N	N	N	N	50	N	7	N	5.0	15	N
CR147RSM	18	1.00	.30	.100	.150	200	1.00	N	N	15.0	100	<1.0	N	N	N	<10	30	N	15	N	5.0	10	N
CR148RSM	18	.50	.50	1.000	.002	1,000	7.00	N	<10	10.0	70	<1.0	N	<20	N	N	30	N	N	N	5.0	100	N
CR149RSM	18	2.00	.70	.500	.150	700	N	N	N	15.0	100	N	N	N	10.0	20	150	N	N	N	20.0	N	N
CR150RSM	23	3.00	.02	.050	.500	50	.50	<200	N	10.0	500	N	N	N	N	10	100	N	5	N	<5.0	100	200
CR151RSM	16	1.00	.20	.070	.150	300	<.50	N	N	10.0	1,500	<1.0	N	N	N	N	5	<20	N	N	5.0	10	N
CR152RSM	16	7.00	1.50	2.000	.300	1,000	N	N	N	10.0	300	N	N	N	20.0	70	100	N	N	N	30.0	N	N
CR153RSM	162	10.00	.15	.300	.700	200	N	N	N	10.0	1,500	N	N	N	7.0	70	100	150	N	N	10.0	15	N
CR154RSM	163	2.00	.02	<.050	.300	150	N	N	N	10.0	1,000	N	N	N	N	<10	50	N	<5	N	<5.0	N	N
CR155RSM	163	2.00	.50	1.000	.150	500	N	N	N	50.0	1,500	<1.0	N	N	<5.0	N	20	50	5	N	5.0	<10	N
CR156RSM	61	.50	.07	.050	.050	100	10.00	N	N	10.0	1,000	<1.0	N	N	N	<10	7	N	200	N	<5.0	30	<100
CR157RSM	69	1.00	.10	.050	.050	300	15.00	<200	N	10.0	1,500	<1.0	N	N	<5.0	<10	20	N	70	N	5.0	10	<100
CR158RSM	67	15.00	.05	<.050	.100	2,000	20.00	300	N	<10.0	1,000	<1.0	N	N	100.0	<10	200	N	7	N	20.0	20	200
CR159RSM	67	15.00	.10	<.050	.150	700	15.00	2,000	N	10.0	300	<1.0	N	N	30.0	10	100	N	15	N	5.0	50	1,000
CR160RSM	65	.50	<.02	<.050	.002	50	<.50	N	N	10.0	70	<1.0	N	N	N	N	5	N	<5	N	<5.0	N	N

Table 11.--Analytical data for rock samples collected from the Cordillera de Tilarán and Montes del Aguacate, Costa Rica--Continued

Cuadro 11.--Datos analíticos de las muestras de roca de la Cordillera de Tilarán y los Montes del Aguacate, Costa Rica--Continua

Sc ppm s	Sn ppm s	Sr ppm s	V ppm s	W ppm s	Y ppm s	Zn ppm s	Zr ppm s	Th ppm s	Au ppm aa	Hg ppm inst	Te ppm aa	As ppm aa	Cu ppm aa	Pb ppm aa	Zn ppm aa	Ag ppm aa	Cd ppm aa	Bi ppm aa	Sb ppm aa	Tl ppm aa	F ppm si	Se ppm inst	Map No. Mapa No.	Sample No. Muestra No.
5	N	N	70.00	N	10	N	150	N	N	<.02	N	50	10	10	15	.20	.1	N	2	.45	500	1.60	337	CR027RSM
<5	N	<100	70.00	N	<10	300	20	N	.25	<.02	.75	140	230	55	350	13.00	2.0	N	10	.85	100	.40	355	CR028RSM
N	N	500	50.00	N	N	200	N	N	N	<.02	.95	40	10	5	180	2.70	.2	N	2	.10	<100	.05	355	CR029RSM
15	N	700	200.00	N	10	1,000	50	N	N	.04	2.70	60	>1,000	160	1,400	11.00	37.0	N	2	.65	200	2.00	355	CR030RSM
<5	N	300	100.00	N	<10	5,000	10	N	.10	<.02	10.00	80	>1,000	>1,000	>2,000	42.00	50.0	N	24	.15	100	.85	355	CR031RSM
N	N	N	<10.00	N	N	N	N	N	.30	<.02	11.00	N	60	410	650	45.00	.3	N	2	N	<100	.45	355	CR032RSM
N	N	500	100.00	N	N	500	<10	N	.10	<.02	.45	70	60	65	100	2.10	.9	N	N	.25	<100	.40	355	CR033RSM
N	N	300	70.00	N	10	N	100	N	.05	<.02	.20	140	5	10	35	.90	.1	N	N	.05	100	.70	355	CR034RSM
7	N	1,500	150.00	N	20	N	100	N	N	<.02	.30	40	40	5	80	.10	.1	N	N	N	400	.80	352	CR035RSM
20	N	1,500	200.00	N	20	N	100	N	N	.85	N	N	45	5	530	.10	.1	N	N	N	700	N	350	CR036RSM
N	N	200	50.00	N	N	300	N	N	<.05	.12	1.00	20	130	540	160	13.00	2.6	N	8	<.05	100	.20	350	CR037RSM
N	N	200	50.00	N	N	<200	N	N	N	.36	1.60	70	350	140	160	57.00	2.1	N	26	N	<100	.25	345	CR038RSM
20	N	N	200.00	N	<10	N	70	N	.17	.60	4.30	370	260	50	140	9.30	.1	N	88	.15	600	5.10	345	CR039RSM
N	N	200	50.00	N	N	N	15	N	N	.04	.15	70	220	70	140	9.00	1.5	N	36	N	100	.25	345	CR040RSM
N	N	300	50.00	N	N	1,000	N	N	.20	.14	2.70	90	750	370	1,000	75.00	2.7	N	170	.20	100	2.80	345	CR041RSM
5	N	300	70.00	N	<10	300	20	N	.60	.06	20.00	350	500	>1,000	340	>100.00	2.4	N	550	.60	100	1.00	345	CR042RSM
15	N	700	150.00	N	15	N	70	N	N	N	.20	N	40	5	40	.85	.1	N	2	N	500	.05	351	CR043RSM
20	N	200	200.00	N	20	200	70	N	.05	.08	.25	1,000	50	30	140	9.50	1.4	N	40	1.50	400	.25	351	CR044RSM
30	N	150	300.00	N	30	<200	100	N	.10	.02	.15	1,000	100	15	200	3.70	.8	N	30	1.70	700	.60	351	CR045RSM
10	N	200	150.00	N	10	500	70	N	6.20	.28	25.00	520	>1,000	>1,000	530	>100.00	2.6	N	120	1.00	400	.70	351	CR046RSM
N	N	100	20.00	N	N	<200	<10	N	100.00	.06	10.00	70	170	480	110	>100.00	.8	N	500	.15	<100	.50	351	CR047RSM
10	N	100	200.00	N	10	N	70	N	1.80	1.50	1.30	600	150	15	100	26.00	.4	N	22	1.70	100	.25	351	CR048RSM
20	N	300	300.00	N	30	300	150	N	1.10	.06	.50	>2,000	490	25	310	13.00	.8	N	14	3.30	500	.40	351	CR049RSM
<5	N	100	100.00	N	<10	200	50	N	11.20	.08	3.80	530	180	380	170	35.00	1.1	N	14	2.20	200	.50	332	CR050RSM
<5	N	100	100.00	N	<10	200	50	N	11.20	.08	3.80	530	180	380	170	35.00	1.1	N	14	2.20	200	.50	351	CR050RSM
30	N	100	500.00	N	20	<200	100	N	.50	.08	.35	>2,000	270	15	160	12.00	.2	N	16	2.20	500	.50	351	CR051RSM
5	N	700	100.00	N	<10	200	30	N	.80	.02	.75	230	210	70	170	60.00	.5	N	8	1.40	200	.10	351	CR052RSM
30	N	700	300.00	N	20	<200	100	N	.60	.06	2.80	1,400	240	35	150	7.10	.5	N	28	2.20	500	.45	351	CR053RSM
30	N	200	200.00	N	20	<200	70	N	N	<.02	.15	390	200	5	90	1.40	.1	N	2	.85	700	.15	351	CR054RSM
15	N	500	200.00	N	30	N	150	N	N	<.02	.05	20	20	N	100	.85	.1	N	N	1.85	700	N	351	CR055RSM
20	N	500	300.00	N	20	200	100	N	.60	.08	3.80	1,100	420	100	200	14.00	.7	N	24	.80	500	.65	351	CR056RSM
5	N	<100	70.00	N	N	N	20	N	4.50	.08	1.10	900	230	20	80	23.00	.2	N	26	2.50	200	.50	351	CR057RSM
10	N	500	100.00	N	10	200	30	N	1.30	.04	.70	160	150	220	200	16.00	.5	N	2	1.10	200	.95	357	CR058RSM
5	N	500	50.00	N	<10	<200	30	N	12.00	.04	.45	110	100	260	140	42.00	.4	N	N	.55	<100	.85	357	CR059RSM
15	N	100	100.00	N	10	<200	100	N	N	.02	.10	280	100	<5	40	1.10	N	N	N	2.40	400	--	390	CR060RSM
N	N	N	15.00	N	<10	N	30	N	N	N	.05	120	30	N	10	.35	N	N	N	1.30	<100	--	390	CR061RSM
<5	N	300	20.00	N	N	N	100	N	.10	.20	3.40	310	50	5	20	5.50	N	1	16	N	100	9.10	346	CR062RSM
15	N	300	200.00	N	15	<200	50	N	.10	N	.15	770	100	5	80	1.30	.1	N	4	2.10	300	.35	349	CR063RSM
15	N	500	150.00	N	10	N	50	N	N	N	N	10	130	5	60	.20	.1	N	N	.05	1,200	1.20	356	CR064RSM
20	N	200	200.00	N	20	<200	100	N	N	<.02	1.00	80	170	25	70	1.50	.4	N	2	2.20	600	1.50	356	CR065RSM
10	N	100	100.00	N	10	N	150	N	N	N	.55	10	15	10	5	.15	N	N	N	1.10	800	1.30	356	CR066RSM
20	N	N	200.00	N	10	N	150	N	N	<.02	2.40	110	200	260	80	1.50	.2	4	4	2.10	800	18.00	356	CR067RSM
15	N	150	150.00	N	10	N	150	N	N	<.02	10.00	90	770	100	55	8.90	.3	2	36	2.70	800	14.00	356	CR068RSM
<5	N	<100	50.00	N	N	N	30	N	.85	1.00	77.00	>2,000	>1,000	730	35	87.00	.8	73	>1,000	.45	200	4.90	356	CR069RSM
30	N	500	500.00	N	<10	N	100	N	N	<.02	1.40	70	110	40	15	4.90	N	1	16	3.60	800	8.10	356	CR070RSM
20	N	N	150.00	N	10	10,000	30	N	.80	8.00	32.00	140	>1,000	>1,000	>2,000	>100.00	32.0	19	330	1.10	600	2.80	361	CR071RSM
15	N	500	150.00	N	10	2,000	30	N	N	.08	3.10	50	670	>1,000	1,800	18.00	6.2	N	6	1.00	200	25.00	361	CR072RSM
7	N	<100	70.00	N	<10	N	15	N	N	.70	.20	50	100	70	140	2.20	.3	N	4	.35	<100	18.00	361	CR073RSM
N	N	<100	50.00	N	N	>10,000	N	N	4.70	.04	200.00	140	>1,000	>1,000	>2,000	>100.00	60.0	N	20	.45	100	3.70	361	CR074RSM
5	N	100	70.00	N	<10	10,000	N	N	1.30	.02	65.00	40	>1,000	>1,000	>2,000	>100.00	25.0	N	12	.70	200	.30	361	CR075RSM
10	N	N	50.00	N	15	N	100	N	N	.02	.75	50	100	40	90	1.50	.1	N	6	.20	200	.45	248	CR076RSM
10	N	150	50.00	N	300	<200	150	N	N	<.02	.15	20	25	15	150	.70	1.0	N	N	.20	200	.05	248	CR077RSM
15	N	N	100.00	N	20	N	150	N	.05	.10	.15	240	35	15	20	.70	N	N	8	.70	300	.35	254	CR078RSM
10	N	N	70.00	N	20	N	70	N	N	.10	.70	50	420	120	60	7.10	.1	N	4	.20	100	3.20	255	CR079RSM
20	N	N	50.00	N	30	N	150	N	.05	.08	.25	240	30	170	5	2.40	N	N	4	.35	200	1.30	254	CR080RSM
10	N	200	20.00	N	15	500	70	N	N	.40	.15	310	35	310	130	.80	.1	N	14	1.90	<100	1.20	254	CR081RSM
10	N	150	50.00	N	20	300	100	N	.45	.08	.70	60	720	>1,000	440	6.00	3.0	N	4	.80	<100	11.00	254	CR082RSM
30	N	N	200.00	N	<10	<200	100	N	.20	.60	.30	70	370	10	160	.50	N	1	6	.25	200	2.50	256	CR083RSM
20	N	N	200.00	N	30	N	100	N	N	.16	.15	40	40	15	50	.45	N	N	N	.30	100	.55	256	CR084RSM
10	N	100	50.00	N	50	<200	200	N	N	.08	.10	10	35	5	45	.35	.1	N	N	.40	200	.10	256	CR085RSM
15	N	N	200.00	N	15	<200	70	N	.25	1.80	.20	1,100	120	15	100	3.30	N	N	100	2.20	200	.35	261	CR086RSM
15	N	300	100.00	N	30	200	100	N	N	.80	<.05	200	60	30	100	.40	.1	N	2	1.00	200	2.10	252	CR087RSM
<5	N	N	30.00	N	10	N	20	N	4.50	1.30	N	580	45	10	30	10.00	.2	N	26	.65	<100	1.50	257	CR088RSM
15	N	N	100.00	N	30	N	150	N	.20	.45	N	320	55	5	50	1.50	.2	N	6	1.10	200	.65	257	CR089RSM
<5	N	N	30.00	N	<10	200	30	N	7.00	2.00	N	330	80	85	210	11.00	2.7	N	16	1.00	<100	.85	257	CR090RSM
<5	N	N	30.00	N	10	<200	50	N	.95	.40	.15	360	110	10	110	2.20	.1	N	4	.25	<100	.65	257	CR091RSM
20	N	100	150.00	N	20	300	150	N	N	.16	N	20	220	5	210	.15	N	N	N	.10	<100	.15	253	CR092RSM
15	N	N	150.00	N	10	N	50	N	.65	.55	N	500	130	5	N	1.30	N	N	8	.60	200	.95	253	CR093RSM
20	N	N	150.00	N	30	N	100	N	N	.35	N	260	60	5	60	.35	N	N	8	1.20	200	.10	260	CR094RSM
20	N	N	150.00	N	20	N	70	N	N	1.50	N	70	20	N	25	.05	N	N	4	2.20	200	.05	260	CR095RSM
20	N	N	200.00	N	30	N	100	N	N	.70	N	50	30	N	10	.05	N	N	4	.90	300	.10	260	CR096RSM
20	N	100	150.00	N	20	N	70	N	N	.12	N	240	50	<5	60	1.00	N	N	8	.40	200	.15	265	CR097RSM
15	N	N	100.00	N	15	500	10	N	.60	>10.00	N	>2,000	380	10	220	1.40	.2	N	360	6.80	200	2.30	265	CR098RSM
N	N	1,000	10.00	N	N	N	N	N	N	.14	N	600	N	N	10	.05	N	N	12	.65	100	.10	264	CR099RSM
7	N	N	100.00	N	10	N	150	N	N	<.02	.10	30	55	10	220	.05	N	N	N	1.10	300	.70	189	CR100RSM
10	N	<100	100.00	N	20	N	150	N	N	<.02	.15	20	45	5	10	.05	N	N	N	1.20	400	2.60	189	CR101RSM
15	N	N	150.00	N	15	N	200	N	N	<.02	.55	20	45	5	15	.05	N	1	N	.85	800	10.00	189	CR102RSM
20	20	N	200.00	N	15	N	500	N	N	<.02	.20	10	25	10	15	.05	N	1	N	1.70	1,200	2.30	189	CR103RSM
10	N	1,500	150.00	N	10	N	150	N	N	<.02	.40	10	15	N	N	.05	N	N	N	.05	900	3.40	195	CR104RSM
7	N	1,000	100.00	N	15	N	150	N	N	<.02	.45	20	10	N	N	.05	N	N	N	N	1,200	5.40	195	CR105RSM
7	N	1,000	70.00	N	15	N	100	N	N	<.02	1.60	20	10	N	N	.05	N	N	N	N	900	8.40	195	CR106RSM
15	N	N	20.00	N	N	N	150	N	.05	.14	.30	10	N	5	35	.15	N	N	N	N	<100	1.80	325	CR107RSM
30	N	1,500	200.00	N	50	N	50	N	N	.08	1.20	20	490	5	35	.20	N	N	N	.10	400	5.00	325	CR108RSM
												40	170	N	30	.05	N	N	N	.25	300	1.30	322	CR109RSM
30	N	100	300.00	N	10	N	70	N	N	.02	.95	50	N	N	N	.15	N	N	2	N	400	3.80	359	CR110RSM
15	N	1,500	150.00	N	<10	N	70	N	N	>10.00	.05													
<5	N	100	30.00	N	N	N	30	N	5.90	.04	.10	1,000	20	<5	10	8.00	.1	N	10	.80	<100	1.50	342	CR111RSM
5	N	150	30.00	N	N	N	30	N	2.30	.04	.10	960	25	<5	5	7.40	.1	N	12	.80	100	.95	342	CR112RSM
5	N	<100	50.00	N	N	N	30	N	.50	.04	.05	80	25	5	20	2.10	N	N	N	.85	<100	1.20	343	CR113RSM
20	N	700	150.00	N	15	N	70	N	N	N	.05	10	100	<5	75	.50	.1	N	N	.80	400	.45	343	CR114RSM
N	N	<100	30.00	N	N	10,000	N	N	.35	.18	17.00	20	>1,000	>1,000	>2,000	87.00	52.0	N	6	.25	<100	11.00	363	CR115RSM
15	N	100	70.00	N	15	N	50	N	.15	.80	.10	110	40	10	15	2.00	.1	N	N	.35	<100	.90	211	CR116RSM
N	N	N	<10.00	N	N	N	N	N	.10	.06	.10	<10	10	15	25	2.10	.1	N	N	3.10	<100	.25	211	CR117RSM
15	N	150	100.00	N	10	N	70	N	N	.06	N	140	75	N	15	.20	N	N	N	.10	<100	.25	211	CR118RSM
10	N	100	150.00	N	<10	N	100	N	N	.14	8.60	120	45	5	5	.10	N	N	N	3.30	200	2.50	199	CR119RSM
20	N	100	300.00	N	30	N	70	N	N	.30	1.00	100	40	N	<5	N	N	N	N	N	200	5.00	200	CR120RSM
15	N	150	150.00	N	10	N	100	N	N	.75	.05	10	N	N	N	N	N	N	8	N	1,900	.05	215	CR121RSM
20	N	300	100.00	N	15	N	30	N	N	2.20	N	N	65	N	30	N	.1	N	N	1.10	200	N	215	CR122RSM
15	N	150	150.00	N	<10	N	70	N	N	.26	.05	90	120	5	N	.35	N	N	14	.05	1,300	N	215	CR123RSM
<5	N	N	15.00	N	<10	N	70	N	1.20	.02	5.70	60	20	10	N	3.70	N	6	12	.50	<100	5.60	83	CR124RSM
50	N	N	20.00	N	N	>10,000	N	N	6.70	<.02	1.60	40	>1,000	>1,000	>2,000	27.00	82.0	1	4	.20	100	30.00	244	CR125RSM
<5	N	N	30.00	N	N	10,000	N	N	7.00	<.02	.20	10	350	>1,000	>2,000	7.20	26.0	N	N	.05	100	4.30	244	CR126RSM
20	N	150	150.00	N	<10	1,000	N	N	.05	<.02	.10	30	140	70	1,100	1.20	3.3	N	N	N	100	.15	244	CR127RSM
7	N	N	50.00	N	N	300	N	N	.25	<.02	.40	20	30	250	220	3.60	1.4	N	N	1.10	<100	6.00	244	CR128RSM
15	N	<100	70.00	N	15	N	100	N	.05	<.02	.45	110	65	40	30	.05	N	N	N	.60	<100	1.50	243	CR129RSM
<5	N	<100	15.00	N	N	N	N	N	5.00	.04	.10	20	5	10	15	3.70	.3	N	N	.30	<100	.35	187	CR130RSM
10	N	N	50.00	N	N	N	30	N	.70	1.30	.10	10	15	N	5	.80	.1	N	N	.60	<100	.65	183	CR131RSM
15	N	N	100.00	N	20	N	100	N	.50	1.30	N	120	45	N	35	.65	N	N	2	1.20	100	.30	183	CR132RSM
15	N	<100	100.00	N	20	N	70	N	.65	2.50	N	50	65	10	60	.75	N	N	2	2.00	100	.25	183	CR133RSM
7	N	N	10.00	N	N	5,000	N	N	5.00	.12	.20	120	700	480	>2,000	23.00	22.0	N	6	.15	<100	2.30	193	CR134RSM
<5	N	N	20.00	N	N	500	N	N	.30	<.02	N	10	400	110	330	1.90	2.2	N	N	.15	<100	.80	145	CR135RSM
10	N	<100	100.00	N	<10	1,000	20	N	.10	.04	.05	10	800	860	1,500	1.90	8.9	N	N	.35	200	2.10	145	CR136RSM
5	N	<100	20.00	N	<10	N	100	N	.10	.06	3.80	70	10	10	N	.70	N	35	42	N	<100	11.00	20	CR137RSM
<5	N	N	20.00	N	N	N	150	N	N	<.02	.85	180	10	N	N	.05	N	1	110	N	<100	2.20	31	CR138RSM
N	N	150	100.00	N	N	N	20	N	N	.02	2.20	110	15	10	N	N	N	N	48	N	<100	9.10	31	CR139RSM
10	N	<100	50.00	N	N	N	20	N	N	.06	.10	110	100	5	5	1.30	.2	N	4	.90	300	2.50	13	CR140RSM
20	N	<100	200.00	N	<10	N	30	N	.05	.06	.25	210	80	10	15	1.50	N	N	6	3.80	100	2.10	13	CR141RSM
N	N	N	10.00	N	N	N	<10	N	N	.06	.10	40	20	N	5	.35	.1	N	N	.40	<100	2.40	13	CR142RSM
10	N	N	100.00	N	<10	N	<10	N	N	.06	N	10	100	<5	60	.60	.1	N	N	2.60	<100	.30	13	CR143RSM
15	N	N	70.00	N	<10	300	20	N	1.30	<.02	.15	110	100	170	240	6.80	1.7	N	N	.60	<100	8.20	18	CR144RSM
15	N	<100	150.00	N	10	N	30	N	.15	<.02	.10	20	50	5	140	.35	.1	N	N	3.20	100	.50	18	CR145RSM
N	N	N	15.00	N	N	N	N	N	14.00	.06	.90	30	60	30	100	10.00	.6	N	N	.30	<100	1.10	18	CR146RSM
10	N	N	100.00	N	10	N	30	N	1.20	<.02	N	100	30	25	140	1.50	.6	N	2	.60	<100	1.20	18	CR147RSM
N	N	N	10.00	N	N	300	N	N	24.70	<.02	.30	10	40	170	220	6.60	1.0	N	N	.15	<100	4.10	18	CR148RSM
7	N	N	70.00	N	N	N	<10	N	.05	<.02	N	40	140	N	65	.25	.1	N	N	2.10	200	.50	18	CR149RSM
15	N	2,000	100.00	N	<10	N	100	N	.20	.50	45.00	340	15	25	5	.35	N	1	490	N	200	65.00	23	CR150RSM
<5	N	100	10.00	N	20	N	150	N	N	.16	.15	30	5	<5	40	.20	.2	N	4	.60	<100	2.60	16	CR151RSM
20	N	300	200.00	N	15	N	30	N	N	N	.05	10	120	N	80	.05	N	N	N	.30	200	.25	16	CR152RSM
10	N	1,500	200.00	N	10	N	150	N	N	N	N	20	35	5	15	N	N	N	N	1.20	200	.05	162	CR153RSM
N	N	N	<10.00	N	N	N	70	N	N	N	.20	20	20	<5	5	.05	N	N	N	.80	<100	.25	163	CR154RSM
<5	N	500	30.00	N	10	N	100	N	N	N	N	N	15	N	25	N	N	N	N	.20	200	N	163	CR155RSM
N	N	<100	30.00	N	N	N	20	N	1.20	<.02	N	60	10	55	65	13.00	.9	N	12	.35	100	.50	61	CR156RSM
<5	N	<100	20.00	N	<10	N	20	N	6.80	.90	.10	220	15	30	10	26.00	.1	N	10	.85	<100	.65	69	CR157RSM
20	N	N	300.00	200	30	N	30	N	.55	8.50	.95	1,200	340	60	70	43.00	.1	N	820	14.00	<100	.25	67	CR158RSM
20	N	N	150.00	300	150	N	50	N	4.00	1.30	.20	>2,000	110	140	35	14.00	N	N	>1,000	2.20	300	.35	67	CR159RSM
N	N	<100	10.00	N	N	N	N	N	.10	.02	N	20	N	N	N	.15	N	N	8	.15	<100	.20	65	CR160RSM

Table 11.--Analytical data for rock samples collected from the Cordillera de Tilarán and Montes del Aguacate, Costa Rica--Continued

Cuadro 11.--Datos analíticos de las muestras de roca de la Cordillera de Tilarán y los Montes del Aguacate, Costa Rica--Continua

Sample No. / Muestra No.	Map No. / Mapa No.	Fe pct s	Mg pct s	Ca pct s	Ti pct s	Mn ppm s	Ag ppm s	As ppm s	Au ppm s	B ppm s	Ba ppm s	Be ppm s	Bi ppm s	Cd ppm s	Co ppm s	Cr ppm s	Cu ppm s	La ppm s	Mo ppm s	Nb ppm s	Ni ppm s	Pb ppm s	Sb ppm s
CR161RSM	54	3.00	.10	<.050	.100	50	<.50	N	N	10.0	500	<1.0	N	N	N	N	7	N	200	N	<5.0	<10	N
CR162RSM	55	2.00	.50	<.050	.200	100	N	N	N	15.0	1,000	N	N	N	N	N	5	<20	10	N	<5.0	<10	N
CR163RSM	101	1.50	.50	1.000	.200	200	N	N	N	10.0	2,000	N	N	N	<5.0	N	7	30	N	N	<5.0	10	N
CR164RSM	77	5.00	1.00	5.000	.500	500	N	N	N	30.0	500	N	N	N	5.0	70	30	N	7	N	15.0	10	N
CR165RSM	84	10.00	1.50	1.000	.700	1,500	N	N	N	15.0	1,000	N	N	N	20.0	<10	30	N	N	N	<5.0	N	N
CR166RSM	266	5.00	.03	<.050	.020	100	N	N	N	20.0	100	1.0	N	N	N	N	20	N	5	N	<5.0	N	N
CR167RSM	233	3.00	.20	N	.200	100	N	N	N	10.0	70	<1.0	N	N	N	N	<5	50	10	N	<5.0	<10	N
CR168RSM	362	3.00	1.00	5.000	.200	>5,000	7.00	N	N	20.0	700	<1.0	N	N	10.0	30	700	N	<5	N	10.0	1,000	N
CR169RSM	354	5.00	<.02	<.050	.100	50	.70	<200	N	50.0	200	N	N	N	N	N	20	N	N	N	<5.0	N	N
CR170RSM	330	5.00	2.00	3.000	.300	1,000	N	N	N	<10.0	700	<1.0	N	N	10.0	20	100	N	N	N	15.0	N	N
CR171RSM	351	.05	<.02	N	<.002	1,000	7.00	<200	N	10.0	50	N	N	N	N	N	10	N	N	N	<5.0	15	N
CR172RSM	351	10.00	.70	.070	.300	>5,000	10.00	700	N	30.0	1,000	<1.0	N	N	15.0	30	300	30	N	N	10.0	70	<100
CR173RSM	351	1.50	.07	N	.150	5,000	2.00	300	N	50.0	300	N	N	N	10.0	<10	150	N	N	N	10.0	15	N
CR174RSM	351	5.00	.70	<.050	.300	500	2.00	1,500	N	100.0	300	N	N	N	10.0	50	200	30	N	N	7.0	<10	<100
CR175RSM	351	2.00	.20	<.050	.300	>5,000	5.00	1,000	N	50.0	300	<1.0	N	N	15.0	20	200	N	N	N	10.0	50	N
CR176RSM	8	15.00	.02	N	.200	30	2.00	1,000	N	<10.0	150	<1.0	N	N	7.0	N	150	N	7	N	<5.0	10	1,500
CR177RSM	8	.70	.50	<.050	.500	100	N	N	N	15.0	700	N	N	N	N	<10	10	50	N	N	<5.0	<10	<100
CR178RSM	8	20.00	.07	N	.100	50	.50	300	N	<10.0	300	1.0	N	N	7.0	N	50	N	N	N	<5.0	N	<100
CR179RSM	8	1.50	<.02	<.050	.300	30	.70	<200	N	<10.0	500	N	N	N	N	<10	30	N	N	N	<5.0	10	<100
CR180RSM	8	.70	<.02	<.050	.300	30	<.50	N	N	<10.0	500	N	N	N	N	N	20	N	N	N	<5.0	<10	<100
CR181RSM	8	1.00	.05	N	.150	30	<.50	<200	N	10.0	500	N	N	N	N	N	5	N	N	N	<5.0	<10	<100
CR182RSM	8	10.00	<.02	N	.100	20	1.50	2,000	N	10.0	70	<1.0	N	N	N	N	50	N	N	N	<5.0	<10	200
CR183RSM	8	5.00	.05	<.050	.100	30	1.50	2,000	N	10.0	50	<1.0	N	N	N	N	30	N	N	N	<5.0	<10	150
CR184RSM	8	1.50	<.02	<.050	.010	15	.70	1,500	N	10.0	20	1.0	N	N	N	N	5	N	N	N	<5.0	<10	200
CR185RSM	8	.15	<.02	N	.007	10	<.50	<200	N	70.0	50	1.5	N	N	N	N	<5	N	N	N	<5.0	N	100
CR186RSM	8	2.00	N	N	.005	<10	7.00	700	N	<10.0	N	1.5	N	N	N	N	10	N	N	N	<5.0	10	150
CR187RSM	8	.30	<.02	<.050	.070	30	10.00	<200	N	70.0	150	2.0	N	N	N	N	<5	N	N	N	<5.0	30	150
CR188RSM	8	10.00	N	N	.010	10	300.00	1,500	N	10.0	20	<1.0	N	N	N	N	70	N	N	N	<5.0	15	150
CR189RSM	8	1.00	<.02	N	.070	20	70.00	N	N	<10.0	200	<1.0	N	N	N	N	15	N	N	N	<5.0	30	<100
CR190RSM	8	1.50	.03	N	.200	50	150.00	500	N	10.0	500	<1.0	N	N	N	N	20	N	N	N	<5.0	70	100
CR191RSM	8	1.50	<.02	N	.100	20	.10	<200	N	<10.0	300	N	N	N	N	N	30	N	N	N	<5.0	50	<100
CR192RSM	8	.30	.02	<.050	.300	30	.50	N	N	10.0	500	N	N	N	N	N	15	N	N	N	<5.0	10	<100
CR193RSM	8	20.00	.02	N	.070	30	10.00	1,500	10	N	<20	<1.0	N	N	N	N	150	N	N	N	N	10	150
CR194RSM	8	5.00	<.02	<.050	.007	30	300.00	300	20	10.0	30	1.0	N	N	N	N	30	N	N	N	<5.0	30	150
CR195RSM	8	.20	<.02	<.050	.007	30	.50	N	N	50.0	20	1.5	N	N	N	N	<5	N	N	N	<5.0	N	150
CR196RSM	8	.70	<.02	N	.200	30	2.00	200	N	10.0	500	N	N	N	N	N	20	30	N	N	<5.0	30	<100
CR197RSM	8	.50	.02	<.050	.150	50	100.00	N	10	10.0	300	<1.0	N	N	N	N	10	N	N	N	<5.0	20	<100
CR198RSM	8	10.00	<.02	N	.030	30	20.00	5,000	<10	<10.0	30	<1.0	N	N	N	<10	200	N	N	N	<5.0	20	200
CR199RSM	8	1.00	.02	<.050	.150	50	10.00	200	N	10.0	500	<1.0	N	N	N	N	20	N	N	N	<5.0	10	100
CR200RSM	8	.50	.02	N	.200	10	<.50	N	N	<10.0	700	N	N	N	N	N	7	50	N	N	<5.0	10	<100
CR201RSM	8	2.00	.02	<.050	.070	30	150.00	700	20	10.0	70	<1.0	N	N	N	N	30	N	N	N	<5.0	50	150
CR202RSM	8	1.50	.10	<.050	.500	50	10.00	500	N	<10.0	500	<1.0	N	N	15.0	N	200	N	N	N	<5.0	<10	<100
CR203RSM	8	20.00	<.02	N	.020	20	20.00	3,000	N	N	70	<1.0	N	N	50.0	N	50	N	N	N	30.0	10	300
CR204RSM	8	5.00	<.02	<.050	.030	30	500.00	1,000	<10	<10.0	200	<1.0	N	N	<5.0	N	100	N	N	N	<5.0	30	200
CR205RSM	8	.70	.20	.050	1.000	100	1.50	N	N	10.0	300	N	N	N	<5.0	<10	30	30	<5	N	N	10	<100
CR206RSM	8	2.00	<.02	N	.070	30	50.00	1,500	N	10.0	100	<1.0	N	N	10.0	N	150	N	N	N	<5.0	20	150
CR207RSM	8	1.50	.02	<.050	.050	50	50.00	700	N	<10.0	20	1.0	N	N	N	N	10	N	N	N	N	10	150
CR208RSM	8	.15	<.02	N	.007	20	20.00	N	N	10.0	<20	1.0	N	N	N	N	<5	N	N	N	<5.0	N	100
CR209RSM	8	3.00	<.02	N	.005	20	300.00	1,000	<10	10.0	500	1.0	N	N	10.0	N	7	N	N	N	<5.0	50	150
CR210RSM	8	3.00	.02	<.050	.100	30	30.00	1,000	N	10.0	700	<1.0	N	N	N	N	70	N	N	N	<5.0	30	150
CR211RSM	8	.50	.10	.200	.015	100	30.00	<200	N	<10.0	100	1.5	N	N	N	N	7	N	N	N	<5.0	10	100
CR212RSM	5	2.00	1.00	.300	.200	500	1.00	200	N	10.0	700	N	N	N	10.0	N	70	N	N	N	<5.0	<10	N
CR213RSM	5	1.50	1.50	.100	.200	1,000	7.00	N	N	<10.0	1,500	N	N	N	7.0	N	100	N	N	N	<5.0	10	N
CR214RSM	5	5.00	1.50	.150	.300	1,000	.50	500	N	10.0	700	N	N	N	20.0	N	50	20	N	N	<5.0	N	N
CR215RSM	5	3.00	.20	.050	.500	70	50.00	1,000	N	10.0	1,500	<1.0	N	N	10.0	<10	150	20	N	N	<5.0	30	<100
CR216RSM	5	.15	.10	<.050	.002	70	10.00	N	N	<10.0	50	1.5	N	N	N	N	<5	N	N	N	N	N	100
CR217RSM	5	7.00	1.00	.200	.200	700	1.50	700	N	10.0	1,000	N	N	N	15.0	N	200	N	N	N	5.0	N	<100
CR218RSM	5	5.00	.20	<.050	.300	50	150.00	2,000	N	<10.0	1,500	<1.0	N	N	<5.0	N	700	N	N	N	<5.0	15	150
CR219RSM	6	.10	<.02	N	.010	30	20.00	N	N	10.0	N	<1.0	N	N	N	N	<5	N	N	N	<5.0	<10	<100
CR220RSM	6	1.50	<.02	<.050	.020	30	70.00	500	N	10.0	100	1.5	N	N	10.0	N	30	N	N	N	<5.0	200	150
CR221RSM	6	3.00	<.02	<.050	.007	30	300.00	2,000	N	10.0	50	1.0	N	N	<5.0	<10	150	N	N	N	<5.0	30	150
CR222RSM	6	1.00	.15	<.050	.500	70	10.00	200	N	30.0	70	N	N	N	N	N	20	N	N	N	<5.0	10	100
CR223RSM	6	1.00	<.02	N	.005	50	150.00	1,000	N	<10.0	20	1.0	N	N	15.0	N	50	N	N	N	5.0	50	200
CR224RSM	6	2.00	<.02	<.050	.150	30	300.00	1,000	10	10.0	100	<1.0	N	N	N	<10	100	N	N	N	N	50	150
CR225RSM	6	.15	N	N	.150	10	1.00	N	N	N	70	N	N	N	5.0	N	30	N	N	N	N	N	N
CR226RSM	6	7.00	<.02	<.050	.070	50	30.00	2,000	N	10.0	1,000	1.0	N	N	10.0	N	100	N	N	N	<5.0	30	1,000
CR227RSM	6	1.50	.30	<.050	.300	50	3.00	700	N	20.0	500	N	N	N	N	N	70	20	N	N	<5.0	<10	<100
CR228RSM	6	1.00	.70	.050	.300	150	<.50	N	N	30.0	700	N	N	N	N	N	10	N	N	N	<5.0	<10	N
CR229RSM	6	2.00	.50	<.050	.200	500	.70	200	N	10.0	1,000	<1.0	N	N	5.0	N	50	N	N	N	<5.0	N	<100
CR230RSM	6	3.00	1.00	.300	.300	700	.70	300	N	10.0	1,500	N	N	N	20.0	N	100	N	N	N	<5.0	<10	N
CR231RSM	6	3.00	1.00	.300	.300	700	1.00	500	N	10.0	1,000	N	N	N	20.0	N	100	20	N	N	<5.0	<10	N
CR232RSM	6	3.00	2.00	.200	.300	1,000	5.00	N	N	10.0	500	N	N	N	7.0	N	1,000	30	N	N	<5.0	N	N
CR233RSM	7	.15	.02	<.050	.015	30	30.00	N	N	20.0	50	1.0	N	N	N	N	5	N	N	N	<5.0	N	100
CR234RSM	7	.05	.02	<.050	.070	30	10.00	N	N	30.0	70	<1.0	N	N	N	N	<5	N	N	N	<5.0	10	100
CR235RSM	7	.50	.30	<.050	.500	100	7.00	N	N	20.0	300	N	N	N	N	N	30	50	<5	N	<5.0	10	<100
CR236RSM	318	.70	.30	.200	.100	150	<.50	N	N	<10.0	200	N	N	N	<5.0	<10	7	N	N	N	7.0	N	N
CR237RSM	318	3.00	1.00	.200	.300	500	N	N	N	20.0	1,500	N	N	N	5.0	50	5	N	N	N	10.0	N	N
CR238RSM	38	2.00	.70	1.000	.200	150	N	N	N	<10.0	700	N	N	N	7.0	N	50	N	N	N	<5.0	<10	N
CR239RSM	38	10.00	<.02	<.050	.300	100	N	N	N	<10.0	300	<1.0	N	N	<5.0	10	100	50	N	N	<5.0	10	N
CR240RSM	42	2.00	<.02	<.050	1.000	100	<.50	N	N	10.0	70	N	N	N	N	<10	20	N	5	N	<5.0	N	<100
CR241RSM	259	5.00	N	<.050	.700	10	N	N	N	<10.0	700	N	N	N	N	<10	10	20	<5	N	<5.0	10	N
CR242RSM	259	10.00	<.02	N	.200	<10	N	200	N	N	70	N	N	N	N	10	300	N	N	N	N	N	N
CR243RSM	235	5.00	.70	<.050	.300	30	<.50	N	N	10.0	700	N	N	N	<5.0	70	70	N	N	N	10.0	15	N
CR244RSM	235	10.00	.30	<.050	.200	50	<.50	<200	N	<10.0	700	<1.0	N	N	N	50	150	N	N	N	<5.0	N	N
CR245RSM	229	5.00	<.02	<.050	.500	30	<.50	N	N	10.0	20	<1.0	N	N	N	10	20	N	<5	N	<5.0	N	N
CR246RSM	229	1.50	N	.050	.300	15	N	N	N	<10.0	700	N	N	N	N	N	20	30	N	N	<5.0	<10	N
CR247RSM	228	1.00	.07	<.050	.100	300	7.00	200	N	20.0	200	1.0	N	N	N	<10	10	N	5	N	5.0	50	<100
CR248RSM	228	.30	.02	<.050	.002	150	7.00	N	N	<10.0	20	<1.0	N	<20	N	N	30	N	<5	N	<5.0	70	<100
CR249RSM	70	.50	.05	.050	.002	500	10.00	200	N	10.0	100	1.0	N	<20	N	N	20	N	7	N	<5.0	100	<100
CR250RSM	70	1.50	.20	<.050	.200	500	1.50	<200	N	<10.0	1,500	N	N	N	<5.0	<10	30	20	10	N	<5.0	10	N
CR251RSM	70	1.50	.10	<.050	.015	300	100.00	N	<10	<10.0	1,500	N	N	N	<5.0	<10	2,000	N	7	N	<5.0	150	N
CR252RSM	70	5.00	.03	<.050	.070	100	150.00	5,000	N	10.0	200	<1.0	N	N	10.0	N	30	N	500	N	7.0	50	150
CR253RSM	70	2.00	.10	<.050	.010	150	<.50	N	N	10.0	500	1.0	N	N	<5.0	N	150	N	<5	N	5.0	N	N
CR254RSM	70	1.00	.02	<.050	.005	200	300.00	500	<10	20.0	150	<1.0	N	20	N	N	200	N	10	N	<5.0	1,500	<100
CR255RSM	70	2.00	.70	<.050	.200	100	1.00	N	N	10.0	700	<1.0	N	N	7.0	<10	30	N	N	N	<5.0	15	N
CR256RSM	70	2.00	.10	<.050	.070	20	.50	1	N	<10.0	300	1.0	N	N	N	N	30	N	700	N	<5.0	10	100
CR257RSM	50	2.00	.70	<.050	.200	50	1.00	N	N	10.0	700	<1.0	N	N	N	<10	50	N	30	N	<5.0	N	N
CR258RSM	56	.30	<.02	<.050	.007	150	20.00	N	<10	10.0	70	1.0	N	N	N	N	50	N	15	N	5.0	30	<100
CR259RSM	56	1.50	.50	N	.200	150	5.00	N	N	100.0	500	<1.0	N	N	5.0	N	50	N	70	N	<5.0	10	N
CR260RSM	66	1.00	.10	<.050	.030	200	15.00	700	<10	10.0	500	<1.0	N	N	N	N	200	N	7	N	<5.0	200	<100
CR261RSM	66	2.00	.70	<.050	.300	700	5.00	<200	N	50.0	700	N	N	N	5.0	10	100	N	7	N	5.0	10	N
CR262RSM	66	1.00	.02	N	.200	20	.70	200	N	<10.0	1,000	N	N	N	N	N	10	N	N	N	<5.0	<10	<100
CR263RSM	66	5.00	.50	<.050	.300	200	3.00	<200	N	50.0	1,000	N	N	N	N	20	50	N	N	N	<5.0	<10	N
CR264RSM	66	5.00	.50	<.050	.200	>5,000	70.00	N	N	<10.0	2,000	<1.0	N	N	100.0	10	150	N	N	N	30.0	<10	N
CR265RSM	63	5.00	.05	.050	.500	150	N	N	N	10.0	300	<1.0	N	N	N	<10	50	N	N	N	<5.0	N	N
CR266RSM	63	5.00	.10	<.050	.500	50	N	N	N	<10.0	50	<1.0	N	N	N	15	50	N	N	N	<5.0	N	N
CR267RSM	58	5.00	1.00	<.050	.150	30	N	N	N	10.0	300	N	N	N	N	<10	5	N	15	N	<5.0	<10	<100
CR268RSM	58	3.00	.70	.150	.200	200	.50	N	N	N	500	N	N	N	7.0	20	50	N	N	N	5.0	<10	N
CR269RSM	58	10.00	.20	.050	.200	50	1.00	N	N	30.0	700	N	N	N	N	30	50	N	N	N	<5.0	20	N
CR270RSM	52	5.00	.70	.300	.200	200	<.50	N	N	10.0	700	N	N	N	5.0	20	50	N	5	N	<5.0	<10	N
CR271RSM	52	5.00	.30	1.000	.500	50	1.50	N	N	20.0	1,000	N	N	N	7.0	30	70	20	10	N	<5.0	30	N
CR272RSM	52	1.00	.07	<.050	.200	100	7.00	N	N	10.0	1,500	N	N	N	N	<10	7	N	10	N	<5.0	<10	<100
CR273RSM	52	1.00	.50	<.050	.300	100	.50	N	N	10.0	1,000	N	N	N	N	N	<5	20	5	N	<5.0	<10	N
CR274RSM	53	5.00	.20	N	.200	30	N	N	N	20.0	1,500	N	N	N	N	<10	10	N	<5	N	<5.0	<10	N
CR275RSM	53	1.00	.50	<.050	.300	50	5.00	<200	N	50.0	300	N	N	N	N	70	5	N	7	N	<5.0	<10	N
CR276RSM	49	1.50	.07	<.050	.070	50	5.00	500	N	10.0	200	N	N	N	N	20	5	N	20	N	<5.0	<10	N
CR277RSM	126	1.00	.10	N	.200	30	5.00	N	N	10.0	1,500	N	N	N	N	30	10	N	10	N	5.0	N	N
CR278RSM	126	2.00	<.02	N	.007	20	15.00	700	N	<10.0	70	N	N	N	N	<10	30	N	15	N	<5.0	15	N
CR280RSM	126	.50	<.02	<.050	1.000	30	<.50	N	N	<10.0	N	N	N	N	N	<10	5	N	N	N	<5.0	N	N
CR281RSM	126	5.00	.10	N	.500	1,000	<.50	N	N	10.0	200	N	N	N	50.0	15	150	N	N	N	20.0	N	N
CR282RSM	280	.07	N	<.050	1.000	500	N	N	N	<10.0	N	N	N	N	<5.0	10	5	N	N	N	<5.0	N	N
CR283RSM	280	.70	<.02	<.050	1.000	>5,000	<.05	N	N	<10.0	200	N	N	N	100.0	<10	50	N	N	N	20.0	N	N
CR284RSM	280	10.00	.02	<.050	.200	1,500	N	N	N	<10.0	300	<1.0	N	N	5.0	30	100	N	N	N	<5.0	N	N
CR285RSM	280	10.00	<.02	<.050	.150	2,000	<.50	N	N	<.1	300	1.0	N	N	70.0	30	100	N	N	N	10.0	N	N
CR286RSM	280	5.00	.02	<.050	.500	50	<.50	N	N	<10.0	<20	N	N	N	<5.0	50	70	N	N	N	<5.0	<10	N
CR287RSM	222	2.00	<.02	<.050	.200	700	N	N	N	10.0	70	N	N	N	20.0	50	70	N	N	N	7.0	N	N
CR288RSM	222	10.00	.20	.200	.200	>5,000	N	N	N	<10.0	3,000	<1.0	N	N	70.0	30	100	20	5	N	30.0	<10	N
CR289RSM	222	15.00	.03	<.050	.070	70	2.00	10,000	N	N	700	<1.0	N	N	30.0	N	70	N	N	N	10.0	<10	500
CR290RSM	202	1.00	.20	<.050	.200	200	.50	700	N	<10.0	700	<1.0	N	N	5.0	N	70	N	N	N	<5.0	<10	<100
CR291RSM	302	5.00	.02	<.050	.150	50	5.00	10,000	N	10.0	1,500	1.0	N	N	20.0	10	150	30	7	N	10.0	10	150
CR292RSM	302	.70	.20	<.050	.500	30	.70	N	N	10.0	500	N	N	N	5.0	50	200	N	N	N	10.0	10	N
CR293RSM	302	2.00	<.02	<.050	.020	100	3.00	2,000	<10	10.0	700	<1.0	N	N	N	N	150	N	<5	N	<5.0	10	100
CR294RSM	302	1.50	.02	<.050	.100	500	7.00	700	N	<10.0	5,000	<1.0	N	N	N	20	70	N	<5	N	5.0	10	<100
CR295RSM	302	2.00	.30	.070	.200	200	.50	<200	N	10.0	300	N	N	N	7.0	15	300	N	7	N	5.0	<10	N
CR296RSM	302	5.00	1.00	.100	.300	500	N	N	N	20.0	500	N	N	N	30.0	70	50	N	N	N	15.0	N	N

Table 11.--Analytical data for rock samples collected from the Cordillera de Tilarán and Montes del Aguacate, Costa Rica--Continued

Cuadro 11.--Datos analíticos de las muestras de roca de la Cordillera de Tilarán y los Montes del Aguacate, Costa Rica--Continua

Sc ppm s	Sn ppm s	Sr ppm s	V ppm s	W ppm s	Y ppm s	Zn ppm s	Zr ppm s	Th ppm s	Au ppm aa	Hg ppm inst	Te ppm aa	As ppm aa	Cu ppm aa	Pb ppm aa	Zn ppm aa	Ag ppm aa	Cd ppm aa	Bi ppm aa	Sb ppm aa	Tl ppm aa	F ppm si	Se ppm inst	Map No. Mapa No.	Sample No. Muestra No.
5	N	<100	50.00	N	<10	N	70	N	1.00	.28	N	70	10	10	15	.20	N	N	4	.45	200	N	54	CR161RSM
10	N	<100	100.00	N	15	N	150	N	.10	.16	.05	50	5	5	5	.10	N	N	2	1.00	500	.10	55	CR162RSM
7	N	200	30.00	N	20	<200	150	N	N	N	N	N	N	N	10	.05	N	N	N	.30	<100	N	101	CR163RSM
20	N	300	100.00	N	20	N	100	N	N	N	N	N	20	10	100	.15	.3	N	N	.15	300	.55	77	CR164RSM
30	N	300	100.00	N	50	N	150	N	N	N	.05	N	20	N	70	.05	N	N	N	1.70	300	.75	84	CR165RSM
N	N	N	100.00	N	N	N	<10	N	N	.06	N	30	15	N	N	N	N	N	N	.10	<100	.95	266	CR166RSM
7	N	<100	20.00	N	20	N	200	N	N	.04	.50	10	N	5	N	N	N	N	2	.40	1,200	2.60	233	CR167RSM
15	N	300	150.00	N	<10	N	30	N	N	.08	.95	30	450	480	440	5.20	1.1	N	4	.65	200	1.30	362	CR168RSM
N	N	N	10.00	N	N	N	50	N	N	.12	2.70	90	25	5	N	.20	N	2	4	.10	<100	4.70	354	CR169RSM
20	N	700	150.00	N	15	N	30	N	N	<.02	N	N	170	N	35	.05	N	N	N	N	300	.05	330	CR170RSM
N	N	N	N	N	N	N	<10	N	11.00	.06	12.00	10	60	150	20	49.00	N	N	14	.20	<100	.20	351	CR171RSM
20	N	200	200.00	N	15	<200	70	N	.70	.18	3.00	1,100	400	85	180	18.00	.6	N	46	2.50	400	.30	351	CR172RSM
7	N	N	100.00	N	N	N	30	N	.55	.04	2.20	320	240	40	60	3.00	.4	N	20	1.00	200	.20	351	CR173RSM
20	N	N	200.00	N	15	<200	70	N	.30	.04	.85	>2,000	330	10	120	1.30	.4	N	42	3.00	800	.25	351	CR174RSM
15	N	<100	150.00	N	10	<200	50	N	1.00	.04	2.50	1,300	310	65	170	5.90	.8	N	>1,000	2.20	300	.25	351	CR175RSM
20	N	N	200.00	N	15	N	50	N	.05	>10.00	.10	>2,000	150	25	10	1.50	N	N	>1,000	1.10	<100	.25	8	CR176RSM
15	N	<100	100.00	N	10	N	50	N	N	.45	N	80	20	N	<5	.05	N	N	12	2.20	100	.05	8	CR177RSM
10	N	N	70.00	N	10	700	10	N	<.05	1.00	N	90	50	N	20	.80	N	N	42	2.60	300	.10	8	CR178RSM
15	N	<100	70.00	N	10	N	70	N	.05	2.50	N	150	45	5	N	.80	N	N	26	2.20	100	.10	8	CR179RSM
15	N	<100	100.00	N	10	N	70	N	<.05	2.50	N	60	40	5	N	.25	N	N	34	1.50	<100	.10	8	CR180RSM
<5	N	N	20.00	N	<10	N	30	N	N	3.00	N	280	10	<5	N	.10	N	N	36	2.50	<100	.15	8	CR181RSM
7	N	N	20.00	N	10	N	50	N	.20	10.00	N	>2,000	35	10	N	3.20	N	N	260	.75	100	.40	8	CR182RSM
<5	N	N	50.00	N	<10	N	20	N	.60	>10.00	N	>2,000	40	15	5	.90	N	N	170	.50	<100	.20	8	CR183RSM
N	N	N	10.00	N	N	N	N	N	.35	>10.00	N	1,800	10	35	<5	1.70	N	N	230	.35	<100	.25	8	CR184RSM
N	N	N	<10.00	N	N	N	N	N	<.05	.80	N	90	N	<5	N	.40	N	N	8	.10	<100	N	8	CR185RSM
N	N	N	10.00	N	N	N	N	N	.45	>10.00	N	930	30	50	N	20.00	N	N	140	.10	<100	3.00	8	CR186RSM
N	N	N	15.00	N	<10	N	15	N	.50	>10.00	N	80	5	75	10	23.00	N	N	14	.70	<100	.50	8	CR187RSM
N	N	N	10.00	N	N	N	N	N	.80	>10.00	N	1,200	75	60	N	>100.00	N	N	320	4.90	<100	7.30	8	CR188RSM
<5	N	N	20.00	N	N	N	20	N	19.00	3.50	N	210	25	50	10	90.00	N	N	48	1.50	<100	.75	8	CR189RSM
7	N	N	50.00	N	10	N	50	N	10.00	7.00	N	710	25	140	5	>100.00	N	N	140	1.50	<100	1.00	8	CR190RSM
<5	N	N	20.00	N	<10	N	20	N	1.60	1.20	N	300	60	75	5	15.00	N	N	40	3.10	<100	.70	8	CR191RSM
10	N	<100	50.00	N	10	N	70	N	.55	1.00	N	100	20	10	N	.60	N	N	8	2.00	<100	.20	8	CR192RSM
<5	N	N	100.00	N	N	N	20	N	20.00	>10.00	N	200	35	N	N	26.00	N	N	76	.25	100	1.20	8	CR193RSM
N	N	N	50.00	N	N	N	N	N	28.00	>10.00	.05	320	40	80	15	>100.00	N	N	200	.25	<100	2.60	8	CR194RSM
N	N	N	15.00	N	N	N	N	N	N	.50	N	60	5	N	N	1.60	N	N	6	.40	<100	.10	8	CR195RSM
7	N	N	30.00	N	15	N	50	N	<.05	>10.00	N	380	20	30	5	4.40	N	N	60	3.00	<100	.25	8	CR196RSM
5	N	<100	50.00	N	<10	N	50	N	16.00	3.00	N	30	15	20	<5	>100.00	N	N	14	.95	<100	.70	8	CR197RSM
7	N	N	15.00	N	N	N	10	N	3.60	>10.00	N	>2,000	250	40	10	26.00	N	N	570	.45	<100	3.30	8	CR198RSM
7	N	<100	30.00	N	<10	N	70	N	.65	3.00	N	350	30	15	5	15.00	N	N	52	1.10	<100	1.10	8	CR199RSM
7	N	N	50.00	N	10	N	50	N	N	.60	N	310	15	10	N	.15	N	N	32	3.20	<100	.10	8	CR200RSM
7	N	N	30.00	N	<10	N	30	N	62.00	>10.00	<.05	550	45	110	30	>100.00	N	N	120	.45	<100	2.20	8	CR201RSM
15	N	<100	150.00	N	15	N	70	N	.25	.80	N	480	250	5	N	12.00	N	N	46	9.40	100	.05	8	CR202RSM
10	N	N	20.00	N	30	200	N	N	.05	>10.00	N	590	50	25	120	38.00	1.1	N	160	31.00	<100	.05	8	CR203RSM
7	N	N	30.00	N	10	N	10	N	22.00	>10.00	N	1,200	110	130	35	>100.00	.2	N	350	5.00	<100	2.20	8	CR204RSM
30	N	N	300.00	N	30	N	100	N	.10	1.30	N	160	25	5	N	3.30	N	N	34	1.30	100	.05	8	CR205RSM
5	N	N	20.00	N	15	200	20	N	3.00	6.00	N	1,000	110	50	150	70.00	N	N	110	24.00	<100	1.90	8	CR206RSM
5	N	N	30.00	N	<10	N	15	N	1.50	7.50	N	480	15	25	15	45.00	N	N	230	.50	<100	.65	8	CR207RSM
N	N	N	15.00	N	N	N	N	N	.95	.80	N	30	<5	5	5	30.00	N	N	20	.10	<100	.20	8	CR208RSM
N	N	N	10.00	N	10	500	N	N	18.00	.80	N	400	5	100	290	>100.00	.7	N	86	23.00	<100	.85	8	CR209RSM
7	N	N	20.00	N	10	N	30	N	1.10	1.20	N	270	45	25	60	31.00	.1	N	66	7.40	<100	.25	8	CR210RSM
N	N	N	15.00	N	<10	N	N	N	.35	.18	N	190	10	25	45	31.00	.1	N	30	1.30	<100	.10	8	CR211RSM
15	N	N	100.00	N	10	N	15	N	N	.35	N	280	70	N	75	.90	N	N	6	1.80	200	N	5	CR212RSM
15	N	N	100.00	N	15	N	20	N	1.60	.04	N	100	110	5	70	4.80	N	N	2	1.60	200	.15	5	CR213RSM
20	N	<100	150.00	N	15	N	70	N	N	.14	N	470	35	N	90	.35	N	N	4	1.90	300	N	5	CR214RSM
20	N	150	200.00	N	20	N	70	N	.45	2.50	N	1,300	280	30	40	45.00	N	N	68	2.40	200	.35	5	CR215RSM
N	N	N	10.00	N	N	N	N	N	.15	.24	N	110	15	N	20	9.80	N	N	6	.45	<100	.20	5	CR216RSM
20	N	100	200.00	N	15	<200	50	N	N	.24	N	700	290	N	170	1.30	N	N	20	5.20	200	N	5	CR217RSM
20	N	<100	200.00	N	20	N	70	N	.80	1.50	N	>2,000	570	15	15	>100.00	N	N	160	5.00	200	2.60	5	CR218RSM
N	N	N	20.00	N	N	N	N	N	11.00	3.50	<.05	40	5	15	N	40.00	N	N	14	.15	<100	.45	6	CR219RSM
<5	N	N	20.00	N	N	300	N	N	2.10	2.00	N	370	35	390	280	>100.00	4.4	N	82	5.50	<100	2.10	6	CR220RSM
N	N	N	10.00	N	<10	N	N	N	3.00	3.50	<.05	1,400	100	80	30	>100.00	.3	N	180	16.00	<100	2.80	6	CR221RSM
15	N	N	150.00	N	20	N	100	N	.10	4.50	N	380	70	15	5	8.20	N	N	110	.90	<100	.60	6	CR222RSM
N	N	N	<10.00	N	N	5,000	N	N	3.50	8.00	N	560	30	290	2,000	>100.00	4.5	N	400	38.00	<100	.45	6	CR223RSM
5	N	N	30.00	N	<10	N	20	N	10.00	9.00	.05	900	100	150	30	>100.00	N	N	260	2.10	<100	1.10	6	CR224RSM
7	N	N	70.00	N	<10	N	20	N	.05	.40	N	200	140	10	20	5.70	N	N	20	1.90	<100	.05	6	CR225RSM
5	N	<100	20.00	N	20	<200	15	N	2.00	>10.00	N	1,300	55	70	130	33.00	.7	N	930	400.00	<100	.15	6	CR226RSM
20	N	N	150.00	N	15	N	70	N	N	.45	N	980	60	5	10	.60	N	N	18	1.90	300	.15	6	CR227RSM
15	N	<100	150.00	N	10	N	70	N	N	.55	N	210	20	N	5	.25	N	N	2	1.70	300	N	6	CR228RSM
15	N	<100	150.00	N	<10	N	30	N	N	.30	.05	270	60	N	50	1.20	N	N	4	8.50	200	N	6	CR229RSM
20	N	150	200.00	N	20	N	70	N	N	.65	N	570	120	N	65	.70	N	N	18	4.10	300	N	6	CR230RSM
20	N	200	200.00	N	15	N	30	N	<.05	.80	N	660	110	N	65	.75	N	N	18	4.30	300	N	6	CR231RSM
15	N	<100	150.00	N	15	N	50	N	N	.35	N	20	>1,000	N	80	5.90	.3	N	4	1.30	300	N	6	CR232RSM
<5	N	N	20.00	N	N	N	N	N	.70	1.80	N	N	5	N	N	12.00	N	N	2	.35	<100	.20	7	CR233RSM
5	N	N	50.00	N	15	N	15	N	.70	1.40	N	N	N	10	N	5.50	N	N	N	.25	<100	.20	7	CR234RSM
20	N	N	150.00	N	20	N	100	N	.20	3.00	N	120	25	5	N	1.10	N	N	28	.70	<100	.15	7	CR235RSM
5	N	<100	50.00	N	N	N	20	N	N	.26	.05	140	35	N	45	.05	.3	N	4	.55	100	.15	318	CR236RSM
20	N	150	150.00	N	20	N	70	N	N	.02	.05	N	120	N	75	N	N	N	2	.05	<100	.35	318	CR237RSM
15	N	500	100.00	N	15	N	50	N	N	.04	.20	20	15	N	5	.10	N	N	N	.35	<100	1.60	38	CR238RSM
20	N	1,000	200.00	N	10	N	70	N	N	.10	.10	70	5	N	20	.05	N	N	N	1.50	<100	1.10	38	CR239RSM
<5	N	N	30.00	N	N	N	100	N	<.05	.02	.25	N	40	N	75	N	N	N	N	.05	100	9.30	42	CR240RSM
15	N	1,000	150.00	N	10	N	100	N	N	.02	.35	130	85	5	5	N	N	N	2	N	700	8.80	259	CR241RSM
15	N	500	200.00	N	<10	N	50	N	N	.40	6.20	10	10	N	N	<.05	N	N	2	N	<100	14.00	259	CR242RSM
30	N	150	200.00	N	N	N	70	N	N	.06	7.20	40	15	<5	N	N	N	N	4	N	400	4.70	235	CR243RSM
20	N	<100	200.00	N	<10	N	20	N	N	.50	11.00	320	310	<5	N	.05	N	N	4	.35	400	13.00	235	CR244RSM
5	N	N	30.00	N	10	N	100	N	N	.08	.25	40	60	80	N	.05	N	N	N	.30	200	5.40	229	CR245RSM
10	N	1,000	50.00	N	10	N	100	N	N	.60	19.00	510	310	15	20	.30	N	5	4	N	300	2.60	229	CR246RSM
<5	N	N	30.00	N	<10	<200	10	N	N	.02	2.60	20	20	N	N	.05	N	3	4	.05	<100	1.00	228	CR247RSM
N	N	N	10.00	N	N	300	N	N	N	N	.95	20	25	N	N	N	N	N	2	.40	100	1.60	228	CR248RSM
N	N	N	15.00	N	N	300	N	N	2.40	.12	1.70	160	20	80	130	5.80	.5	N	4	.30	100	1.30	70	CR249RSM
10	N	100	50.00	N	15	N	70	N	3.40	.06	3.90	70	60	250	330	11.00	.9	N	8	.35	100	.65	70	CR250RSM
5	N	<100	70.00	N	10	N	50	N	8.70	.40	1.20	140	30	200	200	8.70	.9	N	10	3.70	100	1.80	70	CR251RSM
10	N	N	50.00	N	N	N	10	N	.25	.20	.15	350	55	5	25	.80	N	N	4	3.20	100	1.30	70	CR252RSM
<5	N	N	70.00	N	N	N	N	N	10.00	.10	.05	90	>1,000	100	70	62.00	.2	N	10	11.00	<100	.40	70	CR253RSM
N	N	N	70.00	N	N	5,000	N	N	8.20	>10.00	.05	>2,000	35	80	30	80.00	.1	N	170	.10	100	7.80	70	CR254RSM
15	N	100	70.00	N	10	N	70	N	N	.10	.05	10	300	N	5	.25	N	N	2	.65	<100	.60	70	CR255RSM
7	N	N	30.00	N	N	N	20	N	13.00	.22	3.80	500	320	>1,000	>2,000	>100.00	25.0	N	120	.15	<100	.25	70	CR256RSM
15	N	N	100.00	N	10	N	70	N	<.05	.02	N	N	20	10	15	.35	.1	N	N	.10	<100	.25	50	CR257RSM
N	N	N	<10.00	N	N	N	N	N	N	.50	N	60	45	15	5	1.00	N	N	200	.20	100	1.00	56	CR258RSM
15	N	N	100.00	N	10	N	70	N	N	.10	N	10	65	N	N	.05	N	N	8	.15	300	2.00	56	CR259RSM
<5	N	N	15.00	N	N	300	N	N	4.80	1.00	.75	60	50	70	80	20.00	1.0	N	8	.15	<100	2.30	66	CR260RSM
20	N	N	150.00	N	30	N	70	N	.40	2.00	28.00	90	70	5	5	10.00	N	N	2	2.10	300	1.90	66	CR261RSM
7	N	<100	30.00	N	N	N	50	N	15.00	.30	5.20	940	300	600	190	25.00	.8	N	34	.90	100	.10	66	CR262RSM
20	N	<100	200.00	N	10	N	70	N	.45	.12	3.60	400	170	15	60	5.20	N	N	6	1.30	400	3.90	66	CR263RSM
15	N	150	150.00	N	20	200	50	N	.05	.18	.05	620	15	N	N	.95	N	N	10	2.60	100	.90	66	CR264RSM
10	N	<100	70.00	N	<10	N	70	N	.45	.16	13.00	310	60	N	10	4.90	N	N	6	1.60	400	7.40	63	CR265RSM
15	N	N	200.00	N	<10	N	70	N	.20	.14	3.70	190	240	N	200	26.00	.7	N	10	8.50	200	1.00	63	CR266RSM
10	N	<100	100.00	N	N	N	20	N	N	.30	1.20	30	55	N	20	.10	N	N	4	.10	100	1.50	58	CR267RSM
10	N	200	70.00	N	<10	N	30	N	N	.08	.10	N	80	N	5	.05	N	N	2	.20	200	2.40	58	CR268RSM
20	N	300	200.00	N	10	N	50	N	2.70	.08	1.10	30	10	5	N	.90	N	N	16	.90	300	10.00	58	CR269RSM
15	N	200	150.00	N	<10	N	30	N	N	<.02	.85	20	85	N	45	.55	N	N	2	.55	200	4.30	52	CR270RSM
30	N	200	200.00	N	15	N	70	N	.15	.16	4.50	130	60	30	10	1.50	N	N	14	1.00	400	13.00	52	CR271RSM
7	N	<100	70.00	N	N	N	20	N	N	.12	1.50	50	90	5	20	.30	N	N	2	.45	200	4.60	52	CR272RSM
10	N	150	100.00	N	10	N	100	N	.05	.20	2.40	20	90	25	20	1.20	N	N	6	1.40	500	1.40	52	CR273RSM
7	N	N	70.00	N	<10	N	70	N	.55	.26	2.40	10	15	N	N	7.30	N	N	4	.20	100	10.00	53	CR274RSM
15	N	N	150.00	N	10	N	50	N	<.05	.04	.40	20	10	N	N	.35	N	N	12	.50	300	2.50	53	CR275RSM
30	N	N	70.00	N	20	N	10	N	N	N	1.50	20	15	N	N	N	N	N	4	.45	600	4.90	49	CR276RSM
7	N	N	50.00	N	<10	N	30	N	.70	.65	5.90	160	10	5	N	6.60	N	N	2	1.80	500	4.40	126	CR277RSM
5	N	N	20.00	N	N	<200	N	N	1.00	.45	3.80	470	10	20	N	5.40	N	N	2	.95	200	2.90	126	CR278RSM
<5	N	N	10.00	N	N	N	30	N	.65	.60	4.20	120	15	5	N	6.90	N	N	2	.80	300	.25	126	CR280RSM
30	N	N	200.00	N	10	N	30	N	1.60	1.10	25.00	800	50	50	30	12.00	.3	N	6	.25	<100	.15	126	CR281RSM
<5	N	N	10.00	N	N	N	70	N	N	<.02	.20	30	10	N	N	.05	N	N	N	N	<100	N	280	CR282RSM
5	N	100	20.00	N	N	N	50	N	N	<.02	.10	N	230	N	30	.30	.3	N	N	.05	200	.05	280	CR283RSM
20	N	300	150.00	N	10	N	50	N	N	<.02	.15	N	10	N	5	<.05	N	N	N	<.05	<100	3.10	280	CR284RSM
20	N	N	100.00	N	20	500	<10	N	N	.08	.15	N	70	N	30	.45	N	N	N	.25	<100	.05	280	CR285RSM
30	N	N	300.00	N	20	N	70	N	N	<.02	3.80	30	110	N	30	.25	N	N	14	.35	300	.30	280	CR286RSM
20	N	N	200.00	N	<10	N	15	N	N	.06	N	20	120	N	150	.45	N	N	N	.30	100	.05	222	CR287RSM
15	N	200	500.00	N	15	N	50	N	N	.06	N	40	75	N	35	N	N	N	2	N	<100	.25	222	CR288RSM
10	N	1,000	30.00	N	50	N	10	N	N	.04	N	<10	65	N	30	.05	N	N	2	.05	<100	2.10	222	CR289RSM
10	N	N	50.00	N	15	N	100	N	N	.04	.20	40	170	5	65	.15	.6	N	2	3.00	200	.25	202	CR290RSM
50	N	700	200.00	N	30	N	30	N	2.30	>10.00	N	>2,000	65	5	N	4.60	N	N	800	80.00	100	2.00	302	CR291RSM
50	N	<100	200.00	N	20	N	70	N	.10	3.00	N	680	100	N	N	.30	N	N	54	5.00	200	.20	302	CR292RSM
5	N	300	15.00	N	20	N	10	N	3.90	>10.00	N	>2,000	210	5	5	6.70	N	N	390	5.30	300	1.30	302	CR293RSM
5	N	<100	30.00	N	N	N	<10	N	.35	.20	N	160	310	5	20	.65	N	N	8	1.20	300	.35	302	CR294RSM
20	N	<100	50.00	N	15	N	20	N	3.50	8.00	N	>2,000	130	15	5	4.70	N	N	80	1.00	100	.10	302	CR295RSM
30	N	<100	200.00	N	15	N	50	N	3.10	4.00	N	950	60	15	5	16.00	.1	N	24	.45	100	N	302	CR296RSM

Table 11.--Analytical data for rock samples collected from the Cordillera de Tilarán and Montes del Aguacate, Costa Rica--Continued

Cuadro 11.--Datos analíticos de las muestras de roca de la Cordillera de Tilarán y los Montes del Aguacate, Costa Rica--Continua

Sample No. / Muestra No.	Map No. / Mapa No.	Fe pct s	Mg pct s	Ca pct s	Ti pct s	Mn ppm s	Ag ppm s	As ppm s	Au ppm s	B ppm s	Ba ppm s	Be ppm s	Bi ppm s	Cd ppm s	Co ppm s	Cr ppm s	Cu ppm s	La ppm s	Mo ppm s	Nb ppm s	Ni ppm s	Pb ppm s	Sb ppm s
CR297RSM	302	3.00	.30	.100	.150	200	1.50	<200	N	10.0	200	N	N	N	10.0	15	300	N	N	N	7.0	N	<100
CR298RSM	302	5.00	1.00	.100	.300	500	N	N	N	10.0	300	N	N	N	50.0	70	30	N	N	N	15.0	N	N
CR299RSM	302	15.00	.02	<.050	.020	2,000	.50	3,000	N	N	1,000	1.5	N	N	50.0	10	150	N	15	N	5.0	10	200
CR300RSM	302	7.00	.30	<.050	.200	700	1.50	200	N	10.0	1,000	<1.0	N	N	7.0	<10	50	N	N	N	<.5	20	<100
CR301RSM	302	1.00	<.02	<.050	.015	150	.70	<200	N	<10.0	700	1.0	N	N	N	N	10	N	N	N	<5.0	10	<100
CR302RSM	302	.50	.10	<.050	.100	100	<.50	N	N	10.0	1,500	<1.0	N	N	N	N	5	N	N	N	<5.0	<10	N
CR303RSM	293	.20	<.02	<.050	.007	50	N	N	N	10.0	70	7.0	N	N	N	N	<5	N	N	N	<5.0	N	100
CR304RSM	294	3.00	.20	.300	.150	>5,000	5.00	2,000	N	15.0	700	<1.0	N	N	N	<10	700	70	10	N	20.0	10	<100
CR305RSM	305	5.00	1.50	2.000	.300	3,000	.50	1,000	N	70.0	700	<1.0	N	N	20.0	10	150	50	N	N	5.0	N	N
CR306RSM	305	5.00	.20	.300	.200	500	1.50	>10,000	N	70.0	700	<1.0	N	N	20.0	<10	30	50	<5	N	7.0	N	200
CR307RSM	372	5.00	.70	1.000	.200	700	1.00	7,000	N	100.0	1,000	<1.0	N	N	30.0	<10	100	50	N	N	10.0	<10	100
CR308RSM	372	3.00	1.00	1.500	.150	1,500	N	N	N	70.0	700	<1.0	N	N	20.0	<10	70	50	N	N	7.0	<10	N
CR309RSM	372	10.00	1.50	5.000	.200	2,000	N	N	N	50.0	1,500	<1.0	N	N	20.0	10	70	50	N	N	10.0	N	N
CR310RSM	372	1.00	.30	.700	.300	200	N	N	N	<10.0	700	N	N	N	7.0	<10	30	N	N	N	<5.0	N	N
CR311RSM	372	5.00	1.00	.500	.500	500	N	N	N	10.0	150	N	N	N	15.0	10	100	N	N	N	7.0	N	N
CR002AKS	282	1.50	.50	.500	.300	1,000	N	N	N	30.0	1,000	N	N	N	<5.0	<10	70	20	N	N	<5.0	<10	N
CR003AKS	295	2.00	1.50	1.000	.500	1,000	N	N	N	<10.0	1,000	N	N	N	15.0	100	100	20	N	N	20.0	N	N
CR004AKS	309	1.00	<.02	.050	.500	30	N	N	N	10.0	700	N	N	N	N	50	100	20	20	N	<5.0	70	N
CR005AKS	327	.05	<.02	<.050	.100	10	.50	N	N	<10.0	1,000	N	N	N	N	N	<5	N	N	N	N	N	N
CR006AKS	336	2.00	2.00	2.000	.300	1,000	N	N	N	<10.0	700	N	N	N	10.0	10	70	N	N	N	10.0	N	N
CR006BKS	336	1.50	1.00	.700	.150	700	N	N	N	10.0	1,000	N	N	N	<5.0	N	10	20	N	N	5.0	<10	N
CR007AKS	338	5.00	2.00	1.000	.500	1,000	N	N	N	<10.0	1,000	N	N	N	20.0	<10	100	N	N	N	7.0	N	N
CR007BKS	338	3.00	1.50	1.000	.300	1,000	N	N	N	<10.0	700	N	N	N	20.0	20	100	N	N	N	10.0	N	N
CR007CKS	338	1.00	.50	.700	.150	700	N	N	N	10.0	1,500	<1.0	N	N	<5.0	N	20	20	N	N	<5.0	10	N
CR008AKS	353	3.00	1.50	1.000	.300	1,000	N	N	N	10.0	1,500	<1.0	N	N	20.0	N	70	70	N	N	<5.0	<10	N
CR009AKS	348	5.00	2.00	3.000	.500	1,500	N	N	N	10.0	700	N	N	N	20.0	70	70	N	N	N	15.0	<10	N
CR009BKS	348	5.00	2.00	1.000	.300	700	N	N	N	10.0	1,000	N	N	N	20.0	70	20	20	N	N	15.0	<10	N
CR011AKS	366	5.00	1.50	1.500	.500	1,500	N	N	N	10.0	500	N	N	N	20.0	70	30	<20	N	N	20.0	<10	N
CR012AKS	320	2.00	2.00	2.000	.500	1,500	<.50	N	N	<10.0	500	N	N	N	10.0	20	50	N	N	N	7.0	10	N
CR013AKS	339	2.00	1.50	.700	.500	1,500	N	N	N	<10.0	50	N	N	N	15.0	<10	70	N	N	N	5.0	N	N
CR014AKS	339	5.00	1.50	.500	.500	300	N	N	N	10.0	300	N	N	N	20.0	70	100	20	N	N	20.0	<10	N
CR017AKS	257	2.00	.70	.070	.700	300	N	N	N	50.0	700	N	N	N	10.0	10	70	N	N	N	5.0	<10	N
CR018AKS	262	2.00	1.50	.200	.500	500	N	N	N	10.0	1,000	N	N	N	15.0	30	10	N	N	N	10.0	N	N
CR019AKS	285	2.00	1.50	2.000	.300	700	N	N	N	10.0	1,500	N	N	N	10.0	<10	50	N	N	N	5.0	<10	N
CR022AKS	201	2.00	2.00	2.000	.500	1,000	N	N	N	10.0	1,000	<1.0	N	N	15.0	70	70	30	N	N	15.0	<10	N
CR024AKS	341	1.00	.15	<.050	.300	50	.50	N	N	10.0	500	N	N	N	5.0	30	7	N	N	N	15.0	N	N
CR027AKS	51	3.00	1.50	2.000	.500	700	N	N	N	10.0	1,000	N	N	N	10.0	50	50	30	N	N	10.0	10	N
CR029AKS	82	2.00	1.00	1.000	.500	500	N	N	N	<10.0	1,000	N	N	N	10.0	30	50	20	N	N	15.0	<10	N
CR030AKS	93	2.00	1.00	1.000	.300	700	N	N	N	<10.0	1,500	N	N	N	10.0	30	50	30	N	N	20.0	<10	N
CR031AKS	98	2.00	.70	.700	.500	700	N	N	N	10.0	1,500	N	N	N	5.0	N	30	N	N	N	<5.0	N	N
CR032AKS	101	1.00	.15	.200	.200	200	N	N	N	10.0	1,500	N	N	N	N	N	7	N	N	N	<5.0	<10	N
CR033AKS	273	3.00	1.50	1.000	.500	700	N	N	N	10.0	1,000	N	N	N	15.0	<10	150	N	N	N	7.0	N	N
CR034AKS	276	.50	.20	.050	.070	150	N	N	N	20.0	2,000	<1.0	N	N	N	N	<5	<20	N	N	5.0	<10	N
CR035AKS	289	1.00	.20	.700	.500	100	N	N	N	30.0	2,000	<1.0	N	N	N	N	5	30	N	N	<5.0	<10	N
CR036AKS	204	11.00	1.00	.150	.500	700	N	N	N	10.0	1,500	N	N	N	5.0	N	7	20	N	N	<5.0	<10	N
CR038AKS	26	1.50	1.50	1.500	.500	700	N	N	N	10.0	700	N	N	N	7.0	20	50	<20	N	N	7.0	<10	N
CR041AKS	75	2.00	1.50	2.000	.500	700	N	N	N	10.0	700	N	N	N	20.0	20	70	N	N	N	5.0	<10	N
CR042AKS	181	11.50	1.50	.700	.200	500	N	N	N	10.0	700	N	N	N	7.0	20	50	30	N	N	10.0	<10	N
CR043AKS	234	2.00	<.02	<.050	.500	10	N	N	N	10.0	100	N	N	N	N	N	20	N	N	N	<5.0	N	N
CR045AKS	292	1.00	.20	.300	.150	200	N	N	N	50.0	1,000	<1.0	N	N	N	N	10	30	N	N	<5.0	<10	N
CR048AKS	155	1.00	1.00	1.000	.200	500	N	N	N	50.0	1,500	N	N	N	5.0	<10	20	30	N	N	5.0	10	N
CR048BKS	155	1.50	1.50	1.000	.200	500	N	N	N	10.0	700	N	N	N	10.0	30	50	30	N	N	10.0	<10	N
CR050AKS	160	2.00	2.00	.700	.300	500	N	N	N	10.0	500	N	N	N	20.0	300	30	20	N	N	100.0	N	N
CR052AKS	131	2.00	1.50	1.000	.300	500	N	N	N	10.0	500	N	N	N	10.0	30	30	N	N	N	5.0	N	N
CR054AKS	120	3.00	1.50	1.500	.700	700	N	N	N	20.0	1,000	N	N	N	10.0	N	100	N	N	N	<5.0	N	N
CR057AKS	375	1.50	1.50	1.000	.300	500	N	N	N	<10.0	1,000	N	N	N	7.0	<10	30	30	N	N	<5.0	10	N
CR060AKS	15	3.00	1.50	1.500	.500	500	N	N	N	<10.0	300	N	N	N	20.0	15	150	N	N	N	10.0	N	N
CR061BKS	9	1.50	.70	1.000	.300	1,000	N	N	N	<10.0	1,000	N	N	N	5.0	<10	20	20	N	N	<5.0	N	N
CR063AKS	11	2.00	1.50	.700	.300	300	N	N	N	10.0	500	N	N	N	10.0	15	50	N	N	N	20.0	<10	N
CR064AKS	22	1.50	1.50	1.000	.300	500	N	N	N	10.0	700	N	N	N	10.0	150	30	30	N	N	30.0	N	N
CR067AKS	4	2.00	1.50	1.000	.300	500	N	N	N	10.0	700	<1.0	N	N	10.0	10	50	20	N	N	10.0	N	N
CR068AKS	3	2.00	1.50	.700	.200	1,500	N	N	N	<10.0	1,000	N	N	N	10.0	10	30	30	N	N	10.0	<10	N
CR069AKS	45	1.00	1.00	.500	.150	300	N	N	N	10.0	700	N	N	N	5.0	10	50	<20	N	N	7.0	<10	N
CR070AKS	43	1.00	.70	.500	.150	300	N	N	N	10.0	300	N	N	N	7.0	<10	70	N	N	N	7.0	N	N
CR071BKS	36	1.00	1.00	1.000	.150	500	N	N	N	15.0	1,000	<1.0	N	N	N	N	20	N	N	N	<5.0	<10	N
CR071CKS	34	1.50	1.50	1.500	.300	500	N	N	N	10.0	1,000	N	N	N	10.0	15	50	N	N	N	5.0	<10	N
CR072AKS	28	1.50	1.50	2.000	.300	500	N	N	N	10.0	1,000	N	N	N	10.0	20	100	N	N	N	5.0	<10	N
CR075AKS	1	1.50	2.00	3.000	.300	700	N	N	N	10.0	300	N	N	N	10.0	70	50	N	N	N	20.0	N	N
CR075BKS	1	1.00	2.00	3.000	.300	1,000	N	N	N	<10.0	300	N	N	N	10.0	50	20	N	N	N	15.0	N	N
CR075CKS	1	1.00	2.00	2.000	.300	700	N	N	N	<10.0	300	N	N	N	7.0	50	30	N	N	N	15.0	N	N
CR077AKS	39	2.00	1.50	1.000	.200	300	N	N	N	<10.0	100	N	N	N	10.0	<10	70	N	N	N	10.0	N	N
CR078AKS	41	2.00	1.00	2.000	.500	1,000	N	N	N	<10.0	500	N	N	N	10.0	10	100	20	N	N	7.0	<10	N
CR078BKS	41	2.00	1.50	3.000	.500	700	N	N	N	10.0	200	N	N	N	10.0	N	100	N	N	N	5.0	N	N
CR079AKS	40	1.50	1.00	1.000	.300	500	N	N	N	<10.0	500	N	N	N	7.0	<10	100	<20	N	N	5.0	10	N
CR080AKS	391	2.00	2.00	3.000	.500	1,000	N	N	N	<10.0	300	N	N	N	10.0	20	50	N	N	N	10.0	N	N
CR081AKS	268	2.00	1.50	2.000	.500	1,000	N	N	N	10.0	700	N	N	N	15.0	30	100	N	N	N	7.0	N	N
CR082AKS	267	1.50	.50	.300	.200	300	N	N	N	10.0	1,000	N	N	N	5.0	N	70	N	N	N	5.0	<10	N
CR084AKS	269	3.00	1.50	1.000	.500	1,000	N	N	N	10.0	300	N	N	N	20.0	50	100	N	N	N	20.0	N	N
CR086AKS	249	.70	.10	1.000	.300	1,000	N	N	N	20.0	1,000	N	N	N	N	N	5	N	N	N	<5.0	<10	N
CR087AKS	72	2.00	2.00	1.500	.300	1,000	N	N	N	<10.0	500	N	N	N	10.0	20	70	N	N	N	7.0	<10	N
CR088AKS	73	1.50	.70	.700	.200	300	N	N	N	10.0	300	N	N	N	7.0	N	30	N	N	N	<5.0	N	N
CR089AKS	71	2.00	1.00	.700	.200	500	N	N	N	<10.0	500	N	N	N	10.0	<10	70	N	N	N	7.0	N	N
CR090AKS	64	2.00	1.00	2.000	.300	700	N	N	N	10.0	1,500	N	N	N	5.0	N	30	30	N	N	5.0	<10	N
CR091AKS	47	1.50	.70	.500	.200	300	N	N	N	10.0	1,500	N	N	N	<5.0	N	30	N	N	N	5.0	<10	N
CR092AKS	76	2.00	1.50	1.500	.300	700	N	N	N	<10.0	700	N	N	N	10.0	<10	30	N	N	N	5.0	N	N
CR094AKS	85	1.50	.70	.500	.300	150	N	N	N	10.0	1,500	<1.0	N	N	<5.0	<10	30	70	N	N	<5.0	<10	N
CR094BKS	85	.70	.50	1.000	.200	150	N	N	N	N	2,000	<1.0	N	N	N	<10	7	N	N	N	<5.0	<10	N
CR095AKS	90	1.50	.70	1.000	.300	700	N	N	N	<10.0	150	N	N	N	7.0	N	30	N	N	N	<5.0	N	N
CR096AKS	86	2.00	1.50	2.000	.500	1,000	N	N	N	10.0	500	N	N	N	10.0	20	30	N	N	N	<5.0	<10	N
CR097AKS	87	1.00	.50	.300	.100	150	<.50	N	N	<10.0	500	N	N	N	5.0	N	30	N	N	N	5.0	<10	N
CR099AKS	89	2.00	1.50	1.000	.500	1,000	N	N	N	10.0	300	N	N	N	10.0	N	50	N	N	N	<5.0	N	N
CR100BKS	111	1.00	.10	.050	.150	200	1.00	N	N	10.0	300	<1.0	N	N	5.0	15	20	N	N	N	7.0	N	<100
CR100CKS	111	2.00	<.02	<.050	.010	200	.50	<200	N	10.0	20	<1.0	N	N	N	<10	10	N	15	N	<5.0	N	<100
CR103AKS	99	1.00	.20	.700	.300	1,000	N	N	N	10.0	1,000	N	N	N	5.0	N	20	N	N	N	<5.0	<10	N
CR104AKS	97	5.00	.03	<.050	.500	150	N	N	N	10.0	150	N	N	N	10.0	N	30	N	N	N	<5.0	N	N
CR106AKS	92	2.00	1.50	1.000	.300	700	N	N	N	<10.0	150	N	N	N	20.0	50	70	N	N	N	20.0	N	N
CR106BKS	92	2.00	2.00	2.000	.500	1,000	N	N	N	<10.0	200	N	N	N	20.0	70	50	N	N	N	15.0	N	N
CR107AKS	91	1.50	.10	.300	.200	70	N	N	N	10.0	700	N	N	N	<5.0	N	30	N	<0	N	<5.0	<10	N
CR108AKS	88	.20	.02	.200	.070	50	N	N	N	50.0	700	N	N	N	N	N	20	N	N	N	<5.0	<10	N
CR109AKS	95	2.00	<.02	N	.150	<10	N	N	N	<10.0	200	N	N	N	N	N	10	N	<5	N	5.0	N	N
CR109BKS	95	.70	N	N	<.002	20	N	N	N	10.0	N	N	N	N	N	N	5	N	10	N	<5.0	N	N
CR110AKS	96	2.00	<.02	N	.300	20	N	N	N	<10.0	200	N	N	N	N	<10	7	N	N	N	<5.0	N	N
CR113AKS	62	1.00	1.00	1.500	.300	700	N	N	N	15.0	1,500	N	N	N	5.0	N	10	30	N	N	<5.0	<10	N
CR114AKS	46	2.00	1.00	.500	.200	300	N	N	N	10.0	500	N	N	N	10.0	<10	50	N	N	N	7.0	<10	N
CRR0000	67	5.00	.70	.150	.500	1,500	N	N	N	10.0	700	<1.0	N	N	10.0	20	50	N	N	N	7.0	<10	N
CRR0187	67	7.00	.70	.100	.500	1,000	N	N	N	10.0	1,500	N	N	N	10.0	20	70	N	N	N	5.0	<10	N
CRR0370	67	7.00	.70	.100	.500	1,000	N	N	N	<10.0	500	N	N	N	7.0	20	70	N	N	N	7.0	<10	N
CRR0600	67	5.00	.70	.100	.200	2,000	<.50	N	N	<10.0	700	N	N	N	20.0	15	50	N	N	N	7.0	<10	N
CRR0605	67	5.00	1.00	.150	.300	1,500	N	N	N	10.0	1,500	N	N	N	10.0	20	70	N	N	N	5.0	<10	N
CRR0630	67	5.00	1.00	.070	.300	1,000	N	N	N	10.0	700	<1.0	N	N	10.0	20	100	N	N	N	7.0	N	N
CRR0710	67	10.00	.70	.100	.200	2,000	<.50	N	N	10.0	700	<1.0	N	N	70.0	10	70	N	N	N	7.0	<10	N
CRR0890	67	7.00	.70	.200	.200	5,000	2.00	N	N	10.0	1,500	N	N	N	20.0	15	50	N	<5	N	5.0	30	N
CRR1140A	67	7.00	.30	.050	.200	2,000	2.00	N	N	15.0	1,000	N	N	N	20.0	10	100	N	<5	N	7.0	<10	N
CRR1140B	67	2.00	.70	<.050	.300	150	<.50	N	N	30.0	1,500	N	N	N	N	20	70	N	N	N	<5.0	N	N
CRR1140C	67	2.00	.20	<.050	.200	700	1.00	N	N	20.0	500	<1.0	N	N	10.0	<10	30	N	20	N	5.0	10	<100
CRR1280	67	.70	.20	.200	.050	5,000	5.00	N	N	20.0	3,000	<1.0	N	N	5.0	N	50	N	7	N	5.0	30	<100
CRR1340	67	10.00	.50	.070	.150	>5,000	70.00	N	N	15.0	5,000	<1.0	N	500	200.0	<10	500	20	70	N	150.0	1,000	N
CRR1420	67	.70	.20	.100	.030	1,500	2.00	N	N	10.0	500	<1.0	N	20	<5.0	N	30	N	20	N	5.0	70	<100
CRR1630	67	.50	.03	.150	.050	2,000	10.00	N	N	10.0	5,000	<1.0	N	<20	5.0	N	150	N	10	N	5.0	50	<100
CRR1870	67	10.00	.20	<.050	.200	3,000	10.00	<200	N	10.0	500	<1.0	N	N	10.0	10	150	N	50	N	<5.0	1,500	N
CRR1920	67	7.00	.10	<.050	.100	>5,000	50.00	<200	N	20.0	1,500	<1.0	N	<20	200.0	<10	200	N	15	N	20.0	70	N
CRR1950	67	10.00	.70	.050	.300	500	5.00	N	N	15.0	1,500	N	N	N	<5.0	20	150	30	N	N	10.0	<10	N
CRR2140A	67	5.00	.50	<.050	.300	200	3.00	N	N	15.0	2,000	N	N	N	<5.0	10	70	N	N	N	10.0	<10	N
CRR2140B	67	10.00	.30	<.050	.150	5,000	50.00	N	N	15.0	2,000	1.0	N	20	70.0	<10	150	N	N	N	<5.0	10	N
CRR2580	67	7.00	1.00	<.050	.300	2,000	7.00	N	N	<10.0	2,000	<1.0	N	N	10.0	20	100	N	N	N	10.0	<10	N
CRR2660	67	1.50	.07	<.050	.070	2,000	30.00	N	N	10.0	2,000	1.0	N	N	5.0	<10	30	N	10	N	<5.0	10	<100
CRR2820	67	2.00	.15	<.050	.100	5,000	20.00	<200	<10	10.0	1,000	<1.0	N	N	7.0	<10	50	N	7	N	<5.0	15	<100
CRR2940	67	10.00	.70	<.050	.500	1,500	1.00	N	N	<10.0	1,000	N	N	N	15.0	20	100	N	N	N	10.0	<10	N
CRR3070	67	1.50	.20	<.050	.150	5,000	3.00	N	N	10.0	1,000	<1.0	N	N	10.0	N	50	N	5	N	5.0	30	<100
CRR3240A	67	.20	.03	.070	.010	700	2.00	N	N	10.0	200	<1.0	N	N	N	N	20	N	N	N	<5.0	10	<100
CRR3240B	67	5.00	.50	.050	.500	700	1.00	N	N	10.0	2,000	N	N	N	5.0	20	70	N	N	N	5.0	15	N
CRR3330	67	1.50	.10	<.050	.020	2,000	7.00	N	N	15.0	500	<1.0	N	N	10.0	N	50	N	N	N	<5.0	20	N
CRR3440	67	5.00	.30	.050	.100	5,000	5.00	N	N	10.0	1,500	<1.0	N	N	30.0	<10	50	N	<5	N	<5.0	10	<100
CRR3560	67	10.00	.50	<.050	.300	2,000	1.50	N	N	10.0	1,000	N	N	N	10.0	15	100	N	N	N	7.0	<10	N

Table 11.--Analytical data for rock samples collected from the Cordillera de Tilarán and Montes del Aguacate, Costa Rica--Continued

Cuadro 11.--Datos analíticos de las muestras de roca de la Cordillera de Tilarán y los Montes del Aguacate, Costa Rica--Continua

Sc ppm s	Sn ppm s	Sr ppm s	V ppm s	W ppm s	Y ppm s	Zn ppm s	Zr ppm s	Th ppm s	Au ppm aa	Hg ppm inst	Te ppm aa	As ppm aa	Cu ppm aa	Pb ppm aa	Zn ppm aa	Ag ppm aa	Cd ppm aa	Bi ppm aa	Sb ppm aa	Tl ppm aa	F ppm si	Se ppm inst	Map No. Mapa No.	Sample No. Muestra No.
10	N	N	100.00	N	10	N	15	N	.10	.35	N	170	230	5	15	.45	1.0	N	6	.30	<100	.65	302	CR297RSM
30	N	<100	200.00	N	20	N	50	N	.05	.14	N	120	60	N	120	.10	4.0	N	4	.90	200	.05	302	CR298RSM
N	N	N	50.00	N	10	500	10	N	9.00	.80	N	110	380	N	25	7.00	.7	N	24	.60	100	.05	302	CR299RSM
10	N	<100	70.00	N	15	N	70	N	.20	.40	N	40	30	N	120	.15	.4	N	6	1.00	300	.40	302	CR300RSM
N	N	<100	.15	N	N	N	<10	N	4.20	2.50	N	>2,000	220	20	95	3.70	.9	N	300	4.20	100	.45	302	CR301RSM
N	N	<100	<10.00	N	10	N	70	N	2.40	9.00	N	570	65	25	20	1.70	N	N	52	3.00	200	N	302	CR302RSM
N	N	<100	10.00	N	N	N	<10	N	3.30	.18	<.05	220	15	25	5	.90	N	N	8	.15	<100	.15	293	CR303RSM
10	N	200	150.00	N	20	300	30	N	N	.10	N	N	5	N	5	<.05	N	N	6	.95	<100	.40	294	CR304RSM
15	N	150	100.00	N	15	<200	70	N	N	.14	<.05	10	5	N	N	N	N	N	8	.10	<100	N	305	CR305RSM
10	N	N	100.00	N	10	N	70	N	2.80	.02	3.40	>2,000	>1,000	25	310	6.80	1.5	N	22	1.00	200	.35	305	CR306RSM
15	N	100	100.00	N	10	N	50	N	N	<.02	.10	>2,000	140	N	230	.30	.3	N	6	.90	500	.10	372	CR307RSM
15	N	150	50.00	N	10	N	30	N	.05	<.02	1.20	>2,000	30	N	5	.70	N	N	380	2.00	600	.05	372	CR308RSM
20	N	200	100.00	N	15	N	50	N	<.05	<.02	.70	>2,000	80	N	55	.50	N	N	42	2.30	800	N	372	CR309RSM
20	N	700	500.00	N	10	N	50	N	N	<.02	1.10	210	100	N	85	<.05	.1	N	16	.75	600	6.80	372	CR310RSM
30	N	100	200.00	N	15	N	50	N	N	<.02	.55	170	95	N	25	N	N	N	18	.40	500	N	372	CR311RSM
10	N	200	70.00	N	30	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	282	CR002AKS
15	N	700	150.00	N	10	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	295	CR003AKS
7	N	300	100.00	N	N	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	309	CR004AKS
N	N	N	<10.00	N	N	N	100	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	327	CR005AKS
15	N	700	150.00	N	10	N	30	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	336	CR006AKS
<5	N	500	30.00	N	10	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	336	CR006BKS
15	N	700	150.00	N	15	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	338	CR007AKS
15	N	700	150.00	N	<10	N	20	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	338	CR007BKS
N	N	300	30.00	N	110	N	100	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	338	CR007CKS
5	N	1,000	100.00	N	15	N	100	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	353	CR008AKS
30	N	1,000	150.00	N	15	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	348	CR009AKS
15	N	700	100.00	N	10	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	348	CR009BKS
30	N	700	150.00	N	15	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	366	CR011AKS
20	N	700	150.00	N	15	N	20	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	320	CR012AKS
20	N	300	100.00	N	10	N	10	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	339	CR013AKS
20	N	200	1,150.00	N	15	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	339	CR014AKS
10	N	N	100.00	N	20	N	150	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	257	CR017AKS
20	N	200	100.00	N	15	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	262	CR018AKS
20	N	1,000	1,100.00	N	20	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	285	CR019AKS
20	N	700	100.00	N	20	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	201	CR022AKS
<5	N	100	15.00	N	N	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	341	CR024AKS
10	N	500	100.00	N	15	N	100	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	51	CR027AKS
10	N	700	100.00	N	10	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	82	CR029AKS
10	N	700	70.00	N	15	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	93	CR030AKS
10	N	200	70.00	N	30	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	98	CR031AKS
<5	N	100	10.00	N	15	N	100	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	101	CR032AKS
15	N	500	100.00	N	15	N	30	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	273	CR033AKS
N	N	<100	<10.00	N	15	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	276	CR034AKS
10	N	500	20.00	N	30	N	100	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	289	CR035AKS
10	N	500	30.00	N	20	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	204	CR036AKS
10	N	500	70.00	N	20	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	26	CR038AKS
15	N	500	150.00	N	10	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	75	CR041AKS
7	N	300	50.00	N	10	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	181	CR042AKS
15	N	200	150.00	N	10	N	100	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	234	CR043AKS
N	N	200	15.00	N	15	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	292	CR045AKS
7	N	500	50.00	N	10	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	155	CR048AKS
10	N	500	70.00	N	10	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	155	CR048BKS
15	N	200	70.00	N	10	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	160	CR050AKS
15	N	200	100.00	N	10	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	131	CR052AKS
20	N	200	100.00	N	30	N	100	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	120	CR054AKS
10	N	500	70.00	N	10	N	100	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	375	CR057AKS
20	N	500	100.00	N	15	N	<10	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	15	CR060AKS
10	N	300	70.00	N	15	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	9	CR061BKS
7	N	300	70.00	N	<10	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	11	CR063AKS
10	N	300	50.00	N	10	N	100	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	22	CR064AKS
10	N	300	70.00	N	10	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4	CR067AKS
10	N	500	70.00	N	10	N	30	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	3	CR068AKS
7	N	300	50.00	N	<10	N	30	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	45	CR069AKS
7	N	200	50.00	N	<10	N	20	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	43	CR070AKS
10	N	500	30.00	N	15	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	36	CR071BKS
20	N	500	70.00	N	20	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	34	CR071CKS
20	N	500	100.00	N	20	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	28	CR072AKS
20	N	500	100.00	N	10	N	20	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1	CR075AKS
15	N	500	100.00	N	10	N	20	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1	CR075BKS
15	N	300	70.00	N	10	N	20	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1	CR075CKS
15	N	200	100.00	N	10	N	10	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	39	CR077AKS
15	N	500	100.00	N	15	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	41	CR078AKS
20	N	500	100.00	N	15	N	20	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	41	CR078BKS
10	N	300	70.00	N	15	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	40	CR079AKS
20	N	500	100.00	N	15	N	20	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	391	CR080AKS
20	N	500	150.00	N	15	N	30	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	268	CR081AKS
7	N	200	50.00	N	10	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	267	CR082AKS
20	N	300	150.00	N	10	N	20	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	269	CR084AKS
7	N	300	20.00	N	15	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	249	CR086AKS
15	N	500	100.00	N	10	N	30	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	72	CR087AKS
7	N	300	50.00	N	<10	N	30	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	73	CR088AKS
10	N	300	70.00	N	<10	N	20	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	71	CR089AKS
10	N	200	50.00	N	15	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	64	CR090AKS
5	N	300	50.00	N	10	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	47	CR091AKS
15	N	500	100.00	N	10	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	76	CR092AKS
15	N	500	70.00	N	30	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	85	CR094AKS
7	N	700	50.00	N	15	N	100	N	N	<.02	N	N	15	N	10	N	N	N	2	<.05	100	.30	85	CR094BKS
15	N	200	70.00	N	10	N	10	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	90	CR095AKS
20	N	500	100.00	N	15	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	86	CR096AKS
5	N	150	50.00	N	<10	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	87	CR097AKS
20	N	300	100.00	N	15	N	30	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	89	CR099AKS
10	N	N	50.00	N	<10	N	30	N	.05	.08	.05	70	25	N	15	.55	N	N	4	1.10	100	2.50	111	CR100BKS
N	N	N	50.00	50	<10	N	N	N	.10	.06	N	60	15	N	N	.20	N	N	4	N	<100	.60	111	CR100CKS
10	N	200	50.00	N	20	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	99	CR103AKS
15	N	N	50.00	N	10	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	97	CR104AKS
15	N	200	100.00	N	<10	N	10	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	92	CR106AKS
20	N	300	150.00	N	10	N	15	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	92	CR106BKS
7	N	150	50.00	N	20	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	91	CR107AKS
N	N	100	10.00	N	<10	N	50	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	88	CR108AKS
7	N	150	30.00	N	<10	N	50	N	N	.08	5.20	50	20	N	N	N	N	N	2	N	400	8.60	95	CR109AKS
N	N	N	10.00	<50	N	N	N	N	N	.10	2.30	<10	5	N	N	.10	N	N	N	<.05	<100	3.10	95	CR109BKS
10	N	200	70.00	N	<10	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	96	CR110AKS
10	N	500	70.00	N	15	N	70	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	62	CR113AKS
10	N	200	70.00	N	10	N	30	N	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	46	CR114AKS
20	N	<100	100.00	N	20	N	70	N	N	N	N	N	60	<5	60	.25	.1	N	N	.30	200	.05	67	CRR0000
30	N	<100	200.00	N	20	N	100	N	N	N	N	N	90	5	60	.20	.1	N	N	.45	200	N	67	CRR0187
20	N	<100	200.00	N	10	N	100	N	N	N	N	N	80	5	60	.25	N	N	N	.20	200	N	67	CRR0370
15	N	<100	150.00	N	30	N	50	N	N	N	.25	70	90	10	70	.75	.1	N	N	.20	300	.55	67	CRR0600
20	N	<100	200.00	N	20	N	70	N	N	<.02	N	<10	110	N	75	.20	.1	N	N	.55	300	.10	67	CRR0605
20	N	<100	150.00	N	15	N	70	N	N	<.02	N	N	110	N	80	.30	.1	N	N	.30	300	.05	67	CRR0630
15	N	<100	150.00	N	20	N	50	N	<.05	.02	.05	10	100	5	40	.45	.1	N	N	.40	400	.10	67	CRR0710
15	N	<100	150.00	N	15	<200	70	N	.05	.02	<.05	70	70	35	130	1.70	1.5	N	N	1.10	400	.05	67	CRR0890
15	N	<100	150.00	N	15	N	50	N	3.80	.04	<.05	80	130	10	90	7.20	1.0	N	2	1.20	200	.15	67	CRR1140A
20	N	<100	200.00	N	10	N	70	N	N	N	N	50	100	N	55	.30	.2	N	N	1.70	400	.20	67	CRR1140B
10	N	<100	150.00	N	10	N	50	N	.50	.06	N	60	50	15	50	1.30	.6	N	4	.65	200	.10	67	CRR1140C
<5	N	<100	50.00	N	10	<200	10	N	.55	.06	N	30	50	65	110	7.00	4.3	N	2	.90	<100	.05	67	CRR1280
30	N	200	200.00	<50	50	2,000	50	N	.30	.18	.50	260	700	700	>2,000	42.00	110.0	N	12	7.80	400	N	67	CRR1340
<5	N	<100	15.00	N	N	700	<10	N	.65	<.02	.05	20	35	170	450	3.00	11.0	N	2	.40	<100	.60	67	CRR1420
<5	N	<100	20.00	N	<10	N	<10	N	.35	<.02	.30	30	240	90	90	11.00	6.3	N	2	1.00	<100	.40	67	CRR1630
20	N	N	200.00	N	10	200	50	N	5.20	.20	1.10	340	120	540	200	10.00	.9	N	10	.75	300	2.10	67	CRR1870
10	N	100	100.00	<50	10	200	20	N	.75	.10	.10	180	380	90	200	3.60	4.6	N	12	2.60	200	.20	67	CRR1920
30	N	150	200.00	N	15	<200	70	N	.05	.04	N	30	190	<5	160	8.00	.5	N	N	1.90	200	.15	67	CRR1950
20	N	150	200.00	N	10	<200	70	N	N	.14	N	90	80	<5	120	1.80	1.7	N	2	1.70	300	.40	67	CRR2140A
10	N	<100	150.00	N	15	300	30	N	.05	.20	N	160	180	15	230	42.00	9.1	N	4	1.60	200	.50	67	CRR2140B
20	N	100	200.00	N	15	N	70	N	N	N	N	N	90	N	75	4.70	1.7	N	N	1.20	200	N	67	CRR2580
<5	N	<100	50.00	N	N	N	<10	N	.50	.16	N	50	25	20	30	29.00	1.0	N	2	.35	<100	.10	67	CRR2660
5	N	<100	70.00	N	<10	N	15	N	9.20	.10	.05	90	50	25	30	18.00	1.2	N	2	.50	<100	.15	67	CRR2820
20	N	<100	200.00	N	15	<200	100	N	.05	.06	N	20	95	5	160	1.30	.6	N	N	.55	200	.05	67	CRR2940
7	N	N	70.00	N	10	<200	20	N	16.00	.26	.30	60	65	70	75	15.00	.8	N	2	.60	100	.15	67	CRR3070
N	N	N	10.00	N	N	N	N	N	1.60	.06	.40	10	20	20	10	4.30	.2	N	N	.25	<100	.10	67	CRR3240A
20	N	100	200.00	N	15	N	100	N	N	.06	N	30	85	10	160	.50	.4	N	N	1.70	100	.05	67	CRR3240B
5	N	N	50.00	N	<10	<200	N	N	.20	.04	.15	20	35	35	30	8.30	.3	N	N	.45	<100	.25	67	CRR3330
10	N	<100	100.00	N	10	N	50	N	.65	.10	N	80	60	10	55	4.30	.9	N	2	1.20	100	.10	67	CRR3440
20	N	<100	150.00	N	15	N	70	N	N	N	N	N	70	5	85	1.40	.4	N	N	1.10	200	.15	67	CRR3560

Table 12.--Energy dispersive X-ray fluorescence data for selected rock samples, in parts per million from the Cordillera de Tilarán and Montes del Aguacate, Costa Rica

Cuadro 12.--Datos de fluorescencia de rayos-X de dispersión de energía, en partes por millon, de una selección de muestras de rocas de la Cordillera de Tilarán y Montes del Aguacate, Costa Rica

[These analyses are of samples that are largely free of alteration and mineralization and were used to study petrologic evolution. Samples were analyzed for 14 elements using energy-dispersive X-ray fluorescence methods. Reported values are accurate to plus or minus 10 percent of the amount present, except very near the detection limit, where errors may be appreciably larger. Thus, some values are not accurate to the degree suggested by the number of significant digits reported. Analyses by Karen Gray and John Johnson]

[Estos análisis son de muestras principalmente libre de alteración o mineralización, utilizados en estuidos de evolución petrológica. Las muestras fueron analizadas para 14 elementos usando métodos de fluorescencia de rayos-X de dispersión de energía. La precisión de los valores presentados es más o menos 10 por ciento de la cantidad presente, excepto en casos donde el valor es muy cerca del valor del limite de detección, en los cuales el error puede ser más significante. Por esto, algunos valores no son tan precisos como se sugiere por el número de cifras significantes reportadas. Analizó Karen Gray y John Johnson]

Map no. / Número de mapa	Sample no. / Número de muestra	Cr	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Sn	Ba	La	Ce
32	CR058ASL	<20	<5	<20	<10	<2	7	<10	87	9	<10	3	25	<5	<20
35	CR055ASL	23	8	<20	98	41	676	27	115	11	<10	<2	1131	14	38
36	CR071BKS	<20	<5	47	51	68	577	27	175	5	<10	<2	1501	21	48
47	CR091AKS	<20	<5	34	54	58	670	24	171	6	<10	<2	3299	14	51
57	CR051BKS	<20	10	24	64	162	356	19	103	4	<10	<2	1870	15	34
57	CR051AKS	<20	8	88	58	34	564	17	98	4	<10	<2	987	12	38
60	CR089ARK	28	13	85	55	83	678	30	188	13	<10	<2	1144	52	66
74	CR028AKS	<20	<5	44	61	66	911	30	193	11	<10	<2	1341	35	66
75	CR041AKS	<20	12	121	68	35	690	16	109	4	<10	<2	1036	19	47
79	CR024ASL	<20	<5	60	55	82	341	23	173	7	<10	<2	1507	9	36
80	CR059ASL	<20	<5	<20	37	75	1030	49	214	11	<10	<2	1449	45	78
87	CR097AKS	<20	<5	72	56	58	615	20	137	5	<10	3	1334	16	31
93	CR030AKS	27	17	81	69	68	1529	27	179	8	<10	<2	1501	50	94
99	CR103AKS	<20	6	39	50	56	433	45	162	6	<10	3	1328	8	26
101	CR032AKS	<20	<5	<20	20	68	241	28	181	6	<10	3	1935	10	30
103	CR062ASL	<20	<5	<20	31	88	422	27	209	9	<10	2	1865	21	46
109	CR053AKS	<20	<5	36	45	61	595	31	174	6	<10	<2	1467	5	28
112	CR022ASL	<20	8	51	51	59	363	38	201	6	<10	5	1310	18	32
114	CR013ASL	52	22	114	70	12	634	18	78	4	<10	<2	604	<5	<20
120	CR054AKS	<20	14	224	95	31	420	36	143	6	<10	<2	999	14	24
125	CR026AKS	<20	18	154	91	4	484	19	53	<4	<10	4	271	<5	<20
128	CR034ASL	<20	<5	<20	47	70	464	32	133	8	<10	3	1906	34	38
134	CR060ARK	51	37	73	116	<2	263	80	165	6	<10	2	325	40	66
157	CR033ASL	<20	<5	<20	<10	17	2137	<10	158	4	<10	<2	574	17	38
161	CR049BKS	314	164	31	68	38	834	21	130	8	<10	<2	781	37	71
165	CR027ASL	30	18	110	69	54	834	24	157	8	<10	<2	1022	38	67
166	CR047AKS	<20	<5	28	31	87	105	13	211	17	<10	<2	961	42	46
171	CR050ARK	<20	<5	22	42	71	385	19	124	4	<10	<2	1148	9	33
175	CR029ASL	<20	<5	<20	40	114	563	17	201	13	<10	<2	1485	36	54
176	CR037AKS	<20	<5	23	41	113	391	14	164	13	<10	<2	1634	27	56
178	CR072ARK	27	17	105	63	79	910	24	199	13	<10	<2	1160	39	82
179	CR020AKS	25	21	118	66	65	879	109	176	11	<10	<2	1057	73	81
190	CR021AKS	<20	<5	<20	11	146	53	12	203	11	<10	2	627	31	47
190	CR023ARK	44	26	54	65	7	546	14	54	<4	<10	<2	348	<5	20
220	CR001ASL	29	27	160	106	39	915	44	120	6	<10	<2	1082	42	46
227	CR039ASL	<20	<5	<20	60	84	299	20	122	9	<10	<2	1903	26	53
237	CR063ARK	<20	15	83	75	9	636	17	66	<4	<10	<2	571	14	20
238	CR064ARK	<20	<5	<20	17	28	95	22	151	6	<10	<2	750	19	30
240	CR035ASL	<20	<5	41	<10	4	381	12	144	5	<10	<2	1268	28	53
251	CR016AKS	<20	<5	<20	37	52	244	30	204	5	<10	2	682	7	25
267	CR082AKS	<20	<5	<20	47	69	466	22	157	7	<10	<2	1329	15	36
270	CR011ASL	<20	20	174	72	46	1200	22	145	6	<10	<2	872	24	56
274	CR025ARK	94	57	115	78	44	820	30	164	12	<10	3	853	34	59
277	CR033BKS	<20	8	90	61	45	798	17	113	4	<10	<2	1173	16	33
297	CR026ARK	116	76	97	77	47	766	43	173	14	<10	<2	869	32	59
301	CR033ARK	<20	<5	25	40	102	567	34	198	14	<10	<2	1575	46	63
311	CR018ASL	21	8	38	14	<2	373	<10	103	4	<10	<2	695	18	32
317	CR083ARK	<20	<5	33	73	22	1054	23	199	6	<10	<2	1190	40	65
326	CR008ASL	<20	<5	<20	<10	<2	96	<10	215	17	<10	<2	42	<5	<20
358	CR010AKS	<20	<5	40	68	70	1900	26	273	11	<10	<2	1771	104	173
371	CR001AKS	<20	16	87	71	34	1448	21	174	5	<10	<2	1414	34	82
385	CR081ARK	25	46	155	94	4	524	20	66	4	<10	<2	432	9	<20

Table 13.--Major-element analyses for selected rock samples, in weight percent from the Cordillera de Tilarán and Montes del Aguacate, Costa Rica

Cuadro 13.--Análisis de elementos mayores, en peso, por ciento, de una selección de muestras de rocas de la Cordillera de Tilarán y Montes del Aguacate, Costa Rica

[Samples were analyzed by wave length-dispersive X-ray fluorescence methods. Analyst, Davison V. Vivit]

[Muestras fueron analizadas por método de fluorescencia de rayos-X de dispersión de longitud de onda. Analizó Davison V. Vivit]

Map no. / Número de mapa	Sample no. / Número de muestra	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2	P_2O_5	MnO	Loss on ignition / Pérdida al encender	Sum of percent / Suma del por ciento
35	CR055ASL	56.2	17.3	7.79	3.56	7.80	2.39	1.71	0.70	0.20	0.15	1.94	99.74
47	CR091AKS	64.2	16.7	3.95	1.44	4.42	3.25	2.67	.49	.17	.11	2.81	100.21
60	CR089ARK	59.7	16.7	6.27	2.69	4.91	2.89	2.68	.61	.21	.11	2.56	99.33
74	CR028AKS	59.3	17.7	5.80	1.86	5.99	3.75	2.56	.77	.35	.11	1.25	99.44
79	CR024ASL	71.4	14.1	2.78	.67	2.37	3.56	3.48	.40	.10	.09	1.06	100.01
80	CR059ASL	58.4	17.2	7.06	1.51	5.31	3.89	2.63	.95	.50	.09	1.94	99.48
93	CR030AKS	60.9	16.9	7.52	3.20	7.35	3.03	1.98	.75	.21	.12	1.13	103.09
101	CR032AKS	72.6	13.1	2.11	.31	1.33	2.49	3.35	.30	.03	.04	3.00	98.66
103	CR062ASL	70.1	14.2	2.91	.75	2.81	3.40	3.67	.40	.10	.06	1.25	99.65
109	CR053AKS	65.5	15.1	3.59	1.24	3.63	2.76	2.28	.49	.12	.07	5.06	99.84
112	CR022ASL	68.3	14.0	3.94	.84	3.56	3.31	2.29	.54	.12	.07	1.50	98.47
114	CR013ASL	54.8	16.6	8.72	4.67	8.89	2.34	.47	.72	.15	.15	2.75	100.26
120	CR054AKS	60.1	14.6	9.80	2.43	6.45	3.09	1.40	1.18	.26	.17	.63	100.11
125	CR026AKS	48.7	18.5	10.30	2.92	11.90	1.97	.10	.86	.16	.31	3.69	99.41
128	CR034BSL	69.6	14.7	2.56	.62	2.41	3.33	3.16	.32	.12	.02	3.07	99.91
161	CR049BKS	49.5	15.4	8.98	8.10	10.70	2.21	1.45	.76	.31	.19	1.63	99.23
165	CR027ASL	56.6	17.2	7.30	3.76	7.34	2.99	2.20	.72	.27	.14	1.25	99.77
175	CR029ASL	71.3	14.4	2.46	.60	2.64	3.70	3.29	.28	.09	.05	.63	99.44
178	CR072ARK	58.0	16.8	6.67	3.40	6.79	2.95	2.67	.70	.26	.12	1.13	99.49
179	CR020AKS	58.5	17.2	6.86	2.99	6.30	3.24	2.15	.69	.26	.11	1.44	99.74
190	CR023ARK	50.7	19.1	9.65	5.07	10.50	2.31	.38	.71	.14	.19	1.25	100.00
220	CR001ASL	58.7	17.6	6.45	2.61	6.07	3.46	1.75	.69	.26	.08	2.25	99.92
227	CR039ASL	71.2	14.5	1.51	.29	1.46	2.86	3.60	.26	.15	<.01	4.25	100.08
237	CR063ARK	51.8	19.1	10.00	3.74	9.36	2.60	.61	.79	.17	.17	1.32	99.66
238	CR064ARK	75.2	10.8	1.12	.23	2.78	1.92	1.50	.28	.14	.03	4.94	98.94
251	CC016AKS	71.2	13.8	2.17	.31	2.47	3.28	1.62	.36	.08	.07	4.01	99.37
270	CR011ASL	48.7	17.9	10.10	5.01	10.80	2.65	1.63	.84	.39	.18	1.29	99.49
274	CR025ARK	55.2	16.3	8.42	4.64	7.99	3.07	1.61	1.18	.31	.14	.88	99.74
277	CR033BKS	57.6	16.9	7.52	3.20	7.35	3.03	1.98	.75	.21	.12	1.13	99.79
358	CR010AKS	56.0	18.3	6.99	1.82	5.72	4.21	3.11	.61	.50	.13	1.94	99.33
371	CR001AKS	51.1	18.4	9.39	3.40	8.91	3.05	1.61	.87	.44	.19	1.88	99.24

REFERENCES

REFERENCIAS

Alán M., M. A., 1983, Geologiá y estudio de lateritas en el extremo noroeste del Valle de El General: San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Tesis de Licenciatura, 77 p.

Albers, J. P., 1986, Descriptive model of podiform chromite, *in* Cox, D. P., and Singer, D. A., eds., Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693, p. 34.

Alvarado I., G. E., 1985, Consideraciones petrológicas de los estratovolcanes de Costa Rica: Revista Geológica de América Central, no. 3, p. 103–130.

Amos, B. J., and Rogers, P. J., 1983, The geology and exploration geochemistry of the Cordillera de Tilarán-Montes del Aguacate gold field, Costa Rica: [Great Britain] Institute of Geological Sciences, Overseas Division, Open-File Report, 33 p.

Anderson, S. M., 1963, The mineral industry of Costa Rica, *in* Minerals Yearbook 1963: U.S. Bureau of Mines Minerals Yearbook, v. 4, p. 67–71.

Ashley, B. E., 1965, The mineral industry of Central American areas; Costa Rica, *in* Minerals Yearbook 1965: U.S. Bureau of Mines Minerals Yearbook, v. 4, p. 92–96.

______1967, The mineral industry of the Central American areas; Costa Rica, *in* Minerals Yearbook 1967: U.S. Bureau of Mines Minerals Yearbook, v. 4, p. 597–900.

______1968, The mineral industry of Central American areas; Costa Rica, *in* Minerals Yearbook 1968: U.S. Bureau of Mines Minerals Yearbook, v. 4, p. 844–847.

______1969, The mineral industry of Central American areas; Costa Rica, *in* Minerals Yearbook 1969: U.S. Bureau of Mines Minerals Yearbook, v. 4, p. 833–834.

Ashley, B. E., and Briggs, R. C., 1970, The mineral industry of Central America; Costa Rica, *in* Minerals Yearbook 1970: U.S. Bureau of Mines Minerals Yearbook, v. 3, p. 895–898.

Attanasi, E. D., and DeYoung, J. H., Jr., 1986, Grade and tonnage model of shoreline placer Ti, *in* Cox, D. P., and Singer, D. A., eds., Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693, p. 270–273.

Attwood, George, 1882, On the geology of a part of Costa Rica: Quarterly Journal of the Geological Society of London, v. 38, p. 328–339.

Azambre, Bernard, and Tournon, Jean, 1977, Les inrusiones basique alcalines du Río Reventazon (Costa Rica): Comptes Rendus Sommaire du Bulletin de la Société Géologique de France, v. 19, p. 104–107.

Azéma, J., and Tournon, J., 1980, La Península de Santa Elena, Costa Rica—Un massif ultrabasique charrié en marge pacifique de l'Amérique Centrale: Académie des Sciences, Comptes Rendus, v. 290, ser. D, p. 912.

Baumgartner, P. O., Mora, C. R., Butterlin, Jaques, Sigal, J., Glacon, Georgette, Azéma, Jaques, and Bourgois, Jaques, 1984, Sedimentación y paleogeografía del Cretácio y Cenozoico del litoral pacífico de Costa Rica: Revista Geológica de América Central, no. 1, p. 57–136.

Bellon, H., and Tournon, J., 1978, Contribution de la géo chronométrie K-Ar a l'étude du magmatisme de Costa Rica, Amérique Centrale: Bulletin de la Société Géologique de France, v. 20, no. 6, p.955–959.

Bennett, Evan, 1939, Gold mining in Costa Rica: Engineering and Mining Journal, v. 140, no. 1, p. 56–58.

Berger, B. R., 1986, Descriptive model of hot-spring Au-Ag, *in* Cox, D. P., and Singer, D. A., eds., Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693, p. 143–144.

Bergoeing, J. P., 1982, Dataciones radiométricas de algunas muestras de Costa Rica: [Costa Rica] Instituto Geográfico Nacional, Informe Semestral, enero-junio, p. 71–86.

Billings, M. P., 1942, Structural geology (3rd ed.): Englewood Cliffs, N. J. Prentice-Hall, 606 p.

Bowin, C. O., 1976, Caribbean gravity field and plate tectonics: Geological Society of America Special Paper 169, 79 p.

Buffler, R. T., Matsumoto, T., and Crowe, J. C., 1985, Cross section, Costa Rica, *in* Ladd, J. W., and Buffler, R. T., eds., Middle America Trench off western Central America—Atlas 7 *of* Ocean Margin Drilling Program, Regional Atlas Series: Marine Science International, Woods Hole, Mass., 21 sheets.

Burbach, V.N.G., Frohlich, C., Pennington, W. D., and Matumoto, T., 1984, Seismicity and tectonics of the subducted Cocos Plate: Journal of Geophysical Research, v. 89, no. B9, p. 7719–7735.

Burke, Kevin, Cooper, Calvin, Dewey, J. F., Mann, Paul, and Pindell, J. L., 1984, Caribbean tectonics and relative plate motions, *in* Bonini, W. E., Hargraves, R. B., and Shagam, Reginald, eds., The Caribbean-South American plate boundary and regional tectonics: Geological Society of America Memoir 162, p. 31–64.

Carr, M. J., 1978, Magma type and structure of the inclined seismic zone in the Central American arc: Geological Society of America Abstracts with Programs, v. 10, no. 3, p. 98–99.

______1984, Symmetrical and segmented variation of physical and geochemical characteristics of the Central American volcanic front: Journal of Volcanology and Geothermal Research, v. 20, p. 231–252.

Carr, M. J., Rose, W. I., and Mayfield, D. G., 1979, Potassium content of lavas and depth to the seismic zone in Central America: Journal of Volcanology and Geothermal Research, v. 5, p. 387–401.

Carr, M. J., Rose, W. I., Jr., and Stoiber, R. E., 1982, Central America, *in* Thorpe, R. S., ed., Orogenic andesites: New York, John Wiley, p. 149–166.

Case, J. E., 1974, Oceanic crust forms basement of eastern Panama: Geological Society of America Bulletin, v. 85, p. 645–652.

______1980, Crustal setting of mafic and ultramafic rocks and associated ore deposits of the Caribbean region: U.S. Geological Survey Open-File Report 80–304, 95 p.

Castillo M., Rolando, 1966, Aspectos geologicos de los yacimientos de arcilla y laterita de Costa Rica: Instituto Centroamericano de Investigación y Técnología Industrial (ICAITI), Publicaciones Geologicas del ICAITI 1, p. 5–21.

______1969, Geología de las mapas básicos Abra y porte de Río Grande: San José, Costa Rica, Ministerio de Economía, Industria y Comercio, Informes Técnicos y Notas Geológicas 39, 27 p.

______1984, Geología de Costa Rica, Una Sinopsis: San José, Costa Rica, Editorial de la Universidad de Costa Rica, 182 p.

Castro M., J. F., and Vargas R., J. E., 1982, Mapa de recursos minerales de Costa Rica, 1:750,000: Costa Rica, Dirección de Geología y Minas, 1 sheet.

Chao, T. T., Sanzolone, R. F., and Hubert, A. E., 1978, Flame and flameless atomic-absorption determination of tellurium in geological materials: Analytica Chimica Acta, v. 96, p. 251–257.

Cháves, R., 1974, The Aguacate mines of Costa Rica; geology and appraisal: Costa Rica, Dirección de Geología, Minas y Petróleo, Informes Téchnicos y Notas Geológicas, v. 12, no. 57, 8 p.

Cháves, R., and Sáenz, R., 1974, Geología de la Cordillera de Tilarán (Proyecto Aguacate, 2da fase): Costa Rica, Dirección de Geología, Minas y Petróleo, Informes Técnicos y Notas Geológicas, v. 12, no. 53, 49 p.

Colley, Howard, 1976, Mineral deposits of Fiji (Metallic deposits): Fiji Ministry of Lands and Mineral Resources, Mineral Resources Division Memoir 1, 123 p.

Cope, L. W., 1985, Costa Rica boasts long history of gold mining: Mining Engineering, v. 37, no. 8, p. 1036–1037.

Cox, D. P., 1986a, Descriptive model of basaltic Cu, *in* Cox, D. P., and Singer, D. A., eds., Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693, p. 130.

______1986b, Descriptive model of polymetallic veins, *in* Cox, D. P., and Singer, D. A., eds., Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693, p. 125.

______1986c, Descriptive model of porphyry Cu, *in* Cox, D. P., and Singer, D. A., eds., Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693, p. 76.

______1986d, Descriptive model of volcanic-hosted Cu-As-Sb, *in* Cox, D. P., and Singer, D.A., eds., Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693, p. 123.

______1986e, Descriptive model of Zn-Pb skarn deposits, *in* Cox, D. P., and Singer, D. A., eds., Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693, p. 90.

Cox, D. P. and Singer, D. A., 1986, Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693, 379 p.

Cox, D. P. and Theodore, T. G., 1986, Descriptive model of Cu skarn deposits, *in* Cox, D. P., and Singer, D. A., eds., Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693, p. 86.

Crespi, R. A., 1907, Geology and development of Aguacate mines, Costa Rica: Mining World, v. 27, p. 847–848.

Crowe, J. C., and Buffler, R. T., 1985, Top of acoustic basement and thickness of sediments, Costa Rica margin, *in*, Ladd, J. E., and Buffler, R. T., eds., Middle America Trench off western Central America, Atlas 7: Woods Hole, Mass., Ocean Margin Drilling Program, Regional Atlas Series, 21 sheets.

Daly, R. A., 1940, Strength and structure of the Earth: New York, Prentice-Hall, 434 p.

Daly, R. A., Manger, E., and Clark, S. P., Jr., 1966, Density of rocks, Chapter 4 *of* Clark, S. P., Jr., ed., Handbook of Physical Constants, (rev. ed.): Boulder, Colo., Geological Society of America, p. 19–26.

de Boer, Jelle, 1974, Mapa geofísico preliminar de Costa Rica: San José, Costa Rica, Instituto Geográfico Nacional, scale 1:500,000.

______1979, The outer arc of the Costa Rican orogen (oceanic basement complexes of the Nicoya and Santa Elena Peninsulas): Tectonophysics, v. 56, p. 221–259.

DeFilippo, R. J., 1974, The mineral industry of Central American countries; Costa Rica, *in* Minerals Yearbook, 1974: U.S. Bureau of Mines Minerals Yearbook, v. 3, p. 1082–1085.

Dengo, G., 1962a, Estudio geológico de la región de Guanacaste, Costa Rica: San José, Costa Rica, Instituto Geográfico de Costa Rica, 112 p.

______1962b, Tectonic-igneous sequence in Costa Rica (Buddington Volume): Boulder, Colo., Geological Society of America, p. 133–161.

______1985, Mid-America—Tectonic setting for the Pacific margin from southern México to northwestern Columbia, *in* Nairn, A.E.M., Stehli, F. G., and Uyeda, S., eds., The Pacific Ocean, Volume A *of* The ocean basins and margins: New York, Plenum Press, p. 123–180.

Dengo, Gabriel, and Levy, Enrique, 1970, Anotaciones al mapa metalogenetico de America Central: Instituto Centroamericano de Investigacion y Técnología Industrial (ICAITI), Publicaciones Geologicas del ICAITI 3, p. 1–15.

Deruyter, V. D., 1985, Tectonic setting of late Cenozoic gold mineralization in the gold belt of Costa Rica: Geological Society of America Abstracts with Programs, v. 17, no. 7, p. 561.

Dobrin, M. B., 1976, Introduction to geophysical prospecting (3d ed.): New York, McGraw-Hill, 446 p.

Dominquez, R. A., 1978, Estudio preliminar de la geología del sitio de presa, Proyecto Fortuna, y observaciones geotécnicas: San José, Costa Rica, Escuela Centroamerícana de Geología, Tesis de Licenciatura, 77 p.

Dondoli B., Cesar, 1966, Informe sobre el yacimiento de hierro de San Ramon: Costa Rica, Dirección de Geología, Minas y Petróleo, Informes Técnicas y Notes Geológias 22–C, 2 p.

______1970, Localización de un horizonte lateritico bauxitico en la zona de Paraiso de Cartago: Costa Rica, Dirección de Geología, Minas y Petróleo, Informes Técnicas y Notas Geológicas, v. 9, no. 36, 12 p.

______1973, Depositos lateritico-bauxitico en la zona de Paraiso de Cartago, Costa Rica: Instituto Centroamerícano de Investigación y Técnología Industrial (ICAITI), Publicaciones Geologicas del ICAITI 4, p. 31–36.

Fisher, S. P., and Pessagno, E. A., 1965, Upper Cretaceous strata of northwestern Panama: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 49, p. 433–444.

Flores R., W. S., 1976, Estudio geológico relacionado con una mineralización de sulfuros en Punta Gorda, Nicoya, Costa Rica: San José, Universidad de Costa Rica, Tesis de Grado, 35 p.

Force, E. R., 1986, Descriptive model of shoreline placer Ti, *in* Cox, D. P., and Singer, D. A., eds., Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693, p. 270.

Fraser, Lee, 1911, Costa Rica mineral resources: Mining and Scientific Press, v. 102, p. 130–132.

Galli-Olivier, C., 1977, Edad de emplazamiento y período de acumulación de la ofiolita de Costa Rica: San José, Universidad de Costa Rica, Revista Ciencias Técnicas, v. 1, p. 81–86.

______1979, Ophiolite and island-arc volcanism in Costa Rica: Geological Society America Bulletin, v. 90, p. 444–452.

Grimes, D. J., and Marranzino, A. P., 1968, Direct-current arc and alternating-current spark emission spectrographic field methods for the semiquantitative analysis of geologic materials: U.S. Geological Survey Circular 591, 6 p.

Guild, P. W., 1981, Preliminary metallogenic map of North America—A numerical listing of deposits: U.S. Geological Survey Circular 858-A, 93 p.

Gursky, H.-J., and Schmidt-Effing, R., 1983, Sedimentalogy of radiolarites within the Nicoya ophiolite complex, Costa Rica, Central America, *in* Iijima, A., Hein, J. R., and Siever, R., eds., Siliceous deposits in the Pacific region (2d International Conference, Japan 1981): Amsterdam, Elsevier Scientific Publishing Company, p. 127–142.

Gursky, H. J., Schmidt-Effing, R., Strebin, M., and Wildberg, H., 1982, The ophiolite sequence in northwestern Costa Rica (Nicoya Complex)—Outlines of stratigraphical geochemical, sedimentological, and tectonical data: Quinto Congreso Latinoamericano de Geología, Argentina, Actas, v. 3, p. 607–619.

Hammer, Sigmund, 1939, Terrain corrections for gravimeter stations: Geophysics, v. 4, p. 184–194.

Harrison, J. V., 1953, The geology of the Santa Elena Peninsula in Costa Rica, Central America: Pacific Scientific Congress, 7th, Proceedings v. 2, p. 102–114.

Hayford, J. F., and Bowie, William, 1912, The effect of topography and isostatic compensation upon the intensity of gravity: U.S. Coast and Geodetic Survey Special Publication 10, 132 p.

Heath, G. R., and Van Andel, T. H., 1973, Tectonics and sedimentation in the Panama Basin—Geologic results of leg 16, Deep Sea Drilling Project: Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, v. 16, sites 155–163, p. 899–913.

Hein, J. R., Kuijpers, E. P., Denyer, Percy, and Sliney, R. E., 1983, Petrology and geochemistry of Cretaceous and Paleogene cherts from western Costa Rica, *in* Iijima, A., Hein, J. R., and Siever, R., eds., Siliceous deposits in the Pacific region (2d International Conference, Japan, 1981): Amsterdam, Elsevier Scientific Publishing Company, p. 143–174.

Heirtzler, J. R., 1985, Relief of the surface of the Earth; Computer generated color-coded shaded relief: U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration, World Data Center A for Marine Geology and Geophysics, Report MGG–2, sheet 2.

Heiskanen, W. A., and Vening Meinesz, F. A., 1958, The earth and its gravity field: New York, McGraw-Hill, 470 p.

Henley, R. W., 1986, The geothermal framework for epithermal deposits, *in* Berger, B. R., and Bethke, P. M., eds., Geology and geochemistry of epithermal systems: El Paso, Tex., Society of Economic Geologists, Reviews in Economic Geology, v. 2, p. 1–24.

Henningsen, D., 1966, Notes on stratigraphy and paleontology of Upper Cretaceous and Tertiary sediments in southern Costa Rica: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 50, p. 562–566.

Hesselbom, Ake, 1985, Geophysical methods in the exploration for gold-bearing quartz veins in Nicaragua [abs.]: Geoexploration, v. 23, no. 3, p. 416–417.

Hopkins, D. M., 1977, An improved ion-selective electrode method for the rapid determination of fluorine in rocks and soils: U.S. Geological Survey Journal of Research, v. 5, no. 5, p. 589–593.

Hubert, A. E., and Lakin, H. W., 1972, Atomic absorption determination of thallum and indium in geologic materials: Geochemical Exploration 1972, p. 383–387.

Huttl, J. B., 1942, A visit to the Aguacate district in Costa Rica: Engineering and Mining Journal, v. 143, no. 11, p. 60–61.

Hyde, D. M., and Martino, Orlando, 1983, The mineral industry of Central American countries; Costa Rica, *in* Minerals Yearbook 1983: U.S. Bureau of Mines Minerals Yearbook, v. 3, p. 936–939.

International Union of Geodesy and Geophysics, 1971, Geodetic reference system 1967: International Association of Geodesy Special Publication 3, 116 p.

Ivosevic, S. W., 1979, Geology and mineral deposits of Costa Rica's south-central Osa Peninsula placer gold district: American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers Transactions, v. 266, p. 1876–1882.

Jachens, R. C., and Griscom, Andrew, 1985, An isostatic residual gravity map of California—a residual map for interpretation of anomalies from intracrustal sources, *in* Hinze, William, ed., The utility of regional gravity and magnetic anomaly maps: Tulsa, Okla., Society of Exploration Geophysicists, p. 347–360.

Jager C., Gerardo, 1977, Geología de las mineralizaciones de cromita al este de la Peninsula de Santa Elena, Provincia de Guanacaste, Costa Rica: San José, Universidad de Costa Rica, Tesis de Grado, 136 p.

Jinesta, R., 1938, El oro en Costa Rica: San José, Costa Rica, Falco Hermanos y Compañía, 32 p.

Johnson, G. R., and Olhoeft, G. R., 1984, Density of rocks and minerals, *in* Volume 3 *of* Carmichael, R. S., CRC Handbook of physical properties of rocks: Boca Raton, Fla., CRC Press, p. 1–38.

Karki, P., Kivioja, L., and Heiskanen, W. A., 1961, Topographic-isostatic reduction maps for the world for Hayford Zones 18–1, Airy Heiskanen system, T=30 km: International Association of Geodesy, Isostatic Institute [Helsinki, Finland] Publications, no. 35, 25 p.

Keefer, E. K., and Calkins, J. A., 1977, Description of individual data items and codes in CRIB: U.S. Geological Survey Circular 755-B, 32 p.

Kesler, S. E., 1971, Nature of ancestral orogenic zone in nuclear Central America: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 55, p. 2116–2129.

Koski, R. A., 1986, Descriptive model of volcanogenic Mn, *in* Cox, D. P., and Singer, D. A., eds., Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693, p. 139.

Kussmaul, Siegfried, and Sprechmann, Peter, 1982, Estratigrafía de Costa Rica (America Central), II: Congreso Latinoamericano de Geología, 5th Argentina, Actas, v. 1, p. 73–79.

______1984, Estratigrafía de Costa Rica (America Central), II, *in*, Sprechmann, Peter, ed., Manual de geología de Costa Rica, Volumen 1, Estratigrafía: San José, Universidad de Costa Rica.

Kuypers, E. P., 1979, La geología del Complejo Ofiolítico de Nicoya, Costa Rica: Instituto Geográfico Nacional, Informe Semestral, v. 25, Julio-Dic., p. 15–75.

______1980, The geologic history of the Nicoya ophiolite complex, Costa Rica, and its geotectonic significance: Tectonophysics, v. 68, p. 233–255.

Kuypers, E. P., and Denyer Ch., Percy, 1979a, Los yacimientos manganesiferos de las radiolaritos del complejo ofiolitico de Nicoya, Costa Rica: Ciencia y Tecnología, v. 3, no. 1, p. 81–97.

______1979b, Volcanic exhalative manganese deposits of the Nicoya ophiolite complex, Costa Rica: Economic Geology, v. 74, no. 3, p. 672–678.

Kuypers, E. P., and Jager C., G., 1979, Mineralizaciones de cromita en la Peninsula de Santa Elena, Costa Rica: Ciencia y Tecnologia, v. 3, no. 1, p. 99–108.

Laguna M., Jorge, 1983a, Hydrothermale Veranderung und Verwitterungseffekte in Vulkaniten der Aguacate-Formation (Miozan-Pliozan), Costa Rica, Zentralamerika: Zentralblatt für Geologie und Paläontologie, v. 1, p. 223–233.

______1983b, Petrographie, Petrologie und Tonmineralogie der Aguacate Formation (Miozan-Pliozan), Costa Rica, Zentral-Amerika: Marburg am Lahn, Phillipps Universität, Ph.D dissertation, 163 p.

Lew, L., 1983, The geology of the Osa Peninsula, Costa Rica—Observations and speculations on the outer arc of the southern Central American orogen: College Station, Pennsylvania State University, M.S. thesis, 79 p.

Lindsley, D. H., Andreasen, G. E., and Balsey, J. R., 1966, Magnetic properties of rocks and minerals, *in* Clark, S. P., ed., Handbook of physical constants: Geological Society of America Memoir 97, p. 543–552.

Lonsdale, P., and Klitgord, K. D., 1978, Structure and tectonic history of the eastern Panama Basin: Geological Society of America Bulletin, v. 98, p. 981–999.

Lu, R. S., and McMillen, K. J., 1983, Multichannel seismic survey of the Colombia Basin and adjacent margins, *in* Watkins, J. S., and Drake, C. L., eds., Studies in continental margin geology: American Association of Petroleum Geologists Memoir 34, p. 395–410.

MacDonald, W. D., 1976, Cretaceous-Tertiary evolution of the Caribbean: Caribbean Geological Conference, 7th, Transactions, p. 69–78.

Madrigal, R., 1970, Geología del mapa básico Barranca, Costa Rica: San José, Ministerio de Industria y Comercio, Informes Técnicos y Notas Geológicas no. 37.

Madrigal, Oscar, 1978, Mapa de recursos minerales de Costa Rica, *in* Organización de los Estados Americanos, Diagnostico del sector minero: San José, Organización de los Estados Americanos, scale 1:750,000.

Maineri P. A., 1975, Proyecto geotermal de Guanacaste: San José, Instituto Costarricense de Elictricidad, Informe preliminar de reconocimiento, documentación técnica 82 p.

______1976, Proyecto geotermal de Guanacaste: San José, Instituto Costarricense de Elictricidad, Informe de previabilidad técnica, 97 p.

Malavassi V. E., and Cháves C., R., 1970, Estudio geológico regional de la Zona Atlántico Norte de Costa Rica: Costa Rica, Dirección de Geología, Minas y Petróleo, Informes Técnicos y Notas Geológicas 35, 15 p.

Malavassi V. E., and Madrigal, R., 1970, Reconocimiento geológico de la zona Norte de Costa Rica: Costa Rica, Dirección de Geología, Minas y Petróleo, Informes Técnicos y Notas Geológicas 38, 12 p.

Malozemoff, P., 1942, Costa Rica: Engineering and Mining Journal, v. 143, no. 8, p. 113–114.

Matumoto, T., Latham, G., Ohtake, M., and Umana, J., 1976, Seismic studies in northern Costa Rica [abs.]: Eos v. 57, no. 4, p. 290.

Matsumoto, T., Ohtake, M., Latham, G., and Umana, J., 1977, Crustal structure in southern Central America: Seismological Society of America Bulletin, v. 67, no. 1, p. 121–135.

McBirney, A. R., 1976, Some geologic constraints on models for magma generation in orogenic environments: Canadian Mineralogist, v. 14, p. 245–254.

McCann, W. R., and Pennington, W. D., in press, Seismicity of the Caribbean region, *in* Dengo, Gabriel, and Case, J. E., eds., Geology of the Caribbean region: Geological Society of America, Decade of North American Geology, v. 11.

McNerney, J. J., Buseck, P. R., and Hanson, R. C., 1972, Mercury detection by means of thin gold films: Science, v. 178, p. 611–612.

Mellis, Ernest, 1890, Las minas del Monte del Aguacate y de los Castros: San José, Costa Rica, Instituto Física-Geografíco, Anales, v. 2, p. 203–220.

Middleton, R. S., and Campbell, E. E., 1979, Geophysical and geochemical methods for mapping gold-bearing structures in Nicaragua, *in* Hood, P. J., ed., Geophysics and geochemistry in the search for metallic ores: Geological Survey of Canada Economic Geology Report 31, p. 779–798.

Mining Magazine, 1983, Mining activity in the western world: Mining Magazine, v. 145, no. 1, p. 40–68.

Minster, J. B., and Jordan, T. H., 1978, Present-day plate motions: Journal of Geophysical Research, v. 83, no. B11, p. 5331–5354.

Monges-Caldera, Julio, 1961, Isoanomalias Bouguer de la gravidad: Instituto Geográfico de Costa Rica, scale 1:1,000,000.

Mora C., S., 1983, Una revisión y actualización de la clasificación morfotectónica de Costa Rica, segun la teoría de la tectónica de placas: Boletín de Vulcanolgía, v. 13, p. 18–36.

Morelli, C., ed., 1974, The International Gravity Standardization Net, 1971: International Association of Geodesy Special Publication 4, 194 p.

Morris, H. T., 1986, Descriptive model of polymetallic replacement deposits, *in* Cox, D. P., and Singer, D. A., eds., Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693, p. 99–100.

Mosier, D. L., 1986a, Grade and tonnage model of volcanogenic Mn, in Cox, D. P., and Singer, D. A., eds., Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693, p. 139–141.

______1986b, Grade and tonnage model of laterite type bauxite deposits, *in* Cox, D. P., and Singer, D. A., eds., Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693, p. 255–257.

Mosier, D. L., Berger, B. R., and Singer, D. A., 1986, Descriptive model of Sado epithermal veins, *in* Cox, D. P., and Singer, D. A., eds., Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693, p. 154.

Mosier, D. L., and Sato, Takeo, 1986, Grade and tonnage model of Sado epithermal veins, *in* Cox, D. P., and Singer, D. A., eds., Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693, p. 155–157.

Motooka, J. M., and Grimes, D. J., 1976, Analytical precision of one-sixth order semiquantitative spectrographic analyses: U.S. Geological Survey Circular 738, 25 p.

Naciones Unidas, 1975a, Proyecto de investigacion minera, Costa Rica, Nicoya y Santa Elena: Naciones Unidas, Informe Técnico 1 (DP/UN/COS–72–004/1), 75 p.

______1975b, Proyecto de investigacion minera, Costa Rica: Naciones Unidas, Informe Técnico 2 (DP/UN/COS–72–004/2).

______1975c, Proyecto de investigacion minera, Costa Rica, Trabajos varios: Naciones Unidas, Informe Técnico 3 (DP/UN/COS–72–004/3), 83 p.

Noe, F. E., 1964, The mineral industry of Central American areas; Costa Rica, *in* Minerals Yearbook 1964: U.S. Bureau of Mines Minerals Yearbook, v. 4, p. 66–72.

Organización de los Estados Americanos, 1978, Diagnóstico del sector minero: San José, Organización de los Estados Americanos, 91 p.

Orris, G. J., and Bliss, J. D., 1986, Grade and tonnage model of placer Au-PGE *in* Cox, D. P., and Singer, D. A., eds., Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693, p. 261–264.

Page, N. J, and Johnson, M. G., 1977, Chromite resources of the podiform chromite deposits and exploration for concealed chromite deposits in the Medford-Coos Bay quadrangles, southwestern Oregon: U.S. Geological Survey Open-File Report 77–656, 14 p.

Patterson, S. H., 1986, Descriptive model of laterite type bauxite deposits, *in* Cox, D. P., and Singer, D. A., eds., Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693, p. 255.

Patterson, S. H., Kurtz, H. F., Olson, J. C., and Neeley, C. L., 1986, World bauxite resources: U.S. Geological Survey Professional Paper 1076-B, 151 p.

Pennington, W. D. Chow, D. C., and McCann, W. R., in press, Seismicity of the Caribbean, *in* Dengo, Gabriel, and Case, J. E., eds., Geology of North America—the Caribbean region (Volume H): Geological Society of America, scale 1:5,000,000.

Perfit, M. R., and Heezen, B. C., 1978, The geology and evolution of the Cayman Trench: Geological Society of America Bulletin, v. 89, p. 1155–1174.

Pichler, H., and Weyl, R., 1975, Magmatism and crustal evolution in Costa Rica (Central America): Geologische Rundschau, v. 64, p. 457–475.

Pindell, James, and Dewey, J. F., 1982, Permo-Triassic reconstruction of western Pangea and the evolution of the Gulf of Mexico/Caribbean region: Tectonics, v. 1, no. 2, p. 179–211.

Pinet, P. R., 1972, Diapir-like features offshore Honduras—Implications regarding tectonic evolution of Cayman Trough and Central America: Geological Society of America Bulletin, v. 83, p. 1911–1922.

Plouff, Donald, 1966, Digital terrain corrections based on geographic coordinates [abs.]: Geophysics, v. 31, no. 6, p. 1208.

______1977, Preliminary documentation for a FORTRAN program to compute gravity terrain corrections based on topography digitized on a geographic grid: U.S. Geological Survey Open-File Report 77–535, 45 p.

Ponce, D. A., and Oliver, H. W., 1981, Charleston Peak gravity calibration loop, Nevada: U.S. Geological Survey Open-File Report 81–985, 20 p.

Reed, B. L., 1986, Descriptive model of Sn greisen deposits, *in* Cox, D. P., and Singer, D. A., eds., Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693, p. 70.

Reitz, M. F., 1902, The gold mines of Costa Rica: Engineering and Mining Journal, v. 74, no. 7, p. 210–213.

Rex, Robert, 1946, The gold mines of Monte Aguacate, Costa Rica: Rocks and Minerals, v. 21, no. 9, p. 561–563.

Richter, D. H., Singer, D. A., and Cox, D. P., 1975, Mineral resources map of the Nabesna quadrangle, Alaska: U.S. Geological Survey Miscellaneous Field Studies Map MF–655-K, scale 1:250,000.

Roberts, R. J., 1944, Manganese deposits in Costa Rica: U.S. Geological Survey Bulletin 935-H, p. 387–414.

Roberts, R. J., and Irving, E. M., 1957, Mineral deposits of Central America, *with a section on* Manganese deposits of Panama, by F. S. Simons: U.S. Geological Survey Bulletin 1034, 205 p.

Robin, Claude, and Tournon, Jean, 1978, Spatial relations of andesitic and alkaline provinces in Mexico and Central America: Canadian Journal of Earth Sciences, v. 15, p. 1633–1641.

Rytuba, J. J., 1986, Descriptive model of hot-spring Hg, *in* Cox, D. P., and Singer, D. A., eds., Mineral deposits models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693, p. 178.

Sáenz, Rodrigo, 1982a, Edades radiométricas de algunas rocas de Costa Rica: Boletín de Vulcanología, no. 12, p. 8–10.

______coord., 1982b, Mapa geologico de Costa Rica: San José, Dirección de Geología, Minas y Petróleo, 9 sheets, scale 1:200,000.

Sandoval M., L. F., 1969, Mining potential in Costa Rica: Costa Rica, Dirección de Geología, Minas y Petróleo, Informes Técnicos y Notas Geológicas, v. 8, no. 32, 9 p.

______1977, Mineralizaciones de tipo volcánico en Costa Rica: Costa Rica, Dirección de Geología, Minas y Petróleo, Informes Técnicos y Notas Geológicas, v. 15, no. 58, 23 p.

Sandoval M., L. F., compiler; collaboration, Sáenz R., Rodrigo, Chaves C., Ronald, Brenes M., M. A., and Ruiz M., M. A., 1977, Mapa metalogenético de Costa Rica: Ministerio de Economía Industria y Comercio, Dirección de Geología, Minas y Petróleo, scale 1:500,000.

Sanzolone, R. F., and Chao, T. T., 1981, Determination of submicrogram amounts of selenium in geological materials by electrothermal atomic-absorption spectrophotometry after solvent extraction: The Analyst [London], v. 106, p. 647–652.

Sass, L. C., and Neff, C. H., 1964, Review of 1963 petroleum developments in South America and the Caribbean area: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 48, no. 8, p 1242–1298.

Schaufelberger, P., 1932, Un estudio elemental sobre la geología de Costa Rica: La Escuela Costarricense, v. 1, no. 3, 57 p.

______1933, Geología de San Ramón y sus alrededores: La Escuela Costarricense, v. 2, no. 9, 33 p.

Schmidt-Effing, R., 1979a, Alter und genese des Nicoya-Komplexes, einer Ozeanischen Paläokruste (Oberjura bis Eozän) im südlichen Zentralamerika: Geologische Rundschau, v. 68, no. 2, p. 457–494.

______1979b, Geodynamic history of oceanic crust in southern Central America: Congresso Latinamericano de Geología, 4th, Trinidad and Tobago, preprint.

Schruben, P. G., 1985, MRDS-REV, a mineral occurrence/deposit database for microcomputer: U.S. Geological Survey Open-File Report 86–34, 55 p.

Sears, J. D., 1919, Deposits of manganese ore in Costa Rica: U.S. Geological Survey Bulletin 710-C, p. 61–83.

Selner, G. I, Taylor, R. B., and Johnson, B. R., 1986, GSDRAW and GSMAP—Prototype programs for the IBM PC or compatible microcomputers to assist compilation and publication of geologic maps and illustrations: U.S. Geological Survey Open-File Report 86–42, 52 p.

Shawe, S. F., 1910, Mines and mill of the Montezuma mines, Costa Rica: Engineering and Mining Journal, v. 90, no. 15, p. 715–716.

Simpson, R. W., Jachens, R. C., and Blakely, R. J., 1983, AIRYROOT—A FORTRAN program for calculating the gravitational attraction of an Airy isostatic root out to 166.7 km: U.S. Geological Survey Open-File Report 83–883, 66 p.

Singer, D. A.,1975, Mineral resource models and the Alaskan Mineral Resource Assessment Program, *in* Vogely, W. A., ed., Mineral material modeling—A state-of-the-art review: Baltimore, Md., Johns Hopkins University Press, p. 370–382.

______1986a, Descriptive model of lateritic Ni, *in* Cox, D. P., and Singer, D. A., eds., Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693, p. 252.

______1986b, Descriptive model of Cyprus massive sulfide, *in* Cox, D. P., and Singer, D. A., eds., Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693, p. 131.

Singer, D. A., and Mosier, D. L., 1981, The relation between exploration economics and the characteristics of mineral deposits, *in* Ramsey, J. B., ed., The economics of exploration for energy resources: Greenwich, Conn., JAI Press, p. 313–328.

______1986, Grade and tonnage model of Cyprus massive sulfide, *in* Cox, D. P., and Singer, D. A., eds., Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693, p. 131–135.

Singer, D. A., Mosier, D. L., and Cox, D. P., 1986, Grade and tonnage model of porphyry copper, *in* Cox, D. P., and Singer, D. A., eds., Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693, p. 77–81.

Singer, D. A. and Page, N. J, 1986, Grade and tonnage model of minor podiform chromite, *in* Cox, D. P., and Singer, D. A., eds., Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693, p. 34–37.

Sprechmann, Peter, ed., 1984, Manual de geología de Costa Rica., v. 1, Estratigrafía: San José, Costa Rica, Editorial de la Universidad de Costa Rica.

Stibane, F. R., Schmidt-Effing, R., and Madrigal, R., 1977, Zur Stratigraphisch-Tektonischen Entwicklung der Halbinsel Nicoya (Costa Rica) in der Zeit von Oberkreide bis Unter-Tertiät: Giessener Geologische Schrift, v. 12, p. 315–358.

Stoiber, R. E., and Carr, M. J., 1974, Quaternary, volcanic, and tectonic segmentation of Central America: Bulletin Volcanologíque, v. 37, p. 304–325.

The Northern Miner, 1986, Midland discovery Costa Rican project: The Northern Miner, July 7, 1986, v. 72, no. 17, p. 13.

Theodore, T. G., 1986, Descriptive model of porphyry Mo, low-F, *in* Cox, D. P., and Singer, D. A., eds., Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693, p. 120.

Theofilos, N. G., 1976, The mineral industry of Central America countries Costa Rica, *in* Minerals Yearbook, 1976: U.S. Bureau of Mines, Minerals Yearbook, v. 3, p. 1308–1311.

Thompson, C. E., Nakagawa, H. M., and Van Sickle, G. H., 1968, Rapid analysis for gold in geologic materials, *in* Geological Survey research, 1968: U.S. Geological Survey Professional Paper 600-B, p. B130–B132.

Ulloa C., Franz, 1977, Aspectos geologicos de la parte este de la peninsula de Santa Elena (desde Cuajiniquil hasta Santa Rosa de la Cruz de Guanacaste): San José, Universidad de Costa Rica, Tesis de grado, 76 p.

Van Andel, T., Heath, G., Malfait, B., Heinrichs, D., and Ewing, J., 1971, Tectonics of the Panama Basin, eastern equatorial Pacific: Geological Society of America Bulletin, v. 85, p. 1489–1508.

VanTrump, George, Jr., and Miesch, A. T., 1976, The U.S. Geological Survey RASS-STATPAC system for management and statistical reduction of geochemical data: Computers and Geosciences, v. 3, p. 475–488.

Vaughn, W. W., and McCarthy, J. H., Jr., 1964, An instrumental technique for the determination of submicrogram concentrations of mercury in soils, rocks, and gas, *in* Geological Survey research, 1964: U.S. Geological Survey Professional Paper 501-D, p. D123–D127.

Velaseo, Pablo, 1980, The mineral industry of Central American countries; Costa Rica, *in* Minerals Yearbook, 1980: U.S. Bureau of Mines Minerals Yearbook, v. 3, p. 1236.

Victor, Linda, 1976, Structures of the continental margin of Central America from northern Nicaragua to northern Panama: Corvallis, Oregon State University, M.S. thesis, 76 p.

Viets, J. G., 1978, Determination of silver, bismuth, cadmium, copper, lead, and zinc in geologic materials by atomic absorption spectrometry with tricaprylylmethylammonium chloride: Analytical Chemistry, v. 50, p. 1097–1101.

Wadge, G., and Burke, K., 1983, Neogene Caribbean plate rotation and associated Central American tectonic evolution: Tectonics, v. 2, p. 633–643.

Wadge, G., and Wooden, J. L., 1982, Late Cenozoic alkaline volcanism in the northwestern Caribbean—Tectonic setting and Sr isotope characteristics: Earth and Planetary Science Letters, v. 57, p. 35–46.

Ward, F. N., Lakin, H. W., Canney, F. C., and others, 1963, Analytical methods used in geochemical exploration by the U.S. Geological Survey: U.S. Geological Survey Bulletin 1152, 100 p.

Ward, F. N., Nakagawa, H. M., Harms, T. F., and Van Sickle, G. H., 1969, Atomic-absorption methods useful in geochemical exploration: U.S. Geological Survey Bulletin 1289, 45 p.

Webber, B. N., 1942, Manganese deposits of Costa Rica, Central America: America Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers Technical Publication 1445, 7 p.

Welsch, E. P., and Chao, T. T., 1975, Determination of trace amounts of tin in geological materials by atomic-absorption spectrometry: Analytica Chimica Acta, v. 76, p. 65–69.

Weyl, Richard, 1969, Magnetitsande der Kuste Nicoyas (Costa Rica, Mittelamerika): Stuttgart, Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatschefte, v. 8, p. 499–511.

______1980, Geology of Central America [2d ed.]: Berlin, Gebrüder Borntraeger, 371 p.

Williams, Howel, 1932, The history and character of volcanic domes: University of California Bulletin, v. 21, no. 5, p. 51–146.

______1952, Volcanic history of the Meseta Central Occidental of Costa Rica: University of California, Publications in Geological Science, v. 29, no. 4, p. 145–180.

Williams, Howel, and McBirney, A. R., 1979, Volcanology: San Francisco, Freeman, Cooper and Company, 397 p.

Williamson, Anthony, 1983, Thermal activity on Lihir Island, New Ireland Province (Papua New Guinea): Geological Survey of Papua New Guinea Report 83–15, 32 p.

World Mining, 1983, Costa Rica—High-grade copper mineralization: World Mining, v. 36, no. 6, p. 33.

Yeend, W. E., 1986, Descriptive model of placer Au-PGE, *in* Cox, D. P., and Singer, D. A., eds., Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693, p. 261.