

**Program, Abstracts, and Field Trip  
Roadlog  
for  
International Gold Conference,  
San José, Costa Rica,  
October 20-22, 1987**

**edited by**

**Steve Ludington and William C. Bagby**

**U.S. Geological Survey  
345 Middlefield Road  
Menlo Park, CA 94025**

**and**

**Stephen L. Bolivar**

**Los Alamos National Laboratory  
Los Alamos, New Mexico 87545**

**Open-file Report 87-602**

**This report is preliminary and has not been reviewed  
for conformity with U.S. Geological Survey editorial  
standards and stratigraphic nomenclature**

During 1986 and 1987, the U. S. Geological Survey, in cooperation with Los Alamos National Laboratories, conducted a resource assessment of Costa Rica. This work culminated in the production of *I-1865, Mineral Resource Assessment of the Republic of Costa Rica*. In October of 1987, a meeting was held in San José, Costa Rica, in order to present the results of the joint U. S. Geological Survey - Los Alamos work to the Central American geologic community and to the world mining industry. This report is the record of that meeting, and contains the program, abstracts, field-trip guide, and short biographical sketches of the speakers.

# ***International Gold Conference***

## **Conferencia Internacional de Oro**

---



**San José, Costa Rica  
October 20-22, 1987  
Hotel Sheraton Herradura**

**organizada por  
Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas  
Minera Nacional, S. A.  
Los Alamos National Laboratories  
United States Geological Survey**

# **INTERNATIONAL GOLD CONFERENCE**

## **CONFERENCIA INTERNACIONAL DEL ORO**

**San José, Costa Rica**

**20-22 Octubre, 1987**

**Hotel Sheraton Herradura**

**Martes 20 de Octubre**

**8:30 am**

### **Inauguración *Inauguration***

#### **Introducción *Introduction:***

Sr. José Maria Blanco, M. Sc., Gerente General, Minera Nacional, S.A. (MINASA)

Ing. Jorge Rodríguez, Presidente, Junta Directiva de MINASA.

Sr. Carl Duisberg, Oficina Regional para Centroamérica y Panamá, USAID (ROCAP)

Dr. Alvaro Umaña, Ministro, Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas

Sr. Jorge Manuel Dengo, Primer Vice-Presidente de la República

**9:30**

#### **Receso *Recess***

**10:00**

#### **Panorama del Proyecto Regional de Los Alamos,**

##### ***Overview of the Los Alamos Regional Project***

Ing. José Frank, Laboratorio Nacional Los Alamos de los EEUU (Los Alamos)

**10:30**

#### **Geología Regional de América Central**

##### ***Regional Geology of Central America***

Dr. Gregorio Escalante

**11:00**

#### **Resumen del Estudio de los Recursos Minerales de Costa Rica: USGS**

##### ***Summary of the U. S. Geological Survey Study of the Mineral Resources of Costa Rica***

Dr. Norman Page, Servicio Geológico de los EEUU (USGS)

- 11:30  
**Panorama del Reconocimiento Geoquímico de Costa Rica: Los Alamos**  
*Overview of the Los Alamos Geochemical Reconnaissance of Costa Rica*  
 Dr. Stephen Bolivar, Los Alamos
- 12:00 pm  
 Almuerzo *Lunch*
- 1:55  
 Noticias *Notices*
- 2:00  
**Marco Geológico de Costa Rica y del Distrito Aurífero Tilarán-Montes del Aguacate**  
*The Geologic Framework of Costa Rica and of the Tilarán-Montes del Aguacate Gold Belt*  
 Dr. Steve Ludington, USGS
- 2:30  
**Interpretación Geofísica de Costa Rica**  
*A Geophysical Interpretation of Costa Rica*  
 Sr. David Ponce, M. Sc., USGS
- 3:00  
**Modelos Geológicos y Geoquímicos de los Depósitos Auríferos en el Distrito Tilarán-Montes del Aguacate**  
*Geologic and Geochemical Models of the Gold Deposits in the Tilarán-Montes del Aguacate District*  
 Dr. William Bagby, USGS
- 3:30  
 Receso *Recess*
- 4:00  
**Evaluación de los Recursos Minerales de Costa Rica**  
*A Mineral Resource Assessment of Costa Rica*  
 Dr. Donald Singer, USGS
- 4:30  
**Estudio de Caso: Geología del Yacimiento Bellavista-Montezuma**  
*Geology of the Bellavista-Montezuma Deposit: A Case Study*  
 Lic. Miguel Alan Mora
- 4:45  
**Perfil Geológico Minero de las Concesiones de MINASA**  
*Geological Profile of the MINASA Concessions*  
 Ing. Nestor Chamorro, Director Técnico, MINASA

**Miercoles 21 de Octubre**

8:45 am

Noticias *Notices*

9:00

**Estudio de Orientación para las Areas de San José y Talamanca**  
*Orientation Study for the San José and Talamanca Areas*  
Sr. Alejandro Arauz, M. Sc.

9:30

**Técnicas para Procesar Datos para el Atlas Geoquímico de Costa Rica**  
*Data Processing Techniques for the Geochemical Atlas of Costa Rica*  
Sr. Greg Cole, M. Sc., Los Alamos

10:00

**Patrones Geoquímicos Regionales en los Cuadrangulos de San José y Golfito, Costa Rica**  
*Regional Geochemical Patterns in the San José and Golfito Quadrangles, Costa Rica*  
Sr. Larry W. Maassen, M. Sc., Los Alamos

10:30

Receso *Recess*

11:00

**Interpretación de Datos Geoquímicos para el Cuadrángulo San José, Costa Rica**  
*Interpretation of the Geochemical Data for the San José Quadrangle, Costa Rica*  
Dr. Stephen Bolivar, Los Alamos

11:50

**Análisis de Costo-Beneficio del Estudio del Laboratorio Nacional de Los Alamos y el Servicio Geológico de los Estados Unidos**  
*Benefit-Cost Analysis of the Los Alamos National Laboratory and U. S. Geological Survey Study*  
Dr. Allen Clark, Centro Este-Oeste de la Universidad de Hawaii

12:20 pm

Almuerzo *Lunch*

- 1:55  
Noticias *Notices*
- 2:00  
**Administración Ambiental en Minas de Metales Preciosos**  
***Environmental Management of Precious Metals Mines***  
Sr. Ray Krauss, M. Sc., Homestake Mining Company
- 2:30  
**Políticas Mineras de Costa Rica**  
***Mining Policies of Costa Rica***  
Dr. Alvaro Umaña, Ministro, Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas
- 3:00  
**Régimen de Importación**  
***Import Regulations***  
Lic. Manuel Guevara, Ministerio de Hacienda
- 3:30  
Receso *Recess*
- 4:00  
**Repatriación de Capital**  
***Repatriation of Capital***  
Banco Central de Costa Rica
- 4:30  
**Aspectos Legales**  
***Legal Aspects***  
Lic. Sandra Urbina Mohs, Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas
- 5:00  
**Clausura *Closing***  
Dr. Alvaro Umaña, Ministro, Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas

<b>Jueves 22 de Octubre</b>
-----------------------------

- 5:30 am  
**Gira de Campo al Distrito Aurífero,**  
***Field Trip to the Gold District***

## **Summary of the U. S. Geological Survey Study of the Mineral Resources of Costa Rica**

### **Resumen del Estudio de los Recursos Minerales de Costa Rica: USGS**

**By Norman J Page**

---

*The U.S Geological Survey, Department of Geology, Mines, and Hydrocarbons, and the University of Costa Rica undertook a nonfuel mineral-resource assessment of Costa Rica, in cooperation with the Los Alamos National Laboratory and funded by the U. S. Agency for International Development. The resulting USGS Folio, based on an evaluation of existing earth-science data and new data gathered during 14 person-months of field studies, consists of a set of maps and text displaying a mineral-resource assessment of the country. To facilitate this assessment, rocks were grouped broadly on the compiled geologic map, ranging from the oldest known rocks--Jurassic sea-floor basalts--to Tertiary and Holocene rocks, resulting from igneous activity related to subduction along the Middle American Trench. New gravity data, in combination with available aeromagnetic and gravity information, were analyzed both in terms of mineral deposits and as models of crustal thickness. Geologic mapping focused on Tertiary volcanic rocks of the Tilarán-Montes del Agaucate gold belt, which are the coalesced products of numerous volcanic centers formed during the late Tertiary. Rhyolitic magmatism and associated hydrothermal alteration are widespread within this belt. On the basis of studies of ore and gangue mineralogy, as well as rock alteration and geochemistry, the associated gold deposits were modeled as Sado-type epithermal deposits. All available data on 319 deposits and occurrences of metallic commodities were compiled by mineral-deposit type, verified by field observations where possible, and entered into a computer file. The mineral-resource assessment consisted of: (1) delineation of domains according to the geologic environments that are permissive for Sado-type epithermal veins and other deposit types; (2) characterization of undiscovered mineral deposits, by analogy with tonnage and grade models; and (3) estimation of the number of undiscovered deposits of each type within the delineated domains.*

El Servicio Geológico de los Estados Unidos, la Dirección General de Geología, Minas y Hidrocarburos, y la Universidad de Costa Rica se encargaron de una asesoría de los recursos minerales no-combustibles de Costa Rica. Se llevó a cabo con la cooperación del Laboratorio Nacional de Los Alamos y el apoyo de la Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos. El folio USGS resultante basado en una evaluación de datos existentes de la ciencia de la tierra y datos nuevos recogidos durante 14 persona-meses de estudios en el campo consiste de un juego de mapas y texto que ilustra una evaluación de los recursos minerales del país. Para facilitar esta evaluación, las rocas se agruparon en términos generales en el mapa geológico, cartografiada abarcando desde las rocas más viejas conocidas--basaltos Jurásicos del suelo del mar--a rocas Terciarias y rocas Holocenas, resultando estas rocas de actividad ígnea relacionadas con la subducción a lo largo de la Fosa Mesoamericana. Datos nuevos sobre gravedad, en combinación con información disponible sobre aeromagnetismo y gravedad fueron analizados en términos de depósitos minerales y como modelos del grosor de la corteza. La cartografía geológica enfocó en las rocas volcánicas Terciarias del distrito de oro, que son productos unidos de numerosos centros volcánicos formados durante la era Terciaria tardía. Magmatismo riolítico y la alteración asociada hidrotermal se representa mucho dentro de este distrito. Basándose en estudios mineralógicos de metales y gangas, además de la alteración de rocas y geoquímica, los depósitos de oro se modelaron como depósitos epitermales de tipo Sado. Todos los datos disponibles sobre 319 yacimientos y ocurrencias de productos metálicos se compilieron según tipo de depósito mineral, fueron verificados por observaciones de campo donde posible, y entrados en un archivo de computadora. La evaluación de recursos minerales consistió en (1) la delineación de dominios según los ambientes geológicos que permiten vetas epitermales tipo Sado y otros tipos de depósitos; (2) la caracterización de depósitos de minerales no conocidos por analogía de modelos de tonelaje y ley; y (3) el cálculo estimado del número de depósitos sin descubrir de cada tipo dentro de los dominios delineados.



## **Overview of the Los Alamos Geochemical Reconnaissance of Costa Rica**

### **Panorama del Reconocimiento Geoquímico de Costa Rica: Los Alamos**

**by Stephen L. Bolivar**

---

*In January, 1986 Los Alamos National Laboratory, the Ministry of Natural Resources, Energy and Mines, and the University of Costa Rica began the first phase of a reconnaissance-scale stream sediment geochemical survey for Costa Rica. The purpose of this work is to stimulate the growth of the mining industry in Costa Rica. The program was funded by ROCAP, a regional office for the U.S. Agency for International Development.*

*Stream sediment samples from 740 locations in the San José quadrangle and 142 locations from the Golfito quadrangle were collected and analyzed for 50 elements. Standardized wet-sieve field procedures, based upon an orientation survey in Costa Rica, and standardized neutron activation analytical techniques were employed. The results are available in a geochemical atlas with selected geochemical maps displayed at 1:200,000 scale. Elemental concentrations by drainage basin are shown as single-element color plates. These plates display analytical values as colors and shades of color for statistically chosen concentration intervals. The text of the atlas describes sampling, data processing, and analytical procedures. The atlas is also accompanied by transparent overlays providing geographic index information, geology, sample locations, and mineral occurrence information to aid the reader with interpretation of the color plates. All raw data and geochemical maps for all elements are included as microfiche or microfilm.*

*A preliminary examination of the geochemical data clearly reveals the geochemical characteristics of the Tilarán-Montes del Aguacate gold district. Regional geochemical patterns can be distinguished and it is possible to recognize subdistricts within the gold belt. Some geologic units as well as major metropolitan centers are also clearly characterized by their geochemical signatures.*

*The major benefit of geochemical maps, however, is that they can be used to identify areas of both known and potential mineralization. Detailed studies can then be focused on areas with the highest potential. With respect to gold mineralization, the geochemical maps show patterns that suggest possible extensions of the known gold district, as well as anomalies suggestive of new types of gold mineralization in areas previously unexplored for gold.*

En Enero de 1986 el Laboratorio Nacional de Los Alamos, el Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas y la Universidad de Costa Rica comenzaron la primera fase de un reconocimiento geoquímico de sedimentos fluviales de Costa Rica. El programa tiene como fin estimular la industria minera en Costa Rica. El programa fue patrocinado por ROCAP, una oficina regional de la Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos.

Sedimentos fluviales de 740 sitios del cuadrángulo de San José y 142 sitios del cuadrángulo Golfito se recogieron y fueron analizados para 50 diferentes elementos. Fueron empleados procedimientos de campo estandarizados utilizando cernimiento mojado, basados en un reconocimiento de orientación hecho en Costa Rica, y técnicas analíticas estandarizadas de activación de neutrones. Se pueden consultar los resultados en el Atlas Geoquímico con mapas seleccionados a escala de 1:200.000. Las concentraciones de elementos según cada cuenca de drenaje se pueden ver en láminas a colores de elementos específicos. Dichas láminas indican valores analíticos por medio de colores y matices de colores que indican intervalos de concentraciones, escogidos estadísticamente. El texto del Atlas describe procedimientos de muestreo, procesamiento de datos y análisis. El Atlas también provee láminas transparentes para sobreponer en los mapas que indican información sobre el índice geográfico, geología, localización de muestras y ocurrencia de minerales, para ayudar al lector a interpretar las láminas a colores. Todos los datos sin procesar y los mapas geoquímicos para todos los elementos están incluidos en forma de microficha o microfilm.

Un examen preliminar de los datos geoquímicos indica claramente las características geoquímicas del distrito de oro localizado sobre la Cordillera de Tilarán-Montes del Aguacate. Patrones regionales geoquímicos se pueden distinguir y es posible reconocer subdistritos dentro de la región de oro. Algunas unidades geológicas, al igual que algunos centros metropolitanos principales, también se caracterizan claramente por sus composición geoquímica.

Sin embargo, el mayor beneficio de los mapas geoquímicos es que se pueden utilizar para identificar áreas de mineralización conocidas y potenciales. Entonces estudios detallados pueden ser enfocados en las áreas donde hay más potencial. Al respecto de la mineralización aurífera, los mapas geoquímicos indican por sus patrones que hayan posibles extensiones del distrito de oro conocido, al mismo tiempo que sugieren nuevos tipos de mineralización de oro en áreas sin exploración previa.

## ***The Geologic Framework of Costa Rica and of the Tilarán-Montes del Aguacate Gold Belt***

**Marco Geológico de Costa Rica y del Distrito Aurífero Tilarán-Montes del Aguacate**

**by Steve Ludington, Klaus Schulz, and Robert Koeppen**

---

*The oldest known rocks in Costa Rica are Jurassic sea-floor basalts, and the basement of the country is composed of oceanic crust formed during the Mesozoic, presumably as the result of parting of the North and South American plates. A gravity profile across Costa Rica, constrained by seismic refraction data, suggests that the Pacific margin is composed of high-density stacked slices of oceanic crust totaling 20-30 km in thickness, that a lower density crust is about 40 km thick below the central part of the country, and that crustal thickness is about 25 km along the Atlantic margin.*

*The oceanic crust is overlain by 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 isthmus. This uplift was accompanied by widespread igneous activity related to subduction along the Middle American trench. The resulting volcanic rocks cover more than half of present-day Costa Rica.*

*The Tertiary volcanic rocks of the gold belt are the coalesced products of several discrete volcanic centers, analogous in size to the modern active volcanoes, and consist of interlayered lava flows and fragmental rocks, primarily of andesitic composition. Represented now primarily by eroded necks and plugs, along with the larger silicic Guacimal intrusion, widespread rhyolitic volcanism followed, and may be closely associated with the gold mineralization. Subsequently, much of the area has been covered by andesitic deposits of the Monteverde Formation, which are analogous to the deposits of the modern volcanoes.*

Las rocas más viejas conocidas en Costa Rica son basaltos del suelo del mar del Jurásico, y el basamento del país se compone de corteza oceánica formada durante el Mesosóico, probablemente como resultado de la separación de las placas de Norteamérica y Sudamérica. Un perfil de gravedad a través de Costa Rica, limitado por datos sísmicos de refracción sugiere que el márgen Pacífico se compone de rebanadas superimpuestas de alta densidad de corteza oceánica de un total de 20-30 km de grosor, que una corteza de menos densidad de aproximadamente 40 km de grosor existe bajo la parte central del país, y que el grosor de la corteza a lo largo del márgen Atlántico es de 25 km.

La corteza oceánica yace bajo depósitos marinos Cretácicos y Terciarios que se acumularon en una serie compleja de cuencas. Como resultado de las interacciones entre los platos del Caribe y algunos del Pacífico, la mayoría del país se levantó durante la era Miocena y más tarde para formar el istmo presente. Este ascenso fue acompañado por una actividad ígnea distribuida ampliamente y relacionada a la subducción a lo largo de la Fosa Mesoamericana. Las rocas volcánicas resultantes cubren más de la mitad del país actual de Costa Rica.

Las rocas volcánicas Terciarias del distrito de oro son los productos coalescidos de varios centros volcánicos separados, análogos en tamaño a los volcanes activos recientes y consisten de flujos de lava y rocas fragmentadas interstratificadas principalmente de composición andesítica. Representado ahora principalmente por cuellos y tapones desgastados, acompañados por la intrusión más grande silícica Guacimal, seguido por un volcanismo riolítico ampliamente distribuido, y puede ser estrechamente asociado a la mineralización de oro. Asimismo, mucha del área se ha cubierto por depósitos andesíticos de la Formación Monteverde, que son análogos a los depósitos de los volcanes recientes.

## ***A Geophysical Interpretation of Costa Rica***

### **Interpretación Geofísica de Costa Rica**

**by D. A. Ponce and J. E. Case**

---

*The first available complete Bouguer and isostatic gravity anomaly maps of Costa Rica provide new insights into the structure of Costa Rica. Previous gravity anomaly maps of Costa Rica were based on very sparse data and reduced only to free-air or simple Bouguer anomalies. Regional Bouguer gravity data show that Costa Rica consists of four major geophysical terranes: A Pacific coastal region, a Pacific inland region, a central region, and a Caribbean coastal region; each region has its own characteristic geophysical signature. Large positive gravity anomalies located in the Pacific coastal region correlate with mafic and ultramafic igneous rocks on the Santa Elena, Nicoya, and Osa Peninsulas, and at Puerto Quepos. Anomalies in the Pacific inland region of northern Costa Rica are relatively flat, whereas in southern Costa Rica, a major gravity low overlies a thick section of low-density sedimentary rocks of the Coast Ranges. In the central region, a major gravity low occurs over a thick, low-density Quaternary volcanic complex in the Cordillera Central, north of San José. A prominent feature of the Caribbean coastal region is a gravity low over the Limón Basin that indicates thickening of low-density sedimentary rocks.*

*A major NE-trending gravity lineament separates Costa Rica into a northern and a southern part. The lineament is defined by the termination of several major gravity anomalies. In addition, the lineament correlates with other geologic and geophysical features, including faults, the southern extent of large Quaternary volcanoes, segmentation of the Middle America volcanic belt, and a seismicity gap. The lineament may be the expression of a major deep-seated fracture zone.*

*Crustal thickness, determined from combined seismic refraction and gravity data, is about 30 km near the Nicoya Peninsula, about 40 km under the Cordillera Central, and about 25 km along the Caribbean margin.*

Los primeros mapas obtenibles y completos de gravedad de Bouguer y isostática proveen nuevos conocimientos de la estructura de Costa Rica. Mapas anteriores de anomalías de gravedad de Costa Rica se basaron en muy pocos datos y resultaron en solamente anomalías del aire libre o Bouguer. Datos regionales de gravedad muestran que Costa Rica consiste de 4 terrenos geofísicos: Una región costera del Pacífico, una región interna del Pacífico, una región central, y una región costera del Caribe; cada región tiene su propia característica geofísica. La mayoría de las anomalías de gravedad positiva localizadas en la región costera del Pacífico correlacionan con las rocas ígneas máficas y ultramáficas de las penínsulas de Santa Elena, Nicoya, y Osa, y en Puerto Quepos. Las anomalías de la región interna del Pacífico en la parte norte se componen de planicies, mientras que en la parte sur de Costa Rica, una baja de gravedad yace sobre una sección gruesa de rocas sedimentarias de baja densidad en la Fila Costeña. En la región central, una baja de gravedad mayor yace sobre un complejo grueso volcánico de baja densidad del Cuaternario en la Cordillera Central, al norte de San José. Una particularidad prominente de la región costera del Caribe es una baja de gravedad sobre la Cuenca de Limón que indica el grosor de las rocas sedimentarias de baja densidad.

Un lineamiento de gravedad mayor de tendencia noreste separa a Costa Rica en dos partes, norte y sur. El lineamiento se define por la terminación de varias anomalías mayores de gravedad. Además, el lineamiento correlaciona con otros rasgos geológicos y geofísicos que incluyen fallas, el extremo sur de volcanes grandes del Cuaternario, segmentación de la faja volcánica Mesoamericana y una zona sin sismicidad. Dicho lineamiento puede ser la expresión de una zona mayor de fracturas profundas.

El grosor de la corteza, determinado por datos combinados de refracción sísmica y gravedad queda a 30 km cerca de la Península Nicoya, aproximadamente a 40 km bajo la Cordillera Central, y alrededor de 25 km al margen del Caribe.

## Geophysical....Geofísica....(cont.)

---

*Aeromagnetic data were available for only three areas: the Santa Elena and Nicoya Peninsulas, the Caribbean coastal region, and part of the eastern Cordillera de Talamanca. The Santa Elena and Nicoya Peninsulas region is characterized by prominent paired magnetic highs and lows that reflect mafic rocks. Many north-trending faults do not offset magnetic anomalies, which suggests that the amount of displacement is small. In the Limón Basin area of the Caribbean coastal region, positive magnetic anomalies range in amplitude from 200 to 500 gammas and may represent buried volcanic sequences. In some areas, axes of synclines correlate with magnetic highs and axes of anticlines do not correlate with highs. Sources for these anomalies could be slices of magnetic Caribbean crust. Magnetic anomalies in the eastern part of the Cordillera de Talamanca are produced by plutonic and volcanic rocks, some that are moderately to strongly magnetic and others that are essentially nonmagnetic. Some magnetic lows correlate with alteration zones. This region is separated into two halves by a prominent east-trending magnetic lineament that probably represents a concealed or previously unrecognized fault zone.*

Datos aeromagnéticos se presentaron para solo tres áreas: Las Penínsulas de Santa Elena y Nicoya, la región costera del Caribe y parte del sector este de la Cordillera de Talamanca. La región de las Penínsulas de Santa Elena y Nicoya se caracteriza por altos y bajos prominentes de pares magnéticos que reflejan rocas máficas. Muchas fallas de rumbo norte no alteran anomalías magnéticas, lo cual sugiere que hay poco desplazamiento. En el área de la Cuenca de Limón de la región costal del Caribe, anomalías magnéticas positivas varían en amplitud entre 200 a 500 gamas y pueden representar secuencias volcánicas enterradas. En algunas áreas, ejes sinclinales correlacionan con altos magnéticos y ejes anticlinales no correlacionan con altos. Fuentes para estas anomalías podrían ser rebanadas de cortezas magnéticas del Caribe. Las anomalías magnéticas en la parte este de la Cordillera de Talamanca se producen por rocas plutónicas y volcánicas, algunas de las cuales son magnéticas moderada y fuertemente, y otras que son no-magnéticas para el efecto. Algunos bajos magnéticos correlacionan con zonas de alteración. Esta región está separada en dos partes por un lineamiento magnético prominente de rumbo este que probablemente representa una zona de fallas escondida o antes desconocida.

## **Geologic and Geochemical Models of the Gold Deposits in the Tilarán-Montes del Aguacate District**

### **Modelos Geológicos y Geoquímicos de los Depósitos Auríferos en el Distrito Tilarán-Montes del Aguacate**

**By William C. Bagby and Sherman P. Marsh**

---

*Gold deposits in the Tilarán-Montes del Aguacate region of Costa Rica are epithermal deposits that occur as: 1) fissure and stockwork quartz veins along faults and fracture zones in andesitic volcanic rocks, and as stockwork quartz veins associated with 2) rhyolitic intrusions and 3) chalcedonic sinter. There is a strong spatial association between rhyolitic rocks and the locations of gold-bearing veins.*

*Sulfide mineralogy includes pyrite, arsenopyrite, realgar; minor galena, chalcopyrite, and sphalerite; and rare stibnite. Gangue minerals are quartz accompanied by rhodochrosite, chlorite, mixed-layer illite-smectite, and calcite. The site of gold in unoxidized ore is unknown, but is probably associated with sulfide minerals. Oxidized ore is composed largely of quartz, iron and manganese oxides, and clay minerals. Gold occurs as free metal in oxidized ore.*

*Hypogene alteration of host rocks adjacent to veins is characterized by fine-grained silica, chlorite, mixed-layer illite-smectite, calcite, and disseminated pyrite. Propylitic alteration (calcite+chlorite+epidote+pyrite) is zoned away from veins and is widespread in the volcanic rocks that host the gold deposits.*

*Primary mineralogical zoning and depth of erosion result in different geochemical expressions for the deposits. Trace elements that closely correlate with Au are Ag, As, Sb, Hg, Zn, Cd, Cu, Pb, Te, and Tl. Near-surface veins contain <0.05-62 ppm Au, 0.02 to >10 ppm Hg, and 10-100 ppm Cu, Pb, Zn. Deeper veins contain <0.05-11 ppm Au, <0.02-0.1 ppm Hg, and 120 to >2,000 ppm Cu, Pb, Zn. Spatially associated but relatively unaltered rhyolites contain variably anomalous amounts of the same trace-element suite that occurs in gold-bearing veins.*

*The mineralogical, geochemical, structural, and regional geologic environment of the Costa Rican gold deposits supports the interpretation of at least two mineral deposit types. The fissure and associated stockwork veins are Sado-type epithermal deposits. The stockwork quartz veins associated with chalcedonic sinter are hot-spring Au-Ag deposits. The stockwork quartz veins associated solely with rhyolitic intrusions may be either Sado or hot-spring deposits. Genetic overlap of the two models is likely. The spatial and chemical association of most gold deposits with rhyolitic rocks suggests an important genetic influence that has exploration applications.*

Los depósitos de oro de la región Tilarán-Montes del Aguacate de Costa Rica son vetas epitermales que se sucedan como: 1) rellenos de grietas y vetas de cuarzo en stockwork a lo largo de las zonas de fallas y fracturas de rocas volcánicas andesíticas, y como vetas de cuarzo en stockwork asociada con 2) intrusivas de riolita y 3) sinter calcedónica. Hay una fuerte asociación espacial entre rocas riolíticas y localización de las vetas auríferas.

La mineralogía de sulfuros incluye pirita, arsenopirita, realgar; galena, calcopirita y esfalerita menor; y estibina rara. Los minerales de ganga son cuarzo asociado con rodocrosita, clorita, illita-esmectita mixta y calcita rara. La localización de oro en forma primaria sin oxidación se desconoce pero está probablemente relacionada con sulfuros. La mena oxidada se compone extensamente de cuarzo, y óxidos de hierro y de manganeso, y minerales de arcilla. El oro existe libremente en mena oxidado.

La alteración hipógena de rocas huéspedes adyacentes a las vetas está caracterizada por sílice de grano fino, clorita, illita-esmectita mixta, calcita, y pirita diseminada. La alteración propilítica (calcita+clorita+epidoto+pirita) se encuentra en zonas lejos de vetas y está diseminada en las rocas volcánicas huéspedes de los depósitos de oro.

Las principales zonas mineralógicas y las diferencias en nivel de erosión resultan en expresiones diferentes geoquímicas de los depósitos. Los elementos de traza que correlacionan mejor con Au son Ag, As, Sb, Hg, Zn, Cd, Cu, Pb, Te y Tl. Las vetas cerca a la superficie contienen <0,05-62 ppm Au; 0,02 a >10 ppm Hg; y 10-100 ppm Cu, Pb y Zn. Las vetas más profundas contienen <0,05-11 ppm Au; 0,02-0,1 ppm Hg; y 120 a >2.000 ppm Cu, Pb y Zn. Rioltas asociadas pero relativamente alteradas contienen a veces anómalas las mismas combinaciones de elementos de traza que se encuentran en las vetas que contienen oro.

El ambiente geológico regional y de los minerales, geoquímica y estructura de los depósitos epitermales de oro en Costa Rica sugieren la interpretación por lo menos de dos tipos de yacimientos minerales. Las vetas rellenas de grietas y vetas asociadas de cuarzo en stockwork son vetas epitermales tipo Sado. Las vetas de cuarzo en stockwork asociadas con sinter calcedónica son yacimientos tipo Au-Ag de fuentes termales. Las vetas de cuarzo en stockwork asociadas solamente con intrusivas de riolita posiblemente son vetas epitermales tipo Sado o yacimiento tipo fuentes termales. Es posible que hay un solapo genético entre los dos modelos. La asociación espacial y química entre una mayor parte de los yacimientos de oro y intrusivas de riolita sugiere una influencia genética importante con aplicación en exploración.

## **A Mineral Resource Assessment of Costa Rica**

### **Evaluación de los Recursos Minerales de Costa Rica**

**By D.A. Singer, N.J. Page, Steve Ludington, W.C. Bagby, D.P. Cox, S.P. Marsh, D.A. Ponce, and J.E. Case**

---

*A jointly conducted mineral resource assessment was prepared for Costa Rica based on three steps: (1) Delineation of areas (domains) by type of deposit that the geologic environment could contain; (2) Estimation of the number of undiscovered deposits of each type; and (3) Characterization of undiscovered deposits by analogy of each type with grade and tonnage models. Domains are delineated for Sado-type epithermal veins, placer Au, porphyry Cu, volcanogenic Mn, podiform chromite, Cyprus-type massive sulfides, and bauxite. Rhyolite appears to be the heat source for the hydrothermal systems in the domain delineated for Sado-type epithermal precious metal deposits. This deposit type, for which half of the known worldwide deposits are larger than 300,000 tonnes and half have a mean Au grade of 6.0 g/t or more, is represented in Costa Rica by the Santa Clara and Bellavista deposits. On the basis of the size of the permissive area, the extent of exploration, the number of known deposits, and the number of rhyolite centers, it is estimated that there is a 90% chance of 4 or more, a 50% chance of 11 or more, and a 10% chance of 17 or more undiscovered Sado-type deposits in Costa Rica. Although undiscovered podiform chromite and volcanogenic Mn deposits exist, the low tonnages of these types are not attractive economic targets. It is estimated that there is a 50% chance of 3 or more undiscovered porphyry Cu deposits in Costa Rica. The median tonnage of worldwide porphyry Cu deposits is 140 million tonnes and the median of average Cu grades is 0.54%. Other deposit types, not delineated but present, include shoreline placer magnetite, polymetallic vein, Cu skarn, Zn-Pb skarn, and hot-spring S. Permissive geologic environments are also present for hot-spring Au deposits and Au associated with alkalic volcanic rocks. Lateritic Ni deposits are unlikely.*

Conjuntamente se llevó a cabo una evaluación de los recursos minerales de Costa Rica basado en tres etapas: (1) Delineación de las áreas (dominios) según tipos de depósitos que la cercanía del sitio geológico pudiera contener; (2) Cálculo del número de depósitos por descubrir de cada tipo; y (3) Caracterización de los depósitos por descubrir según analogía de cada tipo con modelo por grado y tonelaje. Los dominios son delineados por vetas epitermales tipo Sado, Au placer, pórfido Cu, volcanogénicos Mn, cromita podiforme, sulfuros masivos tipo Chipre, y bauxita. Riolita parece ser la fuente de calor para los sistemas hidrotermales en el dominio delinado por los depósitos epitermales de tipo Sado de metales preciosos. Estos tipos de depósitos por los cuales una mitad de los mundialmente conocidos son más grandes que 300.000 toneladas métrica y una mitad tienen un grado medio de 6,0 g/t o más, está representado en Costa Rica por los depósitos de Santa Clara y Bellavista. Basándose en el tamaño del área asignada, el tanto de la extensión de la exploración, el número de los depósitos conocidos, y la cantidad de los centros riolíticos, se estima que en Costa Rica hay una probabilidad de 90% de 4 o más, una probabilidad de 50% de 11 o más, y una probabilidad de 10% de 17 o más depósitos por descubrir del tipo Sado. Aunque existen cromita podiforme y depósitos volcanogénicos Mn por descubrir, el bajo tonelaje de estos tipos son de poca atracción económica. Se calcula que hay una posibilidad de 50% de 3 o más depósitos sin descubrir de pórfido Cu en Costa Rica. El tonelaje medio de depósitos pórfidos Cu en el mundo llega a 140 millones de toneladas métricas y el medio de grados promedio de Cu es de 0,54%. Otros tipos de depósitos, no delineados pero presentes, incluyen magnetita placer de la costa, vetas polimetálicas, skarn Cu, skarn Zn-Pb, y S de fuentes termales. Hay ambientes geológicos apropiados también para depósitos de Au de fuentes termales y Au asociado con rocas volcánicas alcalinas. Depósitos lateríticos Ni se desconocen.

## **Geology of the Bellavista-Montezuma Deposit: A Case Study**

### **Estudio de Caso: Geología del Yacimiento Bellavista-Montezuma**

**by Miguel Alan Mora and M. E Tim Coates**

---

*The Bellavista-Montezuma gold deposit occurs approximately one hundred kilometers northeast of the Middle America Trench, in terrestrial andesitic volcanic sequences, near the axis of a magmatic arc characterized by quartz-monzonitic to rhyolitic porphyry intrusives. Gold-silver mineralization is localized in the central pyroclastic breccia member of the Pliocene/Miocene Aguacate Group, a normal intermediate calc-alkaline volcanic sequence composed of andesitic flow rocks at the base, followed by abundant pyroclastic breccias and minor andesites, capped by lahars and later volcanic flows of the Pliocene/Pleistocene Monteverde Formation. Controls for mineralization are: proximity to porphyry intrusives, presence of permissive pyroclastic breccia host-rock and presence of steep-dipping normal faults of district scale, N-10-W trend, with some strike-slip component which caused dilation, mostly in hanging-wall fault-blocks.*

*Mineralization consists principally of quartz with free gold and silver, ratio normally approximately two-to-one, with minor pyrite and traces of galena, sphalerite, chalcopyrite and arsenopyrite. Pyrite, abundant in the andesitic host, is essentially barren of gold and silver. Alteration is dominantly propylitic with attendant silicification, characterized by abundance of chlorite, epidote, calcite and sericite, and occurs in crude haloes surrounding swarms of quartz veins and veinlets. Weathering, which penetrated to depth of perhaps 20 meters in zones with veining, has created abundant clay minerals and lesser goethite, pyrolusite and traces of realgar. Mineralized zones are moderately anomalous in antimony-arsenic-mercury and weakly anomalous in copper-lead-zinc.*

*Zones of abundant veining are confined primarily to the first 300 meters east of the principal fault-zones, are complex in their orientation, sometimes displaying sigmoid forms, but always having one dominant, near vertical vein-set with other conjugate sets which define rough stockworks. Sampling of these zones in tunnels and trenches permits an initial "in situ" geological reserve estimate of over 5,000,000.00 metric tonnes in the proven and probable categories grading approximately 3.3 g/t. A 10,000 meter reverse-circulation drilling program, designed to test these reserves, is currently in progress.*

El depósito de oro Bellavista-Montezuma ocurre aproximadamente a 100 km al noreste de la Fosa Mesoamericana en secuencias volcánicas andesíticas, cerca del eje de un arco magmático caracterizado por intrusivos porfíricos cuarzo-monzonitos a riolíticos. La mineralización aurífera y argentífera se encuentra en el miembro central de brecha piroclástica de las eras Pliocena-Miocena del Grupo Aguacate, una secuencia volcánica normal intermedia calcoalcalina que comprende lavas andesíticas en la base, seguida por brechas piroclásticas abundantes y andesitas menores, sobreyacido por lahares y flujos volcánicos de la Formación Monteverde de las eras Plio-Pleistocena. Controles de la mineralización son: proximidad a intrusivos porfíricos, la presencia brecha piroclástica como roca-caja y la presencia de fallas normales de buzamiento empinado de escala de distrito, con rumbo N 10 W, cuyo componente horizontal de movimiento probablemente origina la dilatación del techo en múltiples fallas y fracturas menores.

La mineralización consiste principalmente de cuarzo con oro y plata libre, normalmente en proporción aproximada de dos de uno, con algo de pirita y trazas de galenita, esfalerita, calcopirita y arsenopirita. La pirita singénica, abundante en la roca-caja andesítica, es esencialmente estéril en oro y plata. La alteración es predominantemente propilítica con silificación abundante, que se caracteriza por la abundancia de clorita, epidota, calcita y sericita, y que ocurre en halos alrededor de enjambres de vetillas de cuarzo. Meteorización, que penetra a una profundidad de tal vez 20m en zonas de vetillas, ha originado una abundancia de minerales arcillosos y menos goetita, pirolusita y trazas de realgar. Zonas mineralizadas son moderadamente anómalas en antimonio-arsénico-mercurio y débilmente anómalas en cobre-plomo-zinc.

Zonas de vetas abundantes se encuentran principalmente en los primeros 300m al este de las zonas de fallas principales, son complejas en su orientación, a veces exhiben formas sigmoides, pero siempre con un solo juego de vetas dominante, casi vertical, con otros juegos conjugados que definen zonas de "stockworks" verdaderas. El muestreo detallado de estas zonas a través de túneles y trincheras permite una estimación inicial de una reserva geológica "in situ" por encima de 5.000.000 toneladas métricas en las categorías probadas y probables, con una ley de 3.3 g/t. Un programa en perforación con circulación inversa de 10.000 metros, diseñado para probar estas reservas, está siendo ejecutado.

## **Orientation Study for the San José and Talamanca Areas**

### **Estudio de Orientación para las Areas de San José y Talamanca**

**by Alejandro J. Arauz**

---

*Costa Rica's compressional island arc-type tectonic setting and considerable geologic diversity hold great promise for future discovery of economic metallic deposits. As part of U.S. government cooperation with Central America and the Caribbean nations, a reconnaissance-scale geochemical mineral resource assessment is being conducted in Costa Rica by Los Alamos National Laboratory. The study reported here, constitutes an orientation investigation of stream sediment sampling techniques to establish optimum survey specifications for regional geochemical survey coverage of the country.*

*The study was conducted in two separate areas of known mineralization which represent distinctive tropical environments and different metallogenic provinces within Costa Rica: (1) the Esparza area, which contains the Santa Clara gold mine, the largest in the country, and (2) the San Isidro area, which contains a major copper prospect.*

*In each area ten sample sites were selected at an average sample density of 1 sample per 8 km<sup>2</sup>. At each sample site wet-sieved triplicate minus 40, minus 80, and minus 100 mesh fractions of sediment were collected. Also, triple bulk samples were collected and these were subsequently dry sieved into the same three sieve fractions. Chemical analysis for a total of 51 elements was undertaken at Los Alamos using instrumental neutron activation and X-ray fluorescence techniques. Additional atomic absorption analysis for a limited number of elements was carried out at a commercial laboratory. Statistical treatment of the data included evaluation of basic statistics, paired T-test results and correlation analysis. Statistical results were interpreted through a study of dispersion pattern plots of element content versus drainage area.*

El medio tectónico de tipo arco e isla compresional de Costa Rica y su gran diversidad geológica presentan muchas posibilidades de tener depósitos metálicos económicos a desarrollar. Como parte de la cooperación entre los Estados Unidos, Centroamérica, y las naciones del Caribe, el Laboratorio Nacional de Los Alamos está llevando a cabo un reconocimiento geoquímico para asesorar los recursos minerales de Costa Rica. Este estudio constituye una investigación preliminar para recoger muestras de sedimento de río con el propósito de establecer especificaciones óptimas de reconocimiento geoquímico del país.

El reconocimiento se llevó a cabo en dos áreas separadas donde se sabía de la existencia de minerales representativos de distintas regiones tropicales y de diferentes provincias metalogénicas en Costa Rica: (1) el área de Esparza que tiene la mina de oro Santa Clara, la más grande del país, y (2) el área de San Isidro, la cual ofrece mucha posibilidad de tener cobre.

En cada sección se escogieron diez áreas con una densidad promedio de una muestra por cada 8 km<sup>2</sup>. En cada área escogida se recogieron muestras de sedimento mojado pasadas 3 veces por cribas de tamaño menos 40, menos 80 y menos 100. También se recogieron 3 muestras para luego secarlas y colarlas en las mismas cribas antes mencionadas. Los Alamos llevo a cabo un análisis químico para un total de 51 elementos por medio de instrumentos de activación neutron y técnicas fluorescentes de rayos-X. Un laboratorio comercial llevó a cabo un análisis adicional de absorción atómica con un número limitado de elementos. El análisis estadístico llevado a cabo incluye una evaluación de la estadística básica del estudio, pruebas "paired T" y un análisis de correlación. Los resultados de la estadística se interpretaron por medio de un estudio del patrón de dispersión gráfica.



## ***Orientation Study.....Estudio de Orientación.....(cont.)***

---

*Results indicate: (1) combined instrumental neutron activation and atomic absorption analytical procedures provide adequately sensitive and precise analytical data, (2) the minus 80 mesh fraction of stream sediment material is the optimum sieve fraction to be used in routine surveys, (3) considering technical and logistical criteria, wet sieving in the field is the recommended sample preparation approach, (4) and average sample density of 1 sample per 25 km<sup>2</sup> is suitable for reconnaissance surveys, and (5) Au, Ag, As, Sb, K, Rb and Cs data best reflect gold mineralization in the Esparza area, whereas Cu, Pb, Ag, and Au data best characterize copper mineralization in the San Isidro Area. These results provide survey specifications appropriate for detection of the mineralization types investigated in this study. These specifications may subsequently be modified upon completion of similar orientation surveys around other types of potentially economic mineral deposits known to exist in Costa Rica.*

Los resultados nos indican que (1) una combinación de activación por instrumentos de neutrones y procedimientos analíticos de absorción atómica nos proveen datos analíticos precisos y bastante exactos, (2) la muestra de sedimento de río pasada por criba tamaño menos 80 es la máxima a usarse en reconocimientos ordinarios, (3) se recomienda el sistema de análisis de muestras mojadas en el campo por medio de criba tomando en cuenta criterios técnicos y logísticos, (4) se recomienda una densidad promedio de una muestra por cada 25 km<sup>2</sup> para reconocimientos y (5) datos sobre Au, Ag, As, Sb, K, Rb y Cs reflejan mejor la existencia de oro en el área de Esparza, mientras que los datos sobre Cu, Pb, Ag y Au caracterizan mejor la existencia de cobre en San Isidro. Estos resultados nos proveen de las especificaciones de reconocimiento apropiado para el descubrimiento del tipo de mineralización estudiada en este proyecto. Las especificaciones luego se pueden modificar al terminar reconocimientos preliminares del mismo ídole sobre otros yacimientos conocidos de Costa Rica.

## **Data Processing Techniques for the Geochemical Atlas of Costa Rica**

### **Técnicas para Procesar Datos para el Atlas Geoquímico de Costa Rica**

**by Gregory L. Cole**

---

*Data analysis is an integral part of any resource survey, from inception to the final published results. As soon as the goal of a survey has been defined, a careful analysis must be made to identify:*

- *What kinds of data are required to provide statistically significant and conclusive results in a cost-effective manner.*
- *The manner in which the data should be obtained, maintained, and displayed in order to insure quality, availability and interpretability.*
- *The ultimate disposition of the data and how to meet the survey's objectives through the final published results.*
- *Needs for any supplemental data and analyses which would help derive the maximum benefit from the survey data.*

*At the start of the Costa Rica minerals project, goals and products were identified through meetings between personnel of Los Alamos, the United States Geological Survey, the Ministry of Natural Resources, Energy and Mines and the University of Costa Rica.*

*A study was then made of available computer hardware and software that could meet the data analysis requirements and provide a finished product. The emerging electrostatic color technology was considered as most cost effective for rapid production of color-coded geochemical maps. The international Graphical Kernel System (GKS) 2-dimensional graphics standard was used to develop the requisite graphics software. Database development was predicated by the display commands available with GKS. We decided to display elemental concentrations as colored polygons whose shapes identified the drainage areas feeding into the sample site. Data input was done through use of digitizers, interactive computer graphics or terminal entry, or through digital data transfer from the analytical laboratories. Map generation was accomplished by combining the digitized geographical data with the analytical data, and plotting the information as color composites which were transmitted directly to the publisher of the atlas.*

El análisis de datos es una parte íntegra de cualquier reconocimiento de recursos, desde su comienzo hasta la publicación de los resultados finales. Tan pronto que se definen los objetivos del reconocimiento, un análisis cuidadoso tiene que identificar lo siguiente:

- Qué tipos de datos se requieren para proveer resultados estadísticamente significantes y conclusivos en una forma económica.
- La manera en que los datos se obtienen, se mantienen y se utilizan para asegurar calidad, disponibilidad y facilidad de interpretación.
- La disposición final de los datos y como lograr los objetivos del reconocimiento por medio de los resultados finales publicados.
- La necesidad de datos adicionales y análisis que ayudaría a derivar el beneficio máximo de los datos del reconocimiento.

Al comienzo del proyecto de minerales de Costa Rica, los objetivos y productos se identificaron por medio de reuniones entre representantes de Los Alamos, el Servicio Geológico de Los Estados Unidos, el Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas y la Universidad de Costa Rica.

Un estudio se hizo entonces del hardware y software disponible para suplir los requisitos del análisis de datos y a la vez proveer un producto terminado. La tecnología electroestática resultante a colores se escogió como la más económicamente efectiva para la producción rápida de mapas geoquímicos con puntos claves en colores. El estandar de gráficas en dos dimensiones del Sistema Gráfica Kernel (GKS) internacional se utilizó para desarrollar el software requerido para las gráficas. El desarrollo de bases de datos se basó en la capacidad del sistema GKS. Decidimos demostrar concentraciones de elementos en forma de polígonos a colores cuyas formas identificaron las cuencas de drenaje que alimentan el sitio del muestreo. La entrada de datos se haría por medio de digitalizadores, gráficas interactivas en computadora o entrada terminal, o por medio de transferencia de datos digitales de los laboratorios analíticos. La generación de mapas se llevaría a cabo al combinar datos geográficos digitalizados con los datos analíticos y por medio de la construcción de imágenes compuestas a colores de la información que se podría transmitir directamente a la casa impresora del atlas.

## **Techniques.....Técnicas.....(cont.)**

---

*Actual data analysis for the geochemical atlas began with an orientation survey conducted in the spring of 1985. Statistical analysis of data collected during this survey provided the necessary information for the design and layout of a regional survey that would identify possible sites of mineral resources. The results of this effort were published by Arauz (1986).*

*Processing of the data from the regional surveys of the San José and Golfito quadrangles resulted in the color plates and overlays of the geochemical atlas, as well as a data base containing derivative and/or supplemental data. This other data has enabled us to computerize stream networks and gradients, which, when coupled with bedrock, stream cobble, mining and cultural contamination information, will aid us in modeling the geochemical anomalies due to mineralization.*

El análisis verdadero de los datos para el atlas geoquímico comenzó con el reconocimiento de orientación llevado a cabo en la primavera de 1985. El análisis estadístico de los datos recogidos durante dicho reconocimiento proveyó la información necesaria para el diseño y formulación de un reconocimiento regional que identificará sitios posibles de recursos minerales. Los resultados se publicaron por Arauz en 1986.

El procesamiento de los datos de los reconocimientos regionales de los cuadrángulos de San José y Golfito resultó en las láminas de colores y sus láminas superimpuestas del atlas geoquímico, así como la base de datos que incluye datos derivativos y/o adicionales. Estos datos nos ayudaron a computarizar sistemas de río y sus gradientes, que al combinarse con roca de base, guijarros de ríos, información sobre la contaminación de minera y de poblaciones, nos ayudarán a modelar las anomalías geoquímicas debidas a la mineralización.

## **Regional Geochemical Patterns in the San José and Golfito Quadrangles, Costa Rica**

### **Patrones Geoquímicos Regionales en los Cuadrangulos de San José y Golfito, Costa Rica**

**by Larry W. Maassen**

---

*Los Alamos National Laboratory, the Ministry of Natural Resources, Energy and Mines, and University of Costa Rica personnel collected totals of 740 and 142 stream-sediment samples from the San José and Golfito, Costa Rica 1:200,000-scale quadrangles, respectively. Samples were collected at a nominal density of 1 sample/15 km<sup>2</sup> and analyzed for 50 elements by delayed-neutron counting, instrumental neutron activation analysis and by atomic absorption.*

*The geochemical data are displayed as computer-generated color maps at 1:200,000 scale. Each map shows the relative abundances of each element displayed as color-coded concentration intervals within each stream drainage basin. Examination of these color maps reveals patterns of geologic and economic interest.*

*In the San José quadrangle, the highest concentrations of Au, Ag, As, and Sb coincide with the Tilarán-Montes del Aguacate gold belt and its Tertiary volcanic host. In addition, the increased concentrations of these elements generally follow the Tertiary volcanics of the gold district, indicating that the gold belt may extend southeast of its presently defined termination.*

*High concentrations of these same 4 elements plus Hg also coincide to some extent just north of Quesada on the flanks of Platanar Volcano and may be an indication of a hot-spring type deposit.*

*The Nicoya Complex within the San José quadrangle contains high concentrations of Eu, heavy REE, Cr, and Sc, indicating mafic to ultramafic cumulate rocks within this region. The mafic to ultramafic nature of the Nicoya rocks in the Golfito quadrangle is indicated by Co, Fe, Ti, Mn, Cu, Cr, and heavy REE, but the Eu anomaly is not apparent.*

*In the Golfito quadrangle, the lack of a distinctive gold anomaly in the region of placer gold deposits on the Osa Peninsula may be due to the -80 mesh sieve size used in the exploration program.*

El personal del Laboratorio Nacional de Los Alamos, el Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas y la Universidad de Costa Rica recogieron un total de 740 y 142 muestras de sedimentos fluviales de los cuadrángulos de San José y Golfito en Costa Rica a una escala de 1:200.000, respectivamente. Las muestras se recogieron a una densidad seleccionada de una muestra por cada 15 km<sup>2</sup> y las analizaron para 50 elementos, utilizando métodos de contar neutrones frenados, activación de neutrones con instrumentos y absorción atómica.

Los datos geoquímicos se pueden ver en mapas generados por computadora a una escala de 1:200.000. Cada mapa demuestran la abundancia relativa de cada elemento indicado a colores según su intervalo de concentración dentro de cada cuenca de drenaje. Observación de estos mapas a colores revelan patrones de interés tanto geológico como económico.

En el cuadrángulo de San José, la concentración más alta de Au, Ag, As, y Sb coincide con el distrito de oro de Tilarán-Montes del Aguacate y sus huéspedes volcánicas del Terciario. Además, las concentraciones más altas de estos elementos generalmente siguen hacia las rocas volcánicas del Terciario del distrito de oro, lo cual indica que dicho distrito tal vez se extiende más allá del final de sus límites.

Altas concentraciones de los cuatro elementos antes mencionados más el elemento Hg coinciden hasta cierto punto con el norte de Quesada, en los flancos del Volcán Platanar, y pueden ser una indicación de un depósito de tipo fuentes termales.

El Complejo de Nicoya dentro del cuadrángulo de San José contiene altas concentraciones de Eu, REE pesados, Cr, y Sc que indican la existencia de rocas acumuladas máficas a ultramáficas en dicha región. La naturaleza máfica a ultramáfica de las rocas de Nicoya en el cuadrángulo de Golfito se indica por la presencia de Co, Fe, Ti, Mn, Cu, Cr, y REE pesados, pero la anomalía de Eu no se manifiesta.

En el cuadrángulo de Golfito, la falta de una característica de la anomalía del oro en la región del placer de depósitos de oro en la Península de Osa tal vez sea debido al tamaño -80 de la malla usada en la exploración de la región.

## ***Interpretation of the Geochemical Data for the San José Quadrangle, Costa Rica***

### **Interpretación de Datos Geoquímicos para el Cuadrángulo de San José, Costa Rica**

**by Stephen L. Bolivar**

---

*Central America is located in a region where the North American, Cocos, Caribbean, Nazca and South American plates converge (or at least interact). Because of these complex plate interactions a wide distribution of rock types, geologic structures, and potentially mineral-rich terrains exist here. The potential for mineral resources in this area, and in particular Costa Rica, is enhanced when one examines the geologic similarities to the mineral-rich terrain of Mexico to the north. Recently completed regional survey data also provide new geological information. In particular, a regional stream-sediment geochemical survey for the San José quadrangle in Costa Rica greatly increases the level of geologic knowledge concerning the potential for new exploration targets. This paper examines these areas in light of the regional geochemistry, particularly with respect to Au-Ag mineralization.*

*The majority of exploration activity, interest, and development in Costa Rica has been in the Tilarán-Montes del Aguacate gold (and silver) belt. The presently recognized dimensions of this district, which is located in the western third of the San José quadrangle, are 100 km long by 30 km wide. Relatively high-grade, low-tonnage gold-bearing epithermal quartz veins occur here. This district can be clearly distinguished by the regional geochemical maps for the elements K, As, Mo, Sb, Au, Ag, Hg and to a lesser extent by the maps for V, Mn, Ba, W, Fe, Zn, Rb, Cs, and Pb. In addition, relative elemental distributions within the district, and Au/Ag ratios clearly distinguish five subdistricts, each of which has unique geochemical signatures. Several areas within and on the edge of the district have geochemical characteristics similar to areas with known ore deposits, and thus require further examination. More interestingly, a large area southeast of the district, with geology and geochemistry similar to that of the gold district, could represent an extension.*

*Analysis of the geochemical data also reveal high concentrations of Au, Ag, As, Hg and Sb on the flanks of several active or dormant volcanoes. These areas may have potential for low-grade, high tonnage hot-spring type Au-Ag deposits. The regional geochemistry certainly favors further examination of these areas.*

*To conclude, regional stream-sediment geochemical data is examined and used to recognize regions of gold mineralization and identify new areas with similar geochemical signatures. An extension of the gold district is hypothesized and areas on the flanks of active or dormant volcanoes are recognized as having potential for Au-Ag mineralization and deserve further investigation.*

Centroamérica está situada en una región donde los platos Norte América, Cocos, Caribe, Nazca y América del Sur se convergen (or por lo menos reaccionan entre sí). Por causa de estas interacciones complejas de los platos, existe una gran distribución de tipos de rocas, estructuras geológicas y terrenos ricos en minerales. La potencialidad de recursos minerales en el área, y Costa Rica en particular, se aumenta cuando se examina las semejanzas geológicas de los terrenos ricos en minerales de México al norte. Datos recientemente completados de un reconocimiento de la región también nos proveen con nueva información geológica. Específicamente, un reconocimiento geoquímico regional de sedimentos fluviales para el cuadrángulo de San José en Costa Rica añade conocimientos sobre la potencial de exploración de sitios específicos. Este estudio examina las áreas estudiadas por medio de la geoquímica regional, sobre todo en cuanto a la mineralización de Au-Ag.

La mayoría de la actividad de exploración, interés y desarrollo en Costa Rica ha estado en el distrito de oro (y plata) de Tilarán-Montes del Aguacate. Las dimensiones, conocidas actualmente, de este distrito localizado en la tercera parte del oeste del cuadrángulo de San José, son de 100 km por 30 km. Vetas epitermales de cuarzo aurífero de alta ley, y de poco tonelaje ocurren aquí. Dicho distrito se puede distinguir claramente en los mapas geoquímicos por la existencia de los elementos K, As, Mo, Sb, Au, Ag, Hg y en menor grado por V, Mn, Ba, W, Fe, Zn, Rb, Cs, y Pb. Además, las distribuciones relativas de elementos dentro del distrito, y las proporciones de Au:Ag lo hacen posible distinguir cinco subdistritos, cada uno con firmas geoquímicas diferentes. Varias localidades dentro del distrito y en su borde poseen características geoquímicas similares a lugares con yacimientos ya conocidos, y, así, requieren estudios adicionales. Interesantemente, un área grande al sureste del distrito con una geoquímica y geología similar a las del distrito de oro, podrían representar una extensión.

Un análisis de los datos geoquímicos también revela altas concentraciones de Au, Ag, As, Hg y Sb en los flancos de varios volcanes activos o inactivos. Dichas áreas tienen potencial para depósitos de Au-Ag de bajo grado, y alto tonelaje de tipo fuentes termales. De hecho, la geoquímica regional merece mayor estudio de las áreas indicadas.

En conclusión, los datos regionales geoquímicos sobre sedimentos fluviales se examinan y se utilizan para reconocer regiones de mineralización y para identificar áreas nuevas con rasgos geoquímicos parecidos. Aquí se espera encontrar una extensión del distrito de oro y áreas en los flancos de volcanes activos o inactivos se reconocen por su potencial de mineralización de Au-Ag, y por eso merecen mayores investigaciones.

## Benefit-Cost Analysis Study of the Los Alamos National Laboratory and U. S. Geological Survey Study

### Analisis de Costo-Beneficio del estudio del Laboratorio Nacional de Los Alamos y el Servicio Geológico de los Estados Unidos

by Allen L. Clark

*Los Alamos National Laboratory (Los Alamos), in conjunction with the U.S. Geological Survey (USGS), has recently completed a US \$2,500,000 program to provide a nationwide mineral data base for use in evaluating the mineral potential of Costa Rica. The present study evaluates the benefits that may accrue to the economy of Costa Rica as a result of the US \$2,500,000 expenditure.*

*The Los Alamos and USGS program consisted of two basic elements: a comprehensive regional geochemical survey of approximately 50 percent of Costa Rica, with subsequent data analysis and enhancement, by Los Alamos, and a nationwide mineral resource assessment, with detailed studies of selected mining areas and resource evaluations by the USGS. Based on these studies it was estimated that, at the 50th percentile level, there should occur within Costa Rica, three (3) or more porphyry copper deposits, eleven (11) or more "Sado" epithermal Au-Ag vein type deposits, thirteen (13) or more deposits of podiform chromite, one (1) or more Cyprus-type massive sulfide deposits and one (1) or more placer gold deposits. In addition, one hot-spring Au-Ag deposit was estimated to occur, based on geologic and geochemical evidence. These estimates of resource potential were used to estimate the potential benefits that would accrue to Costa Rica as a result of anticipated exploration, development and subsequent exploitation of the deposits. In calculating the benefits to be derived, it was necessary to recognize, and correspondingly reduce the benefits, that a certain level of mineral exploration and development would take place in Costa Rica even without the Los Alamos and USGS study. Therefore, the net benefits (benefits with survey minus benefits without survey) were calculated to be as follows (Table 1):*

**Table 1: Net Benefits of Los Alamos and USGS Study**

Net benefits from increased exploration	22,531,000	US\$
Net benefits from increased development*	37,200,000	US\$
Net benefits from increased production**	14,024,300	US\$
Estimated Total Benefits	73,755,300	US\$

\* Includes only direct in-country expenditures

\*\*Includes only revenue to government

El Laboratorio Nacional de Los Alamos (Los Alamos), conjuntamente con el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), recientemente han finalizado un programa de US\$ 2.500.00 para suministrar una base de datos nacional de minerales para usar en la evaluación del potencial mineral de Costa Rica. Este estudio evalúa los beneficios que puede derivar la economía de Costa Rica como resultado del costo de US\$ 2.500.00 incurridos en este programa.

El programa de Los Alamos y el USGS consistió en dos elementos básicos: un reconocimiento geoquímico regional comprensivo de aproximadamente 50% de Costa Rica, con análisis y mejora de datos subsiguientes, por Los Alamos, y una evaluación nacional de los recursos minerales, con estudios detallados de áreas mineras seleccionadas y evaluaciones de recursos, por el USGS. Basándose en estos estudios, fué estimado que, al nivel de 50% debe de verificarse en Costa Rica la existencia de tres o más yacimientos cupríferos, once o más yacimientos de veta Au-Ag de tipo epitermal "Sado", trece o más yacimientos de cromita podiforma, uno o más yacimiento de sulfuro masivo de tipo Chipre, y uno o más yacimiento de placer aurífero. Además, se estima que ocurre ahí un yacimiento Au-Ag de tipo fuente termal, basándose en la evidencia geológica y geoquímica. Estas estimaciones del potencial de recursos se usaron para evaluar los beneficios potenciales que ganará Costa Rica como resultado de la exploración y el desarrollo anticipado y la subsecuente explotación de los yacimientos. Al calcular los beneficios que se pueden derivar, fué necesario reconocer que parte de la exploración y desarrollo mineral se alcanzaría en Costa Rica aún sin el estudio hecho por Los Alamos y el USGS. Por lo tanto, los beneficios netos (los beneficios con el reconocimiento menos los bneficios sin el reconocimiento) fueron calculados según el siguiente (Cuadro 1):

**Cuadro 1: Beneficios Netos del Estudio de los Alamos y el USGS**

Beneficios Netos de la Exploración Intensificada	22.531.000	US\$
Beneficios Netos del Desarrollo Intensificado*	37.200.000	US\$
Beneficios Netos de la Producción Intensificada**	14.024.300	US\$
Beneficios Totales Presupuestos	73.755.300	US\$

\*Incluye solamente gastos directos internos del país.

\*\*Incluye solamente los ingresos al gobierno

## Benefit-Cost...Costo-Beneficio....(cont.)

In addition to the estimated direct financial benefits from the Los Alamos and USGS program, there will be a number of multiplier effects on the national economy which are shown in Table 2.

**Table 2: Multiplier Effect on National Economy**

Multiplier	Multiplier Value	Benefit to Economy
Total Jobs created in economy per job in mining industry	2.1	2,000 Add'l jobs
Dollars of GDP per US\$ 1 million of income from mining	1.24	8,868,500 US\$

Although the Los Alamos and USGS program is highly cost effective, the overall benefits to Costa Rica may be discounted somewhat because of the long lead times involved in mineral exploration, development, and production. Even accounting for such delays, however, does not detract substantially from the highly positive benefit/cost ratio for the program. Additionally, increased exploration and development not reflected in the benefit/cost analysis is anticipated and may increase the net benefits from the program.

Overall, it is estimated that the net benefits to Costa Rica will reach approximately US\$ 82,636,800 with an additional 2,000 jobs created in the mining sector. This is contrasted to the cost of the program estimated at US\$ 2,500,000 giving a benefit/cost ratio of approximately 33 to 1 for the program.

Además de los beneficios financieros estimados directos del programa de Los Alamos y el USGS, habrán consecuencias multiplicadoras que afectan la economía nacional y aparecen en el Cuadro 2:

**Cuadro 2: Consecuencias Multiplicadoras que Impactan la Economía Nacional**

Multiplicador	Valor del Multiplicador	Beneficio a la Economía
Empleos totales Creados en la Economía por Empleo en la Industria Minera	2,1	2.000 Empleos Adicionales
Dólares del Producto Territorial Bruto (PTB) por US\$ 1 Millón de Ingreso de la Minería	1,24	8.868.500 US\$

Aunque el programa de Los Alamos y el USGS es sumamente costo productivo, los beneficios totales a Costa Rica se pueden descontar un poco por la larga duración de tiempo que requieren la exploración, el desarrollo, y la producción de minerales. Sin embargo, a pesar de tales retrasos, el programa no disminuye la proporción positiva del beneficio/costo. Además, se anticipa el aumento de la exploración y el desarrollo no reflejados en el análisis del beneficio/costo que también pueden causar un aumento a los beneficios netos del programa.

En total, se estima que los beneficios netos a Costa Rica ascenderán a aproximadamente US\$ 82.623.800 con 2.000 empleos adicionales creados en el sector minero. Esto se contrasta con el costo del programam de US\$ 2.5000.000 dando una proporción de beneficio/costo de aproximadamente 33 por 1 para el programa.

## Environmental Management of Precious Metals Mines

### Administración Ambiental en Minas de Metales Preciosos

By R.E. Krauss

---

*U.S. Federal and California State laws require proponents of new mines to identify the potential adverse environmental impacts of their projects and to design, construct, operate and reclaim these mines so as to eliminate or minimize impacts to the maximum feasible extent. Homestake Mining Company's McLaughlin gold mine is generally acknowledged as a state-of-the-art example of modern environmental management of precious metals mines.*

*Mitigation of environmental impacts begin with environmental baseline studies to document pre-project meteorology, air quality and water quality; to map project area geology, soils, vegetation, wildlife habitats, and cultural resources; and to describe socioeconomics, infrastructure and surrounding land use. This information provides the basis for evaluating project impacts and for engineering to eliminate or avoid these impacts.*

*Typically, precious metals mines include, in addition to the ore body: waste rock dumps; low grade storage areas, crushing and grinding plants; extraction and refining facilities; tailings disposal sites; and various support components such as roads, power lines, laboratories and offices. Each of these components, over the project life, is sited, designed, constructed, operated, and reclaimed. Early planning for each provides the most important avenue for impact avoidance.*

*Generally, water quality impacts are potentially the most significant. Storm water, as well as process water, is controlled, settled, evaporated and/or treated and discharged, thus protecting surrounding water quality. Air quality can similarly be protected by using dust control procedures and appropriate process alternatives.*

*Ultimately, protection of the environment depends upon reclamation including grading for proper drainage, dismantling of equipment, closure of waste units, and revegetation of disturbed areas.*

*Monitoring of environmental impacts provides assurances that protection is adequate and impacts are acceptable. Examples from the design, construction, operation, and reclamation of the various components of the McLaughlin mine are presented.*

Las leyes federales de EE. UU. y del Estado de California exigen que los proponentes de minas nuevas identifiquen impactos adversos potenciales de sus proyectos al medio ambiente y que diseñen, construyan, operen y recuperen éstas minas para eliminar o reducir impactos al máximo posible. La mina de oro McLaughlin de la compañía Homestake Mining se reconoce generalmente como un ejemplo más reciente de la dirección moderna de la administración del medio ambiente en cuanto a minas de metales preciosos.

La mitigación del impacto en el medio ambiente comienza con estudios básicos ambientales para documentar la meteorología, calidad de aire y agua antes de comenzar el proyecto; preparar mapas de la geología, los suelos, la vegetación, el hábitat de la fauna silvestre, y los recursos culturales del área del proyecto; y para describir la socioeconomía, infraestructura y utilización de los terrenos circundantes. Esta información provee la base para evaluar los impactos de los proyectos y para la ingeniería que eliminará o evitará estos impactos

Por lo general, minas de metales preciosos incluyen además del cuerpo mineralizado: escombreros de rocas rechazadas; áreas para almacenar minerales de baja ley; instalaciones para pulverizar, triturar, extraer y refinar; sitios para disposición de desechos; y varios otros componentes como caminos, líneas de transmisión, laboratorios y oficinas. Cada uno de estos componentes, durante la vida de un proyecto, será situado, diseñado, contruido, operado y recuperado. Temprana planificación de cada componente provee la vía mas importante para la prevención del impacto.

Generalmente el impacto en la calidad del agua es potencialmente lo más significativo. Agua de lluvia y agua desechada se controlan, se sedimentan, se evaporan y/o se purifican y descargan, así protegiendo la calidad de agua circundante. La calidad del aire de las misma manera se puede proteger utilizando procedimientos para contener el polvo y apropiados procesos alternativos.

Al final, la protección del ambiente depende en la recuperación, incluyendo nivelación para drenaje apropiado, desmantelación de equipo, el cierre de instalaciones para desechos y la replantación de áreas dañadas.

La vigilancia de los impactos ambientales provee seguridad que la protección es adecuada y los impactos aceptables. Ejemplos del diseño, construcción, operación y recuperación de los varios componentes de la mina McLaughlin se presentan.



***International Gold Conference – San José, Costa Rica***  
***Conferencia Internacional de Oro– San José, Costa Rica***  
***Field Trip Gira al Campo***  
***from Sheraton Herradura to Bellavista Mine***

---

by  
**William C. Bagby<sup>1</sup>, Steve Ludington<sup>1</sup>,  
and Jimmy Obando Vargas<sup>2</sup>**

with a section on the Bellavista mine  
by  
**Miguel Alan Mora<sup>3</sup>**

*This roadlog covers the route of today's field trip. Because of weather and time considerations, we will begin by proceeding directly to the Bellavista mine, visiting the other two stops (Tajo Santa Clara and Tajo Ese) during our return to San José. Note: While the temperature at the Sheraton is 16° - 17°C, at Santa Clara, it will be 25° - 28°C.*

El itinerario indica la ruta de la gira al campo de hoy. Debido a cualquier cambio atmosférico y considerando el corto tiempo disponible, empezaremos por dirigirnos al Depósito de Oro de Bellavista. Luego visitaremos a Tajo Santa Clara y Tajo Ese durante el viaje de vuelta a San José. Nota: Cambio de temperaturas--en el Sheraton, 16° - 17°C; en Santa Clara 25° - 28°C.

km

**0.0 Breakfast at 5:30 am. Leave Sheraton Herradura parking lot at 6:00.**

Desayuno a las 5:30 am. Partimos del estacionamiento del Sheraton Herradura a las 6:00 am.

**0.4 Intersection with Interamerican Highway. Turn left at traffic light.**

Intersección con la Carreter Interamericana. Se vira a la izquierda al llegar al semáforo.

**0.7 Directly ahead is Poás Volcano, a basaltic stratovolcano whose last eruption was in 1980.**

Directamente enfrente de Uds. está el Volcán Poás, un estratovolcán basáltico que tuvo su última erupción en 1980.

**5.6 Turnoff to Alajuela on right. Continue straight ahead.**

Empalme con camino al Alajuela. Se sigue recto por el camino.

**5.8 Pass Juan Santamaría International Airport.**

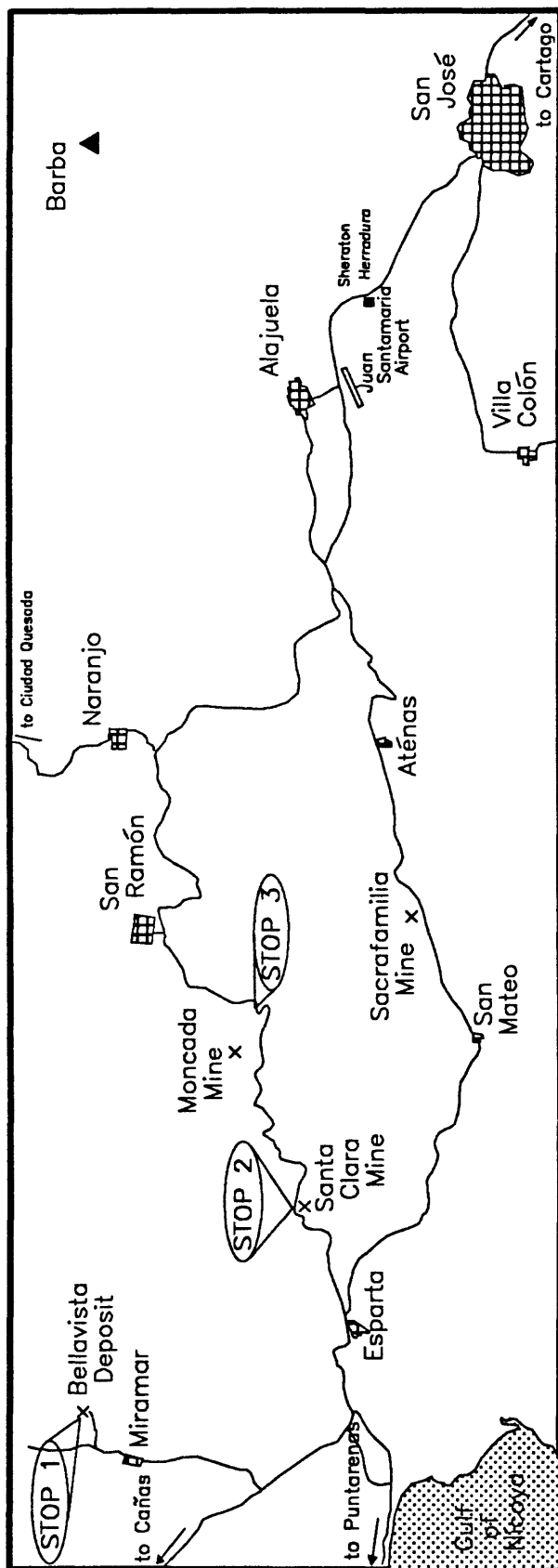
Se pasa el Aeropuerto Internacional de Juan Santamaría.

**9.4 The mountain on your left is Cerro Escazú, composed largely of Miocene diorite and monzodiorite that intrude Tertiary marine sedimentary rocks.**

La montaña a la izquierda se denomina Cerro Escazú, compuesta mayormente de diorita de la era Miocénica y monzodiorita que se intruyen en rocas sedimentarias marinas del Terciario.

---

1) U. S. Geological Survey, Menlo Park, California. 2) MINASA, San José, Costa Rica. 3) Mine geologist, Bellavista mine



*Map showing route of field trip, with stops.*  
 Mapa mostrando la ruta de la gira de campo, con parradas.

- 12.7** *Directly ahead are the Montes del Aguacate, composed of Miocene and Pliocene(?) volcanic rocks, and site of the earliest gold discoveries (Sacrafamilia group near Desmonte) in Costa Rica in 1815.*  
 Directamente enfrente se ven los Montes del Aguacate, compuestos de rocas volcánicas del Miocene y el Plioceno (?), y el sitio de los descubrimientos más tempranos de oro (grupo Sacrafamilia cerca de Desmonte) en Costa Rica en 1815.
- 16.5** *Billboard for RECOPE (Costa Rican Energy Company), showing a topographic profile across Costa Rica, from the Pacific to Atlantic coasts.*  
 Un cartelera de la Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE), que lleva el perfil topográfico de Costa Rica, desde la costa del Pacífico hasta la del Atlántico.
- 16.7** *Turnoff on right toward Atenas and Montes del Aguacate mining district that includes the Sacrafamilia and Compañía veins. Continue straight ahead, descending into the canyon of Río Poas.*  
 Empalme con el camino al Atenas y el distrito de minas de los Montes del Aguacate que incluye las vetas Sacrafamilia y Compañía. Se sigue recto y se desciende al Cañón del Río Poás
- 18.9** *Cross Río Poas. The canyon is cut into flows and pyroclastic deposits of the modern volcanos.*  
 Se cruza el Río Poás. El cañón disecta flujos y depósitos piroclásticos de volcanes recientes.
- 20.0** *Coffee bushes on right of road.*  
 Cafetales a la derecha del camino.
- 20.6** *Sugar cane fields on both sides of the road.*  
 Cañaverales a los dos lados del camino.
- 22.2** *Begin descent into canyon of Río Rosales.*  
 Se comienza la bajada al Cañón de Río Rosales.
- 22.9** *Cross Río Rosales.*  
 Se cruza el Río Rosales.
- 24.0** *The factory on the right manufactures many types of liquor from sugar cane grown in Costa Rica.*  
 La destilería a la derecha fabrica muchas clases de licores de la caña de azúcar en Costa Rica.
- 25.3** *Turnoff to Sarchi on right. Sarchi is a center for artisans who carve hardwoods from the rain forest. Continue straight ahead.*  
 Empalme con el camino al Sarchi, un centro artesano que utiliza maderas tropicales duras. Se sigue recto por la Carretera Interamericana.
- 25.9** *Bridge over Río Colorado.*  
 Puente sobre el Río Colorado.
- 29.7** *Pass highway toll booth (7 Colones).*  
 Se pasa por la garita de peaje (7 Colones).
- 31.1** *The tree with red flowers on the right of the road is the Fuego del Bosque (Fire of the Forest).*  
 El árbol con flores rojas que se ve al lado derecho del camino se llama Fuego del Bosque.
- 32.4** *Road is cut into recent pyroclastic deposits.*  
 El camino cruza por depósitos piroclásticos recientes.
- 34.1** *Turnoff to Ciudad Quesada and Naranjo on left. Continue straight ahead.*  
 Empalme con el camino al Ciudad Quesada y Naranjo. Se sigue recto.

- 38.9 *Road is cut into Quaternary diatomaceous lake beds that fill a large topographic circular feature. The nature of this feature is unknown, but it is coincident with a gravity low.*  
El camino disecta lechos de lagos diatomáceas de la era Cuaternaria que forman un círculo grande en la topografía. Se desconoce la naturaleza de este fenómeno pero coincide con baja gravedad.
- 39.4 *Cross Río Grande.*  
Se cruza el Río Grande.
- 40.4 *Rocks on right are silicic airfall tuffs. Source is unknown.*  
Las rocas a la derecha son tobas silíceas. Se desconoce el origen.
- 42.4 *Turnoff to Palmares on left. Continue straight ahead.*  
Empalme con el camino al Palmares. Se sigue recto.
- 43.0 *Plants on roadcut on right are "office palms" that are exported to Europe and North America.*  
Las plantas en el tajo a la derecha son palmeras decorativas que se exportan a Europa y América del Norte.
- 43.8 *View of town of San Ramón. We will return to San Ramón at the end of the field trip for a late lunch.*  
Vista del pueblo de San Ramón. Volveremos a San Ramón al terminar la gira del campo para almorzar.
- 46.2 *Cross Río Grande.*  
Se cruza el Río Grande.
- 47.3 *Turnoff to San Ramón. Continue straight ahead.*  
Empalme con el camino al San Ramón. Se sigue recto.
- 48.1 *The road cuts are in Quaternary volcanic deposits.*  
Los tajos del camino están en depósitos volcánicos de la era Cuaternaria.
- 50.1 *Enter the Montes del Aguacate and the "Gold Belt" of Costa Rica. The volcanic rocks in these road cuts are Tertiary in age, and have been assigned to the Aguacate Formation.*  
Se entra a los Montes del Aguacate y la distrito de oro de Costa Rica. Las rocas de los tajos del camino son de la era Terciaria y de la Formación Aguacate.
- 51.1 *Intensely altered andesite in the road cut. Begin descent towards the coast.*  
En el tajo del camino hay andesita intensamente alterada. Empieza el descenso hacia la costa.
- 52.5 *View of the Sierra de Tilarán to the right.*  
Vista de la Sierra de Tilarán a la derecha.
- 53.7 *The road enters a fault zone and weaves in and out of the zone for the next 4 to 5 km. Andesites in this zone are intensely altered. Rhyolitic dikes intrude the andesites within this zone. We will see these relationships in a borrow pit on the return trip. High REE (La >40 ppm), B (up to 150 ppm), and Zr (up to 380 ppm) help to differentiate the rhyolites from strongly altered Aguacate andesites. Geochemical analyses of 2 samples from this area are given below.*  
El camino entra en una zona de fallas y continúa entrando y saliendo de dicha zona por los próximos 4 a 5 km. Las rocas andesíticas en esta zona están intensamente alteradas. Diques riolíticos se intruyen en las rocas andesíticas de la zona. Veremos esta relación en el tajo al lado del camino la vuelta. Alto REE (La >40 ppm), B (hasta 150 ppm), and Zr (hasta 380 ppm) ayudan a diferenciar las rocas riolíticas de las andesitas de Aguacate fuertemente alteradas. Análisis geoquímicos de dos muestras del área se presentan abajo.

	CR001RSM	CR002RSM
	bleached andesite	altered rhyolite
Au	<.05	<.05
Ag	.10	.20
As	<10	50
Sb	<2	<2
Hg	.02	.12
Cu	50	20
Pb	<5	5
Zn	50	<5

54.7 View straight ahead is of the Gulf of Nicoya.

El panorama directamente en frente es del Golfo de Nicoya.

55.9 STOP (Tajo Ese) To the right of the road is a borrow pit. Rhyolitic dikes cut andesites; both rhyolite and andesite contain pyrite that is actively oxidizing.

PARADA (Tajo Ese) A la derecha del camino hay un tajo. Diques riolíticos cortan rocas andesíticas; ambas clases de rocas contienen pirita en oxidación activa.

57.0 Zone of rapidly oxidizing sulfides. Copper sulfates are present as coatings on the rock surfaces. The road leaves the fault zone beyond this point. Geochemical analyses of 2 samples from this area are given below.

Una zona de sulfuros en oxidación activa. Sulfatos de cobre están presentes en forma de capa en las superficies de las rocas. el camino sale de la zona de fallas en este sitio. Análisis geoquímicos de dos muestras del área se presentan abajo.

	CR003RSM	CR004RSM
	quartz vein	altered andesite
Au	<.05	0.05
Ag	0.15	1
As	<10	50
Sb	50	<2
Hg	0.16	0.45
Cu	75	1000
Pb	<5	5
Zn	20	20

59.0 View of the Moncada Mine across the valley to the right. In operation in 1986, the Moncada is developed on a north-striking vein that contains quartz, galena, sphalerite, chalcopirite, and pyrite. Manganese and arsenic are prominent. The vein is disrupted by post-mineral faulting. Geochemical analyses of 4 samples from this area are given below.

A la derecha, vista de la Mina Moncada a través del valle. En operación en 1986, la Moncada utiliza una veta con dirección hacia el norte que contiene cuarzo, galena esfalerita, calcopirita, y pirita. Predominan manganeso y arsénico. La veta se interrumpe por fallas posminerales. Análisis geoquímicos de 4 muestras del área se presentan abajo.

Sample No.	CRSM125	CRSM126	CRSM127	CRSM128
Description	quartz vein	quartz vein	andesite host	quartz vein
Au	6.7	7.0	.05	.25
Ag	27.0	7.2	1.2	3.6
As	40	10	30	20
Sb	4	<2	<2	<2
Hg	<.02	<.02	<.02	<.02
Cu	>10,000	350	40	30
Pb	>1,000	>1,000	70	250
Zn	>2,000	>2,000	1,100	220

All values are in parts per million (ppm)

**61.2 View of the Gulf of Nicoya from the curve.**

Vista del Golfo de Nicoya desde la curva en el camino.

**62.7 The temperature is beginning to get warmer as we lose altitude.**

La temperatura empieza a subirse al acercarse a la costa.

**64.3 Turn off on the right to the Buena Suerte mine, a 200m by 20m zone of northeast-trending quartz veins. Porphyritic rhyolite dikes are present. Pyrite is the most common sulfide. Geochemical analyses of 4 samples from this area are given below.**

Empalme con el camino al la mina Buena Suerte, una zona de 200m por 200m de vetas de cuarzo de rumbo noreste. Hay diques de riolita porfírica presentes. Pirita es el sulfuro más común.

Análisis geoquímicos de 4 muestras del área se presentan abajo.

Sample No.	CRSM088	CRSM089	CRSM090	CRSM097
Description	quartz vein	host tuff	quartz stockwork	quartz vein
Au	4.5	0.2	7.0	<.05
Ag	10.0	1.5	11.0	1.0
As	580	320	330	50
Sb	26	6	16	8
Hg	1.30	0.45	2.00	0.12
Cu	45	55	80	50
Pb	10	5	85	<5
Zn	30	50	210	60

All values are in parts per million (ppm)

**70.3** *View of the Santa Clara open pit mine. The mine is operated by United Hearne Industries. The main pit of the mine is developed along an east-trending zone referred to as the Mondongo fault. The ore zones consist of quartz veins with pyrite and marcasite in clay-altered andesitic rocks. Gold occurs as the native element in oxidized ore, and is extracted using cyanide heap leaching. The density of quartz veins increases in the higher grade ore zones relative to lower grade zones and waste.*

Vista de la mina (a cielo abierto) de Santa Clara. La mina se opera por las Industrias United Hearne. La cantera principal de la mina está desarrollada a lo largo de una zona de rumbo este que se llama la falla Mondongo. Las zonas de minerales consisten en vetas de cuarzo con piritita y marcasita en rocas andesíticas alteradas por arcilla. El oro ocurre en forma de elemento nativo en mena oxidado y se extrae con el proceso de lixiviación con cianuro. La densidad de vetas de cuarzo aumenta en las zonas de mineral de mayor calidad comparada con las zonas de menor calidad y de residuos.

**71.1** *Gate to the Santa Clara mine.*

La entrada a la mina Santa Clara.

**72.2** *STOP (Tajo Santa Clara) The borrow pit on the right side of the road is cut into altered andesitic rocks. Quartz veins cut the andesite and in turn are cross cut by supergene clay veins. The vein and host rock relations in this pit are the same as those in the Santa Clara mine. We will climb up the small hill near the pit for a view and discussion of the Santa Clara mine. Geochemical analyses below are for samples from the Santa Clara mine.*

PARADA (Tajo Santa Clara) El tajo al lado derecho del camino está atravesada por rocas andesíticas alteradas. Vetitas de cuarzo cruzan las rocas andesíticas que a la vez están cruzadas por vetitas de arcilla supergénica. Las relaciones entre la veta y su roca huésped son iguales a las de la mina Santa Clara. Subiremos a un cerrito cerca de la cantera para observar el panorama y una discusión sobre la mina Santa Clara. Análisis geoquímicos bajo son de la mina Santa Clara.

Sample No.	CRWB006a	CRWB006b	CRWB008a	CRWB008b	CRSM301
	oxide zone		sulfide zone		
Description	quartz vein	host andesite	quartz vein	host andesite	chalcedony
Au	1.40	.15	.25	.05	4.2
Ag	5.6	.18	.50	.05	3.7
As	450	60	70	450	>2000
Sb	12	2	20	2	300
Hg	1.70	.6	3.0	.1	2.5
Cu	110	55	110	20	220
Pb	20	<5	<5	<5	20
Zn	200	50	75	75	95

All values are in parts per million (ppm)

**76.5** *La Canada fruit stand.*

Pulperia La Canada.

**78.8** *Enter Esparza.*

Entramos a Esparza.

**79.9** *Fuel station in Esparza. The attendants at this station are experts at fixing flat tires!*

Bomba en Esparza. ¡Los dependientes de la bomba son expertos en reparar llantas desinfladas!

**83.1** *Excellent view of the Nicoya Peninsula.*

Bello panorama de la Península Nicoya

**83.7** *Cross over the Río Barranca.*

Cruzamos el Río Barranca.

**84.9** *Turn off to the left to Puntarenas.*  
Empalme con el camino al Puntarenas.

**85.2** *Turn off on the right to Cerro la Mina. This hill is composed of rhyolite and is an active exploration area. 3 geochemical analyses are given below.*  
Empalme con el camino al Cerro la Mina. Este cerro consiste en riolita y actualmente esta área de exploración activa. 3 análisis geoquímicos se presentan abajo.

Sample No.	CRSM239	CRSM241	CRSM246
Description	siliceous rock	silicified breccia	silica boxwork
Au	<.05	<.05	<.05
Ag	.05	<.05	.30
As	70	130	510
Sb	<2	2	4
Hg	.10	.02	.60
Cu	5	85	310
Pb	<5	5	15
Zn	20	5	20

All values are in parts per million (ppm)

**88.1** *Turn off to the left to RECOPE.*  
La refinera RECOPE a la izquierda.

**89.9** *Cross the Río Naranjo.*  
Cruzamos el Río Naranjo.

**91.6** *Turn right toward Miramar and the Bellavista and La Unión mines. Continue through town of Miramar.*  
Se vira a la derecha hacia Miramar y las minas Bellavista y La Unión. Se pasa por el pueblo de Miramar.

**101.3** *Turn right toward Bellavista mine on steep gravel mine road (recently improved).*  
Se vira hacia la derecha rumbo a la mina Bellavista por un camino de grava empinado. (Se mejoró recientemente).

**103.9** *Arrive at Bellavista mine; park near offices. Some representative surface geochemical results are shown below.*  
Llegamos a la mina Bellavista; estacionamos cerca de la oficina. Algunos resultados geoquímicos de la superficie se indican abajo.



Sample No.	CRSM131	CRSM133	CRSM130	CRSM132	CRSM134
Description	altered andesite	altered andesite	quartz vein	quartz vein	quartz vein
Au	0.7	0.65	5.0	0.5	5.0
Ag	0.8	0.75	3.7	0.65	23.0
As	10.0	50.0	20.0	120.0	120.0
Sb	<2.0	2.0	<2.0	2.0	6.0
Hg	1.3	2.5	0.04	1.3	0.12
Cu	15.0	65.0	5.0	45.0	700.0
Pb	<5.0	10.0	10.0	<5.0	480.0
Zn	5.0	60.0	15.0	35.0	>2,000
Mn	200	500	150	100	200
Ba	500	3000	700	1000	50
Sr	<100	<100	<100	<100	<100

All values are in parts per million (ppm)

## ***Itinerary for Bellavista-Montezuma Property Visit*** **Itinerario de la Visita a la Propiedad de Bellavista-Montezuma**

*The visit will begin at the mine office with a short orientation talk by Miguel Alan, Chief Geologist, who will explain the current evaluation program and data collection methods and show results of reverse-circulation drilling. A brief description of each of the sites to be visited on the trip is given below; site numbers are shown on the accompanying sketch map.*

Empieza la visita en la oficina de la mina con una orientación corta por Miguel Alan, Geólogo Principal, en la cual explicará el programa actual de evaluación y métodos de recoger datos, y demostrará los resultados de perforación de pozos con circulación revés. Abajo se encuentran descripciones breves de cada uno de los sitios a visitarse en esta ocasión. Los números de los sitios se pueden ver en el mapa anexo.

***B1 Outcrop of massive andesite flow rock characteristic of the basal unit of the Aguacate Group volcanics, near the Bellavista Level No. 8 Portal.***  
Afloramiento de flujo masivo de roca andesítica característico de la unidad basal del Grupo Aguacate volcánico, cerca del Portal Nivel No. 8 en Bellavista.

*Board buses to travel to upper levels of the Bellavista sector.*  
Favor de abordar los autobuses para viajar a los niveles superiores del sector Bellavista.

***B2 Various outcrops of lahar can be seen along roadway to upper levels. The lahar unit lies unconformably over andesites and pyroclastic breccias along the access route.***  
Varios afloramientos de lahar se pueden notar a los lados del camino a los niveles superiores. La unidad lahárica descansa discordantemente sobre brecha andesítica y piroclástica a lo largo de la ruta de acceso.

***B3 Pyroclastic breccia with weak alteration and quartz-veining characteristic of the footwall block of the Liz fault zone.***  
Brecha piroclástica con alteraciones débiles y vetas de cuarzo características del bloque yacente de la zona de la falla Liz.

***B4 Traverse from the Pochota-Flor stockwork zone across the Tebas stockwork to the Daisy stockwork, terminating with observations of the White vein and outcrop of the Liz fault zone.***  
Cruzar de la zona Pochota-Flor stockwork por el stockwork Tebas hasta el stockwork Daisy, terminando con la observación de la veta Blanca y afloramiento de la zona de la falla Liz.

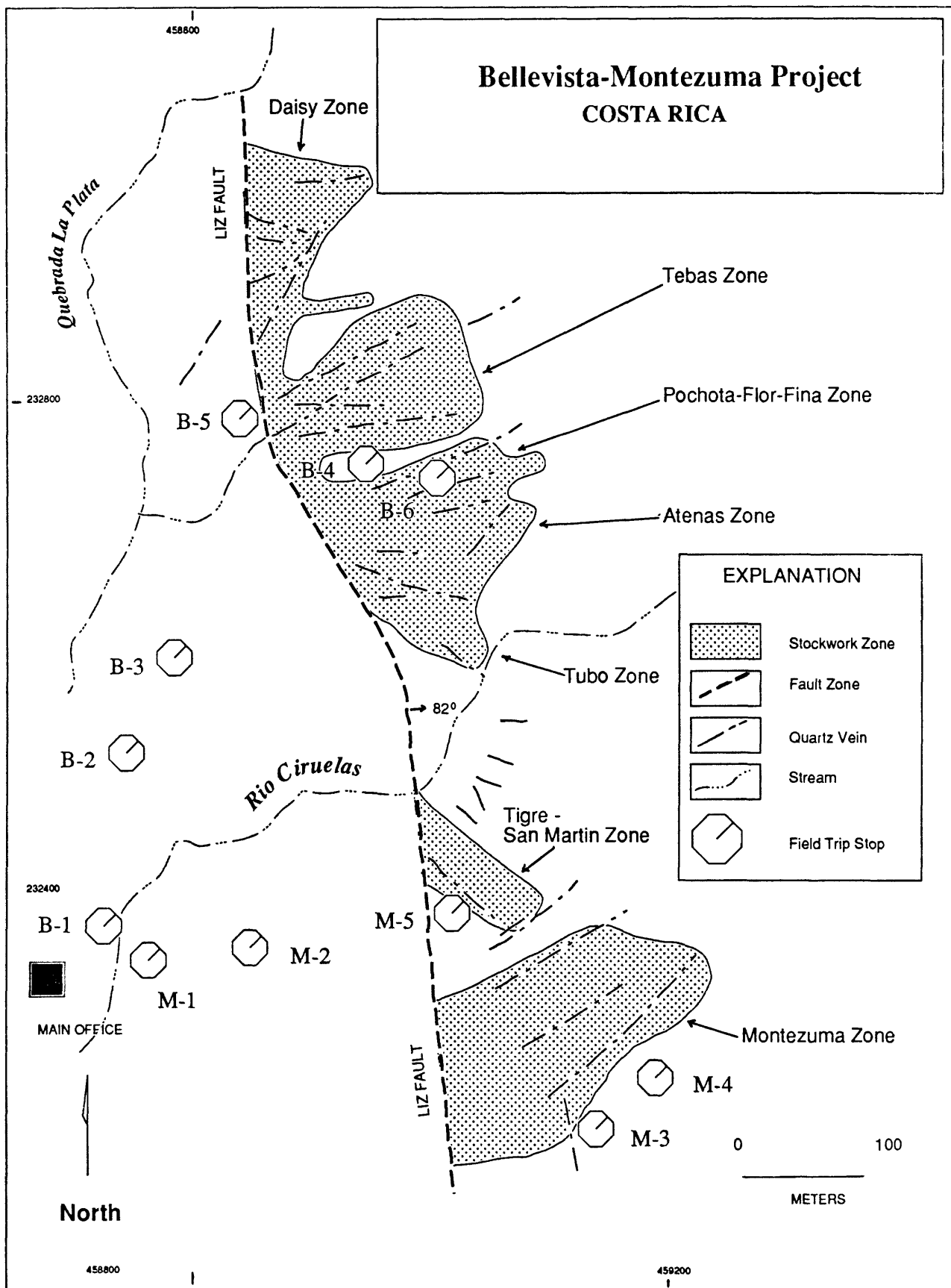
***B5 Visit to underground, Liz tunnel, to view character of stockwork below oxidation boundary and to observe character and attitude of Liz fault.***  
Visitar bajo tierra al túnel Liz para ver como es el stockwork bajo el límite de oxidación y observar el carácter y disposición de la falla Liz.

***B6 Pyroclastic breccia and veining at Flor stockwork, 50 m east of the Bellavista No. 1 Portal.***  
Brecha piroclástica y vetas en el stockwork Flor a 50 m este del Portal No. 1 de Bellavista.

*Board buses to travel to Montezuma sector.*  
Favor de abordar los autobuses para ir al sector Montezuma.

***M1 Andesite flow rocks close to the Montezuma No. 8 Portal.***  
Rocas de flujo andesíticas cerca al Portal No. 8 de Montezuma.

***M2 Lahar, coarse and without iron-staining; an excellent exposure in the road-cut of the Montezuma access road.***  
Lahar, grueso y sin manchas de hierro; una exposición excelente en el recorte del camino de acceso a Montezuma.



Plan showing principal stockwork zones and field trip stops at the Bellavista-Montezuma deposit.

**M3** *Coarse pyroclastic breccia outcrops near the Chilamate vein, approximately 100 m east of the Liz fault zone.*

Brecha gruesa piroclástica que aflora cerca de la veta Chilamate, a aproximadamente 100 m este de la zona de la falla Liz.

**M4** *Traverse downhill across trend of the Montezuma veins, starting in lahar, crossing pyroclastic breccia and the Chilamate vein, terminating at the Tigre stockwork.*

Cruzar cerro abajo por el rumbo de las vetas de Montezuma, comenzando con lahar, cruzando brecha piroclástica y la veta Chilamate, terminando con el stockwork Tigre

**M5** *Altered breccia outcrop near the Liz fault zone and drillhole number M8.*

Brecha alterada que aflora cerca de la zona de la falla Liz y la perforación No. M8.

## Biografías - Biographical Sketches

---

### Bagby, William C.

**Educación - Education :** B.A. Biology (1971) University of California, San Diego; Ph.D. Geology (1979) University of California, Santa Cruz

**Sociedades Profesionales - Professional Societies :** SEG, AIME, AEG, GSA

**Empleos - Employment :** Chevron Resources; Homestake Mining Company; U. S. Geological Survey

**Proyectos - Projects :**

*Petrologic research on Tertiary ash-flow tuffs in the Sierra Madre Occidental, Chihuahua, Mexico (1974-1979). Project evaluation geologist for Chevron Resources on volcanic-rock-hosted uranium deposits and epithermal silver deposits (1979-1981). Research geologist for Homestake Mining Company on the McLaughlin hot-spring gold deposit (1981-1983). Research geologist for the U.S. Geological Survey with assignments on the genesis of sedimentary-rock-hosted, precious-metal deposits; mineral resource assessments of public lands in Arizona and Nevada; mineral resource assessment of Costa Rica.*

Hizo investigaciones petrológicas de las tobas de corriente de ceniza del Terciario en la Sierra Madre Occidental, en Chihuahua, México (1974-1979). Geólogo encargado de la evaluación del proyecto de Chevron Resources acerca de roca huésped volcánica de depósitos de uranio y plata epitermal (1979-1981). Geólogo evaluador para la Homestake Mining Company de los depósitos de oro fuentes termales de McLaughlin (1981-1983). Geólogo evaluador del Servicio Geológico de los Estados Unidos, asignado a proyectos de depósitos de metales preciosos de roca huésped sedimentaria; asesoramiento de recursos minerales de la tierras públicas en los estados de Arizona y Nevada; evaluación de los recursos minerales de Costa Rica (1983 al presente).

### Bolivar, Stephen L.

**Educación - Education:** B.A. Geology (1970), University of South Florida; M.S. Geology (1972), Eastern Kentucky University; Ph.D. Geology/Geochemistry (1977), University of New Mexico

**Sociedades Profesionales - Professional Societies:** GSA, AEG, AGU

**Empleos - Employment:** Continental Oil Company; University of New Mexico; Los Alamos National Laboratory

**Proyectos - Projects:**

*Specialties include stream-sediment reconnaissance, applied geochemical exploration, graphical display of geochemical data, and geochemistry of kimberlites. Involved with stream-sediment analysis of Rocky Mountain states (1975-1979); Geochemical Atlas of Alaska (1980-1983), Data integration of multiple data sets (1982-1984), and Geochemical Reconnaissance of the Caribbean (1984-1985). Currently is principal investigator for the Geochemical Atlas of Costa Rica.*

Sus especialidades incluyen reconocimientos de sedimentos fluviales, exploraciones geoquímicas aplicadas, trabaja con gráficas de datos geoquímicos y la geoquímica de kimberlites. Ha hecho más de 80 publicaciones en las especialidades mencionadas. El Dr. Bolivar ha sido el investigador principal de varios programas de reconocimiento, el último de los cuales es el Atlas Geoquímico de Costa Rica.

**Cole, Gregory L.**

**Educación - Education:** B.A. Geology (1973) Cornell University; M.S. Geology (1975) Cornell University; Ph.D. Geology (in progress) University of Arizona

**Sociedades Profesionales - Professional Societies :** Int. Assoc. Mathematical Geologists

**Empleos - Employment :** Cornell University; Anshutz Corporation; University of Arizona; Los Alamos National Laboratory

**Proyectos - Projects:**

*Specialties include computer analysis and modeling of geologic problems and computer graphics. Has been involved in all aspects of mineral exploration programs, including regional exploration, stream sediment reconnaissance, detailed soil geochemistry and geophysical surveys. Was operational manager for countrywide reconnaissance project of Belize (1974-1979). Currently is chief programmer for the Geochemical Atlas of Costa Rica.*

Especialidades incluyen análisis y modelamiento en computadora de problemas geológicos y gráficas en computadora. Diez años de experiencia en todos los aspectos de la exploración minera, incluyendo proyectos en la geoquímica de sedimentos y encuestas en detalle de la geoquímica de suelo y encuestas geofísicas. Gerente encargado de un proyecto de reconocimiento mineral del país de Belize (1974-1979). Al presente, es el programador principal para el Atlas Geoquímico de Costa Rica.

**Frank, Joseph A.**

**Educación - Education:** B.S. Mechanical Engineering (1968); Institute of Technology, Rochester, New York; M.S. Agricultural Engineering (1975), University of Florida, Gainesville, Florida.

**Sociedades Profesionales - Professional Societies:** ASME, ASAE

**Empleos - Employment:** United Nuclear Corporation; Standard Fruit Company, Costa Rica; Westinghouse Hanford Company; Los Alamos Technical Associates; Los Alamos National Laboratory

**Proyectos - Projects:**

*Design and manufacturing of fuel and components for nuclear reactors (1968-1973; 1976-1978). Administration of engineering projects and agricultural investigations for the Standard Fruit Company in Costa Rica (1975-1976). Design of equipment for basic nuclear investigations, such as nuclear accelerators. Administration of a project in Central America led by Los Alamos National Laboratory, which includes mineral reconnaissance, geothermal reconnaissance, alternative energy and energy use planning.*

Diseño y fabricación de combustible y componentes para reactores nucleares (1968-1973; 1976-1978). Administración de proyectos de ingeniería en las operaciones e investigaciones agrícolas en las instalaciones de la Standard Fruit Company en Costa Rica (1975-1976). Diseño de equipo para instalaciones de investigaciones básicas nucleares, como aceleradores de partículas nucleares. Administración de un proyecto regional en Centroamérica dirigido por el Laboratorio Nacional de Los Alamos y el cual incluye reconocimiento mineral, reconocimiento geotérmico, energía alternativa y planificación energética.

**Krauss, Raymond E.**

**Educación - Education :** B.S. Biology, Oberlin College; M.S. Biology, University of Michigan

**Sociedades Profesionales - Professional Societies :** CMA, AMC, AEA

**Empleos - Employment :** County of Sonoma, California; California State University in Sonoma; Homestake Mining Company

**Proyectos - Projects :**

*Environmental Manager for Homestake Mining Company's McLaughlin mine, located in northern California. He has been responsible for the environmental management of the mine from design through permitting, construction start-up and into operation. He directs ongoing environmental monitoring, permit compliance, governmental relations and reclamation programs. Worked for ten years as Senior Environmental Planner for the County of Sonoma, California, where he was responsible for environmental reviews of new projects and permitting of resource projects including mining, geothermal power, agriculture, and timber production.*

Como gerente de la mina McLaughlin de la Homestake Mining Company situada en el norte de California, tiene a su cargo la gerencia ambiental de la mina desde el diseño y construcción hasta la operación. El dirige la supervisión ambiental, supervisión de concesiones, además de los programas de relaciones gubernamentales y de recobro. Por diez años fue el Planificador Principal del Ambiente del Distrito de Sonoma, California, donde fue responsable por los proyectos nuevos del ambiente y encargado de concesiones de recursos, incluyendo minería, geotermia, agricultura y reforestación.

**Ludington, Stephen D.**

**Educación - Education:** B.S. Geology (1967) Stanford University; M.S. Geology (1969) University of Colorado; Ph.D. Geology (1974) University of Colorado

**Sociedades Profesionales - Professional Societies:** MSA, AGU

**Empleos - Employment::** Phelps Dodge Corporation; U.S. Geological Survey

**Proyectos - Projects:**

*Experimental studies of fluorine-rich granitic melts, enthalpy of fusion of anorthite, numerous Wilderness mineral resource assessments, petrology of Redskin Granite, Colorado, development of X-ray fluorescence methods for igneous rocks, genesis of rhyolite-hosted tin deposits in North America, and petrogenesis of igneous rocks of central Nevada, as well as the mineral resource assessment of Costa Rica; major specialty: ore deposits associated with granites and rhyolites.*

Estudios experimentales de granito fundido rico en flúor, entalpia de fusión de anortita, numerosas investigaciones de recursos minerales en las selvas vírgenes, petrología de granito tipo Redskin, en Colorado, desarrollo de métodos de radiografía fluorescente para rocas ígneas, génesis de depósitos de estaño en roca huésped riolita, y petrogénesis de rocas ígneas de Nevada central, asimismo como el asesoramiento de los recursos minerales de Costa Rica. Su especialidad es con depósitos minerales asociados con granito y