

Alvarado Induni, Guillermo E. *Características geológicas de la Estación Biológica La Selva, Costa Rica. Tecnología en marcha* Vol. 10, no. 3, 1990, p. 11-22.

CARACTERISTICAS GEOLOGICAS DE LA ESTACION BIOLOGICA LA SELVA, COSTA RICA

Guillermo E. Alvarado Induni*

RESUMEN

En los alrededores de Puerto Viejo de Sarapiquí (Heredia) aflora una estrecha secuencia espacial y temporal de lavas subalcalinas y medianamente alcalinas. La Formación Andesitas Sarapiquí (Plioceno) está representada por andesitas y andesitas basálticas presentes en los Cerros Sardinal y Arrepentidos. En la Estación Biológica La Selva, se analizaron tres unidades litológicas del Pleistoceno Inferior: Basaltos ligeramente alcalinos "Vargas", Andesitas basálticas "El Salto" y Andesitas "Esquina" (datada en un millón doscientos mil años). Petroquímicamente, las lavas de "La Selva" son ligeramente diferentes a las de los grandes estratovolcanes cuaternarios de la Cordillera Central. Están parcialmente cubiertas por depósitos aluviales y palustres del Cuaternario Superior con varias terrazas fluviales. Los suelos de los Cerros Arrepentidos-Sardinal son macroscópicamente diferentes a los de "La Selva", debido probablemente a que se desarrollaron bajo condiciones climáticas diferentes.

cover by Upper Quaternary alluvials and swamps deposits with several fluvial terraces. The soils of Arrepentidos-Sardinal hills are macroscopically different from those of La Selva, probably because they were developed under different environments.

INTRODUCCION

El presente estudio geológico se realizó en la Estación Biológica La Selva, una reserva de laboratorio ecológico para estudios científicos y aplicados de alrededor de 14 km², localizada a unos 3 km al SSW de la población de Puerto Viejo de Sarapiquí, provincia de Heredia (Figura 1). Gran parte del área es selva tropical virgen, con algunos pequeños sectores de bosque secundario, plantaciones y potreros abandonados. El clima es tropical lluvioso con temperaturas promedio anuales que oscilan alrededor de 24°C y una precipitación anual de 3800 ± 800 mm con un período de sequía pobremente definido entre los meses de febrero y abril.

El levantamiento geológico de "La Selva" se efectuó en mapas a escalas 1:17 000 y 1:5 000, realizándose también un estudio regional a escala 1:50 000. Se utilizaron complementariamente fotografías aéreas a escalas 1:30 000 y 1:10 000. Los conocimientos geológicos de esta región son escasos. Bourgeois *et al.* (1972) efectuaron un estudio de los suelos de "La Selva" y determinaron la presencia de lavas y depósitos fluviales. Madrigal y Torres (1974) mencionaron algunas características geológicas y geomorfológicas de la región. Más recientemente, Alvarado (1984) comenta algunos aspectos geológico-petrográficos del área. Para la clasificación de las rocas volcánicas se utilizó el

ABSTRACT

A study has been made in a short time-space sequence of calcalkaline and mildly alkaline lavas near Puerto Viejo, Sarapiquí (Heredia). The Sarapiquí Andesites Formation (Pliocene) is represented by andesites and basaltic andesites poor in K, found in Sardinal and Arrepentidos hill. In the Estación Biológica La Selva, 3 litological units of Low Pleistocene were analyzed: Vargas middle alkaline Basalts, El Salto Basaltic-Andesites and Esquina Andesites dated 1.2 m.y. They are locally

* Departamento de Geología, Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). Apdo. 10032, San José, Costa Rica.

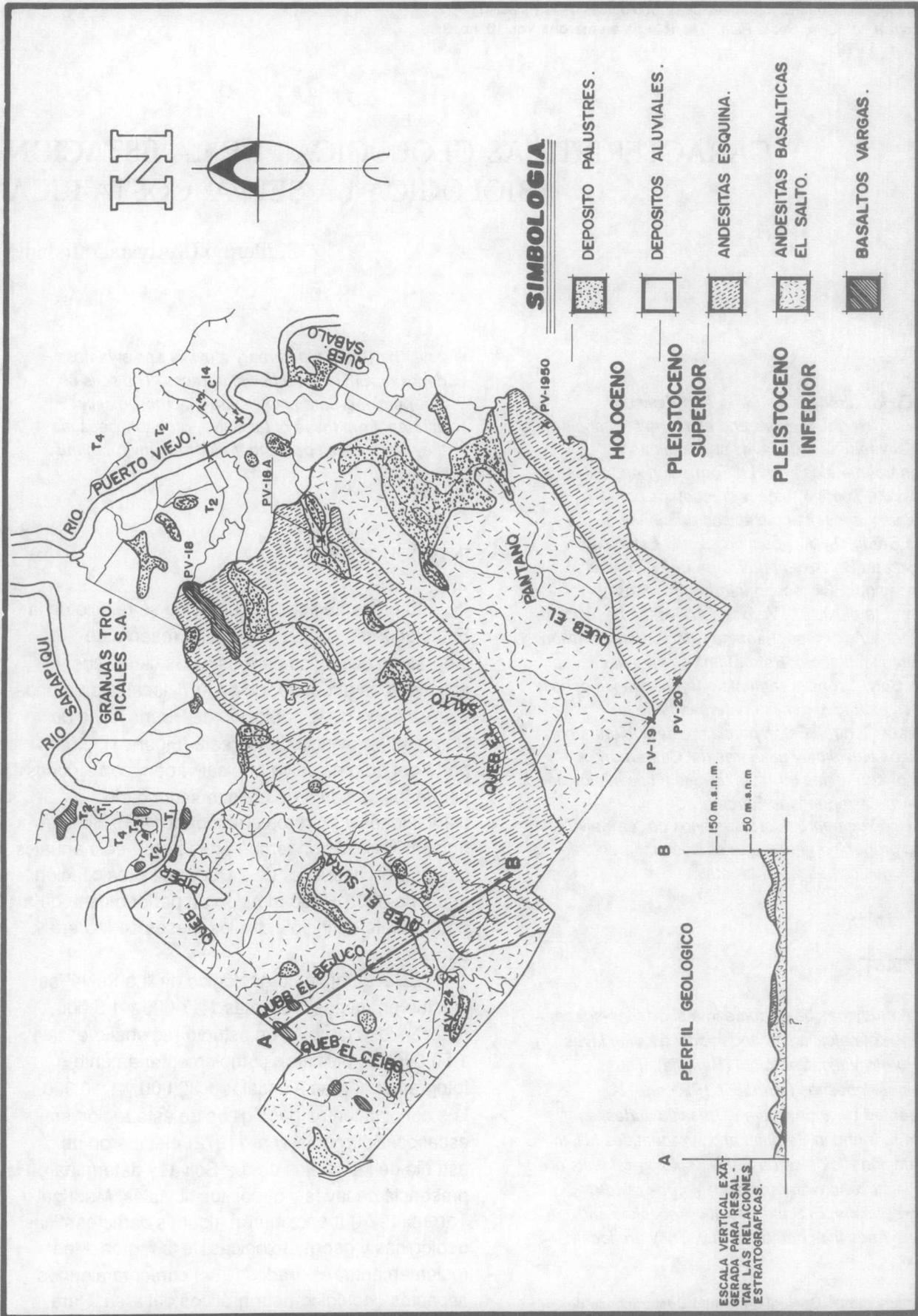


FIGURA 1. Mapa geológico de la estación Biológica La Selva.

criterio modal, normativo (CIPW) y el contenido en potasio (Peccerillo y Taylor, 1976).

La Estación Biológica La Selva se ubica al norte del macizo del volcán Barva, en el límite del arco volcánico activo y la cuenca tras-arco. Las cimas de los volcanes Barva y Cacho Negro se localizan con respecto a la confluencia de los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo a 36 y 28 km, respectivamente. Aparte de estas estructuras volcánicas jóvenes, la región norte del macizo del Barva presenta forma de abanico con vértice que converge hacia el sur, un patrón de drenaje semi-radial y una pendiente promedio de 4°. La alta precipitación pluvial de la zona ha facilitado la acción erosiva con el desarrollo de cañones y cascadas, entallados en lavas y rocas piroclásticas. Dicha morfología corresponde a un planèze con desarrollo incipiente, presente en otros aparatos volcánicos de la Cordillera Central (Irazú, Turrialba, Cerros Zurquí). Se observan algunos posibles focos eruptivos orientados N-S en correspondencia con el Barva (Alvarado *et al.*, 1986); uno de ellos es claramente un cráter de explosión a la cota 1620 metros sobre el nivel del mar. Al norte de "La Selva", se extiende la llanura aluvial de San Carlos, de la cual sobresalen los Cerros Sardinal y Arrepentidos, que corresponden a un vulcanismo antiguo.

ESTRATIGRAFIA DE LA ESTACION BIOLOGICA LA SELVA Y AREAS VECINAS

En la región se diferenciaron seis unidades litológicas; de la más antigua a la más joven:

- a) Andesitas Sarapiquí;
- b) Basaltos (ligeramente alcalinos) "Vargas";
- c) Andesitas basálticas "El Salto";
- ch) Andesitas "Esquina";
- d) Depósitos fluviales y
- e) Depósitos palustres (Figura 1).

Los afloramientos de roca son muy escasos, observándose únicamente fragmentos líticos de diverso tamaño y con diferentes grados de meteorización, contenidos en un suelo arcilloso, producto del intemperismo de la roca madre. En las quebradas se encuentran cantos y bloques, por lo común poco transportados y de litología homogénea. Con frecuencia las lavas se presentan totalmente meteorizadas, reconociéndose solo sus características texturales relictas; los contactos entre

las diferentes unidades de lava no se observan en el terreno pero puede establecerse la secuencia estratigráfica con base en la disposición espacial de las unidades.

1. La Formación Andesitas "Sarapiquí"

Definida por Alvarado (1984) como una serie de lavas (andesitas y andesitas basálticas) con diferentes grados de meteorización y silicificación. Afloran en los Cerros Sardinal y Arrepentidos a lo largo del camino entre Chilamate y Puerto Viejo de Sarapiquí. Se desconoce la edad de estas lavas, se estima que corresponden al Neógeno y se correlacionan con el Grupo Aguacate. Un análisis químico y modal de una muestra (ICR-20) se presenta en los Cuadros 1 y 2.

2. Basaltos "Vargas"

Consisten en basaltos porfíricos de color café-anaranjado (meteorizados) y gris claro (sanos). Se caracterizan por poseer megacrístales de plagioclasa de hasta 2 cm de largo y una paragénesis poco usual de Plag + 01 + Mt, por carecer de fenocristales de piroxenos. El grosor de esta unidad de lavas no se pudo medir, concluyéndose únicamente que debe tener un mínimo de 2 m. Petrográficamente, las lavas poseen una textura hipocristalina –porfírica con megafenocristales de plagioclasa más o menos sanos del tipo andesina–labradorita con maclas de albita-carlsbad y menos usual albita-periclina, zonación ondulatoria y núcleos con bordes corroídos, englobando pequeños oicocristales de olivino. Menos frecuentes son los fenocristales de olivino xeno o idiomórficos, algunos alterados a iddingsita y serpentina. Los granos opacos presentan forma hipidiosa a idiomórficas. El orden de cristalización de los fenocristales es el siguiente: Mt + 01 → Plag; pueden presentarse como textura glomeroporfírica.

La matriz, de tipo insertal, está compuesta de vidrio pardo y con las mismas fases mineralógicas de los fenocristales más clinopiroxeno; el olivino es poco abundante. Las vesículas están presentes en un 0,5 a 1,5%. En algunas

CUADRO 1. Petrografía de las lavas de La Selva y alrededores.

	Andesitas Sarapiquí	Basaltos Vargas	Andesitas basálticas del Salto	Andesita Esquina
Fenocristales	9 - 30,5%	12,5 - 18%	17 - 35%	2 - 8,5%
Plagioclasa	5 - 25	10 - 16,5	10 - 25	1 - 3,5
An	65 - 74	38 - 55	44 - 60	30 - 67
Olivino	0 - 2,5	1 - 1,5	2,5 - 4,5	0 - 1
Clinopiroxeno	2 - 4,5	-	2,5 - 4,5	0,2 - 3
Ortopiroxeno	-	-	0 - 2	0 - 1,5
Minerales opacos	0,5 - 1	0,5 - 1	0 - 3	0,5 - 1
Matriz	61,5 - 83%	79,5 - 86%	65 - 80%	88,5 - 96%
Vesículas	3 - 8%	0,5 - 1,5%	0,2 - 3%	0,5 - 4%

muestras se observaron cloritas, serpentina, zeolitas y óxidos de hierro que se encuentran rellenando fracturas, así como diseminados por la roca.

3. Andesita basáltica "El Salto"

Cubre gran parte del área de estudio sobreyaciendo a los basaltos "Vargas". El espesor de esta

CUADRO 2. Análisis químico de las lavas de La Selva y alrededores.

UNIDAD	Sarapiquí	Vargas	El Salto	El Salto	El Salto	Esquina	Esquina	Esquina
MUESTRA	ICR-20	PV-18	PV-18A	PV-24	PV-19	PV-1950	PV-20	PV-1
SiO ₂	53,33	50,51	52,25	52,61	53,86	57,89	58,06	61,63
Ti ₂ O	1,05	1,32	0,95	0,93	0,95	1,28	1,28	1,19
Al ₂ O ₃	15,35	17,83	18,33	18,58	19,06	16,07	16,16	16,20
Fe ₂ O ₃	12,81	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
FeO	-----	9,61	9,11	9,16	8,74	7,97	7,93	5,89
MnO	0,22	0,18	0,20	0,22	0,15	0,15	0,13	0,14
MgO	4,14	2,63	4,05	4,36	4,20	2,35	2,18	1,41
CaO	9,25	7,53	7,99	7,91	8,05	5,10	5,14	3,28
Na ₂ O	2,55	3,15	3,18	3,41	3,30	3,74	3,71	4,03
K ₂ O	1,00	2,24	1,71	1,75	1,78	3,29	3,25	3,42
P ₂ O ₅	0,24	0,61	0,30	0,31	0,31	0,68	0,69	0,51
H ₂ O ⁺	-----	2,49	2,89	0,23	0,19	0,63	0,51	1,41
BaO	0,06							
TOTAL	100,00	98,96	98,96	99,47	100,58	99,15	99,03	99,11
Ba	-----	1336	843	831	831	1376	1402	1574
Sr	-----	676	774	776	770	518	526	469
V	-----	264	276	267	262	216	223	100
Cr	-----	10,5	22,5	28,2	22,0	7,50	6,4	4,1
Ni	-----	14,0	23,2	38,5	23,8	9	8,0	5,5
Zr	-----	211	149	149	165	315	342	290
Sc	-----	27,8	26,7	26,8	25,7	23,4	24,3	18,7
Cu	-----	5	165	185	154	252	288	9
F+M	-----	0,788	0,697	0,683	0,679	0,776	0,787	0,810
K Ba	-----	13,9	16,8	17,5	17,8	19,2	19,2	18,0

unidad se incrementa hacia el sur alcanzando por lo menos 35 m. Está compuesta por andesitas prioxénicas con olivino de colores gris claro a negro con muchos fenocristales equigranulares (unos 3 cm) de plagioclasa de tipo andesina-labradorita y con maclas polisintéticas según leyes de albita, albita-carlsbad y ocasionalmente albita-periclina. La zonación es normal, compleja, ondulatoria o en parches con ocasionales inclusiones vidriosas. Los cristales de plagioclasa pueden tener una ligera orientación subparalela y están parcialmente arcillizados. Los olivinos son hipidio a idiomórficos, algo redondeados por reabsorción; algunos parcialmente alterados a iddingsita, serpentina y ocasionalmente calcita. Los fenocristales de clinopiroxeno en ocasiones se presentan maclados, zonados y con inclusiones de magnetita, plagioclasa, olivino o iddingsita. Los fenocristales de magnetita son idiomórficos y los de ortopiroxeno poco abundantes con corona de clinopiroxeno. Los fenocristales se agrupan desarrollando una textura glomeroporfirítica: Cpx + Mt; Cpx + Plag y Plag + Mt. Su orden de cristalización es: Mt → 01 → Plag + Px. La matriz, frecuentemente intersertal, está formada por cantidades variables de vidrio pardo y microlitos de plagioclasa, minerales opacos; ocasionalmente hay olivino y vesículas.

4. Andesitas "Esquina"

Abarca gran parte del área de estudio y reposa discordantemente (contacto no observado) sobre las unidades precedentes, salvo la Formación Sarapiquí. El espesor de estas lavas localmente supera los 35 m, siendo su grosor medio de 20 m, aproximadamente. Se dató una lava (PV-1950) procedente de esta unidad en el Geochron Laboratories Division (E.U.A.) por medio de K-Ar remontándose el derrame a $1,2 \pm 0,1$ m.a. (Pleistoceno Inferior).

Esta unidad consiste en andesitas de color gris oscuro a negro con pocos fenocristales y una textura fluidal. Al meteorizarse son de color gris claro a café, fácilmente confundibles con tobas. Petrográficamente, su textura es holocristalina-porfirítica con feno y microfenocristales de plagioclasa (algunas de tipo andesina-labradorita), clinopiroxeno, ortopiroxeno, minerales opacos; virtualmente se pre-

sentan oicocristales de apatito en cadacristales de plagioclasas y piroxenos. Presentan localmente vesículas orientadas y parcialmente rellenas de trimita. Su orden de cristalización, en las fases de fenocristales es: Mt → ($\pm 01 \pm Ap$) → Px → Plag; estos cristales pueden desarrollar una textura glomeroporfirítica.

5. Depósitos fluviales y palustres

Consisten en depósitos fluviales constituidos por una interestratificación de arenas y limos volcánicos de color gris hasta café anaranjado con intercalaciones locales de conglomerados y barros ferruginosos. El grosor de los niveles varía desde un centímetro hasta varios metros y sus contactos son irregulares; pueden presentar estratificación y laminación inclinada. A lo largo del Río Puerto Viejo se observan buenas exposiciones de arenas finas a gruesas, comúnmente no gradadas, interestratificadas con arcillas y limos. Localmente se presentan barros y costras ferruginosas así como concentraciones de guijarros. Cerca de la confluencia del Río Puerto Viejo con la Quebrada el Salto, se presentan arenas y arcillas de color gris, ricas en troncos vegetales, unos 8 m bajo el nivel de la terraza, que fueron datados por medio de C^{14} , resultando una edad superior a los 43 000 años. Aguas abajo, en la margen izquierda del Río Puerto Viejo, se observa un pliego sin-sedimentario de tamaño métrico. En la Quebrada Esquina se distinguen conglomerados y arenas finas a gruesas, de color café anaranjado por la presencia de óxidos de hierro que actúan como cemento.

Se presentan, además, algunos depósitos palustres actuales, desarrollados en ciénagas con suelos (limos y arcillas) embebidos en agua y ricos en materia orgánica en descomposición. El grosor máximo de estos depósitos excepcionalmente supera el metro, siendo por lo común de 10 a 40 cm.

PETROLOGIA DEL AREA EN ESTUDIO

El análisis químico de una muestra de lava del Cerro Sardinal (ICR-20) resulta ser una andesita basáltica subalcalina, normal en K, rica en Ca y pobre en aluminio (Cuadros 1 y 2).

En "La Selva" se reconocieron tres unidades de lava: "Los Vargas", caracterizada por basaltos ricos en álcalis y pobres en MgO; "El Salto" representada por andesitas basálticas ricas en K, y "La Esquina", definida por andesitas ricas en K (Figura 2).

Los basaltos "Vargas" son las lavas con mayor contenido en Ti y V. Son muy similares a la Unidad "El Salto" en lo que respecta a los óxidos de elementos mayores, excepto en el MgO y P_2O_5 , los cuales son relativamente parecidos a las Andesitas "Esquina" (Figuras 2 y 3).

Las Andesitas Basálticas "El Salto" son las más pobres en TiO_2 , P_2O_5 , Ba y Zr y son las más ricas en Al_2O_3 , FeO, MnO, MgO, CaO, Sr y Cr comparadas con los Basaltos "Vargas" y con las Andesitas "Esquina". En cambio, estas últimas lavas son las más ricas en álcalis (K y Na), P_2O_5 , Ba, Zr y Cu y las más pobres en Al_2O_3 , FeO, MgO, MnO, CaO, Cr, Ni y Sc, de las que se presentan en "La Selva". El relativo alto contenido en fósforo es el reflejo de la presencia de microfenocristales de apatito.

Las lavas de "La Selva" poseen bajos contenidos en Cr (4,1 - 28,2 ppm), Ni (5,5 - 38,5 ppm) y bajo MgO/FeO_t (0,24 - 0,48), sugiriendo un origen de estas lavas a partir de la fusión parcial del manto peridotítico, seguido por una cristalización fraccionada de olivino y piroxenos. El alto contenido en Al_2O_3 y CaO en la Unidad El Salto, indica que ciertas irregularidades se dieron durante el proceso de diferenciación y que esto debió de haber generado una fraccionación moderada de cristales de plagioclasa en una cámara magmática relativamente profunda (véase Cox *et al.*, 1979; Rose *et al.*, 1980; Prosser y Carr, 1987). Las concentraciones de V en las lavas de "El Salto" y "Esquina" decrecen con el incremento del SiO_2 , sugiriendo que la magnetita también fue fraccionada (véase Taylor, 1969). No obstante, los altos contenidos de V en las muestras, indican que la fraccionación de minerales opacos estuvo restringida. La existencia de microfenocristales de magnetita y especialmente su presencia como inclusiones en las plagioclasas, muestra que este mineral de hierro se mantuvo en equilibrio con el magma parental. El regular incremento del sodio con el aumento de la sílice, así como el decrecimiento paralelo de Mg, hierro total y CaO, son factores coherentes con la fraccionación controlada por fases cristalinas (O1, Cpx, Plag, Mt) las cuales ocurren

como fenocristales en las lavas. Al parecer, los Basaltos "Vargas" poseen una tendencia de fraccionamiento ligeramente diferente, evidenciada en los diagramas de variación SiO_2 - K_2O , MgO-K/Ba y SiO_2 -Ba (Figuras 2 y 3). Además, en los diferentes gráficos se observan "brechas" petrogenéticas (rupturas en las continuidades químicas en los contenidos de SiO_2 , MgO, K_2 y Ba entre otros) en las distintas unidades, especialmente entre "El Salto" y "La Esquina", lo cual puede interpretarse como diferentes cámaras magmáticas separadas espacial y temporalmente (Figuras 2 y 3). Se excluye una falta de muestras puesto que:

- Las rocas fueron recolectadas en sitios distantes entre sí.
- Dentro de una misma unidad se escogieron para el análisis químico las muestras petrográficamente más diferentes. Sin embargo, los resultados son muy similares, en especial para las lavas "El Salto".

Al igual que las rocas del Poás y Platanar (Tournon, 1983), las lavas de las unidades "El Salto" y "Esquina" poseen bajos contenidos en Cr y Ni. No obstante, las lavas de El Salto son muy similares a las del Barva en lo que respecta a los óxidos de los elementos mayores. Las rocas de la Unidad Esquina presentan contenidos bajos de Al_2O_3 y anómalamente bajos de CaO en relación con las del Barva, Poás y Palmira-Platanar y muy altos en lo que se refiere al TiO_2 , P_2O_5 y especialmente K_2O , pero inusualmente son muy semejantes a las facies andesíticas del Volcán Turrialba con similar contenido de sílice.

Como aspectos petrográficos particulares, se analizó una andesita basáltica de la Unidad El Salto que mostraba olivinos iddingsitizados rodeados de un borde de olivino fresco, o bien pequeños olivinos envueltos en iddingsita y ésta a su vez con corona de olivino sano. Lo anterior se debe a un primer período de cristalización, que es seguido por uno de hidratación-oxidación el cual origina la iddingsita, alrededor de la cual cristalizó nuevamente olivino, representando así dos cambios en las condiciones físicas del magma (Edward, 1938, en Augustithis 1978). Esto indica probablemente que el proceso de alteración de olivino comenzó en la cámara magmática y continuó durante el ascenso del magma, cesando antes de concluir la cristalización

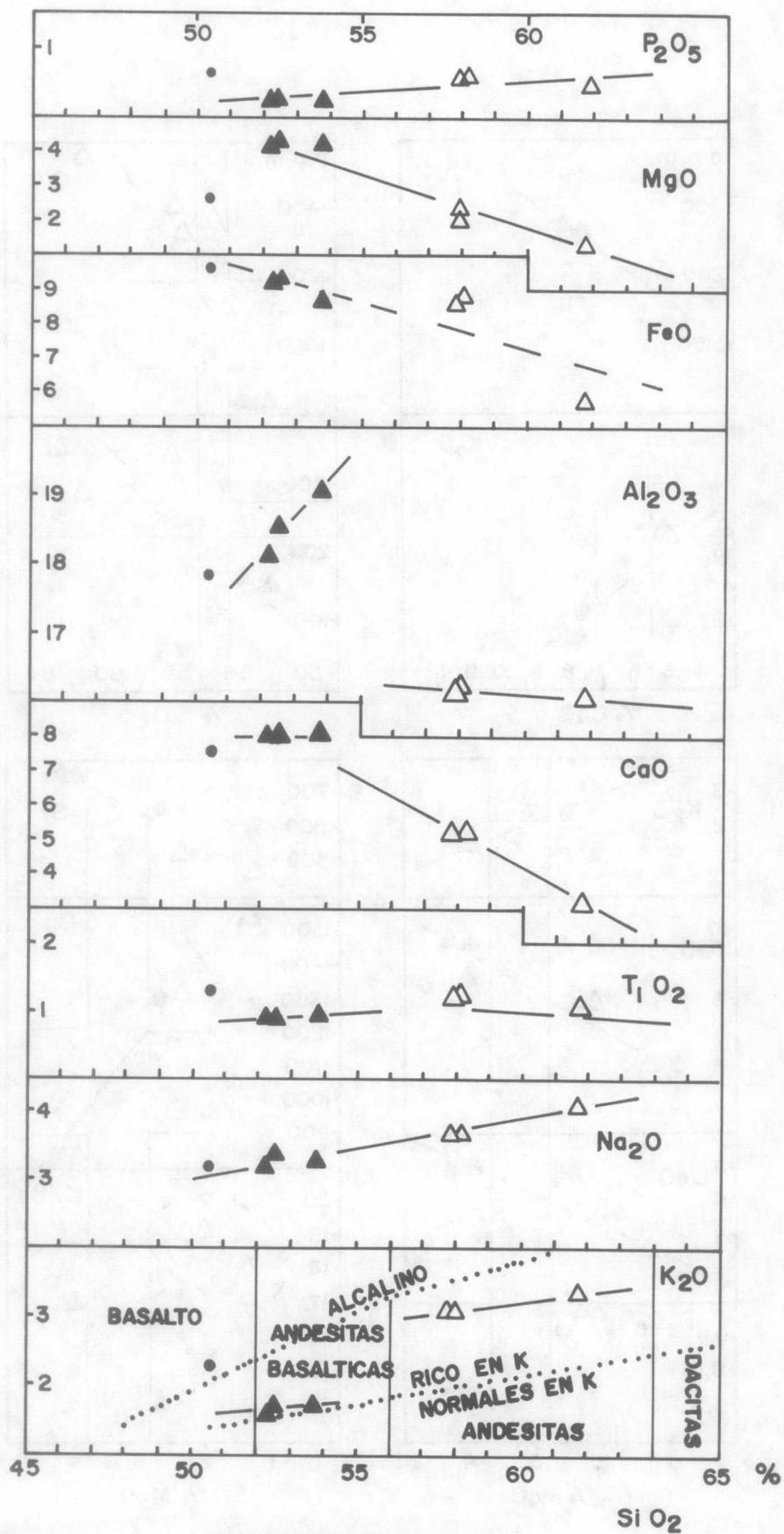


FIGURA 2. Diagrama de Harker.

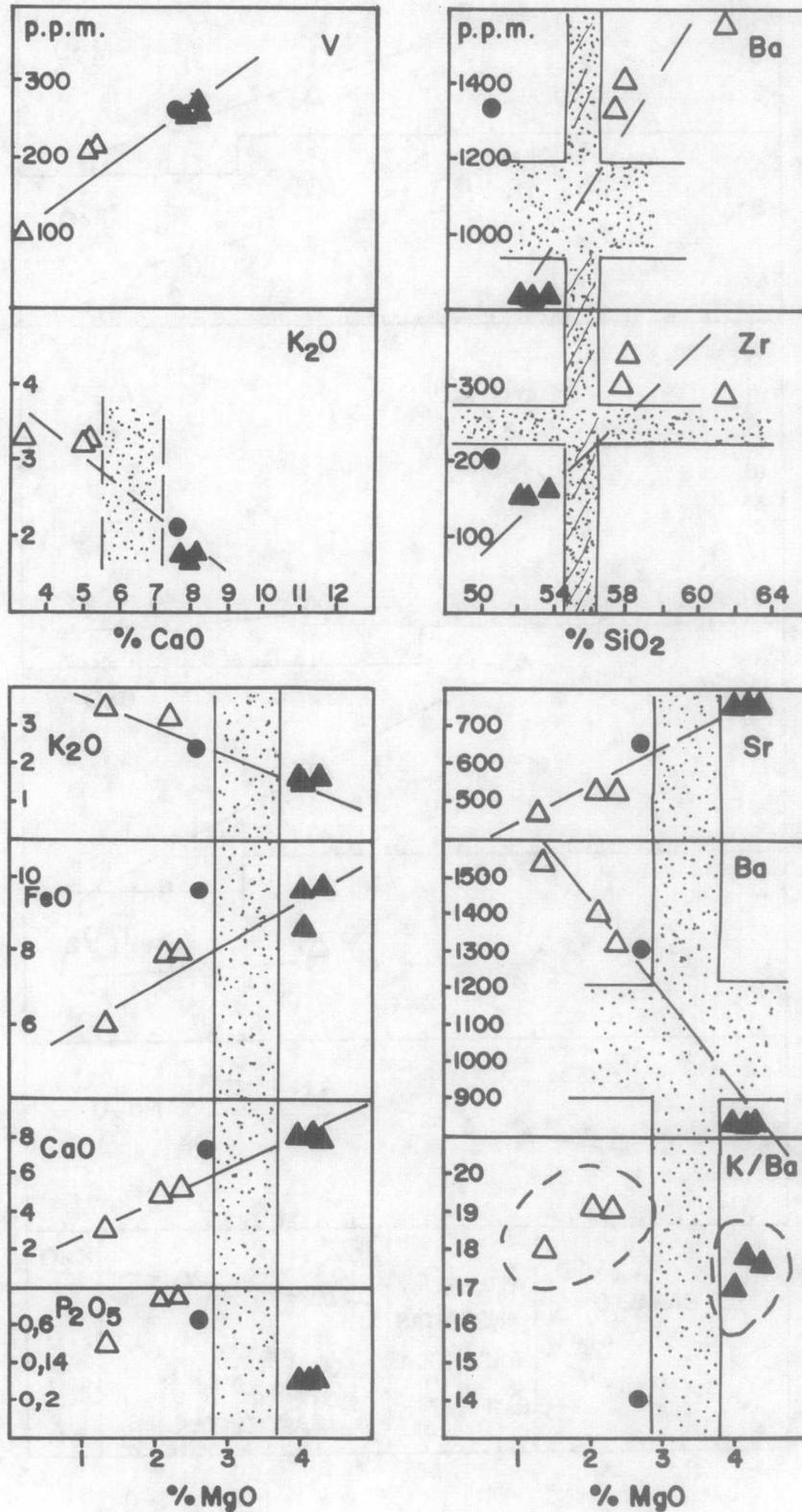


FIGURA 3. Diagrama de variación.

de éste (Sheppard, 1962; Araña, 1972; ambos en Araña y López, 1974). Sin embargo, podría imaginarse en una asimilación de olivinos en el nivel cortical inferior o en el manto, alrededor de los cuales cristaliza olivino proveniente del líquido magmático juvenil.

La presencia de megacristales de plagioclasa y de olivino así como la ausencia de fenocristales de augita en las lavas de la Unidad Vargas puede explicarse por ser los primeros (Plag + 01) relictos de un período de cristalización desarrollado bajo condiciones hídricas a una presión algo superior a una atmósfera (Thompson, 1972, en Cox *et al.*, 1979).

GEOMORFOLOGIA DEL AREA EN ESTUDIO

Se identificaron tres unidades geomorfológicas principales:

- a) Cerros de Puerto Viejo;
- b) Lomas irregulares de La Selva; y
- c) Planicie aluvial.

1. Cerros de Puerto Viejo

Son un conjunto de cerros y lomas (Cerros Sardinal y Arrepentidos) aislados por el relleno aluvial. Se elevan hasta 140 m desde su base con pendientes de 8 a 20°; pocas quebradas discurren sobre ellos. Morfológicamente, su edad se ubica en el Plioceno Tardío, estando en proceso activo de erosión por los efectos de la deforestación y sobrepastoreo de ganadería. Estos cerros poseen suelos pardo-rojizos (bauxíticos-ferruginosos) que contrastan con los de "La Selva" que son más claros. Ambos, sin embargo, se desarrollaron sobre rocas parentales similares (lavas). Quizás estos suelos pardo-rojizos se formaron hace mucho tiempo bajo un clima tropical con abundante precipitación, temperaturas elevadas y bajo una estabilidad tectono-volcánica y erosiva.

2. Lomas irregulares de "La Selva"

Esta unidad está representada por un conjunto de lomas irregulares con laderas de suave a fuerte

pendiente (hasta 45°) que se elevan en el área de estudio hasta 140 metros sobre el nivel del mar. Poseen una pendiente general de 2 a 3° en sentido noreste en posible correspondencia con la dirección de las coladas de lava. La cubierta de meteorización (laterita) puede alcanzar 10 metros de grosor o más. Varias quebradas discurren por esta unidad con un patrón de drenaje dendrítico; las de la Finca La Selva lo hacen hacia el noreste, mientras que las de la Finca Vargas drenan hacia el norte y noroeste. La Quebrada Esquina delimita a la unidad en su sector noroeste con respecto a los depósitos aluviales. En algunos sectores de poca pendiente, los riachuelos que drenan a esta unidad presentan ciénagas ("suampos") que deben su origen a la morfología irregular heredada por las coladas de lava y a la presencia de cauces sinuosos más o menos abandonados en suelos arcillosos y de mal drenaje, los cuales pueden ser obstruidos por pequeños deslizamientos de zonas aledañas.

En conclusión, la morfología de esta unidad es producto del acúmulo irregular de coladas de lava, en la actualidad meteorizadas y erosionadas. Mediante la utilización de fotografías aéreas es imposible delimitar las diferentes coladas en esta localidad. La morfología de esta unidad es del Cuaternario Medio.

3. Planicie aluvial

El área posee una topografía plana con ligero declive hacia los ríos Puerto Viejo y Sarapiquí. Presenta por los menos 4 diferentes niveles de terrazas claramente definidos. En las zonas bajas, al pie de las terrazas, se presentan ciénagas. Varias quebradas atraviesan la unidad y se observan cauces abandonados con un patrón meándrico incipiente, localizados al oeste de la confluencia de los ríos Puerto Viejo y Sarapiquí. En la quebrada El Salto, cerca de su desembocadura en el Río Puerto Viejo, se localizan dos pequeños saltos de agua. Este tipo de irregularidad, en el perfil de la quebrada, se debe a la presencia de arenas fluviales subconsolidadas, estructuralmente horizontales, bajo la cubierta de suelo. Los ríos Puerto Viejo y Sarapiquí discurren por la planicie con un patrón de drenaje meándrico, con curvas algo angulosas

y con algunos rápidos, sugiriendo estar influenciados por un factor litológico (lavas). Algunos cortes de estos ríos, así como de sus tributarios, son casi verticales y de paredes bastante estables, labradas en las areniscas fluviales subrecientes, ligeramente compactadas.

3a. Terrazas fluviales

En las áreas vecinas a la confluencia de los ríos Puerto Viejo y Sarapiquí se pueden reconocer por lo menos 4 niveles de erosión aluvial. Las terrazas T4, T3 y T2 son las mejor desarrolladas. Las T4 y T3 poseen rampas de pendiente moderada (16 a 30°) constituyendo plataformas aisladas entre los interfluvios dominados en todos los lados por los actuales valles. Son un caso típico de inversión del relieve en el cual las terrazas se elevan entre 6 y 16 m sobre el llano circundante, respectivamente. La T2 es de tipo encajado (aparejada o cíclica) esculpida predominantemente con sedimentos fluviales finos que se presentan "colgados" en las laderas del cauce. En el sector de Finca Vargas, la terraza T3 muestra un cambio gradual en la pendiente de la rampa hacia la terraza inmediatamente inferior (T2), evidenciado a partir de los 46 metros sobre el nivel del mar. Lo anterior puede ser explicado por un cambio en el régimen de erosión o por fenómenos de solifluxión, o ambos. Localmente, las terrazas T4, T3 y T1 son de tipo escalonado, estando sujetas a las inundaciones (lecho inundación) de los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo. El Cuadro 3 muestra

algunos datos referentes a las alturas de las terrazas.

Las terrazas T4, T3 y T2 son posiblemente el reflejo de la alternación de fases de colmatación y erosión influenciadas por cambios climáticos durante el Pleistoceno Superior Tardío, sumado a los efectos del crecimiento de la Cordillera Volcánica Central con el consiguiente aumento de la carga de las corrientes que la erosionan y su colmatación al llegar al llano. El nivel T1 es producto de la erosión fluvial normal y actual del Río Sarapiquí.

Por medio del análisis de difracción de rayos X se detectó caolinita y haloisita como únicos minerales arcillosos formadores de los suelos aluvionales antiguos de La Selva, junto con gibsita y cuarzo en relativa similar cantidad (Werner, 1982) El cuarzo, así como la gibsita, caolinita y haloisita provienen de la descomposición de las lavas y los sedimentos derivados de éstas, en un medio muy húmedo, bajo un régimen de alta precipitación pluvial, relativo buen drenaje y un grado de acidez apropiado para que se mantengan insolubles los óxidos.

El nivel aluvial T3, en la margen izquierda del Río Sarapiquí (antigua Finca Vargas), suele tener concreciones ferruginosas en el suelo posiblemente por el descenso del manto freático, convirtiéndose en "geels" férricos que no podrán ser disueltos nuevamente en condiciones de temperatura tropical. En esta área, la terraza T2 es edafológicamente homogénea. Todos los suelos de las terrazas contienen guijarros de lava, arenas subangulares, cristales prismáticos (principalmente magnetita, piroxenos, plagioclasas) y arcillas-limos.

CUADRO 3. Alturas relativas aproximadas de las terrazas fluviales.

Terraza	M.S.N.M.	M.S.N.T.A.P.	M.S.N.R.
T4	50-56	8-10	15-20
T3	45-48	5-8	10-14
T2	40	5	5-6
T1	36	–	1-2

m.s.n.m.: metros sobre el nivel del mar;

m.s.n.t.a.p.: metros sobre el nivel de la terraza al pie;

m.s.n.r.: metros sobre el nivel del río.

CONCLUSIONES

En el área de Puerto Viejo de Sarapiquí se reconocieron las siguientes unidades geológicas: Formación Andesitas Sarapiquí de edad presumiblemente Pliocena y las facies lávicas de "La Selva", del Cuaternario Inferior, representadas por los Basaltos "Vargas" con tendencia alcalina, Andesitas Basálticas "El Salto" y la "Andesita Esquina", esta última datada en un millón doscientos mil años. Las dos últimas unidades son subalcalinas y ricas en potasio. Las rocas volcánicas están parcialmente cubiertas por depósitos aluviales y palustres del Cuaternario Superior, dentro de los cuales se logran reconocer varias terrazas.

Las lavas de "La Selva" provienen de la fusión parcial del manto seguido por una cristalización fraccionada de olivino, piroxenos y virtualmente magnetita y plagioclasa. El magmatismo que dio origen a las facies lávicas de "La Selva" parece ser independiente del que edificó los focos volcánicos más recientes (Cuaternario Superior) y geográficamente aledaños: Barva, Zurquí, Poás y Palmira-Platanar. La estrecha asociación de lavas subalcalinas con "alcalinas" es un fenómeno interesante en cadenas volcánicas evolucionadas producto de la convergencia de placas. La Cordillera Central de Costa Rica presenta ejemplos claros de coexistencia espacial y temporal (Tournon, 1983) cuya explicación parcial la presentan Alvarado *et al.* (1986) y Milonis *et al.* (1987).

Los suelos rojizos de los cerros Arrepentidos-Sardinal son diferentes de los de La Selva (pardos) probablemente porque se desarrollan bajo condiciones climáticas diferentes. Por último, queda por establecer la relación y evolución físico-química entre las rocas lávicas parentales y los suelos desarrollados, puesto que los niveles edafológicos generados sobre rocas eruptivas, usualmente conservan su composición química, con una ligera pérdida de sílice, hierro y álcalis, y un ligero enriquecimiento en aluminio en los horizontes inferiores.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los profesores Siegfried Kussmaul y Rodolfo Madrigal (Universidad de Costa Rica) por sus comentarios a través de la investigación. Este trabajo se realizó, en su oportunidad

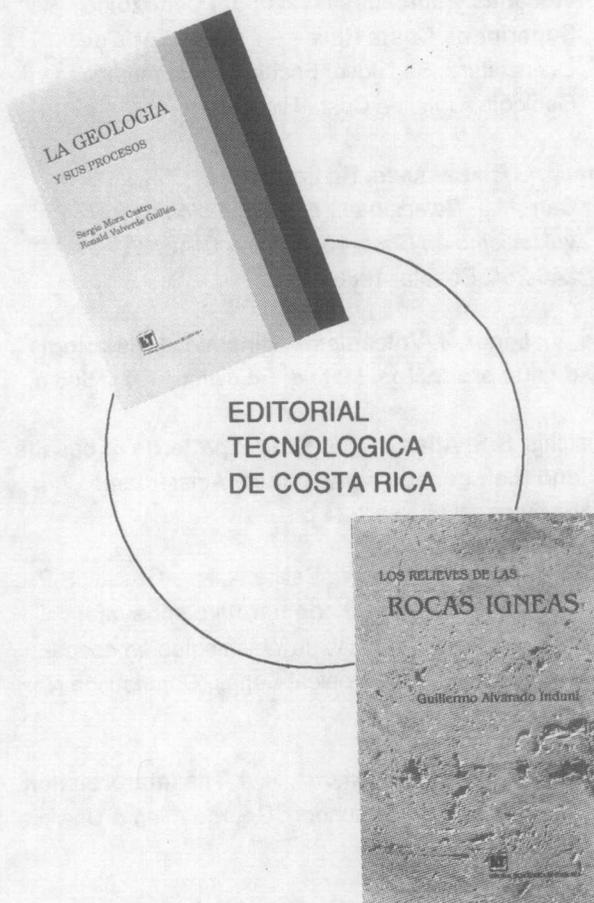
(1982) gracias a la colaboración de la Organización para Estudios Tropicales (OTS). Nuestro agradecimiento a Gary Hartshorn (OTS) y a Phillips Sollings (Oregon State University) por su interés en el tema. Los análisis químicos PV fueron gentilmente realizados en el Departamento de Ciencias Geológicas de Rutgers (U.S.A.) por medio de Michael J. Carr; el análisis químico ICR-20 se efectuó en el Departamento de Geología e Ingeniería Tecnológica de la Universidad Tecnológica de Michigan (U.S.A.), mediante la intervención de William Rose. Finalmente se agradece el apoyo del Departamento de Geología del ICE y la revisión final por parte de los colegas Sergio Paniagua y Siegfried Kussmaul.

Esta es una contribución al Proyecto PICG-249: Magmatismo Andino y su marco tectónico.

REFERENCIAS

- Alvarado, G.E. **Aspectos petrológicos-geológicos de los volcanes y unidades lávicas del Cenozoico Superior de Costa Rica** - xii+ 183 p. Tesis de Licenciatura. San José: Escuela Centroamericana de Geología, Univ. de Costa Rica, 1984.
- Alvarado, G.E.; Barquero, R.; Boschini, I.; Chiesa, S. y Carr, M.J. *Relación entre la Neotectónica y el vulcanismo en Costa Rica*. **Rev. CIAF.** 2 (1-3): 246-264, Bogotá, 1986.
- Araya, V.; López, J. **Volcanismo, dinámica y petrología de sus productos**. Madrid: Ed. Istmo, 1974. 506 p.
- Augustithis, S.S. **Atlas of the textural patterns of basalts and their genetic significance**. Amsterdam: Elsevier, 1978. xii + 324 p.
- Bourgeois, W.W.; Cole, D.W.; Belikertk, H. y Gessel, S.P. **Geology and soils of comparative ecosystem study areas**, 41p. Univ. de Washington en cooperación con la OTS, Tropical Series, Contribution No. 11 (Inédita). 1972.
- Cox, K. G.; Bell, I.D. y Pankhurst, R. J. **The Interpretation of Igneous Rocks**. London: George Allen & Unwin, 1979, xiii + 450 p.
- Madrigal, R. y Torres, C., 1974. **Estudio del proyecto de carretera Tilarán-Puerto Viejo**. San José: Min. Obras Públicas y Transportes, 1974. (Inédita). v + 175 p.

- Milonis, P. N.; Feigerson, M. D.; Carr., M.J. y Alvarado, G.
E. *Constraints on the Source of Central Costa Rican Alkaline Lavas – EOS Trans., Amer. Geophys. Union*, 67: 1280. 1986.
- Peccerillo, A. y Taylor, S.R. *Geochemistry of Eocene Calcalkaline volcanic rocks from Kastamou area, Northern Turkey. Contrib. Mineral Petrol*, 58: 63-81. 1976.
- Prosser, J. y Carr, M.J. *Poas Volcano, Costa Rica: Geology of the Summit Region and Spatial and Temporal variations among the most recent lavas. J. Volc. Geoth. Res*, 33: 131-146. 1987.
- Rose, W.I., Pentfield, G.T., Drexler, J.E. y Larson, P.B. *Geothermistry of the Andesite Lavas of Tree Composite Cones Within the Atilan Cauldron; Guatemala. Bull. Volcanol.* 13-1: 131-153. 1980.
- Taylor, S.R. *Trace elements chemistry of andesite and associated Calcalkaline Rocks-Proc. Andesite Confer: Oregon 1968 (ed. A.R. Mc. Birney). Internat. Upper Mantle Projects Sci. rep.* 16: 43-03. 1969.
- Thorpe, R.S.; Francis, P.W.; Hamill, M. y Baker, M.C.W. *The Andes. En: Torpe, R.S. (ed.): Andesites: 182-205; New York: John Wiley, 1982.*
- Tournon, J. *La cadena volcánica de Costa Rica: composiciones químicas de lavas, presencia de dos tipos de series. Inst. Geogr. Nac. Inf. Sem. Julio-dic.* 29:31-62. 1983.
- Werner, P. *The variation in soil properties under tropical rain forest sucesion in Costa Rica.* 1982.



Adquiera nuestras
últimas novedades
en ciencias geológicas



EDITORIAL TECNOLOGICA DE COSTA RICA
Impulsando el desarrollo científico y tecnológico