

**ESTUDIO DE LAS RELACIONES ENTRE EL CLIMA,
LOS SUELOS Y LA VEGETACION ASOCIADA
EN EL EDIFICIO VOLCANICO DEL BARVA**

Luis Nelson Arroyo

Escuela de Ciencias Geográficas

Universidad Nacional

Resumen.— Esta investigación tuvo como fin primordial hacer algunas consideraciones sobre los suelos y la vegetación del edificio volcánico del Barva. Para alcanzar este objetivo fue imprescindible caracterizar el área a través de una serie de estudios de tipo climático, botánico y edáfico.

En vista de la ausencia de material bibliográfico sobre el área de estudio, el trabajo presenta como particularidad la inclusión de un mapa de isotermas y un gráfico de isoyetas diseñados y contruidos exclusivamente para esta investigación, así como exhaustivas comprobaciones en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar y en el Ministerio de Agricultura y Ganadería. A los resultados obtenidos mediante el análisis, les fue aplicado el diseño estadístico-matemático de Bloques al Azar. Las conclusiones a que se llegó, destacaron la relevancia de preservar el área como Reserva Biológica Nacional.

Abstract.— The primary objective of this investigation is to present considerations about the soil and the vegetation of the Barva volcanic edifice. To realize this objective, it was essential to characterize the area by means of a series of climatic, botanic and edaphic studies.

In view of the absence of bibliographic material about the study area, this study presents a peculiarity in the inclusion of an isothermic map and a graph of isoyeths designed and constructed exclusively for this type of investigation, as well as exhaustive comparisons in the soil laboratories of the Faculty of Earth and Sea Sciences and the Ministry of Agriculture. The statistic-mathematic diagram of random blocks was applied to the results obtained by means of

the soil analysis. The developed conclusions emphasized the importance of preserving the zone as a national biologic reserve.

Resume.— Le but principal de cette recherche est de présenter des considérations sur le sols et la végétation du volcan Barva. Pour réaliser cet objectif, il était essentiel de caractériser la région par une série d'études climatiques, botaniques et pedologiques.

En raison de l'absence de matériel bibliographique sur la région étudiée ce travail présente, et c'est là son originalité principale, une carte d'isotherme et un graphique d'isoyetes dessinés et élaborés exclusivement pour cette recherche des analyses de sols exhaustives, réalisées dans le laboratoire de la Faculté des Sciences de la Terre et de la Mer y au Ministère d'Agriculture et Elevage. Le diagramme statistique-mathématique des "Blocs au hasard" a été appliqué aux résultats obtenus par les analyses de sols.

Introducción

1. Propósito

En el presente trabajo se hacen algunas consideraciones sobre los caracteres climáticos, los suelos y la vegetación en las faldas del volcán Barva. Partiendo de éstas, el autor intenta, de modo somero, una jerarquización de las características intrínsecas de la cubierta edáfica en relación con la vegetación natural, o con su uso posterior, deforestación, cría de ganado, etc.

Se ha intentado familiarizarse con una serie de técnicas y procedimientos utilizados frecuentemente por otros especialistas en la determinación de suelos, que pueden llevar a descubrir algunas de las relaciones entre el estrato edáfico y la vegetación que ahí se desarrolla. Asimismo, se intenta destacar la importancia de la vegetación del área, representada por una variada comunidad de especies, que al igual que otras zonas altitudinales del país, agrupa una diversidad florística inigualada en el mundo (Standley 145-152, 1938-39).

En vista de la vigencia que ha tomado actualmente la conservación de los bosques en el país, esta investigación destaca la relevancia de establecer medidas de protección absoluta para así garantizar su continuidad como patrimonio nacional.

El autor agradece la dirección y guía de este trabajo al Ing. Elliot Coen, la colaboración en el análisis de suelos aportada por el Ing. Agron. M.Sc. Fernando

José Mojica y la ayuda en otros aspectos del Ing. Agron. Edgar Zúñiga M. y del Prof. Luis J. Poveda A.

2. Fuentes de consulta

Uno de los problemas que se debió enfrentar fue la escasez de bibliografía específica sobre el área en estudio. Algunas publicaciones se refieren en forma indirecta a la misma, entre las cuales cabe mencionar la de Henry Pittier, reeditada en 1957, "Ensayo sobre plantas usuales de Costa Rica", en donde se hace una descripción pormenorizada de la flora nacional. En 1959, Hans Weber publica "Los páramos de Costa Rica y su concatenación fitogeográfica con los Andes Suramericanos", estudio que aportó gran conocimiento sobre la flora de las zonas altas de Costa Rica. Más recientemente, en 1971, Leslie Holdridge, en "Forest Environments in Tropical Life Zones" se refiere a la vegetación y suelos de una zona adyacente. La compañía BELL, en un estudio de factibilidad de la carretera San José-Guápiles, realizó una amplia investigación geológica, con breves referencias a suelos y vegetación del flanco noreste del Barva. La Oficina de Planificación publicó en 1976 "Región central: Heredia, diagnóstico preliminar" que contiene material cartográfico del área. Propiamente sobre aspectos geológicos se consultó la obra de Williams "Volcanic History of the Meseta Occidental of Costa Rica", 1952.

También se consultó un trabajo inédito de Eduardo Malavassi R. sobre el cuadrante oriental de la Carta Topográfica Barva No. 3346 II, titulado "Los patrones de drenaje y otras consideraciones relacionadas", 1976.

En el aspecto de suelos prácticamente no se encontró ningún estudio, por lo que tuvo que recurrirse a obras que tratasen el tema en general.

3. Método de estudio

El área a estudiar fue delimitada inicialmente en una hoja topográfica a escala 1:50 000 del Instituto Geográfico Nacional, tomándose como límite inferior la curva de nivel de 2.200 metros de altura. Ello con la finalidad de comprender una zona de transición entre el Bosque Montano Bajo Tropical y el Bosque Montano Tropical (Hardy, 75, 1970).

Como dicha compilación fue hecha en el año 1963, se hizo necesario proceder a su actualización mediante trabajo estereoscópico de 34 fotos aéreas del año 1966 a escala 1:20 000.

La foto No. 6790 a escala 1:48 000 que comprendía toda el área fue ampliada al doble para llevarla a una escala similar a la de las fotos recientes. Poste-

riormente le fue incorporada la información obtenida; sobre esta base se diferenciaron cuatro zonas: bosque natural, pasto arbolado, pasto y un área en proceso erosivo intenso.

Una vez realizada esta etapa, se consideró necesario verter este detalle a representación cartográfica, para lo que fue menester utilizar el Zoom Transfer Scope, que facilitó el traslado de detalle de la ampliación No. 6790 a una foto gemela pero a escala 1 :48 000. Dicha foto fue ajustada en el aparato con el detalle del mapa 1: 50 000, dando inicio con ello a la labor de dibujo de mapas de uso actual del suelo, etc.

Una vez definidas las superficies de utilización del suelo, se procedió a determinar no solamente la superficie total del área, sino también la de las zonas en uso específico, para lo cual se hizo necesario el uso del planímetro.

Para el trabajo propiamente de campo, se efectuó una determinación de las características físico-químicas del suelo y un inventario de la vegetación.

Asimismo se realizó una verificación de los aspectos observados en las fotografías aéreas, a la vez que se señalaban sitios representativos de las cuatro zonas reconocidas, para llevar a cabo el muestreo de suelo y vegetación. Así, se delimitaron seis parcelas de 20 x 10 m. en cada una de las zonas. Estas parcelas fueron a su vez divididas en cuatro subparcelas de 5 x 10 m. Los vértices de cada parcela fueron fijados mediante rumbos establecidos por brújula, a la vez que éstas fueron medidas cuidadosamente con cinta métrica.

Se tomaron dos muestras por subparcela, una a 0-15 cm. y otra a 15-30 cm. de profundidad. Además, se extrajeron dos muestras adicionales, una superficial y otra profunda para efectuar análisis de compactación y textura. En cada una de las subparcelas se hizo un recuento de especies vegetales arbóreas, clasificáncolas por su nombre científico y familia*.

Las muestras de suelo fueron obtenidas en sitios con altura semejante, oscilando ésta entre 2.635 y 2.655 m. La pendiente se mantuvo entre un 10 y un 20%.

Depositadas en bolsas plásticas, se les rotuló su numeración y procedencia y se hizo una descripción de la vegetación característica.

* La cuarta zona designada aquí como en proceso erosivo intenso, se eliminó por considerarse que su origen —un enorme deslizamiento— no arrojaría luz sobre sus iniciales propiedades.

Un ejemplo del sistema de numeración que se siguió fue el siguiente: Muestra No. 503, en donde 5 es el número de la parcela y 03 el de la subparcela. Las 48 muestras recolectadas en las seis parcelas fueron remitidas al Laboratorio de Suelos del Ministerio de Agricultura y Ganadería, en donde se efectuaron análisis completos.

Posteriormente, se realizaron diversas tareas en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar, procedimientos que se exponen a continuación.

Para determinar la textura se usó el método de Bouyoucos (Bouyoucos, 434-438, 1951). A su vez las pruebas de densidad aparente fueron efectuadas mediante el método del cilindro, expuesto por el autor antes nombrado. Para obtener la reacción del Ph, se siguió la técnica descrita por Peech (Peech, 757, 1974), y la misma se efectuó en agua. El análisis del fósforo disponible, se hizo de acuerdo al método de Olsen (Olsen, 1035-1049, 1965) y modificado por Hunter (Hunter, 6 p, s.f.).

Las bases cambiables Ca, Mg y K se determinaron según el procedimiento de Díaz-Romeu (Díaz-Romeu, 3p, 1967) y Balardi (Balardi, 3p, 1967). El aluminio intercambiable fue extraído con KCL IN y definido por titulación con NaOH 0.05 N según Kamprath (Kamprath, 14p, 1967).

Para los elementos menores, Fe, Cu, Zn, y Mn, la extracción se hizo de acuerdo con el método de Ulrich (Ulrich, 344-347, 1960) utilizando una mezcla de ácido nítrico-clorhídrico y perclórico y se determinaron por medio del espectrofotómetro de absorción atómica.

Los resultados y conclusiones que se obtuvieron de estos análisis, así como las características de la vegetación en cada zona, conformaron la aplicación del modelo estadístico matemático de bloques al azar.

Se usó este modelo de diseño experimental porque es uno de los más fáciles de analizar, ya que las variables que se deseaba conocer, con sus criterios de variación, se adaptaban fácilmente a este tipo de interpretación. Este obedece a la siguiente ecuación matemática:

$$y = B_j + T_i + E_{ij}$$

en la que:

- y = variable dependiente
 B_j = bloques distribuidos al azar
 T_i = tratamiento o efecto susceptible de medición
 E_{ij} = error experimental.

4. Localización y ubicación del área

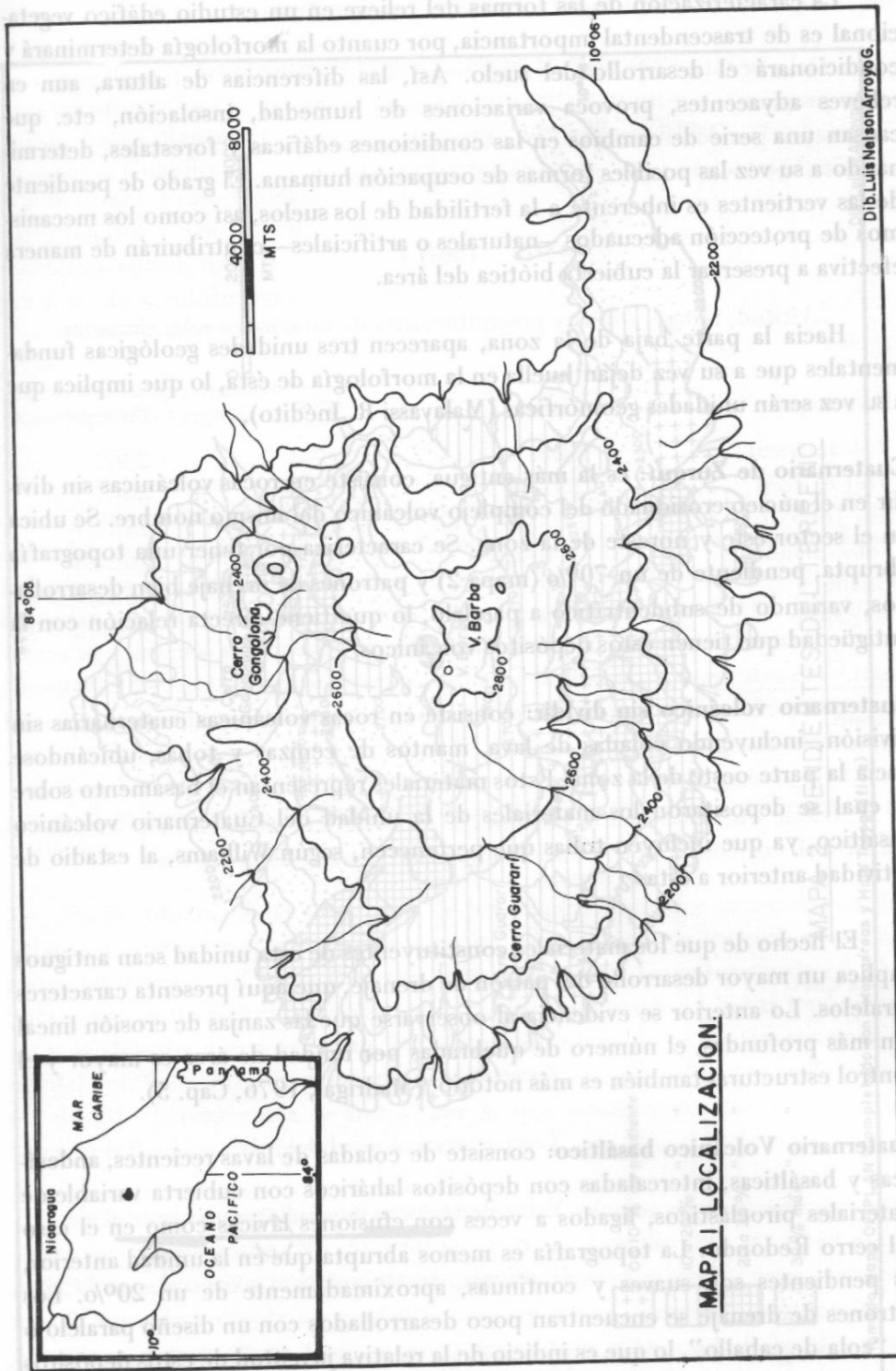
El área a estudiar se localiza en la Hoja Barva 3346 II y en la Hoja Poás, 3345 I del I.G.N. a escala 1: 50 000. Está comprendida aproximadamente entre los 10° 06' y 10° 11' de latitud norte; 84° 02' y 84° 09' de longitud oeste, con una superficie de 48.2 Km² aproximadamente. Se encuentra a 11 Km. al norte de la ciudad de Heredia y a 22 km. al noroeste de San José. La vertiente sur dista 82 Km. en línea recta del litoral pacífico y la vertiente norte a 80 Km., en línea orientada hacia el noreste, del litoral caribe. El volcán forma parte de la sierra Volcánica Central, ubicándose hacia el noroeste el volcán Poás y hacia el sureste el volcán Irazú, y alcanza una altitud de 2.900 ms. (Mapa 1).

5. Aspectos geológicos y geomorfológicos.

Williams (1953. Vol. 20) clasifica en tres grupos las unidades litológicas terciarias y cuaternarias de la región:

- a) Lavas de Intracañón: que se desarrollaron siguiendo la línea de las fracturas que corren a lo largo de los volcanes Poás y Barva.
- b) Depósitos de avalancha.
- c) Lavas de post-avalancha: que se originaron en fisuras al pie de los volcanes Poás y Barva, cubriendo una extensión de 200 millas cuadradas con un espesor máximo de 100 metros (Malavassi R. Inédito).

Estas breves notas sobre el origen y estructura del área, introducen a un aparte más específico, el geomorfológico que amplía el panorama geológico de la región.



MAPA I LOCALIZACION

Dib. Luis Nelson Arroyo G.

La caracterización de las formas del relieve en un estudio edáfico vegetacional es de trascendental importancia, por cuanto la morfología determinará y condicionará el desarrollo del suelo. Así, las diferencias de altura, aun en relieves adyacentes, provoca variaciones de humedad, insolación, etc. que causan una serie de cambios en las condiciones edáficas y forestales, determinando a su vez las posibles formas de ocupación humana. El grado de pendiente de las vertientes es inherente a la fertilidad de los suelos, así como los mecanismos de protección adecuados —naturales o artificiales— contribuirán de manera efectiva a preservar la cubierta biótica del área.

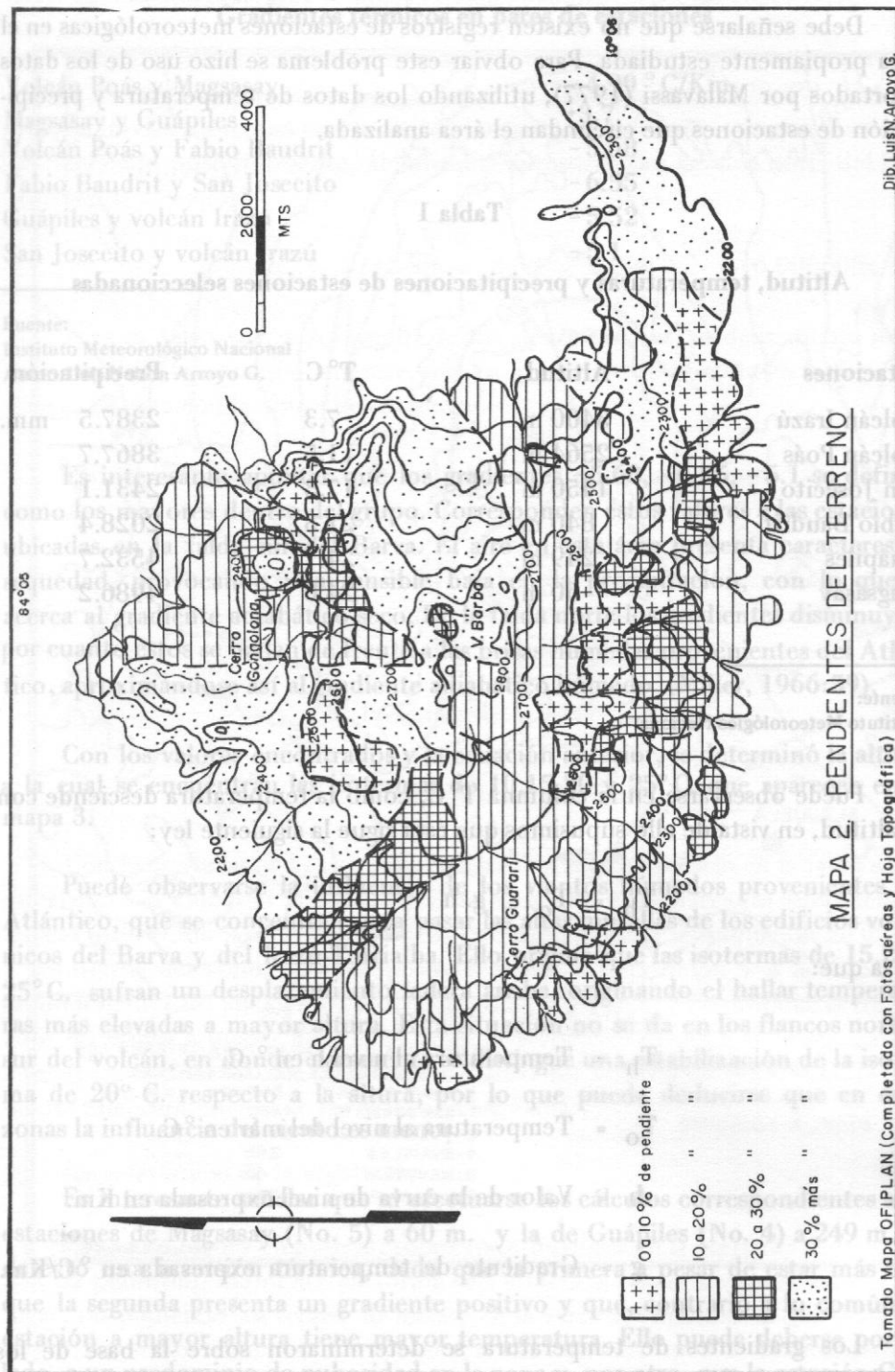
Hacia la parte baja de la zona, aparecen tres unidades geológicas fundamentales que a su vez dejan huella en la morfología de ésta, lo que implica que a su vez serán unidades geomórficas (Malavassi R. Inédito).

Cuaternario de Zurquí: es la más antigua, consiste en rocas volcánicas sin dividir en el núcleo erosionado del complejo volcánico del mismo nombre. Se ubica en el sector este y noreste de la zona. Se caracteriza por tener una topografía abrupta, pendiente de un 70% (mapa 2) y patrones de drenaje bien desarrollados, variando de subdentrítico a paralelo, lo que tiene directa relación con la antigüedad que tienen estos depósitos volcánicos.

Cuaternario volcánico sin dividir: consiste en rocas volcánicas cuaternarias sin división, incluyendo coladas de lava, mantos de cenizas y tobas, ubicándose hacia la parte oeste de la zona. Estos materiales representan el basamento sobre el cual se depositaron los materiales de la unidad del Cuaternario volcánico basáltico, ya que incluyen tobas que pertenecen, según Williams, al estadio de actividad anterior a ésta.

El hecho de que los materiales constituyentes de esta unidad sean antiguos implica un mayor desarrollo del patrón de drenaje, que aquí presenta caracteres paralelos. Lo anterior se evidencia al observarse que las zanjas de erosión lineal son más profundas, el número de quebradas por unidad de área es mayor y el control estructural también es más notorio (Madrigal, 1976, Cap. 5).

Cuaternario Volcánico basáltico: consiste de coladas de lavas recientes, andesíticas y basálticas, intercaladas con depósitos laháricos con cubierta variable de materiales piroclásticos, ligados a veces con efusiones lávicas como en el caso del cerro Redondo. La topografía es menos abrupta que en la unidad anterior, las pendientes son suaves y continuas, aproximadamente de un 20%. Los patrones de drenaje se encuentran poco desarrollados con un diseño paralelo o en “cola de caballo”, lo que es indicio de la relativa juventud de estos depósitos que representan el último período de actividad del volcán Barva.



6. Algunas consideraciones sobre aspectos climáticos

Debe señalarse que no existen registros de estaciones meteorológicas en el área propiamente estudiada. Para obviar este problema se hizo uso de los datos aportados por Malavassi (1977), utilizando los datos de temperatura y precipitación de estaciones que circundan el área analizada.

Tabla 1

Altitud, temperaturas y precipitaciones de estaciones seleccionadas

Estaciones	Altitud	T° C	Precipitación
Volcán Irazú	3400 m	7.3	2387.5 mm.
Volcán Poás	2564 m	11.5	3867.7
San Josecito	1450 m	17.3	2431.1
Fabio Baudrit	840 m	21.3	2028.4
Guápiles	249 m	24.7	4532.7
Magsasay	60 m	24.0	4986.2

Fuente:
Instituto Meteorológico Nacional

Puede observarse en la columna T° C, como la temperatura descende con la altitud, en vista de ello supusimos que ésta sigue la siguiente ley:

$$T_h = T_o - g \cdot h$$

en la que:

$$T_h = \text{Temperatura al nivel } h \text{ en } ^\circ \text{C.}$$

$$T_o = \text{Temperatura al nivel del mar en } ^\circ \text{C.}$$

$$h = \text{Valor de la curva de nivel expresada en Km.}$$

$$g = \text{Gradiente de temperatura expresada en } ^\circ \text{C/Km.}$$

Los gradientes de temperatura se determinaron sobre la base de los siguientes pares de estaciones;

Tabla 2

Gradientes térmicos en pares de estaciones

Volcán Poás y Magsasay	-4.99 °C/Km
Magsasay y Guápiles	+3.7
Volcán Poás y Fabio Baudrit	-5.68
Fabio Baudrit y San Josecito	-6.55
Guápiles y volcán Irazú	-5.52
San Josecito y volcán Irazú	-5.1

Fuente:

Instituto Meteorológico Nacional

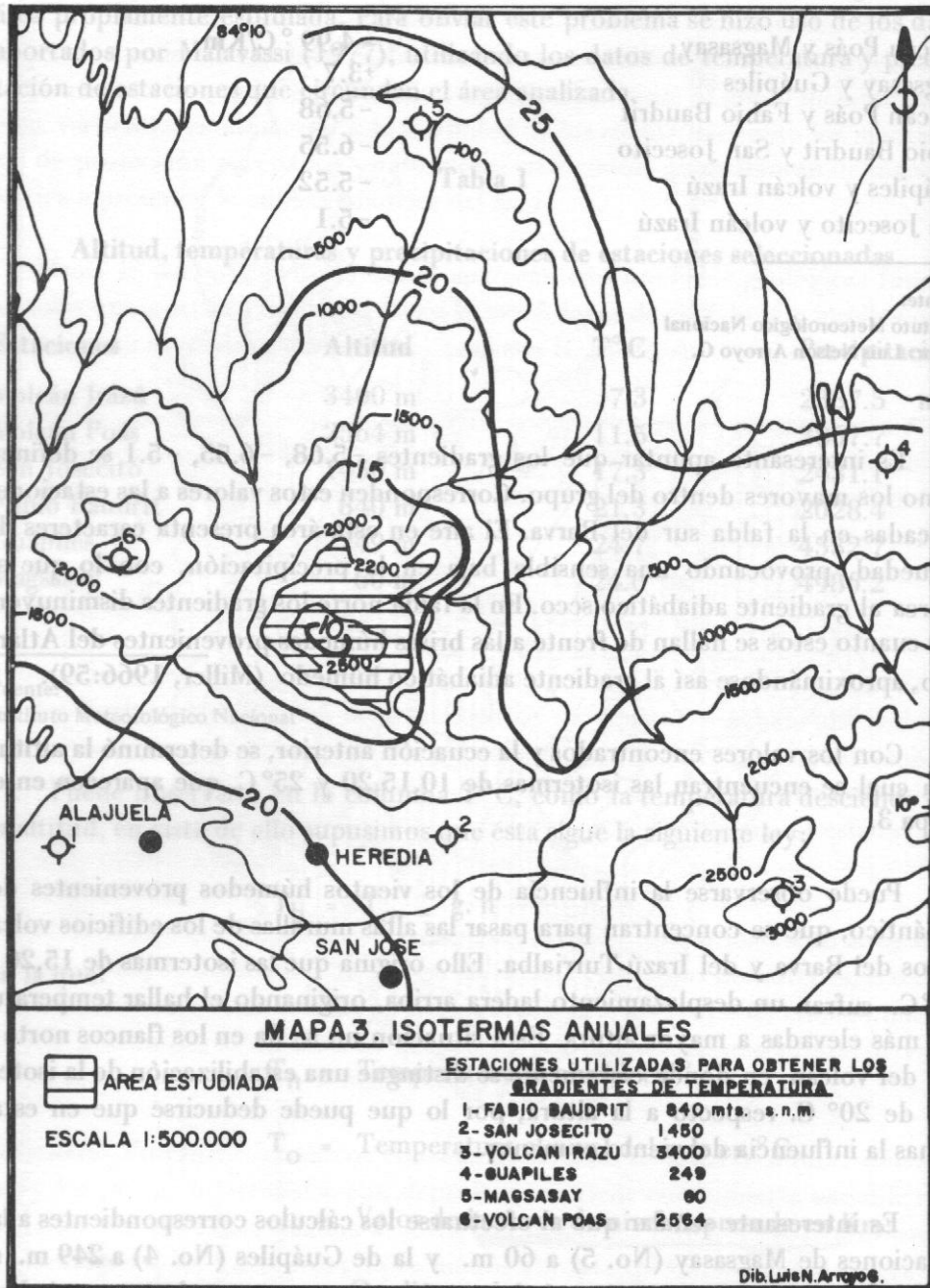
Autor: Luis Nelson Arroyo G.

Es interesante apuntar que los gradientes -5.68, -6.55, -5.1 se definen como los mayores dentro del grupo. Corresponden estos valores a las estaciones ubicadas en la falda sur del Barva. El aire en esta área presenta caracteres de sequedad, provocando una sensible baja en la precipitación, con lo que se acerca al gradiente adiabático seco. En la falda norte los gradientes disminuyen, por cuanto estos se hallan de frente a las brisas húmedas provenientes del Atlántico, aproximándose así al gradiente adiabático húmedo (Miller, 1966:59).

Con los valores encontrados y la ecuación anterior, se determinó la altitud a la cual se encuentran las isothermas de 10,15,20 y 25° C. que aparecen en el mapa 3.

Puede observarse la influencia de los vientos húmedos provenientes del Atlántico, que se concentran para pasar las altas murallas de los edificios volcánicos del Barva y del Irazú-Turrialba. Ello origina que las isothermas de 15,20 y 25° C. sufran un desplazamiento ladera arriba, originando el hallar temperaturas más elevadas a mayor altura. Esta situación no se da en los flancos norte y sur del volcán, en donde claramente se distingue una estabilización de la isoterma de 20° C. respecto a la altura, por lo que puede deducirse que en estas zonas la influencia del viento es menor.

Es interesante señalar que al efectuarse los cálculos correspondientes a las estaciones de Magsasay (No. 5) a 60 m. y la de Guápiles (No. 4) a 249 m., se detectó una inversión térmica, dado que la primera a pesar de estar más baja que la segunda presenta un gradiente positivo y que, contrario a lo común, la estación a mayor altura tiene mayor temperatura. Ello puede deberse por un lado, a un predominio de nubosidad en la zona y, por otro, que la estación Guá-



piles está localizada en un área más despejada, sin gran predominio del bosque y que la estación Magsasay se ubica en una zona más boscosa.

Con la finalidad de trazar un mapa de isoyetas de la región considerada se utilizó el criterio empleado por Mendizábal (Mendizábal, 1973:39) según el cual las lluvias aumentan con la altitud hasta un momento en que son máximas, descendiendo posteriormente. Mendizábal encontró para la falda norte del Poás la siguiente ecuación:

$$y = 3115.69 + 8.52 x - 0.008 x^2 + 0.000002x^3$$

Para la falda sur, a sotavento de los vientos alisios, evidentemente no se puede aplicar la ecuación anterior, puesto que como se observa en la Fig. 5, la lluvia aumenta con la altura linealmente.

Para la determinación de las isoyetas en la falda sur se empleó la siguiente ecuación:

$$y = y_0 + b \cdot h$$

en la que:

y_0 = Precipitación a nivel del mar

b = Gradiente de la precipitación en mm/km

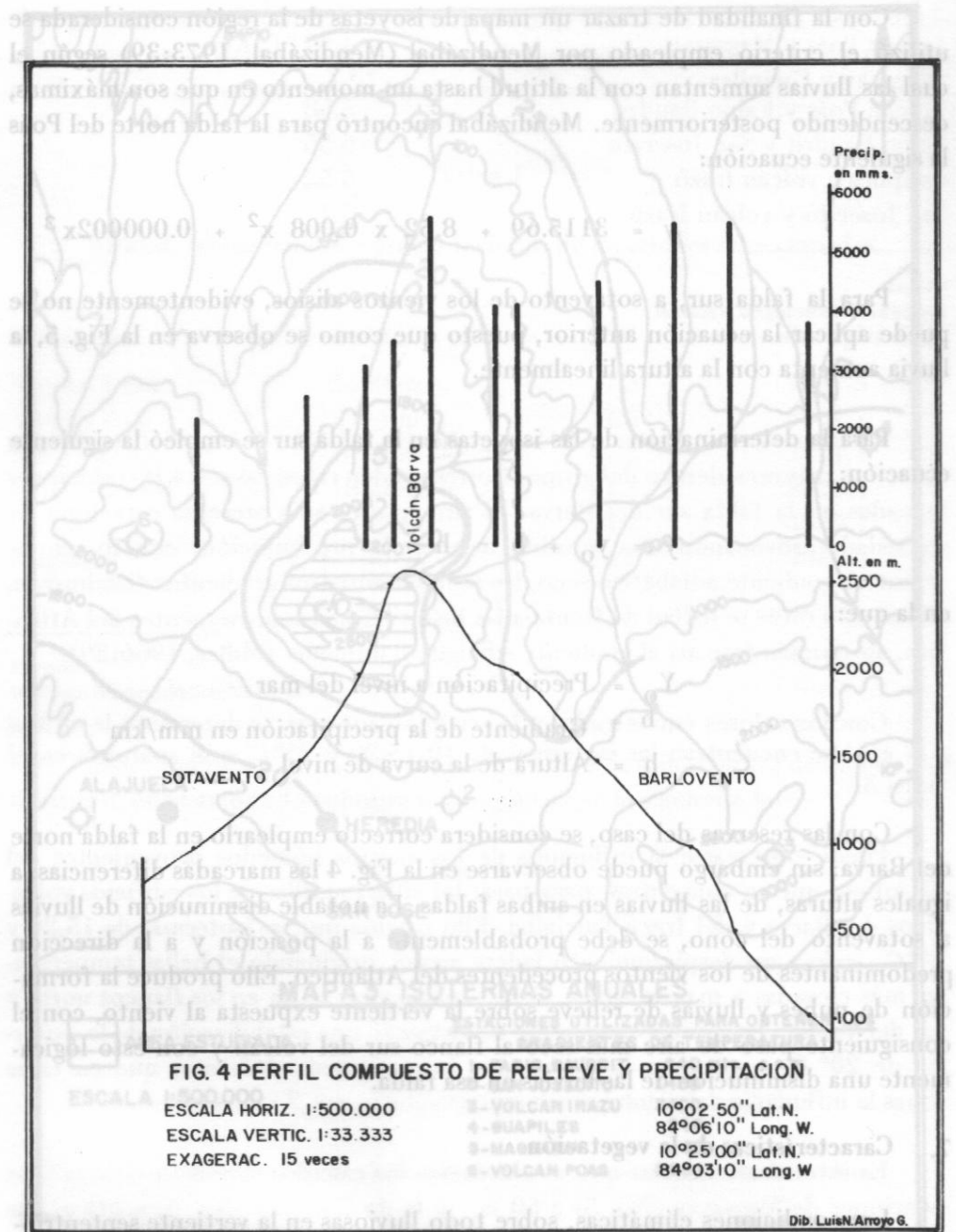
h = Altura de la curva de nivel.

Con las reservas del caso, se considera correcto emplearlo en la falda norte del Barva; sin embargo puede observarse en la Fig. 4 las marcadas diferencias, a iguales alturas, de las lluvias en ambas faldas. La notable disminución de lluvias a sotavento del cono, se debe probablemente a la posición y a la dirección predominantes de los vientos procedentes del Atlántico. Ello produce la formación de nubes y lluvias de relieve sobre la vertiente expuesta al viento, con el consiguiente paso de aire más seco al flanco sur del volcán y con esto lógicamente una disminución de las lluvias en esa falda.

7. Características de la vegetación

Las condiciones climáticas, sobre todo lluviosas en la vertiente septentrional, ha permitido mantener en forma casi intacta la cubierta vegetal natural del lugar, no pudiendo aseverarse lo mismo en la vertiente meridional que presenta rasgos de mayor colonización humana, como diversos tipos de asentamientos, extensiones dedicadas predominantemente a la ganadería y caminos de acceso.

estas está localizada en un área más despejada, sin gran predominio del bosque y que la estación Masasay se ubica en una zona más boscosa.



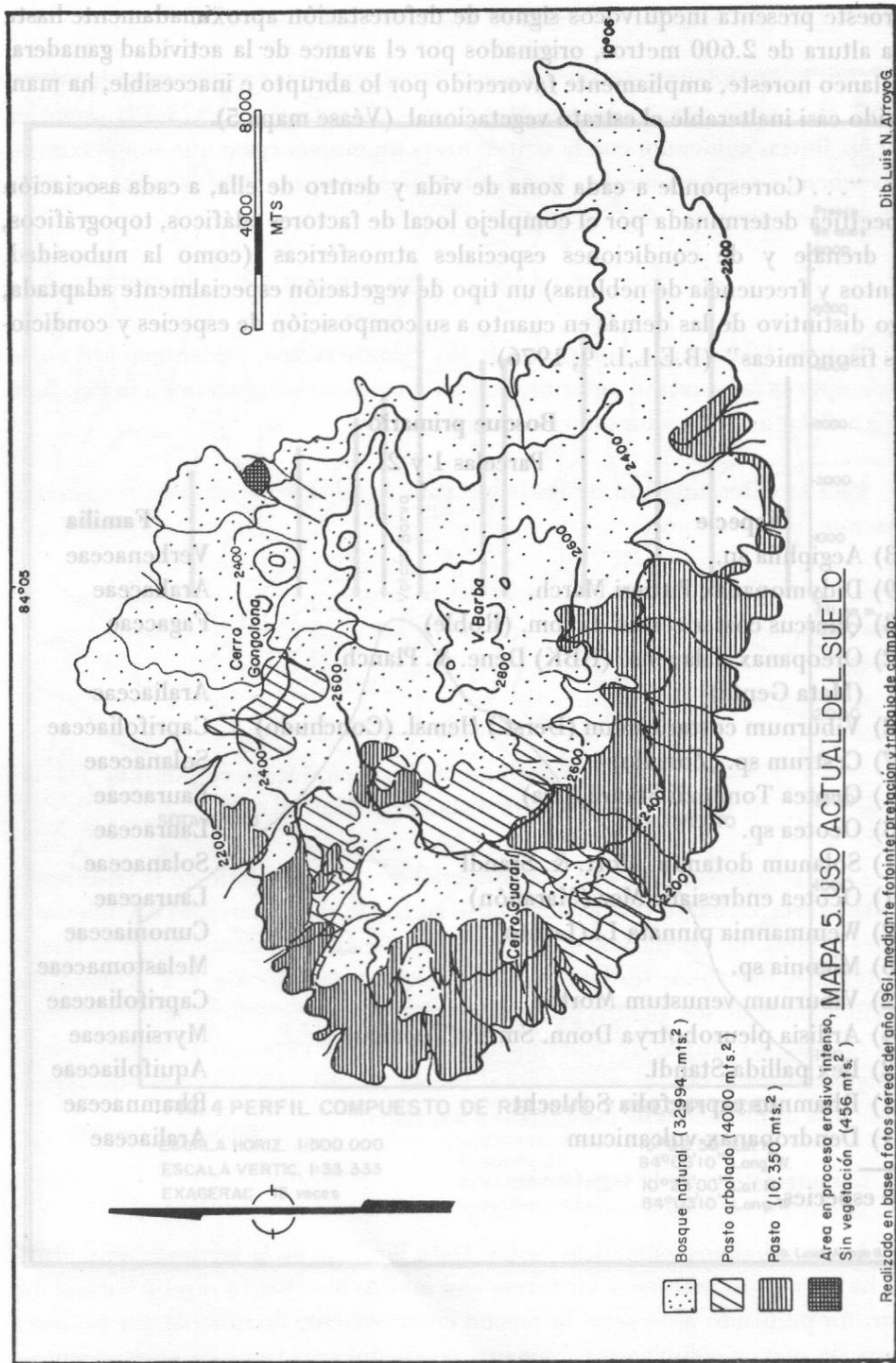
Asimismo, se ha observado en la foto aérea No. 1154 R.26 que el flanco noroeste presenta inequívocos signos de deforestación aproximadamente hasta una altura de 2.600 metros, originados por el avance de la actividad ganadera. El flanco noreste, ampliamente favorecido por lo abrupto e inaccesible, ha mantenido casi inalterable el estrato vegetacional (Véase mapa 5).

“... Corresponde a cada zona de vida y dentro de ella, a cada asociación específica determinada por el complejo local de factores edáficos, topográficos, de drenaje y de condiciones especiales atmosféricas (como la nubosidad, vientos y frecuencia de neblinas) un tipo de vegetación especialmente adaptada, algo distintivo de las demás en cuanto a su composición de especies y condiciones fisonómicas” (B.E.L.L. 9, 1976).

Bosque primario
Parcelas 1 y 2

Especie	Familia
(3) <i>Aegiphila</i> sp.	Verbenaceae
(9) <i>Didymopanax Pittieri</i> March.	Araliaceae
(13) <i>Quercus costaricensis</i> Liebm. (Roble)	Fagaceae
(12) <i>Oreopanax xalapense</i> (HBK) Dcne. & Planch (Mata Gente)	Araliaceae
(2) <i>Viburnum costaricanum</i> (Derst.) Hemsl. (Conchudo)	Caprifoliaceae
(7) <i>Cestrum</i> sp. (Zorrillo)	Solanaceae
(1) <i>Ocotea Tonduzii</i> Standl. (Ira)	Lauraceae
(3) <i>Ocotea</i> sp.	Lauraceae
(1) <i>Solanum dotanum</i> Mort. & Standl	Solanaceae
(1) <i>Ocotea endresiana</i> Mez (Marañón)	Lauraceae
(2) <i>Weinmannia pinnata</i> L. (Lorito)	Cunoniaceae
(6) <i>Miconia</i> sp.	Melastomaceae
(2) <i>Viburnum venustum</i> Morton	Caprifoliaceae
(4) <i>Ardisia pleurobotrya</i> Donn. Smith (Tucuico)	Myrsinaceae
(2) <i>Ilex pallida</i> Standl.	Aquifoliaceae
(1) <i>Rhamnus capraefolia</i> Schlecht	Rhamnaceae
(1) <i>Dendropanax vulcanicum</i>	Araliaceae

70 especies.



Bosque secundario
Parcelas 3 y 4

Especie	Familia
(18) Oreopanax xalapense (HBK) Dcne. & Planch (Mata Gente)	Araliaceae
(2) Piper marginatum Jacq.	Piperaceae
(5) Ardisia pleurobotrya Donn. Smith (Tucuico)	Myrsinaceae
(1) Escallonia poasana Donn. Smith (Cipresillo)	Saxifragaceae
(1) Rhamnus capraefolia Schlecht	Rhamnaceae
(1) Hedyosmum mexicanum Cordemoy	Chbranthaceae
(1) Ocotea Tonduzii A. Standl (Ira)	Lauraceae
(2) Dendropanax arboreus (L). Dene & Planch. (Cacho de Venado)	Araliaceae
(1) Miconia biperulifera Cogn.	Melastomaceae
(1) Viburnum venustum Morton	Caprifoliaceae
(1) Ilex pallida Standl	Aquifoliaceae
(1) Viburnum costaricanum (Derst) Hemsl (conchudo)	Caprifoliaceae
(1) Didymopanax Pittieri Marchal	Araliaceae
(1) Senecio megaphyllus Greenm.	Compositae

37 especies.

La vegetación natural originaria de un primer piso de altitud, el Bosque Montano Bajo Tropical (Holdridge, 512, 1971) está comprendida mayormente como un bosque latifoliado siempre verde de gran espesura, densidad, altura y complejidad florística. “En Norte América ninguna región puede competir en variedad de vegetación y número de especies con las altas montañas de Costa Rica; excepto la vecina provincia de Chiriquí, en Panamá, que es parecida (Standley, 1938: 391).

Presenta la flora como caracteres predominantes, gran densidad de tallos verticales. Los árboles comprendidos en grandes macizos presentan copas de unos 20 m. de diámetro, además de troncos con medianas a pequeñas copas. Algunos muestran poco ramaje y pobre forma. La vegetación incluye muchas especies importantes, como Guetarda poasana, Zinowiewia integerrima, Cornus disciflora, Hieronima poasana y Conostegia pittieri (Holdridge, 1971:512). Existe en este estrato un predominio de lianas y enredaderas sobre las palmas, helechos y árboles helechos.

Un segundo estrato de vegetación se encuentra compuesto de hierbas, helechos y musgos, destacándose aquí una pesada capa de musgo en todas las superficies. El crecimiento de éste sobre los tallos y troncos oculta completamente el color real, dándose un color verde oscuro como dominante. Epífitas,

aráceas y bromeliáceas son abundantes en los troncos de los árboles (B.E.L.L., 1976:11).

Ascendiendo, se localiza un segundo piso altitudinal, el Bosque Montano Tropical, que es más bajo en estatura, sin formaciones achaparradas, más pequeño en dimensiones del fuste de los dominantes y más espeso en cuanto a la densidad de troncos medianos y pequeños. Tales bosques poseen pocos tallos de tamaño comercial y casi nada de especies valiosas, siendo también mal formados muchos de los tallos debido a la inestabilidad de las laderas.

Los vientos deforman los troncos y copas, causando además achatamiento del dosel en general, mientras el exceso de humedad atmosférica y la reducida evaporación causa aquí, también, el encubrimiento de tallos con enormes cantidades de epífitas (musgos, helechos, orquídeas, bromeliáceas y otras plantas herbáceas y arbustivas) las que representan una carga que deprime marcadamente el crecimiento y la forma usual de los árboles mismos, reduciéndose aún más su valor comercial (B.E.L.L., 1976:18).

Con la posible excepción de los que existen sobre áreas aisladas entre los cursos de los ríos de media y baja vertiente, ninguno de estos bosques tiene valor apreciable para su explotación maderera. Además, los sitios que ocupan serían difíciles o imposibles de reforestar con algún sentido económico hoy o en el futuro debido a las condiciones de clima y suelo, además de la falta de especies adaptadas a crecer rápidamente y con tallos rectos bajo tales condiciones (B.E.L.L., 1976:18).

8. Los suelos

Aquí la presencia de materia orgánica en descomposición aportada por troncos, ramas y hojarasca de una definida comunidad florística, junto con los desechos y otros microorganismos, inciden como un factor valioso en el establecimiento de un tipo de suelo.

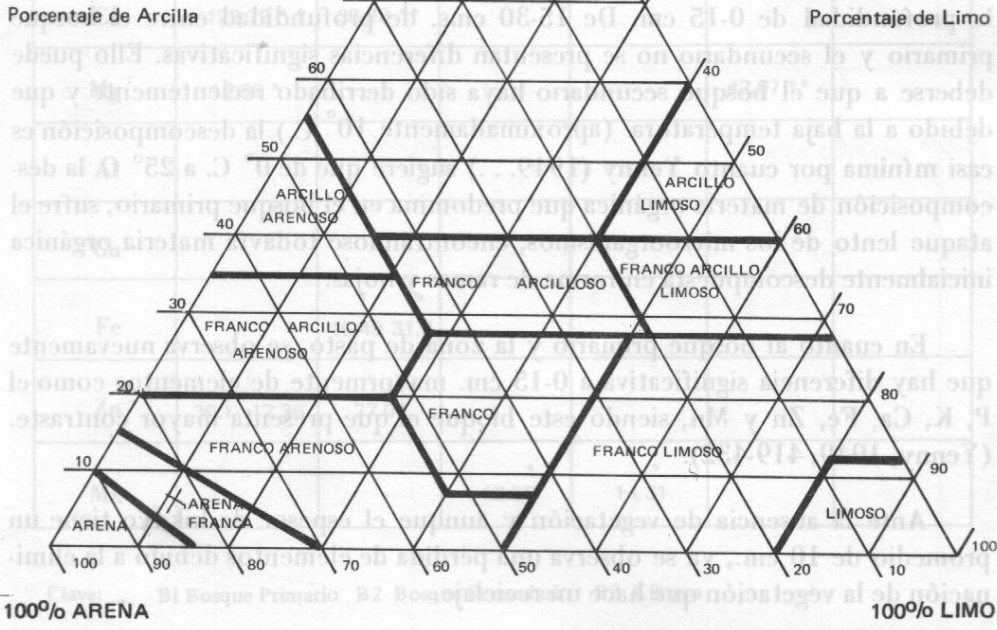
Dada la importancia de una determinación textural en el área, fueron tomadas muestras en las tres zonas estudiadas, arrojando los análisis una homogeneidad textural para todas, definiéndose ésta como arena franca (Fig. No. 6).

Entre los tres tratamientos no fue hallada diferencia estadísticamente significativa que marque o siga una tendencia definida. Ello a pesar de que el bosque secundario presenta una disminución del 50% de especies vegetales con respecto al bosque primario y ausencia total de strata arborescente en la zona calificada como de pasto.

Inicialmente, la comparación entre las mayores de elementos químicos del bosque primario y secundario no presenta ninguna diferencia significativa a excepción del Ca y del Mn (Ver Anexos A) REVER QUE

Esta diferencia se puede atribuir a la fijación de fosfatos de Ca y probable- mente también del Al con el P, así, se puede observar que en el gráfico No. 10 correspondiente al P en el bosque primario, éste es de 4.7 y el Ca está arde- dor de 3 (Gráfico No. 7). Lo mismo sucede con el P (Gráfico No. 9) que muestra altos contenidos, que luego disminuyen, situación que es común en los suelos volcánicos en donde se presenta una gran fijación de fosfatos de Ca o de Al, especialmente con un pH de 4.7. Puede darse también que el Al se fije a este P principalmente o más, que con el Ca.

En cuanto al Mn que presenta diferencias significativas, no hay por el tipo de estudio, una conclusión clara del porqué de la disminución de éste y la diferencia entre los dos bosques, ya que esta diferencia puede ser por la descomposición de los fosfatos de Mn y el contenido de este elemento en el bosque primario y secundario.



Se da el caso del P que muestra una posible fijación por el Al; más claramente, en el gráfico No. 9 correspondiente a este elemento, se nota una baja del bosque primario al área de pasto. Ello puede ser originado por una posible meteorización de la materia, o por la acción del hombre al destruir la materia orgánica con la consiguiente pérdida de los elementos. Asimismo, el K disminuye marcadamente del bosque primario a la zona de pasto, ya que por lo

Fig. No. 6.— Guía para determinar los nombres Texturales del suelo (Porcentajes de Arcilla, Limo y Arena en las clases Texturales básicas)
Soil Survey Staff, 1951, Soil Survey Manual, Agriculture Handbook 18, USDA, 209.

Inicialmente, la comparación entre la mayoría de elementos químicos del bosque primario y secundario, no presenta ninguna diferencia significativa a excepción del Ca y del Mn (Véase cuadro 1 A).

Esta diferencia se puede atribuir a la fijación de fosfatos de Ca y probablemente también del Al con el P; así, se puede observar que en el gráfico No. 10 correspondiente al Ph en el bosque primario, éste es de 4.7 y el Ca está alrededor de 3 (Gráfico No. 7). Lo mismo sucede con el P (Gráfico No. 9) que muestra altos contenidos, que luego disminuyen, situación que es común en los suelos volcánicos en donde se presenta una precipitación de fosfatos de Ca o de Al, especialmente con un Ph de 4.7. Puede darse también que el Al se fije a este Ph principalmente o más, que con el Ca.

En cuanto al Mn que presenta diferencia significativa, no hay por el tipo de estudio, una conclusión muy clara del porqué de la disminución de éste y la diferencia entre los dos bosques. Se puede asumir que esta diferencia puede ser por la descomposición de la materia vegetal y el contenido de este elemento en la profundidad de 0-15 cm. De 15-30 cms. de profundidad entre el bosque primario y el secundario no se presentan diferencias significativas. Ello puede deberse a que el bosque secundario haya sido derribado recientemente y que debido a la baja temperatura (aproximadamente 10° C.) la descomposición es casi mínima por cuanto Yenny (1949. . .) sugiere que de 0° C. a 25° C. la descomposición de materia orgánica que predomina en el bosque primario, sufre el ataque lento de los microorganismos, encontrándose todavía materia orgánica inicialmente descompuesta en forma de ramas y hojas.

En cuanto al bosque primario y la zona de pasto, se observa nuevamente que hay diferencia significativa a 0-15 cm. mayormente de elementos como el P, K, Ca, Fe, Zn y Mn, siendo este bloque el que presenta mayor contraste. (Yenny, 1949; 419-432).

Ante la ausencia de vegetación y aunque el espesor de kikuyo tiene un promedio de 10 cm., ya se observa una pérdida de elementos debido a la eliminación de la vegetación que hace un reciclaje.

Se da el caso del P que disminuye ante una posible fijación por el Al; más claramente, en el gráfico No. 9 correspondiente a este elemento, se nota una baja del bosque primario al área de pasto. Ello puede ser originado por una posible meteorización de la materia, o por la acción del hombre al destruir la materia orgánica con la consiguiente pérdida de los elementos. Asimismo, el K disminuye marcadamente del bosque primario a la zona de pasto, ya que por lo general la serie de Polynov compuesta por bases se va perdiendo por lavados (Polynov, 1937).

CUADRO 1 A
CUADRADOS MEDIOS DE LOS TRATAMIENTOS
QUE FUERON SIGNIFICATIVOS

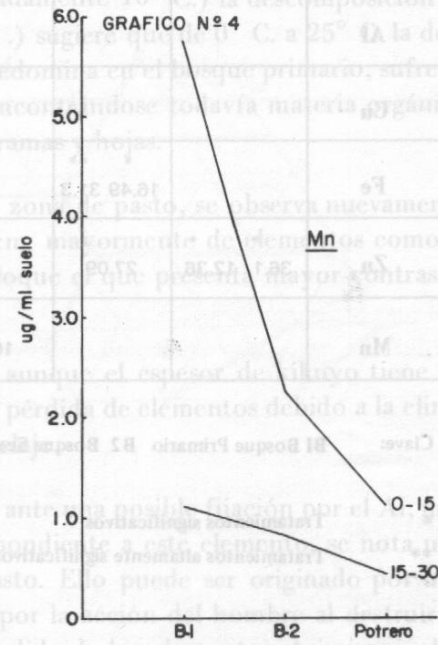
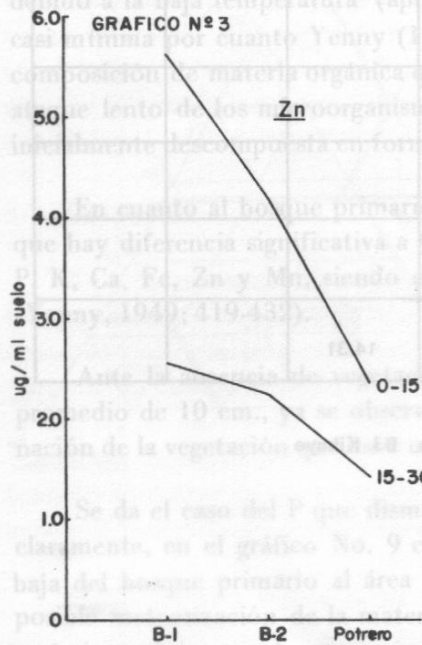
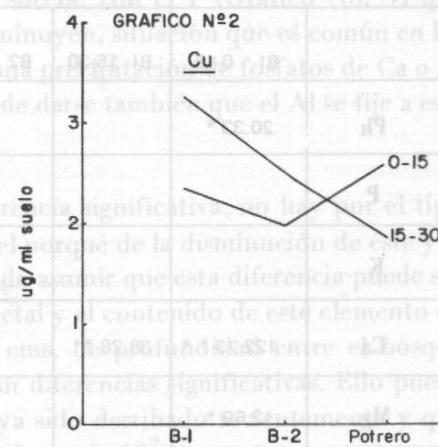
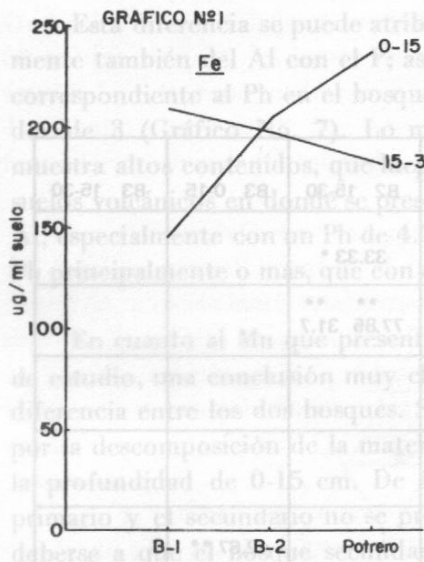
	BI 0-15	BI 15-30	B2 0-15	B2 15-30	B3 0-15	B3 15-30
Ph	20.33 *			33.33 *		
P				** ** 77.85 31.7		
K						
Ca	122.73 **	38.28 **				
Mg	12.59 *				42.67 **	
Al						
Cu						
Fe		* ** 16.49 31.3				
Zn	* * 36.1 12.36	* 27.09				
Mn			* 16.55	* 14.31		

Clave: BI Bosque Primario B2 Bosque Secundario B3 Kikuyo

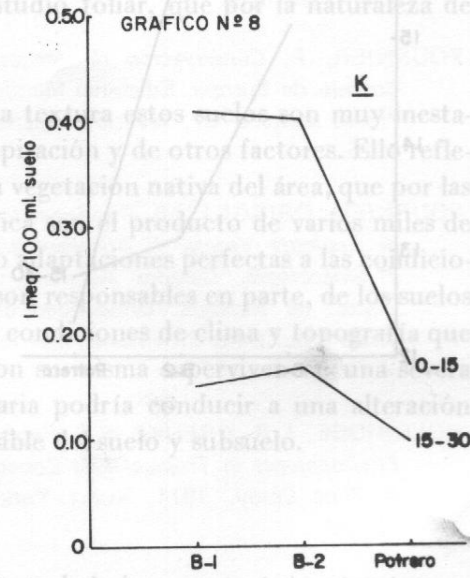
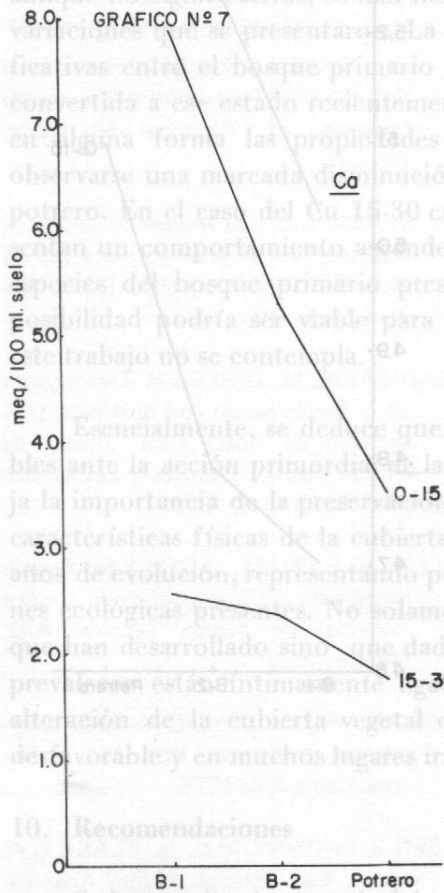
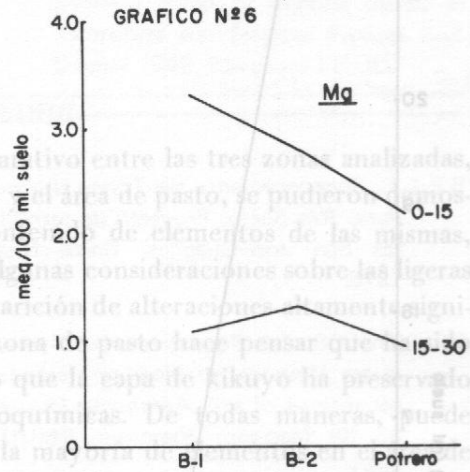
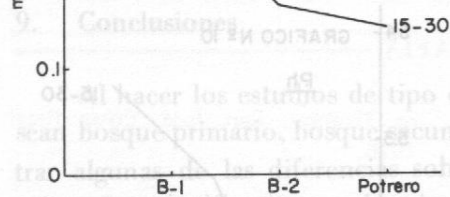
* Tratamientos significativos

** Tratamientos altamente significativos

Inicialmente, la comparación de la mayoría de elementos químicos del bosque primario y el potrero no muestra diferencias significativas a excepción del Ca y del Mn.

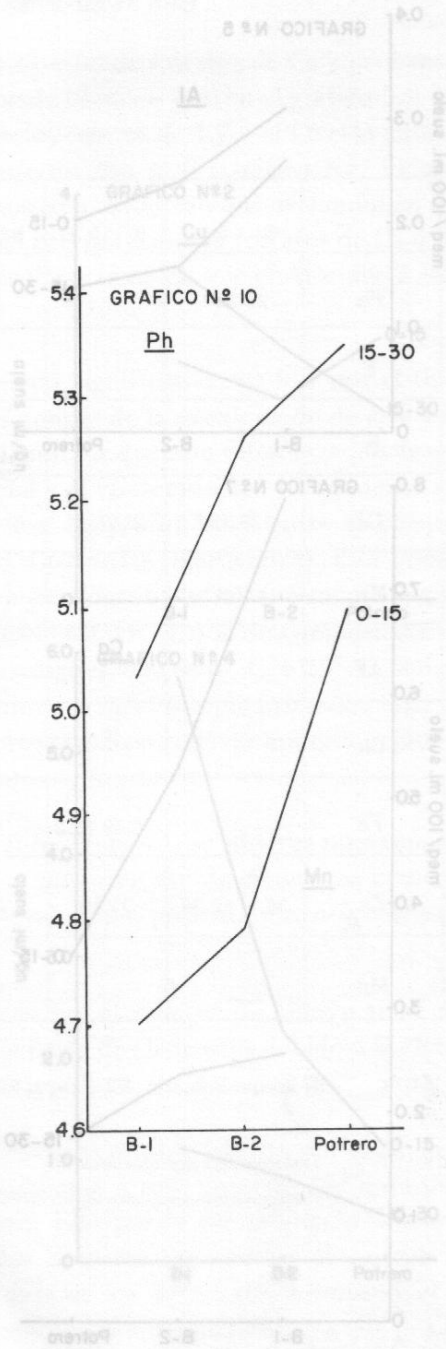
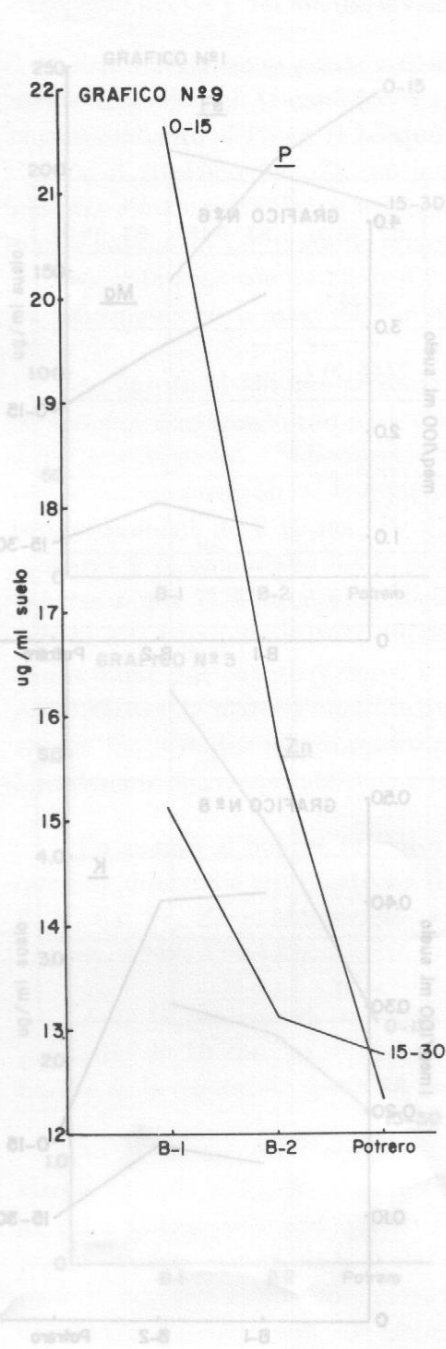


A 15-30 cm. de profundidad no hay diferencia significativa, tal vez porque la profundidad es un impedimento para la meteorización, a la vez que las condiciones ambientales no han permitido mucha lixiviación. A la profundidad de 0-15 cm. entre las mismas áreas, se presenta diferencia en los elementos Zn y Mn lo cual es correcto porque también se presenta a menor profundidad, como era de



10. Recomendaciones

Se han analizado a través del presente trabajo las características intrínsecas del área y su comprobada inestabilidad ante las modificaciones del ambiente.



A 15-30 cm. de profundidad no hay diferencia significativa, tal vez porque la profundidad es un impedimento para la meteorización, a la vez que las condiciones ambientales no han permitido mucha lixiviación. A la profundidad de 0-0-15 cm., entre el bosque secundario y la zona de pasto, no se presenta una diferencia señalada, debido probablemente a que la eliminación de la vegetación anterior ha influido poco con relación a los contenidos de elementos. A 15-30 cm. entre las mismas áreas, se presenta diferencia en los elementos Zn y Mn lo cual es correcto porque también se presenta a menor profundidad, como era de esperarse.

9. Conclusiones

Al hacer los estudios de tipo comparativo entre las tres zonas analizadas, sean bosque primario, bosque secundario y el área de pasto, se pudieron demostrar algunas de las diferencias sobre contenido de elementos de las mismas, aunque no significativas; se han hecho algunas consideraciones sobre las ligeras variaciones que se presentaron. La no aparición de alteraciones altamente significativas entre el bosque primario y la zona de pasto hace pensar que ha sido convertida a ese estado recientemente, o que la capa de kikuyo ha preservado en alguna forma las propiedades físicoquímicas. De todas maneras, puede observarse una marcada disminución de la mayoría de elementos en el área de potrero. En el caso del Cu 15-30 cm. y el Fe 0-15 cm. de profundidad que presentan un comportamiento ascendente, ello podría deberse a que algunas de las especies del bosque primario presentan un mayoritario aporte de éstos. Tal posibilidad podría ser viable para un estudio foliar, que por la naturaleza de este trabajo no se contempla.

Esencialmente, se deduce que por la textura estos suelos son muy inestables ante la acción primordial de la precipitación y de otros factores. Ello refleja la importancia de la preservación de la vegetación nativa del área, que por las características físicas de la cubierta edáfica son el producto de varios miles de años de evolución, representando por ello adaptaciones perfectas a las condiciones ecológicas presentes. No solamente son responsables en parte, de los suelos que han desarrollado sino que dadas las condiciones de clima y topografía que prevalecen están íntimamente ligadas con su misma supervivencia: una severa alteración de la cubierta vegetal originaria podría conducir a una alteración desfavorable y en muchos lugares irreversible del suelo y subsuelo.

10. Recomendaciones

Se han analizado a través del presente trabajo las características intrínsecas del área y su comprobada inestabilidad ante las modificaciones del ambiente.

Este proceso tiende a agravarse ante la ausencia de mecanismos de control para la conservación del área.

Con la necesidad de salvaguardar esta inapreciable zona de una gradual degradación, se recomienda su preservación mediante declaratoria de Reserva Biológica Nacional. Con ello, podrá perdurar una de las zonas más exuberantes, de gran valor científico y recreativo que aún se hallan cerca de la ciudad capital.

BIBLIOGRAFIA

- B.E.L.L. *Reconocimiento del Tramo la Hondura, Río Sucio*. Proyecto de carreteras San José-Guápiles. Costa Rica 1976.
- BOUYOUCOS, C.J. Recalibration of Hydrometer Methods for Marking Mechanical analysis of soil. *Agronomy Journal* 43 (9) Madison, Wisconsin, EE.UU. 1951.
- FORSYTHE, W.M. *Manual de Laboratorio de Física de Suelos*. Turrialba, Costa Rica. IICA, 1972.
- FOURNIER, F. *Conservación de Suelos*. Consejo de Europa. Ediciones Mundiprensa Castello 37, Madrid, España, 1975.
- FOURNIER, ORIGGI LUIS. *Fundamentos de Ecología Vegetal 1° Autoecología 2° Sinecología*. Cátedra Asociada y Depto. de Biología. Universidad de Costa Rica. Edic. Provisional, San José, Costa Rica, 1970.
- HOLDRIDGE, L.R. GREUKE W.C. *Forest Environments in Tropical Life Zones. A Pilot Study*. 1971. Nueva York. EE.UU.
- HOLDRIDGE, L.R. POVEDA, L.J. *Arboles de Costa Rica*. Vol. 1 Centro Científico Tropical. San José, Costa Rica, 1975.
- HUNTER, A.H. Soil Analytical Procedure Using the Modified Na HCD₃ Extracting Solution. *Raleigh International Soil Fertility Evaluation Improvement Program*. s.f. Carolina del Norte, EE. UU.
- MALAVASSI R.E. *Los Indices de aridez de Gaussent en el área cubierta por la Hoja San José*. 1:200.000 I.G.N. San José, Costa Rica, 1977.
- MENDIZABAL M. TERESA M. *Distribución de la Precipitación con la Altura*. Universidad de Costa Rica. Depto. de Física. Fac. de Ciencias y Letras, San José, Costa Rica, 1973.
- MILLAR C.E. TURK, FOTH L.M. *Fundamentos de la Ciencia del Suelo*. Centro Regional de Ayuda Técnica. AID. México, 1972.
- OFIPLAN. *Región Central, Heredia: Diagnóstico Preliminar*. Doc. No. 1 San José. Costa Rica 1976.
- OLSEN S. PHOSPHORUS. Ig. BLACK C.A. et. al. Eds. *Methods of Soil Analysis*. Madison Wisconsin American Society of Agronomy, Madison, USA, 1965.

OSTLE, BERNARD. *Estadística Aplicada*. 3^o Reimpresión. Edit. Limusa Willey S.A. México, 1973.

PEECH, M. et. al. *Methods of Soil Analysis for Soil fertility investigations* U.S. Department of Agriculture Circular No. 757. 1974. Washington EE. UU.

PITTIER, HENRY. *Ensayo sobre Plantas Usuales de Costa Rica* 2^o Edic. Edit.

Universitaria, San José, Costa Rica, 1957.

STANDLEY, P. *La Flora de Costa Rica*. En Revista del Instituto de Defensa del Café de Costa Rica, San José, Costa Rica, 1938-1939.

YENNY, H. *Comparative Study of Decomposition Rates of Organic Matter in Temperate and Tropical Regions*. Soil Science 1949. Baltimore EE.UU.

*Escuela de Historia
Universidad Nacional*

Resumen.— El Camino de Mulas, con excepción de las veredas y trillos precolombinos, fue el primero, y por muchos años el único camino para las comunicaciones interiores y exteriores. El camino fue construido ya en 1601 con el objeto de unir Cartago (en la subcuenca oriental de la Depresión Tectónica Central) con Tierra Firme (Panamá), pero también el camino contribuyó a unir Nicaragua, Costa Rica y Panamá. Por él se transportaban los productos y materias primas hasta la feria de Portobelo y desde ésta las mercaderías por el mismo camino hacia las colonias. El tráfico originó importantes ingresos públicos y con ellos fue posible pagar los gastos militares y administrativos de la provincia.

Ejemplos de contratos de venta, hipotecas y opciones de compraventa, incluso por parte de eclesiásticos, son presentados en el trabajo. Sin embargo, la supresión de la feria en 1746,

determinó la decadencia económica de Panamá, la reducción del tráfico de mulas a lo largo del camino y la subsecuente disminución y, finalmente, la desaparición de los impuestos, todo lo cual puede ser verificado en las Cuentas del Tesoro Real de la provincia de Costa Rica.

Abstract.— The Mule Trail, with exceptions to the Pre-colombian footpaths, was the first, and for many years the only, interior and international communications route. The trail was constructed in 1601 with the object being to link Cartago (in the Eastern Sub-Basin of the Central Tectonic Depression) with Tierra Firme (Panamá) but also the trail contributed in linking Nicaragua, Costa Rica and Panama because it permitted the transportation of products and raw materials to the Portobelo fair and also allowed Spanish merchandise to arrive to the colonies. The traffic originated incomes and with the