

Análisis micromorfológico de dos perfiles de suelo de la zona árida de la Isla Santa Fe, Galápagos, Ecuador*1/

HECTOR J. M. MORRAS**

ABSTRACT

Two soils profiles developed on basalt on the arid zone of Santa Fe Island, Galapagos, were characterized through their morphological and micromorphological description and some analytical data.

Profile SF I is classified as Inceptisol and profile SF IV as Alfisol, the different degree of evolution observed in both profiles is related to their topographic situation. Considering the present climate of the arid zone, the presence of these soils suggests an ancient soil development under pluvial climatic conditions. — The author.

Introducción

La llamada "zona árida" de la Isla Santa Fe, o Barrington, Galapagos, corresponde a la franja costera de la isla cuya vegetación se compone principalmente de hierbas xerofíticas y líquenes, sobre los que se destacan ciertas cactáceas y plantas arborescentes como *Opuntia echios barringtonensis* y *Bursera graveolens*.

Según lo establecido por Laruelle (6) para la vecina Isla Santa Cruz, la zona árida se extendería desde el nivel del mar hasta una altitud aproximada de 100-120 m. Según datos climatológicos obtenidos en esta isla, las precipitaciones de la zona mencionada alcanzan 495 mm anuales distribuidos entre enero y abril, y la temperatura media anual oscila entre 22° y 24°C. En consecuencia, según hacen notar Eswaran *et al* (5) correspondería clasificar a este clima como el tipo semiárido.

Los suelos de la zona considerada (6) son en general de tipo litosólico, superficiales o desarrollados intersticialmente en la roca basáltica y cuya profundidad no sobrepasa los 5 cm. Sin embargo, otro tipo de suelos más profundos, morfológicamente bien desarrollados,

generalmente arcillosos y de coloración parda o pardorrojiza (7,5 YR - 5 YR) se presentan localmente y confinados a áreas bien delimitadas. Estos suelos se encuentran altimétricamente a diferentes niveles, pero siempre ubicados en una zona plana aunque la misma sea de superficie reducida.

El propósito del presente trabajo es el de contribuir al conocimiento de la génesis de los suelos de la zona árida de la Isla Santa Fe, realizando el análisis de los procesos pedogenéticos con base en los datos de las observaciones micromorfológicas.

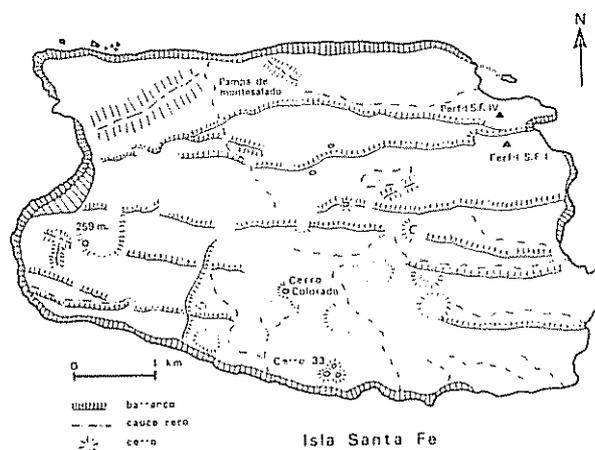


Fig 1 — Isla Santa Fe, según mapa de la Estación Biológica Charles Darwin, Galápagos, y ubicación probable de los perfiles S F I y S F IV

* Recibido para la publicación el 12 de junio de 1975

1/ El autor desea expresar su agradecimiento al Prof. R. Tavernier (International Training Centre, Gent, Bélgica) y al Prof. G. Stoops (Geologisch Instituut, Gent, Bélgica) por haber proporcionado el material y los medios necesarios para la realización del presente trabajo. Agradece asimismo a la Estación Biológica Charles Darwin, Santa Cruz, Galápagos, por haber facilitado el mapa de la Isla Santa Fe.

** Becario del International Training Centre, State University of Ghent. Dirección actual: Fondation Argentine; CIVP; 27 Bd Jourdan; 75690 Paris, Francia

Material y métodos

Los perfiles de suelo S.F.I. y S.F.IV fueron muestreados por el Dr. J. Laruelle como parte del "Galapagos International Science Project 1964". (Fig. 1). Un estudio sobre los oligoelementos de estos perfiles fue realizado por Laruelle y Stoops (8).

Los análisis físicos y químicos de las muestras disponibles fueron realizados en los laboratorios del International Training Centre, Gent (Bélgica). Los cortes delgados de suelo fueron preparados según el método mencionado por Laruelle (7), realizándose el estudio micromorfológico según el sistema propuesto por Brewer (2) y la descripción de la microestructura según Beckman y Geyger (1). La clasificación de los suelos estudiados se da según la 7ª Aproximación (12).

Resultados

Descripción y análisis de los suelos

Perfil S.F.I.

Ubicación fisiográfica: meseta del "horst II", a relieve plano; el perfil se encuentra en el inicio de la pendiente hacia el "graben II". Altura 90 m.

Roca madre: basalto

Vegetación: ejemplares dispersos de *Opuntia echinobarringtonensis*; la vegetación herbácea es escasa a nula.

Clasificación: Inceptisol (Lithic Ustropet).

Descripción morfológica:

- A₁ 0 — 3 cm. "Acumulación coluvial, compuesta por fragmentos de basalto de dimensiones medias, de superficie lisa. Alta concentración de raíces. Material de suelo escaso, pulverulento, sin estructura; color pardo a pardo oscuro (7.5 YR 4/2).
- B₂ 3 — 30 cm. Humífero, con gran concentración de raíces. Localmente pedregoso. Estructura bloquiforme angular a subangular, gruesa a muy gruesa, fuertemente desarrollada; "coatings" de arcilla sobre algunas superficies estructurales. Consistencia en húmedo, firme a muy firme. Textura arcillo limosa. Color pardo oscuro, 7.5 YR 3/2.
- C 30 — 38 cm. Material limoso, formado por alteraciones "in situ"; color pardo oscuro, 7.5 YR 4.5/4. Fragmentos más o menos alterados de basalto de color rosa (7.5 YR 8/4) y pardo oscuro (7.5 YR 4.5/4).



Fig. 2—Perfil I. Litorrelíquia basáltica prácticamente inalterada; obsérvense los fenocristales de plagioclasas. Sin analizador: aumento 17 X.

Análisis químicos y granulométricos

Hor	Prof.	Arcilla %	CO %	pH(H ₂ O)	CEC.
A ₁	0-3 cm.	56,78	0,32	7,1	38,4

Descripción micromorfológica:

Microestructura: en la superficie la estructura es grumulosa compacta con vacíos de asentamiento entre los grumos; localmente se observan algunos pedos donde la estructura es fisurada irregularmente con tendencia a fragmentada. En el horizonte B₂ la estructura es fisurada regularmente debido a la presencia de fragmentos lisos compactos y de fisuras lisas derechas a curvas rodeando los fragmentos.

Esqueleto: esencialmente compuesto por granos de olivino idingsitizados, feldespatos y opacos (c a f) de dimensiones similares (70 μm); granos de pyroxeno (c). Litorrelíquias de basalto (2,7 - 5,5 mm) (Fig. 2)

Plasma: de color marrón amarillento oscuro. En el horizonte A la fábrica plásmica es esquel-insépica; en el horizonte B la fábrica plásmica más desarrollada es vo-mo-esquelsépica.

Distribución relativa: porfirica.

Materia orgánica: en el horizonte A son muy frecuentes los restos vegetales muy ligeramente humificados y mostrando tejidos bien reconocibles; es característica la presencia de granos de whewellita (oxalato de calcio) en los tejidos vegetales, en forma de pequeños romboedros o granos alargados (Fig. 3).

Rasgos: en los vacíos del horizonte A se observan cristalarias de calcita(r), a veces con disposición en

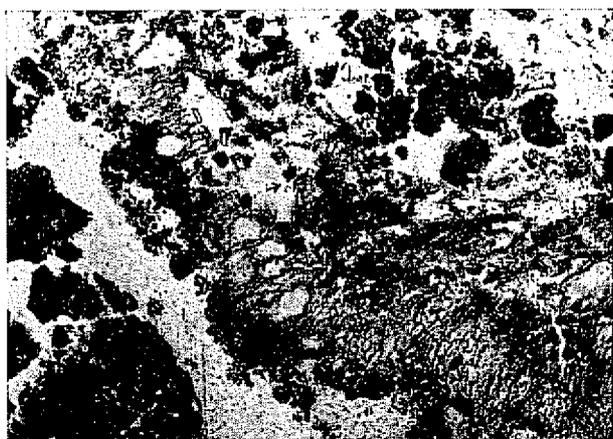


Fig. 3.—Perfil I. Resto vegetal débilmente humificado, con fitolitos de *ubewellita*. Sin analizador: aumento 43 X.

roseta. Nódulos redondeados, netos, de color grisáceo en luz polarizada, presentando estrías birrefringentes amarillentas (c), tamaño 100-200 μ m (zeolitas?)*

Observación: Un corte delgado perteneciente al horizonte C, realizado con material no identificado, nuestra fábrica plásmica cristalomorfa y rasgos característicos tales como glébulas ferruginosas o manganíferas y cutanes de naturaleza no determinada, fuertemente orientados, de aspecto fibroso y tamaño considerable (serpentina?)

Perfil S F. IV

Ubicación fisiográfica: en el fondo del "graben I", con relieve convexo en el eje central (dirección N-S) y pendiente (3-5°) hacia el este. Altura 25 m.

Roca madre: material suelto (coluvión ?) reposando sobre roca basáltica que podría ser la roca "in situ".

Vegetación: *Opuntia echios barringtonensis* esparcida y asociada a *Bursera graveolens* con vegetación herbácea xerofítica localmente muy densa y notable proporción de líquenes.

Clasificación: Alfisol (Rhodustalf)

Descripción morfológica:

A₁ 0-12 cm. Humífero, pero no coloreado por la materia orgánica, raíces escasas. Estructura granular moderada a débilmente desarrollada en superficie, pasando a una estructura angular y subangular moderada a fuerte en la parte inferior; muy firme; textura

franco arcillo limosa; color pardo rojizo oscuro, 5 YR 3/3.

B_{2t} 12-70 cm. Estructura subangular gruesa a muy gruesa, fuertemente desarrollada; - "coatings" sobre las superficies estructurales; consistencia firme a muy firme. Fragmentos rocosos dispersos. Textura arcillo limosa. Color pardo-rojizo oscuro, 5 YR 3/3,5 tanto en la superficie como en el interior de los peds.

CR 70 + cm. Roca basáltica no alterada, que puede ser la roca "in situ".

Los datos de análisis químicos y granulométricos figuran en el Cuadro 1

Descripción micromorfológica.

Microestructura: en el horizonte A se caracteriza por fisuras lisas derechas o curvas, que dan origen a una estructura fisurada regular con formación de agregados separados; algunos canales.

Esqueleto: granos en general de pequeñas dimensiones (70 μ m); compuesto fundamentalmente por olivinos idingsitizados y opacos (c a f) y en menor cantidad por plagioclasas (c) y piroxenos (o). La alteración se manifiesta especialmente en las plagioclasas (agrietamiento, formación de materiales arcillosos). Las litorrelíquias se encuentran también moderadamente

Cuadro 1.—Análisis químicos y granulométricos del perfil S. F. IV.

	Horizontes A ₁	B _{2t}
Profundidad, cm	0-12	12-70
Granulometría 2 μ %	39,40	54,30
" 2-53 μ %	55,00	41,60
" 53-2000 μ %	5,60	4,10
Limo/arcilla*	1,39	0,76
C.O %	0,52	0,12
pH, H ₂ O	7,9	8,5
pH, KCl	6,8	7,1
C. E. C.	44	54,4
V %,	95,5	—
C/N	3,7	—

* Significado de las abreviaturas:
r = raro; o = ocasional; c = común; f = frecuente

* La relación limo/arcilla tal como la usa van Wambeke (13)

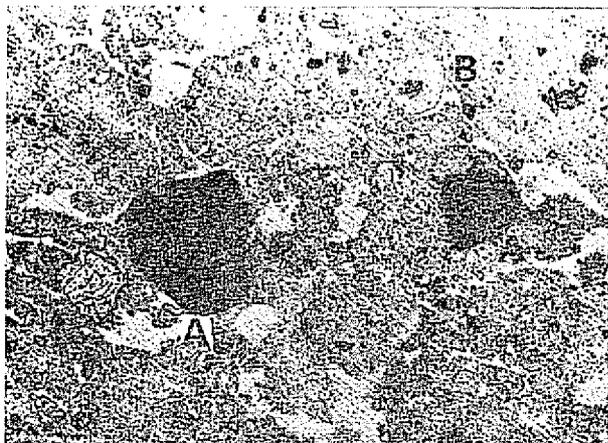


Fig. 4—Perfil IV. En (A) nódulos férricos; en (B) nódulo birrefringente de naturaleza no determinada (zeolita?). Sin analizador: aumento 45 X.

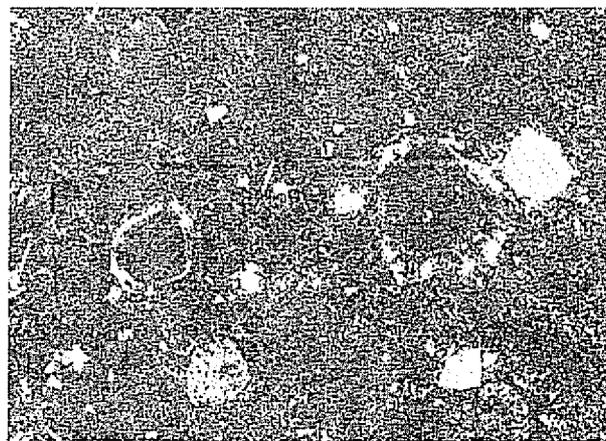


Fig. 5—Perfil IV. El mismo campo de la figura anterior, con analizador.

alteradas. Se observan fragmentos de vidrio volcánico ferruginizado con fenocristales de plagioclasas.

Plasma: en el horizonte A de color pardo amarillento y fábrica plásmica vo-esquel-inséptica.

Distribución relativa: porfírica.

Materia orgánica: restos vegetales reconocibles, ligeramente humificados(c).

Rasgos: glébulas sesquioxídicas(c), netas, de color oscuro. Nódulos redondeados, netos, de birrefringencia grisácea y estrías birrefringentes amarillentas(c), (zeolitas?)

Discusión

La granulometría de los perfiles estudiados pone de relieve un elevado porcentaje de arcilla, característico de los suelos desarrollados sobre rocas básicas. De la misma manera, el elevado porcentaje de saturación en bases (95%) así como el pH neutro a levemente alcalino manifiestan la fuerte influencia que en estos suelos tiene el material parental.

La observación micromorfológica comparativa de ambos perfiles pone de manifiesto un diferente desarrollo de la fábrica plásmica. En el perfil SF I se observa una orientación más pronunciada de las arcillas dando origen a diferentes fábricas sépticas (vo-mo-esquelsépticas) en tanto que en el perfil SF IV la fábrica plásmica es fundamentalmente inséptica. Este distinto desarrollo plasmático correspondería a procesos o estados pedogenéticos diversos. Así, tal como fue observado por Eswaran (3, 4), los Inceptisoles se caracterizarían por un máximo desarrollo de la fábrica plásmica, disminuyendo su intensidad de expresión en estadios evolucionarios más avanzados.

Según el mismo autor (4), estas diferencias de fábrica plásmica estarían condicionadas a variaciones en

la proporción de hierro libre, a la cantidad y tipo de los minerales de arcilla o a las variaciones de tensión dentro de la masa del suelo. En nuestro caso, el color del perfil SF IV así como la presencia de glébulas férricas (Fig. 4 y 5) nos indicarían que en este perfil el hierro libre es más abundante que en SF I. Los otros factores no sería posible analizarlos por falta de datos, pero la comparación entre la granulometría y la CEC de las dos perfiles podría indicar algún cambio mineralógico en la fracción arcilla.

En ninguno de los cortes delgados estudiados fueron observados cutanes de iluviación; a pesar de ello en la descripción de campo se menciona la presencia de películas arcillosas sobre las unidades estructurales, y de acuerdo a los análisis granulométricos el perfil SF IV llenaría los requerimientos para horizonte argílico. La cuestión de si el horizonte B del perfil IV ha sido formado por migración de arcilla o por formación in situ quedaría por determinar, puesto que micromorfológicamente no hay evidencias de esa traslocación. Sin embargo debe tenerse en cuenta que si los vacíos del suelo son pequeños, los cutanes podrían ser demasiados débiles para identificarlos como tales. Por otra parte, según lo observado por Eswaran (3), el material cutánico podría ser incorporado a la matriz plasmática como resultado de procesos de pedoturbación.

El esqueleto, semejante en ambos perfiles, tiene la misma composición mineralógica que el basalto de la roca madre, estando integrada por plagioclasas, olivinos en general idingsitizados, minerales opacos y piroxenos; es de destacar la pequeña dimensión de los granos (70 μ m). En las plagioclasas del perfil SF IV es dable observar la formación de pequeñas grietas y la aparición en las mismas de material arcilloso; por su parte los piroxenos muestran una alteración relativamente pronunciada con aparición de cavidades de disolución (Fig. 6). De la misma manera, las litorreliquisas

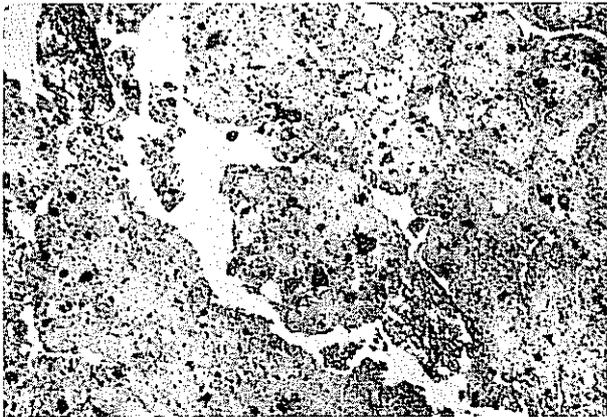


Fig 6—Perfil IV. Piroxenos alterados, mostrando cavidades de disolución. Sin analizador: aumento 17 X

del perfil SF IV se encuentran más fuertemente alteradas. De la comparación con el grado de alteración alcanzado por los minerales primarios de otros suelos de Galápagos (9) surge sin embargo que en ambos perfiles en estudio el esqueleto se encuentra todavía en una fase primaria de alteración.

Los restos vegetales en su mayor parte totalmente inalterados que se observan en los cortes delgados, así como los valores netamente deficientes de materia orgánica puestos de relieve por los datos analíticos, nos indicarían la aridez del clima y también la baja capacidad de humificación de los suelos de la región. En el perfil SF I son abundantes los fitolitos de whewellitita de morfología generalmente prismática, que se encuentran incluidos en tejidos vegetales (Fig 3).

Un rasgo característico es la presencia de nódulos redondeados, netos, que muestran un desarrollo de estrías birrefringentes amarillentas que recuerdan a concentraciones o separaciones de minerales de arcilla. Estos nódulos se interpretan como zeolitas originariamente presentes en las vacuolas del basalto y de donde provendría su forma particular (Fig 4 y 5).

Laruelle y Stoops (8) estudiando el contenido de elementos menores de los suelos de las islas Santa Cruz y Santa Fe, encontraron que en los suelos superficiales de la zona árida costera el contenido de elementos trazas es muy semejante al del material parental, en tanto que en los suelos de las zonas altas más húmedas el contenido total y extractable de oligoelementos es significativamente mayor. Por este motivo puede inferirse que los suelos de la región costera se encuentran menos desarrollados. Sin embargo, los autores mencionados señalan que la morfología de estos suelos (presencia de cutanes, alto contenido de arcilla, color rojizo) correspondería a la de suelos bien evolucionados, hallándose en contradicción con el contenido de elementos trazas.

Esta aparente discordancia no sería, en nuestra opinión, tan acentuada. Así por ejemplo, Sys (11) señala que, para suelos arcillosos de zonas tropicales, los materiales recientes presentan una estructura poliédrica y aún prismática bien desarrollada, con revestimientos brillantes no orientados sobre la superficie de los agregados, características éstas que se encuentran en los suelos aquí estudiados. El color del perfil SF I sería asimismo característico de un suelo reciente, en tanto que el del perfil SF IV podría corresponder a un estado intermedio de alteración. Los minerales del esqueleto así como la relación limo/arcilla serían propios también de una fase reciente de alteración.

Las diferencias de grado evolutivo entre ambos perfiles, se relacionarían a su distinta situación en el paisaje. Según Smith (10) esta posibilidad de encontrar diferentes tipos de suelos adyacentes unos a otros es característica particular de los trópicos húmedos (ver más adelante), correspondiendo en general a variaciones de posición geomorfológica. Así, cuando la pendiente es más pronunciada como en el caso del perfil SF I, se originaría un horizonte cámbico dando lugar a un Inceptisol (4).

Una discordia que consideramos relevante es la que surge de la comparación del clima de la zona árida y los suelos de la misma. Tal como señala Laruelle (6) estos suelos serían relictos de un antiguo desarrollo bajo condiciones climáticas diferentes a las actuales. En el Pleistoceno las regiones cálidas acusaron cambios cíclicos en las precipitaciones, motivo por el cual la presencia de paleosuelos en las regiones subtropical y tropical es una característica común (10).

Conclusiones

El análisis comparativo entre ambos perfiles pone de relieve un diferente grado de evolución que se considera producto de su distinta situación en el paisaje. El fuerte desarrollo de la fábrica plásmica, la alteración reducida de las plagioclasas y otros minerales alterables, así como las características morfológicas nos llevan a clasificar el perfil SF I como Inceptisol. El perfil SF IV, dado su mayor desarrollo morfológico el grado más avanzado de alteración de los minerales que constituyen el esqueleto y las litorreliquias y la menor expresión de su fábrica plásmica, además de los datos analíticos, es clasificado por su parte como Alfisol.

Considerando las características climáticas de la región costera de la Isla Santa Fe, el desarrollo alcanzado por ambos perfiles (en especial SF IV) tal como se desprende de sus propiedades morfológicas, químicas, físicas y micromorfológicas, sería producto de la evolución de los mismos bajo condiciones previas de mayor pluviosidad. En consecuencia, la falta de concordancia actual entre clima y suelo se explicaría por la naturaleza policíclica de los suelos estudiados.

Literatura citada

1. BECKMAN, W. y GEYGER, E. Entwurf einer Ordnung der natürlichen Hohlraum-, Aggregat- und Strukturformen im Boden. In W. Kubiena, ed. Die micromorphometrische Bodenanalyse Stuttgart, Enke Verlag, 1967. pp. 163-188.
2. BREWER, R. Fabric and mineral analysis of soils. New York, Wiley, 1964. 470 p.
3. ESWARAN, H. Pedogenesis of basaltic soils in tropical regions. D. Sc. Thesis. Gent, Bélgica, International Training Centre, Rijksuniversiteit Gent. 1970. 243 p.
4. ———. Micromorphological indicators of pedogenesis in some tropical basaltic soils from Nicaragua. Geoderma 7:15-31. 1972.
5. ———, STOOPS, G. y DE PAEPE, P. A contribution to the study of soil formation on Isla Santa Cruz, Galapagos. Pedologie 23 (2): 100-122. 1973.
6. LARUELLE, J. Study of a soil sequence on Indefatigable Island. In The Galapagos, Proceedings of the Symposium on the Galapagos International Science Project 1964. Berkeley, University of California Press, 1968 pp. 87-92.
7. ———. Notes on soil micromorphology. Rijksuniversiteit Gent, International Training Centre. 1968. 83 p.
8. ——— y STOOPS, G. Minor elements in Galapagos Soils. Pedologie 17 (2): 232-258. 1967.
9. MORRAS, H. La alteración y transformación de minerales primarios en un perfil de suelo de la Isla Santa Cruz, Islas Galápagos (Ecuador). Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral (Argentina) 5: 15-28. 1974.
10. SMITH, G. Lectures on Soil Classification. Pedologia, Número special I. 1965. 131 p.
11. SY'S, C. Sols Tropicaux. Rijksuniversiteit Gent, International Training Centre. 1967. 108 p.
12. US DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Soil Classification; a comprehensive System; 7th Approximation. 1960. 265 p.
13. WAMBEKE, A. R. van. Criteria for classifying tropical soils by age. Journal of Soil Science 13: 124-132. 1962.

RESEÑA DE LIBROS

RUHE, ROBERT V. Geomorphology; geomorphic Processes and surficial geology. Boston, Houghton, Mifflin, 1975. 246 p.

Para muchos edafólogos de campo, el nombre del autor de este libro no es desconocido, aún más, es tal vez uno de los más conocidos en la aplicación de la geomorfología a los estudios de suelos y a nuestro parecer, era de esperarse la publicación de un texto como este de Geomorfología.

Si bien la disciplina no es nueva, la forma de presentarla en este libro sí es original: se ha evitado en lo posible los antecedentes históricos que se encuentran frecuentemente en textos de esta materia (el autor cita otras fuentes para quien se interese en ese campo), sin descuidar, por cierto los temas que aún son motivo de discusión.

La preparación múltiple del autor (geología, geomorfología, edafología) se destaca en el curso de la lectura del libro y es una de las razones de su valor como texto del estudio.

La obra que nos ocupa consta de once capítulos iniciándose con algo muy interesante como es la base de conocimiento que se debe tener para la Geomorfología y el enfoque que el autor da a esta ciencia en el libro.

Los nueve capítulos siguientes abarcan los conocimientos de que tratan diversos textos de Geomorfología: meteorización y formación del suelo, escorrentía y corrientes, formas aluviales, sistemas de drenajes y cuencas, pendientes o laderas; superficies de erosión, paisajes de origen eólico, proceso de formación en orillas de mares y lagos y paisajes glaciales. El último capítulo es algo que los textos clásicos no incluían: el ambiente y sus cambios, lo que da una idea de la verdadera actualidad del libro. Esto se ve también a lo largo del texto en la importancia dada a los aspectos morfométricos, tendencia relativamente reciente en la Geomorfología.

El libro está abundantemente ilustrado y contiene cerca de 450 referencias bibliográficas de importancia tanto histórica como técnica.

Siendo la lectura de este libro más bien fácil y atractiva y con las cualidades expresadas en los párrafos anteriores, consideramos que es una obra recomendable como texto para estudiantes de geomorfología, geología y para los que en edafología se dedican a los estudios cartográficos o genéticos de los suelos. Sirve también como un muy buen libro de consulta para los profesionales de estos campos, siendo recomendable también la adquisición en las bibliotecas de las instituciones en que se estudien las materias mencionadas.

FAUSTO MALDONADO
PROGRAMA REGIONAL PARA
DESARROLLO DEL SUR DEL ECUADOR
QUITO, ECUADOR