

CARACTERIZACION DE LA FRACCION MINERAL DE SUELOS DERIVADOS DE CENIZAS VOLCANICAS DE LA CORDILLERA DE TALAMANCA, COSTA RICA¹ *

Antonio Landaeta, Carlos A. López y Alfredo Alvarado**

ABSTRACT

Characterization of the mineral fraction of volcanic ash-derived soils from the Talamanca Range, Costa Rica. Five volcanic ash-derived soil profiles from the Talamanca Range, Costa Rica, were studied. They were located between El Empalme (2200 masl) and Cerro de la Muerte (3500 masl). The mean annual temperature of the area is 12 C and the mean annual precipitation is 2500 mm. The sand mineralogy of the samples was determined by using a petrographic microscope and the clay mineralogy was identified by infrared technique.

The sand mineralogy of the whole area was dominated by feldspars; however, volcanic glass showed some increase in the lower elevation profiles. The heavy minerals of the sand fraction were anfiboles, pyroxenes and olivines. In spite of the differences among profiles in the sand mineralogy, the clay mineralogy was consistently amorphous (mainly allophanic) in all the profiles studied, probably due to the recent age of the parent material and to the low temperature of the soils.

INTRODUCCION

La naturaleza mineralógica del suelo, en condiciones no limitantes de intemperismo, determina en parte las características del medio ambiente. La fertilidad potencial y en muchos casos la actual, la relación mineralización-humificación, la relación aire-agua y el aporte de elementos menores son sólo algunos ejemplos de la importancia práctica

derivada del conocimiento de los constituyentes del suelo.

La composición mineralógica de los suelos derivados de cenizas volcánicas, llamados Andosoles según la nomenclatura de la FAO (8) y Andept según la 7ª Aproximación (19), depende esencialmente de la petrografía de las cenizas de origen y del estado de meteorización del suelo (3, 14). La fracción arena de estos suelos contiene muchos de los minerales presentes en otros suelos, con una adición notable de vidrio volcánico y un bajo contenido de micas (6, 17); su limo contiene algo de los minerales primarios además de los minerales secundarios (5, 6, 15), y está compuesto principalmente por vidrio volcánico y plagioclasa (7) y la fracción arcilla está constituida esencialmente por minerales secundarios (materiales amorfos, haloisita y metahaloisita principalmente), pero es frecuente la presencia de algunos minerales primarios

1 Recibido para su publicación el 27 de octubre de 1977.

* Parte de la tesis de Ingeniero Agrónomo presentada por el primer autor en la Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica.

** Estudiante y Edafólogos, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica.

como d-cristobalita, cuarzo y aún feldespatos, especialmente en la fracción arcilla gruesa ($2-0,2\mu$) (3).

Este trabajo se realizó con el fin de conocer los principales minerales primarios y secundarios de los Andepts de la Cordillera de Talamanca, como parte de un estudio nacional sobre este tipo de suelos.

MATERIALES Y METODOS

En el presente trabajo se escogieron cinco perfiles, clasificados por Otárola (16), de la Cordillera de Talamanca comprendida entre el sitio denominado El Empalme (2200 msnm) y el Cerro de la Muerte (3500 msnm), como se puede ver en la Fig. 1. La zona se caracteriza por tener un relieve muy escarpado, con cúspides y depresiones muy marcadas. La precipitación alcanza valores entre 2000 y 2700 mm anuales, con temperaturas promedio que oscilan entre 11 y 14 C.

Las muestras se secaron al aire y se pasaron por una criba de 2 mm; se les oxidó la materia orgánica con peróxido de hidrógeno. La dispersión se efectuó con metafosfato de sodio y carbonato de sodio. La separación de la arena del limo y la arcilla se hizo usando un tamiz de malla 325, con ayuda de agua destilada. La arcilla se separó del limo por el método gravimétrico, basado en la ley de Stokes; conociendo la densidad de las partículas, la densidad del agua y la viscosidad de la misma, se calculó la velocidad de caída de las fracciones menores de 2μ , se consideró una profundidad de 30 cm y se calculó el tiempo que demoraba en llegar hasta ese punto las partículas de 2μ .

La fracción arcilla se floculó con $MgCl_2$ hidratado, luego se lavó con agua destilada y por último con acetona pura; estos lavados se realizaron con ayuda de una centrífuga. Posteriormente, la arcilla se secó en una estufa a 40 C, se molió y se puso en un desecador sobre sílicagel. La composición mineralógica de las arcillas se determinó por espectrofotometría infrarroja (IR), con un aparato Perkin Elmer Modelo 521, con doble haz, de registro continuo. Se emplearon 2 mg de muestra mezclada con 200 mg de KBr, los cuales fueron prensados a

20.000 kg/cm².

Los tratamientos de la fracción arena se hicieron siguiendo el método propuesto por el Soil Survey Investigation (20). Se trató con bicarbonato de sodio, citrato de sodio y ditionito de sodio, con el fin de remover los óxidos de hierro, y posteriormente se trató con HCl 1+1 para eliminar las impurezas de los cristales (F. Sandoval, comunicación personal, 1976).

La arena, ya seca, se tamizó para separar las diferentes fracciones, de las cuales se tomaron las fracciones finas (180 y 150 μ m) y se hicieron preparaciones permanentes en bálsamo de Canadá. Las observaciones se realizaron en un microscopio petrográfico de luz polarizada.

RESULTADOS Y DISCUSION

Mineralogía de arenas

En el Cuadro 1 se presentan los resultados de la composición mineralógica de la fracción arena fina (180-150 μ m) de los perfiles estudiados. Se observa en general que el contenido de minerales en la fracción arena varía con la posición en el relieve y que los más abundantes son los feldespatos, óxidos y vidrios.

Debido a la ocurrencia de horizontes orgánicos, los cuales no se analizan para efectos de mineralogía, tanto de arenas como de arcillas, y a la diferenciación de horizontes en base a translocaciones orgánicas y no minerales, la variación mineralógica por horizontes fue mínima en cada perfil y no amerita su discusión.

Excluyendo el perfil de menor altura (perfil 5), el mineral más frecuente es el feldespato y su abundancia relativa es variable. Esto puede deberse a que los feldespatos se encuentran antes del cuarzo, en la escala de meteorización propuesta por Fieldes y Swindale (9), de manera que su resistencia a la meteorización es alta, y a que fueron recientemente depositados (11).

En general, el contenido de feldespatos aumenta, mientras que los contenidos de óxidos y

vidrios disminuyeron, conforme se aumenta la elevación de los perfiles, lo que puede deberse a que al aumentar la elevación disminuye la temperatura, reduciéndose la velocidad de los procesos de descomposición de los feldespatos y así también la cantidad de óxidos que pueden formarse en esta descomposición. El mayor contenido de vidrio a menor elevación puede deberse a su baja densidad, por lo que se deposita a distancias más alejadas del centro de origen que los minerales más densos, de acuerdo a la teoría de Baar (2), quien observó un fenómeno deposicional de este tipo en Java.

Los piroxenos, olivinos y anfíboles se presentan en pequeñas cantidades, debido a que son minerales que se degradan rápidamente (9).

Mineralogía de arcilla

El estudio de la mineralogía de arcilla por espectrofotometría infrarroja presenta ventajas sobre el empleo de los rayos X en los suelos que se han formado a partir de cenizas volcánicas, ya que las fracciones minerales menores de $2 \mu\text{m}$ de estos suelos son pobremente identificados por el último método. Los componentes amorfos (principal constituyente de estos suelos) al igual que los minerales cristalinos absorben la radiación infrarroja, presentando bandas de absorción características. Sin embargo, aún cuando las informaciones obtenidas con infrarrojo son muy útiles, si la mayoría de los minerales son amorfos, puede haber interacción por desplazamiento o superposición de bandas, hecho que hace difícil o confusa la interpretación de los espectros.

La composición mineralógica de la fracción arcilla de los perfiles estudiados por IR se encuentra resumida en el Cuadro 2 y en las figuras 2 a 6. Los resultados revelan que la composición mineralógica de las arcillas no varía con la altitud del perfil, la que se formaron los minerales secundarios del suelo. Esto puede explicarse, en base a que los suelos de la zona en estudio son muy recientes (11) y a que se requiere tiempo para obtener diferentes tipos de arcilla en estos suelos (10).

Para todos los perfiles estudiados los minerales más frecuentes y abundantes son los materiales amorfos. Esto se debe a que la mineralogía de estos suelos está relacionada con el clima presente y

a que la etapa alofánica como tal necesita humedad permanente, como sucede en el área de estudio, donde la humedad ambiental condiciona el mantenimiento de sustancias amorfas, mientras que las etapas de sequía conllevan a la cristalización de la arcilla, por lo que se puede justificar la escasez de minerales 1:1. También puede deberse al alto contenido de feldespatos y vidrios encontrados en la fracción arena, componentes que dan origen a minerales amorfos, como ha sido demostrado en las secuencias de meteorización de cenizas volcánicas por varios investigadores (1, 4, 12, 13).

La presencia de hisingerita se identificó por una banda de absorción definida alrededor de 1400 cm^{-1} , la que no es detectada en ningún aluminosilicato cristalino o amorfo conocido de suelos. Este mineral ha sido descrito como el homólogo férrico de la alofana por Tamura y Jackson (18). Su posible formación, paralelamente a las muestras donde existe alofana, hace pensar que este mineral se ha formado a partir de los feldespatos y vidrios por los procesos de desilicación y desbasificación como lo propone Besoain, citado por Guerrero (10), en la secuencia de meteorización de las cenizas volcánicas.

Probablemente los minerales 1:1 identificados en este estudio son haloisita y metahaloisita, debido a que en estos suelos la interperización es lenta por el clima que impera en la región y a que el mineral de arcilla más frecuente y abundante es la alofana, por lo que es lógico esperar la presencia de esos minerales, si se sigue la secuencia de meteorización de las cenizas volcánicas propuesta por varios autores (1, 4, 12, 13).

CONCLUSIONES

1. Los minerales más abundantes en la fracción arena de los suelos volcánicos de la Cordillera de Talamanca son los feldespatos, vidrios volcánicos y óxidos.
2. El contenido de feldespatos aumenta con la elevación de los perfiles, en tanto que el contenido de vidrios y óxidos disminuye.
3. Los minerales pesados (anfíboles, piroxenos y

olivinos) de la fracción arena se presentan en pequeñas cantidades.

4. Las cenizas en las partes altas son andesíticas (dominancia de feldespatos) y riolíticas en las partes menos elevadas (dominancia de vidrio y sílice).
5. La mineralogía de la fracción arcilla debe estudiarse en conjunto con los datos obtenidos de la fracción gruesa, a fin de deducir conclusiones válidas, especialmente sobre la etapa interpérica del suelo.
6. A pesar de que se encuentra diferencia entre perfiles en cuanto a la mineralogía de la arena, la composición mineralógica de la fracción arcilla es similar en todos.
7. Los minerales más frecuentes y abundantes en la fracción arcilla son los materiales amorfos y la alofana.
8. Es probable la existencia de una alofana férrica, la hissingierita, asociada a la alofana propiamente; en las muestras de arcilla estudiadas dicho mineral coexiste con la alofana, ya que la ocurrencia de ambos tipos de arcilla es paralela.

RESUMEN

Se estudiaron cinco perfiles de suelos derivados de cenizas volcánicas en la región de la Cordillera de Talamanca comprendida entre El Empalme (2200 msnm) y el Cerro de la Muerte (3500 msnm). El clima de la zona se caracteriza por temperaturas medias que oscilan entre 11 y 14 C, con precipitación media anual de 2000 a 2700 mm. Se determinó la composición mineralógica de la fracción arena fina utilizando un microscopio petrográfico y la de la arcilla por espectrofotometría infrarroja.

Los minerales dominantes fueron los feldespatos en la fracción arena y la alofana en la fracción arcilla. No obstante las diferencias en la mineralogía de las arenas, la mineralogía de la arcilla

fue casi constante en los diferentes perfiles, debido principalmente a lo reciente del material parental y a la baja temperatura de la región.

LITERATURA CITADA

1. AOMINE, S. y YOSHINAGA, N. Clay minerals of some well-drained volcanic ash soils in Japan. *Soil Science* 79(5): 349-358. 1955.
2. BAAK, J.A. A comparative study on recent ashes of the Java volcanoes Smeru, Kelut and Merapi. *Communications of the General Agricultural Experiment Station. Buitenzorg, Java, 1949. 60 p.*
3. BESOAIN M., E. Mineralogía de las arcillas de suelos derivados de cenizas volcánicas de Chile. *In: Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. Turrialba, C.R., 1969. Turrialba, IICA, 1969. pp. B1.1-17.*
4. ———. Curso de mineralogía de suelo. Turrialba, IICA, 1970, 348 p.
5. ———. Mineralogía de arcillas de algunos suelos volcánicos de Costa Rica. *In: Panel sobre suelos volcánicos de América. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño e IICA, 1972. Serie Informes de Conferencias, Cursos, Reuniones No. 82. pp. 249-261.*
6. BIRRELL, K.S. Some properties of volcanic ash soil. *In: FAO-UNESCO. Meeting on the classification and correlation of soils from volcanic ash, Tokyo, 1964. FAO, 1964. World Soil Resources Report No. 14, pp. 74-81.*
7. EGAWA, T. Mineralogical properties of volcanic ash soils in Japan. *In: FAO-UNESCO Meeting on the classification and correlation of soils from volcanic ash, Tokyo, 1964. FAO, 1964. World Soil Resources Report No. 14 pp. 89-91.*
8. FAO-UNESCO. Meeting on the classification and correlation of soils from Volcanic ash, Tokyo, 1964, World Soil Resources Report No. 14. 169 p.
9. FIELDS, M. y SWINDALE, L.D. Clay mineralogy of New Zealand soils. I. *New Zealand Journal of Science and Technology* 36:140-154. 1954.
10. GUERRERO PRATO, J.I. Influencia de la materia orgánica y materiales en la capacidad de intercambio catiónico de algunos suelos de la región del volcán Irazú. Turrialba, IICA, 1974. 138 p.

11. HARRIS, S.A. Podzol development on volcanic ash deposits in the Talamanca Range, Costa Rica. *In: Yaalon, D.H., ed. Paleopedology; origin, nature and dating of paleosols.* New York, Halstid Press, 1970. pp. 191-209.
12. KANNO, I., ONIKURA, Y. y HIGASHI, T.W. Weathering and clay mineralogical characteristics of volcanic ashes and pumices in Japan. *In: International Congress of Soils Science, 9 th., Adelaide, Australia, 1968. Transactions.* Sydney, Australia, International Society of Soil Science, 1968. v.3, pp. 111-121.
13. KOBO, K. Properties of volcanic ash soils. *In: FAO-UNESCO. Meeting on the Classification and correlation of soils from Volcanic Ash, Tokyo, 1964. World Soil Resources Report No. 14.* pp. 71-73.
14. MALAGON, D. Mineralogía de suelos; sus relaciones con génesis, fertilidad y clasificación de suelos. Bogotá, Colombia, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Sub Dirección de Agrología, 1975, v.XI, No. 1. 825 p.
15. MARTINI, J. A. Mineralogía de las arcillas, limo y arenas en seis suelos de Panamá. *Turrialba 19(2):199-207.* 1969.
16. OTAROLA, C.E. Caracterización y clasificación de algunos suelos de la Cordillera de Talamanca. Tesis Ing. Agr. San José, Universidad de Costa Rica, 1976, 57 p.
17. SWINDALE, L.D. Propiedades de los suelos de cenizas volcánicas. *In: Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina, Turrialba, Costa Rica, 1969. Turrialba, IICA, 1969. pp. B.10. 1-9.*
18. TAMURA, T. y JACKSON, M.L. Structural and energy relationships in the formation of iron and aluminum oxides, hydroxides and silicates. *Science 117:381-383.* 1953.
19. UNITED STATES. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Supplement to soil classification system (7th. approximation). Washington, D.C., Soil Conservation Service, 1967. 207 p.
20. UNITED STATES. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. SOIL CONSERVATION SERVICE. Soil survey laboratory methods and procedures for collecting soil samples. *Soil Survey Investigations, Report No. 1.* Washington, D.C., 1972. 63 p.
21. MURTY, K.S., SMITH, T.A. and BOULD, C. The relation between the putrescine content and potassium status of Black currant leaves. *Annals of Botany 35:687-695.* 1971.
22. SCAWEN, M.D., HEWITT, E.J. and JAMES, H.D. Preparation, crystalization and properties of *Cucurbita pepo* plastocyanin and ferredoxin. *Phytochemistry 14:1225-1233.* 1975.
23. SHAKED, A., BAR-AKIVA, and MENDEL, K. L'activité de la nitrate reductase: une indication de l'état nutritionnel et des besoins en azote d'agrumes in vergers. *Fruits 30(2):125-128.* 1975.
24. SMITH, T.A. Recent advances in the biochemistry of plant amines. *Phytochemistry 14:865-890.* 1975.
25. ULRICH, A. Diagnostic techniques for soils and crops. The American Potash Institute, 1948. pp. 157-198.
26. VANDER PAAW, F. Adjusting fertilizer rates to soil fertility level on the basis of soil testing. *In Semaine d'étude sur le theme l'emploi des fertilisants et leur effet sur l'accroissement des récoltes notamment par rapport a la qualite et a l'economie. Pontificiae Academiae Scientiarum Scripta Varia. 1^o Partie. pp. 427-448.* 1972.
27. VILLALOBOS, E. y CARVAJAL, J.F. La actividad de la reductasa del nitrato como guía de la fertilización nitrogenada de cinco especies agrícolas. *Agronomía Costarricense 1(1):57-63.* 1977.
28. _____. Un método para analizar la actividad de la reductasa del nitrato en condiciones de campo. *Agronomía Costarricense 2(1): 69-81.* 1978.
29. WEBB, R.A. Problems of fertilizer use in tropical agriculture. *Outlook of Agriculture 2(3):103-113.* 1959.
30. ZUÑIGA, E. Contenido y variación estacional de nitrógeno, fósforo potasio, calcio y magnesio en caña de azúcar. Tesis. Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 1976. 120 p.

Cuadro 1. Composición mineralógica de la fracción arena fina (150-180 μm) de cinco perfiles de la Cordillera de Talamanca.

Horizonte	Grosor cm	Feldespatos %	Cuarzo %	Olivino %	Anfiboles %	Piro- xenos%	Vidrio %	Oxidos %	Otros*
Perfil No. 1 (Andic Lithic Dystrandept)									
O2	15	74,5	12,0	2,5	0,0	0,0	2,5	8,5	0,0
A2	2	61,5	6,0	0,0	2,0	0,0	2,0	23,0	5,5
B2h	2	63,0	15,5	2,0	0,0	0,0	4,0	28,0	7,5
BC	31	67,5	8,5	0,0	0,0	1,5	2,5	17,5	2,5
Perfil No. 2 (Lithic Dystrandept)									
O2	5	51,0	7,0	8,5	2,0	0,0	7,5	22,0	2,0
A1	3	62,5	8,5	6,5	4,5	1,0	4,0	11,5	1,5
A2	4	54,0	8,0	2,0	5,5	1,5	8,0	18,0	3,0
BC	28	49,0	9,0	0,0	9,0	0,0	7,5	25,5	0,0
Perfil No. 3 (Placandept)									
Oa	30	—	—	—	—	—	—	—	—
Oi	8	—	—	—	—	—	—	—	—
A2	5	66,0	4,5	0,0	26,5	3,0	0,0	0,0	0,0
B2h	2	—	—	—	—	—	—	—	—
BC	13	81,5	2,5	5,5	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Perfil No. 4 (Typic Dystrandept)									
A 11	15	35,0	11,5	1,5	1,5	3,0	18,5	22,5	6,5
A 12	15	52,0	16,5	2,0	3,5	2,0	20,0	16,5	1,5
B1	15	37,0	17,0	0,0	3,5	3,5	15,5	20,0	3,5
B2	15	32,5	7,0	5,5	8,0	4,5	9,0	33,5	0,0
C	+60	35,5	11,5	7,5	2,0	0,0	21,5	18,5	3,5
Perfil No. 5 (Entic Dystrandept)									
A1	15	20,0	11,5	4,0	3,0	6,0	21,5	28,5	6,5
A2	30	30,0	11,0	1,5	4,5	6,5	24,5	19,5	2,5
B1	45	23,5	8,0	5,0	4,0	2,0	21,0	31,0	6,5
B2	50	10,0	4,0	2,5	5,0	3,5	29,5	45,5	0,0
BC	+40	26,0	12,0	3,5	3,5	3,5	27,5	24,0	0,0

* Máficos (Micas, Turmalina, etc.)

Cuadro 2. Composición mineralógica aproximada, determinada con radiación infrarroja, de la fracción arcilla de cinco perfiles de la Cordillera de Talamanca.

Horizonte	Grosor (cm)	Alofana	Material amorfo	Hissingerita	Mineral 1:1	Cuarzo
Perfil No. 1 (Andic Lithic Dystrandept)						
O2	15	XXX	XX	—	—	—
A2	2	XXX	XX	X	—	X
B2h	2	XXX	XX	X	X	—
BC	31	X	XX	X	XXX	—
Perfil No. 2 (Lithic Dystrandept)						
O2	5	XXX	XX	X	XX	X
A1	3	XXX	XX	X	XX	X
A2	4	XXX	XX	—	XX	X
BC	28	XXX	XXX	—	XX	—
Perfil No. 3 (Placandept)						
Oa	30	—	—	—	—	—
Oi	8	XX	XX	X	—	—
A2	5	XXX	XX	X	XX	X
B2h	2	—	—	—	—	—
BC	13	XXX	XX	X	XX	X
Perfil No. 4 (Typic Dystrandept)						
A11	15	XX	XX	X	X	—
A12	15	XXX	XX	X	XX	—
B1	15	XXX	XX	X	XX	—
B2	15	XXX	XX	X	—	—
C	+60	XXX	XX	X	X	—
Perfil No. 5 (Entic Dystrandept)						
A1	15	XXX	XX	X	X	—
A2	30	XXX	XX	X	X	—
B1	45	XXX	XX	—	X	—
B2	30	XXX	XX	X	X	—
BC	+40	XXX	XX	X	X	X

Dominante = XXX
Común = XX

Presente = X
Ausente = —

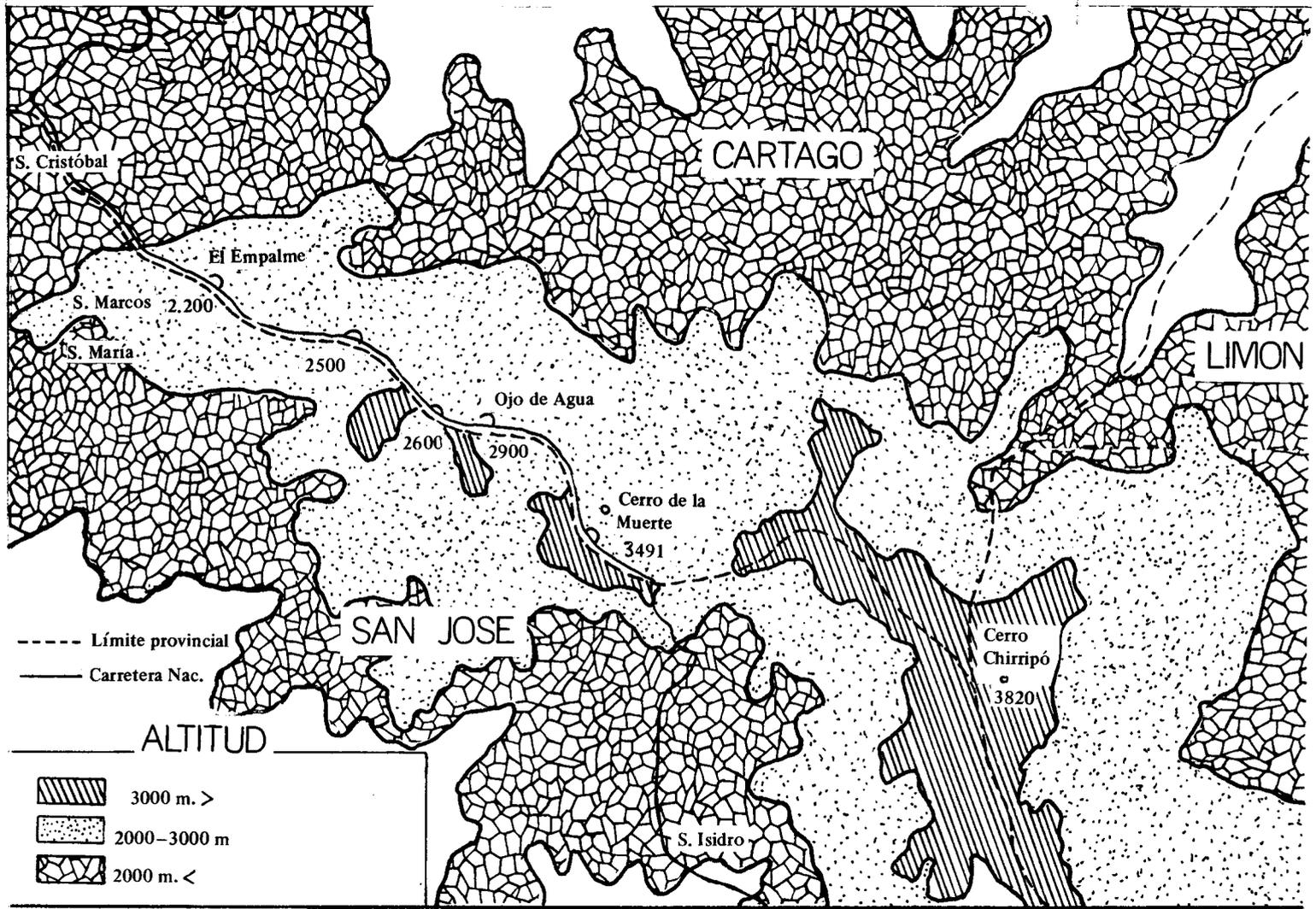


FIGURA 1: UBICACION DE LOS PERFILES EN EL AREA DE ESTUDIO

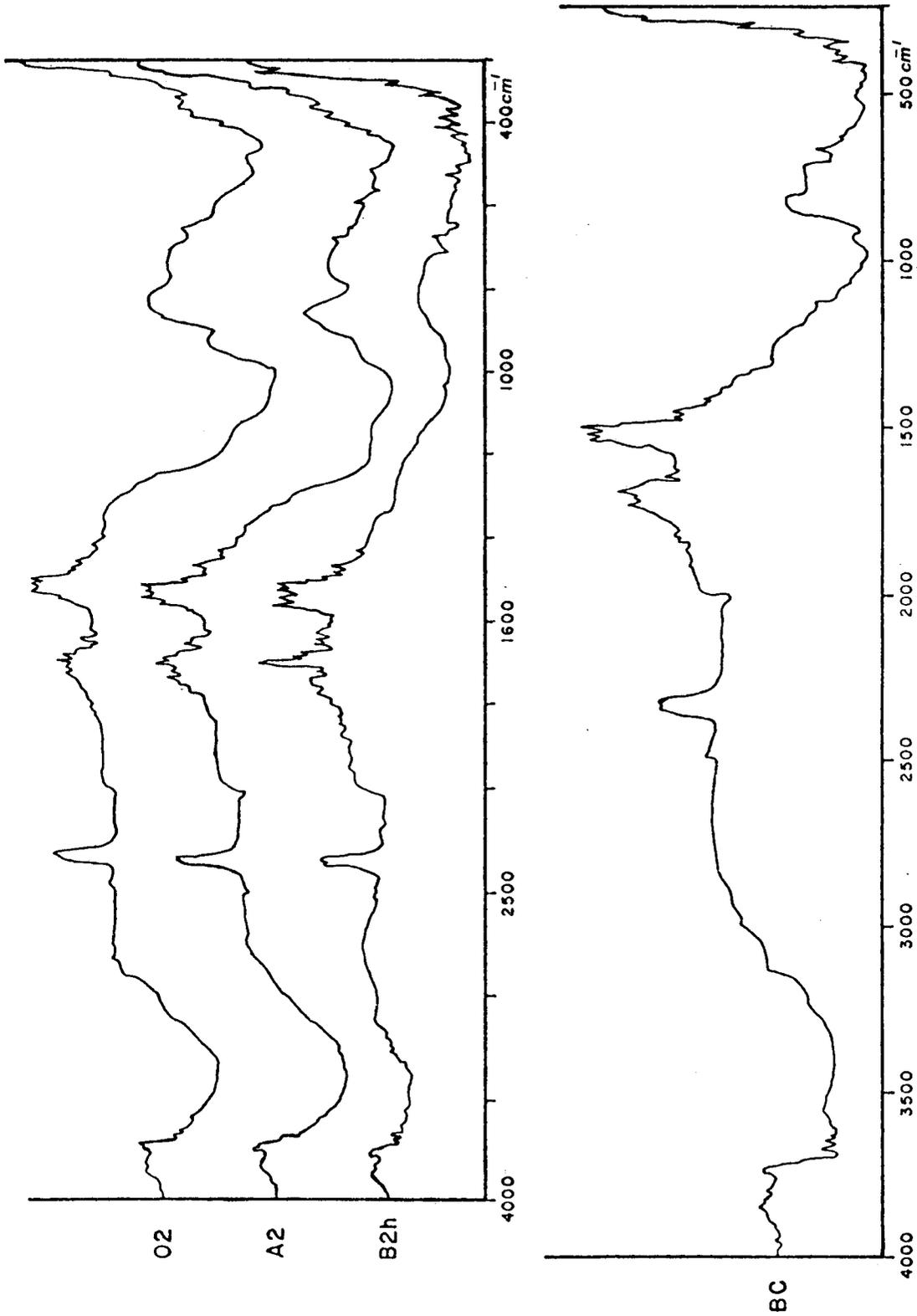


Fig. 2. Diagrama IR de las arcillas de los horizontes del perfil No. 1 (Andic Lithic Dystrandept).

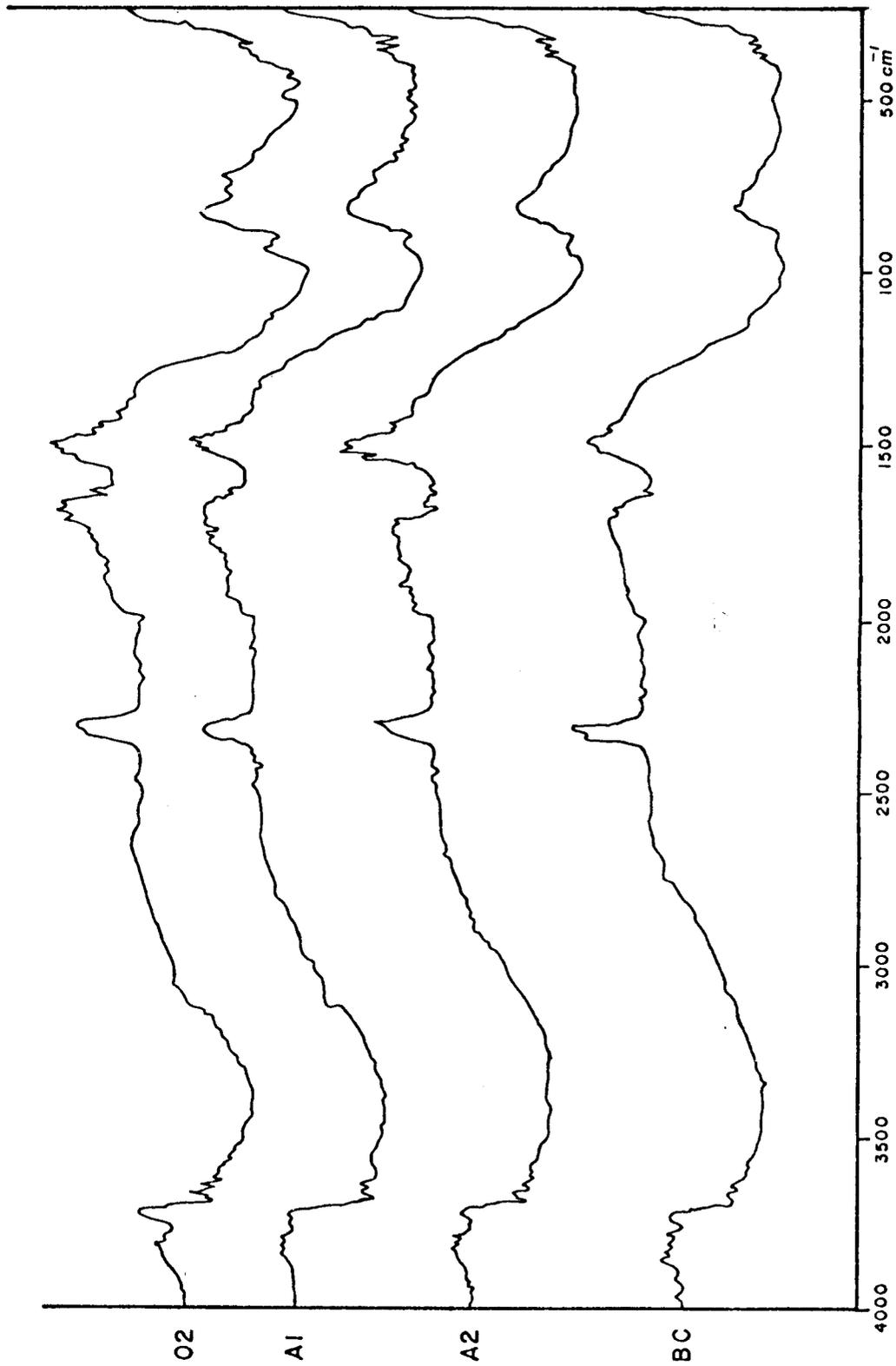


Fig. 3. Diagrama IR de las arcillas de los horizontes del perfil No. 2 (Lithic Dystrandept).

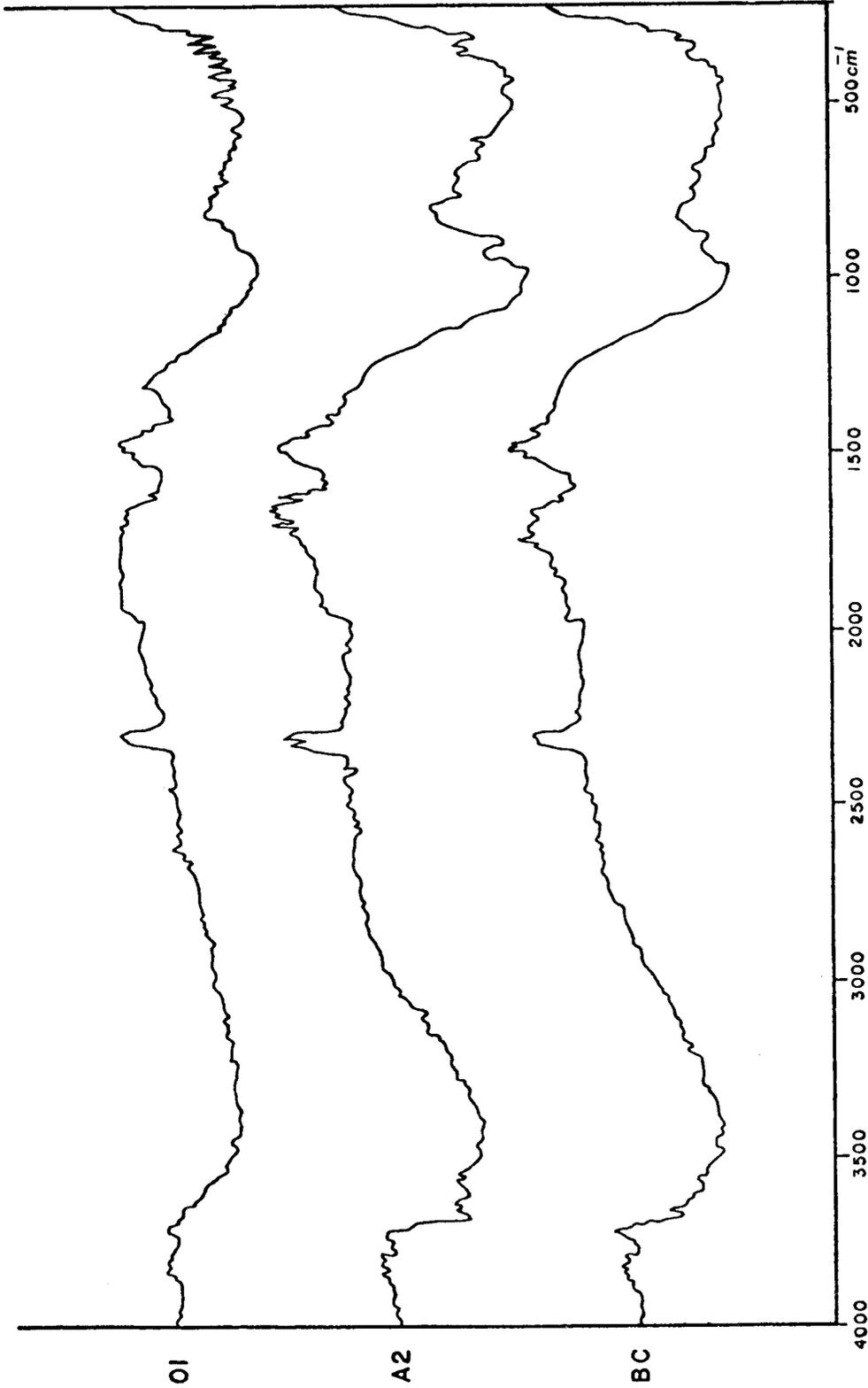


Fig. 4. Diagrama IR de las arcillas de los horizontes del perfil No. 3 (Placandep).

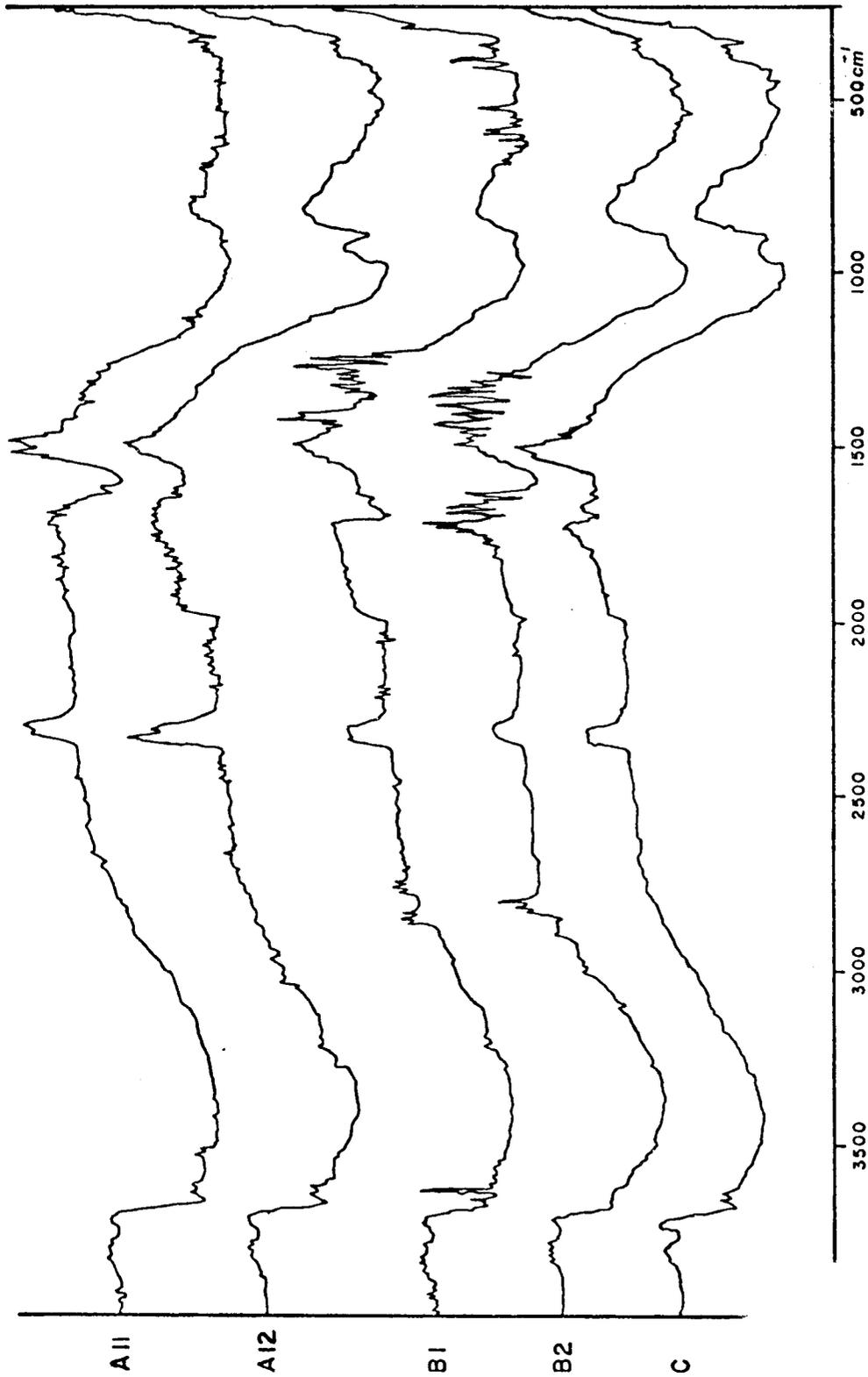


Fig. 5. Diagrama IR de las arcillas de los horizontes del perfil No. 4 (Typic Dystrandept).

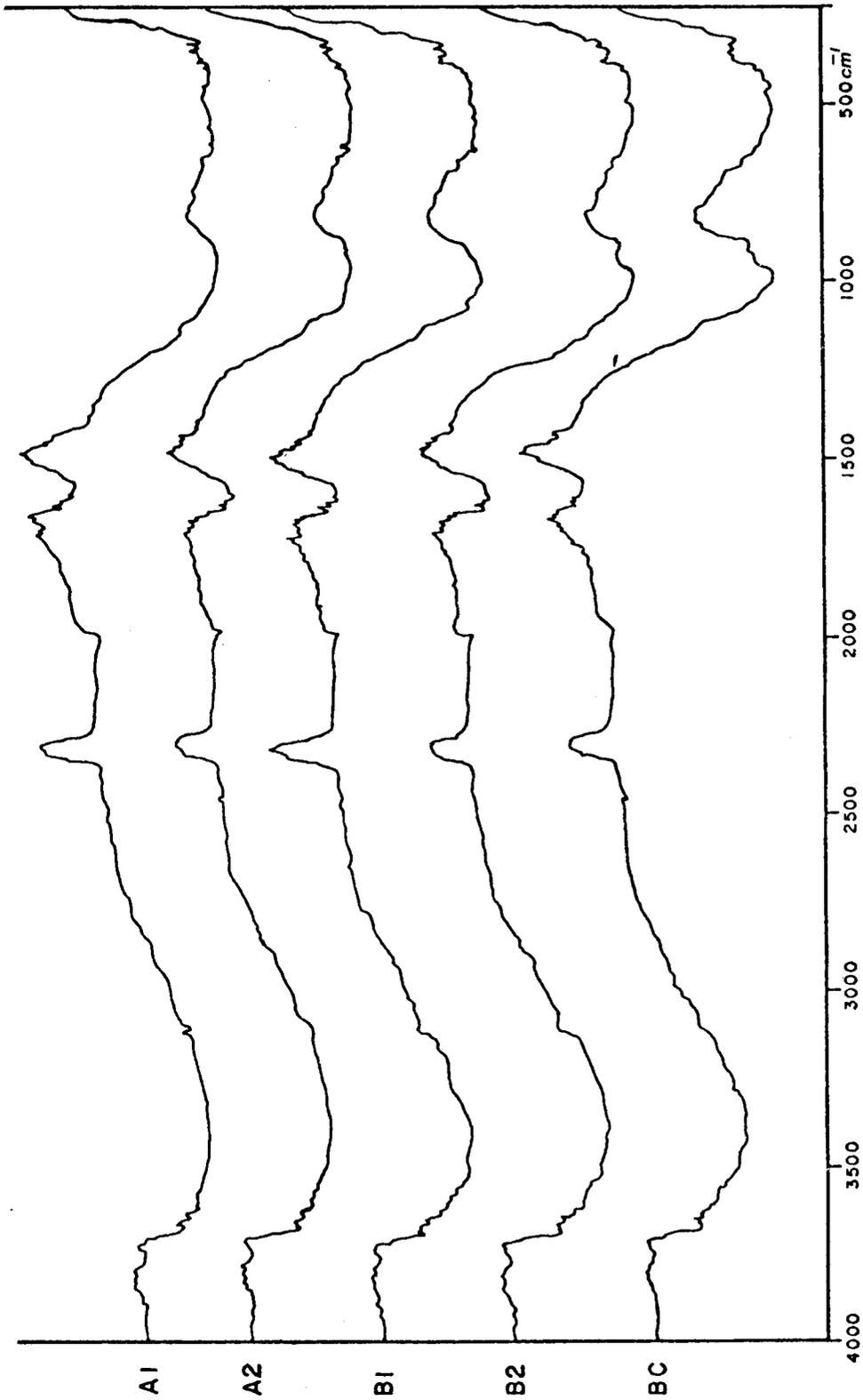


Fig. 6. Diagrama IR de las arcillas de los horizontes del perfil No. 5 (Entic Dystrandept).