

# Caracterización Física, Química, Mineralógica y Micromorfológica de Horizontes Argílicos en la Altiplanicie de Maracaibo<sup>1</sup>

Physical, Chemical, Mineralogical and  
Micromorphological Characteristics of the Argillic  
Horizons of the Maracaibo Plain

Luís Jiménez<sup>2</sup>  
Néstor Noguera<sup>2</sup>  
Wilhelmus Peters<sup>2</sup>  
José Moreno<sup>2</sup>  
Miguel Larreal<sup>2</sup>

## Resumen

Las características físicas, químicas, mineralógicas y micromorfológicas de 15 perfiles de suelos de la altiplanicie de Maracaibo fueron determinadas con el propósito de tipificar los horizontes argílicos más importantes y definir las diferencias entre los mismos. Los resultados mostraron que existen dos clases de argílicos diferenciados por el color de la matriz del suelo y por la presencia o ausencia de moteados con cromas de 2 o menos, las cuales fueron denominadas argílicos rojos y argílicos amarillentos. Los amarillentos contienen más arena fina y limo, y presenta conductividades eléctricas más altas que los rojos. La difracción de Rayos X mostró que en ambas clases la arcilla predominante es caolinita. El análisis micromorfológico confirmó la presencia de argilanes en ambas clases y la de nódulos esféricos en los argílicos amarillentos. El predominio de caolinita y la presencia de argilanes a profundidades mayores de 3 m indican que los suelos han sufrido un proceso de meteorización intenso en el pasado bajo condiciones climáticas más húmedas.

**Palabras claves:** Horizontes argílicos, caracterización de suelos, micromorfología de suelos, argilanes.

---

Recibido el 06-04-94 • Aceptado el 18-07-94

1. Proyecto No. B4. 7/1518-93B financiado por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CONDES) de la Universidad del Zulia.

2. Departamento de Edafología. Agronomía-LUZ. Apartado 15205. Maracaibo 4005.

## Abstract

The physical, chemical, mineralogical and micromorphological characteristics of fifteen soil profiles of the Maracaibo plain were determined in order to typify the most important argillic horizons and to define the differences between them. The results showed that two types of argillic horizons occur with different colors of soil matrix and with or without mottling with chromas of 2 or less that were called red and yellowish argillics. The yellowish contain more fine sand and silt and show higher electroconductivities than the red argillics. The results of X ray difraction showed that in both argillics the predominant clay type is Kaolinite. The micromorphological analysis confirmed the presence of argillans in both and the presence of spherical nodules in the yellowish argillics. The well developed argillans and the predominance of kaolinite indicate that the soil have suffered a very intensive weathering processes in the past under much more humid climatic conditions.

**Key words:** Argillic horizons, soil characterization, soil micromorphogy, Argillans.

## Introducción

La Altiplanicie de Maracaibo abarca una superficie de unas 454.000 Has de suelos con alto potencial para el desarrollo de una agricultura bajo riego. Dichos suelos se caracterizan principalmente por presentar mediana fertilidad natural, pH que varía entre ácidos y ligeramente ácidos y por la presencia del horizonte subsuperficial argílico a profundidades variables. (18,25).

La presencia del horizonte argílico es una característica de los suelos de la Altiplanicie de Maracaibo destacada en todos los estudios agrológicos y trabajos de investigación efectuados en el área. Dichos trabajos han enfocado fundamentalmente las diferencias del argílico en

cuanto a profundidad y la influencia de este sobre el manejo de la mecanización, riego, fertilización; y sobre el crecimiento de los cultivos (3,15,16). Sin embargo, no se ha estudiado a fondo la caracterización misma del argílico y las diferencias relacionadas al color tales como, textura, densidad aparente y otras características de los argílicos que pudieran afectar el uso potencial de los suelos. Ello determinó la realización de este estudio con el fin de tipificar mediante la caracterización física, química mineralógica y micromorfológica los principales horizontes argílicos y sus diferencias a nivel de la altiplanicie de Maracaibo.

## Materiales y métodos

Un total de 15 perfiles de suelo fueron seleccionados para la caracterización, 10 ubicados en el sector semiárido de la altiplanicie y 5 en el sector subhúmedo. Para la selección de los mismos se tomó como base la información proveniente del atlas de tierras de COPLANARH Región Lago de Maracaibo (6) y de los estudios agrológicos efectuados por el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales Renovables y la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia. En función de estos estudios se seleccionó un área muestra de 75.000 ha para el sector semiárido y una de 48.000 ha para el sector subhúmedo. Dentro de estas áreas se seleccionaron los perfiles modales para el estudio (2,17,19,21).

### Las actividades de campo comprendieron:

- 1.- Descripción del sitio y del perfil (11)
- 2.- Toma de muestra para caracterización física, química y mineralógica (11).
- 3.- Muestreo para densidad aparente cada 30 cm a partir de la superficie con un muestreador Uhland (12).
- 4.- Toma de muestra para micromorfología en los cuatro Argílicos más representativos a una

profundidad de 110 cm. El muestreo fue hecho siguiendo la metodología descrita por Peters (22).

- 5.- Pruebas de infiltración empleando el método de infiltrómetros de cilindros (12).

### Los procedimientos en laboratorio incluyeron:

1. Caracterización Física: granulometría por pipeta (9) y retención de humedad por plato y olla de presión (23).
2. Caracterización química: pH medido con el potenciómetro en pasta y en relación 1:1 (20), conductividad eléctrica medida con el conductímetro en relación 1:1 (4), capacidad de intercambio catiónico fue determinado por el método de acetato de amonio y suma de cationes (7), saturación básica por suma de bases y cloruro de Bario Trietanolamina (8) y carbón orgánico por el método de Walkey Black (1).
3. Análisis mineralógico de las arcillas por difracción de rayos X (26).
4. Estudio micromorfológico mediante la preparación de secciones delgadas montadas en vidrios y analizadas con microscopio petrográfico (22).

## Resultados y discusión

### Morfología de los Perfiles.

Los argílicos se agruparon en dos clases en base al color. La primera de ellas fue denominada argílicos amarillentos, los cuales presentan

colores con matices más amarillos que 7,5YR generalmente 10YR 6/5 y 10YR 8/6; y moteados rojos y grises con cromas de 2 o menos que indican condiciones de óxido reducción.

Puesto que en la actualidad no existen tales condiciones se infiere que los colores son heredados de una condición climática más húmeda (18). La segunda clase se denominó argílicos rojos por presentar en la matriz del suelo colores con matices más rojos que 7,5YR, normalmente 2,5YR 4/5, 2,5YR 6/4, 5YR 4/4 y 5YR 6/4. Esta clase generalmente no presenta moteados y si estos ocurren, no presentan cromas de 2 o menos que indiquen condiciones de reducción (Fotografías 1 y 2).

### **Caracterización Física:**

Los análisis granulométricos mostraron para todos los perfiles un predominio de la fracción arena y un incremento en el contenido de arcilla con la profundidad. Las cantidades de arena muy fina y limo en los suelos con argílicos amarillentos fueron siempre mayores que en los rojos.

Las determinaciones de retención de humedad mostraron porcentajes de agua útil entre muy bajos y bajos en las capas superficiales (3-9,9%) que aumentan a valores medios con la profundidad (10-15%) lo cual se atribuye al incremento en el contenido de arcilla a nivel del horizonte argílico (14). No se observaron diferencias entre las dos clases de argílicos y se observó una fuerte influencia de la textura y la profundidad sobre la retención de humedad a 1/3 y 15 atmósferas. A medida que aumentaron la profundidad y el porcentaje de arcilla, aumentaron los valores de agua útil.

La densidad aparente a nivel de horizontes argílicos para la clase amarillenta varió entre 1,5 y 1,98

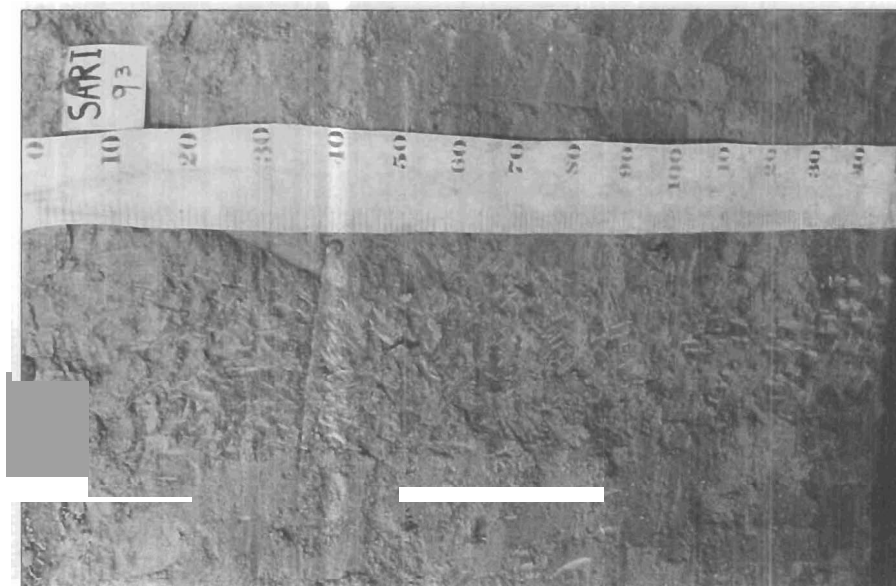
g/cc mientras que para los rojos fluctuó entre 1,56 y 1,72 g/cc. Los valores altos de densidad en los argílicos amarillentos se atribuyeron a procesos de cementación por hierro, materiales con muy bajos contenidos de humedad y contenidos mayores de arena muy fina y limo.

La infiltración básica de los suelos con argílicos amarillentos varió entre 0,79 - 4,5 cm/h y para suelos con argílico rojo fluctuó entre 0,58 - 7,9 cm/h. Los valores bajos de infiltración básica se relacionaron con problemas de compactación en la capa superficial, en tanto que los valores altos se asociaron con argílicos profundos y capas superficiales más arenosas.

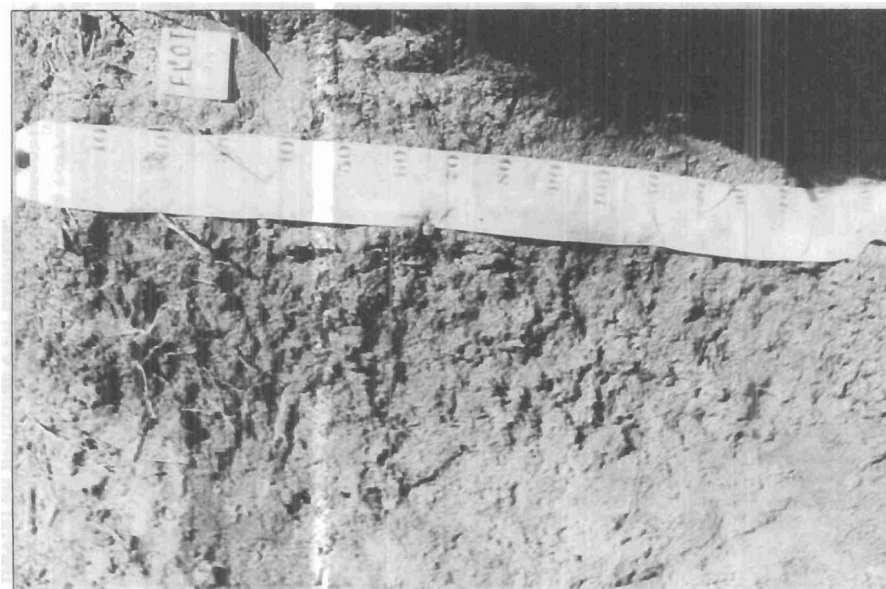
### **Caracterización Química:**

Los valores de pH variaron entre neutros, ligeramente ácidos y ácidos (6,5 - 5,4). Se observó una tendencia general al descenso de los valores con la profundidad y no se apreciaron diferencias entre argílicos rojos y amarillentos.

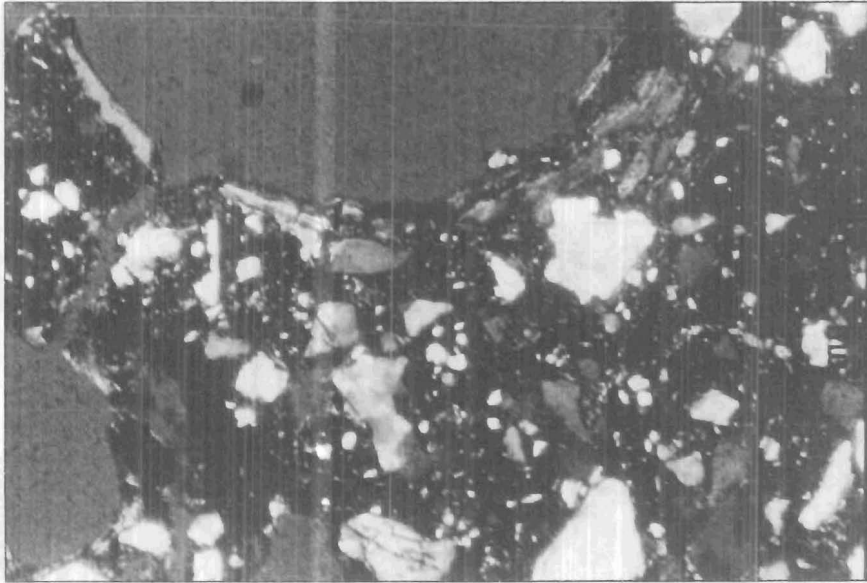
La capacidad de intercambio catiónico expresada en  $\text{Cmol Kg}^{-1}$  (CIC) para las capas superficiales fluctuó entre 2,3 y 8,8  $\text{Cmol Kg}^{-1}$ . A nivel de los horizontes argílicos los valores estuvieron entre 4,5 - 14,5  $\text{Cmol Kg}^{-1}$  para los argílicos amarillentos y 3,8 - 10,4  $\text{Cmol Kg}^{-1}$  para los argílicos rojos. En ambas clases de argílicos se observó una tendencia al aumento de la CIC con la profundidad lo cual se explicó por el incremento del porcentaje de arcilla a nivel de los horizontes argílico. En los argílicos amarillentos se observaron valores más altos de CIC que se asociaron con contenidos mayores de ilita.



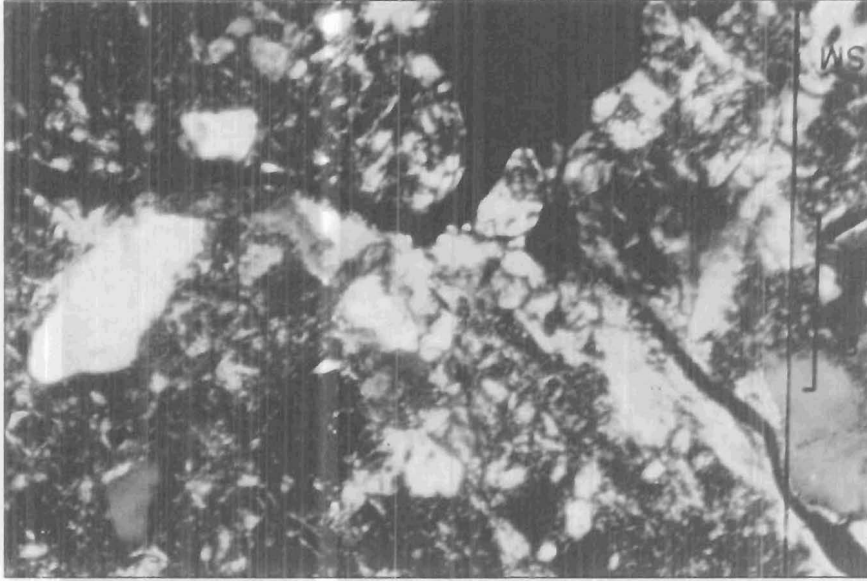
Fotografía 2. Suelo con horizonte argílico rojo



Fotografía 1. Suelo con horizonte argílico amarillento



Fotografía 3. Imagen microscópica correspondiente a un argílico rojo. Obsérvese la presencia de arcilla iluvial en pelúculas y en pápulas.



Fotografía 4. Imagen microscópica correspondiente a un argílico amarillento. Obsérvese el nódulo esférico en color rojizo.

La saturación básica por cloruro de Bario Trietanolamina varió entre alta y muy alta tanto para el argílico como para las capas superficiales (40-100%) y no se observaron diferencias entre clases de argílicos.

La conductividad eléctrica (CE) para las capas superficiales varió entre 0,192 y 1,94 mS/cm. Para los argílicos amarillentos fluctuó entre 0,762 y 8.600 mS/cm y para los rojos entre 0,192 y 4,56 mmho/cm. Los valores generalmente aumentaron con la profundidad y se pudo definir una marcada tendencia en la clase amarillenta a presentar valores más altos de CE que indican problemas de sales a nivel del argílico cuyo origen se explicó por la mismas causas que originaron los moteados de gley fósil; antiguas mesas de aguas que aportaron sales. De un total de ocho perfiles de la clase amarillenta siete presentaron conductividades superiores a 1 mS/cm a una profundidad de 1,5 m, mientras que para los argílicos rojos de siete perfiles sólo uno presentó conductividades mayores de 1 mS/cm a la profundidad de 1,5 m.

### **Mineralogía**

Los difractogramas de la Fracción arcillosa demostraron que en ambas clases el tipo de arcilla predo-

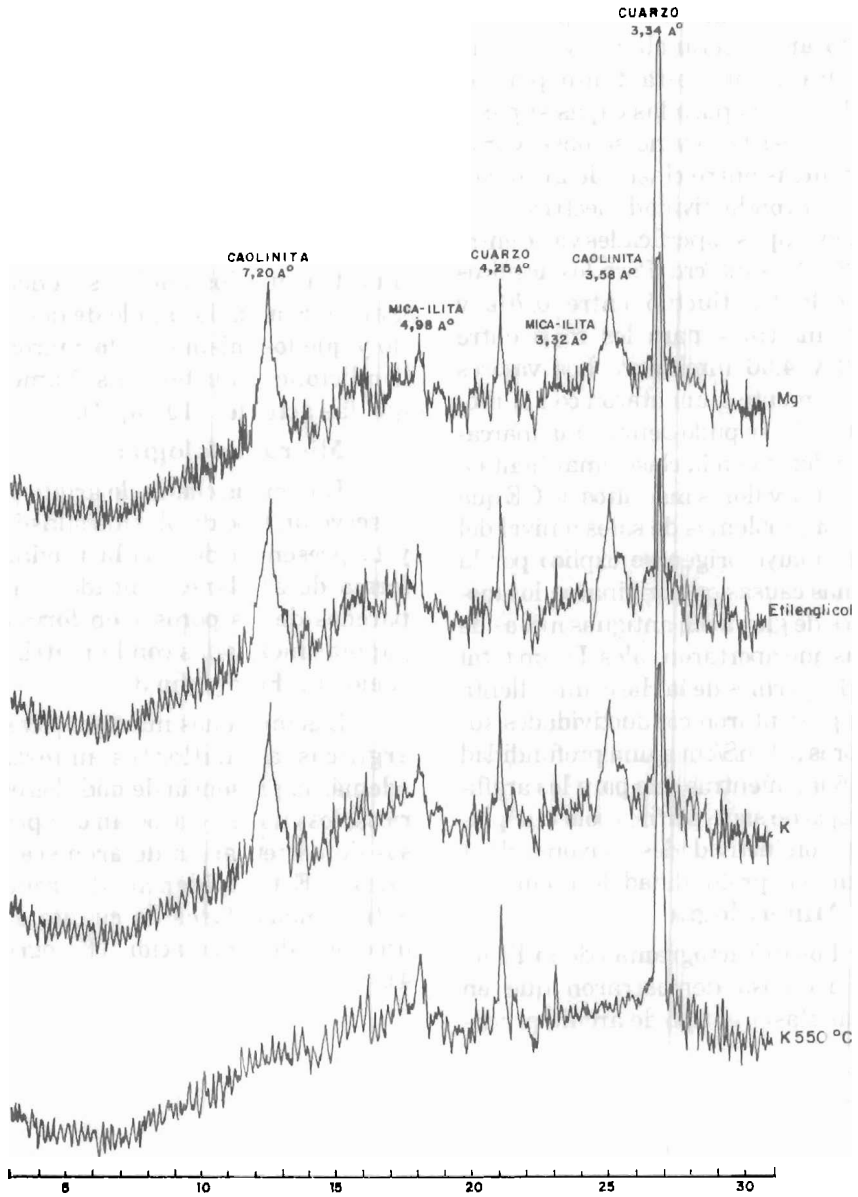
minante es la caolinita seguida por cuarzo e illita (Figuras 1-2). Se observó una mayor amplitud y longitud de los picos en los argílicos amarillentos, lo que sugiere que tienen un mayor contenido de caolinita y cuarzo que los rojos.

El predominio de caolinita demuestra que los suelos se encuentran en avanzado estado de desarrollo y que los mismos se formaron en condiciones mucho más húmedas que las actuales (10,13,24).

### **Micromorfología:**

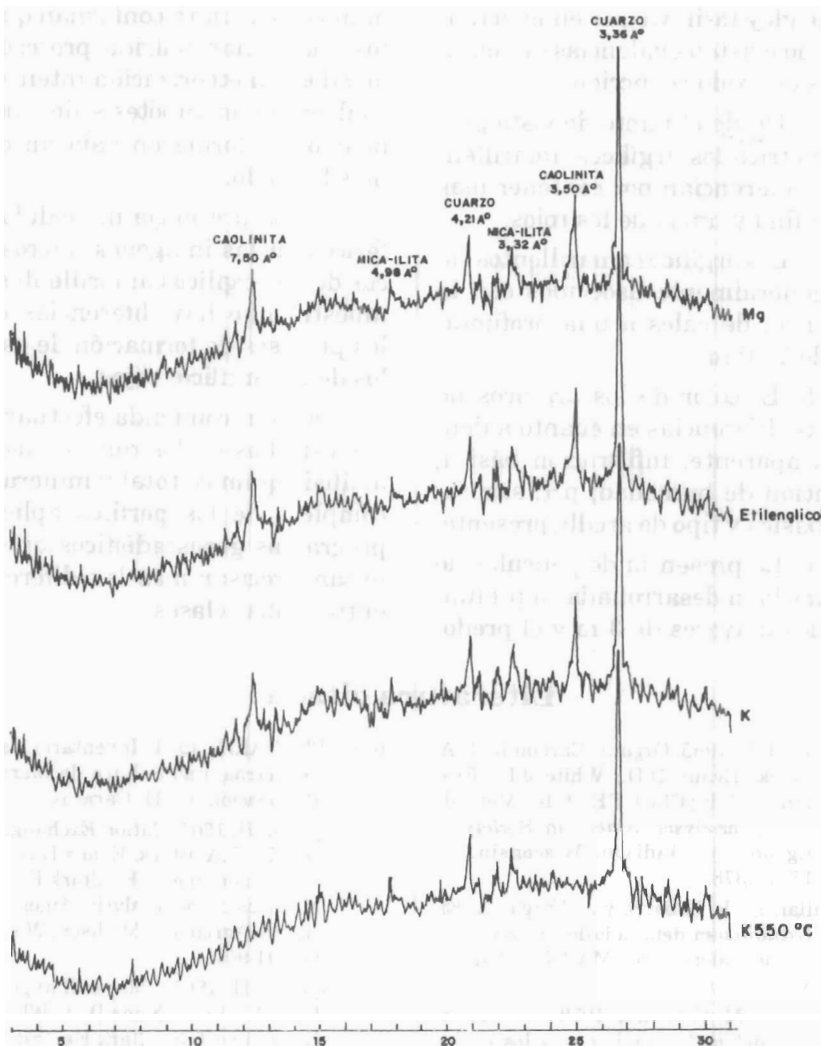
En ambas clases de argílicos se observó un tipo de plasma silasépica y la presencia de arcilla iluvial en forma de argilanes ubicados en las paredes de los poros y en forma de pápulas mezcladas con la matriz del suelo (5). (Fotografía 3).

Las imágenes microscópicas de argílicos amarillentos muestran además la presencia de nódulos esféricos, los cuales se asocian con procesos de cementación de arenisca por hierro. Esto evidencia diferencias entre ambas clases en cuanto a los procesos de Formación (Fotografía 4).



**Fig. 1** Difractograma argilico amarillento (FLO-I)





**Fig. 2 Difractograma argílico rojo (SAR-I)**

### **Conclusiones y recomendaciones**

1. Existen a nivel de la altiplanicie de Maracaibo dos clases de horizontes argílicos las cuales fueron nombradas como argílicos rojos y argílicos amarillentos. Estas se dife-

rencian en cuanto al color de la matriz del suelo y de los moteados.

2. La presencia de manchas con cromas de 2 o menos en los argílicos amarillentos se asocian con condicio-

nes de gley fósil, ya que en la actualidad no existen evidencias de condiciones de óxido reducción.

3. Desde el punto de vista granulométrico los argílicos amarillentos se diferencian por contener más arena fina y limo que los rojos.

4. Los argílicos amarillentos están generalmente asociados con la presencia de sales a una profundidad de 1,50 m.

5. El color de los argílicos no implicó diferencias en cuanto a densidad aparente, infiltración básica, retención de humedad, pH, saturación básica y tipo de arcilla presente.

6. La presencia de películas de arcillas bien desarrolladas a profundidades mayores de 3 m y el predomi-

nio de caolinita confirman que estos suelos han sufrido procesos de lavados y meteorización intensos, lo cual apoya la hipótesis de que los mismos se formaron bajo un clima más húmedo.

7. La presencia de nódulos esféricos en las imágenes microscópicas de los argílicos amarillentos, demuestra que hay diferencias entre los procesos de formación de estos y los de los argílicos rojos.

8. Se recomienda efectuar nuevos estudios en los que se efectúen análisis químico total y mineralogía completa de los perfiles aplicando programas geoestadísticos que permitan precisar más las diferencias entre ambas clases.

## Literatura citada

1. Allison, L.E. 1965. Organic Carbon In: C.A. Black; Evans D.D.; White J.L.; Ensminger L.E.; Clark F.E. (Eds). Methods of soil analysis. American Society of Agronomy. Madison. Wisconsin. pp 1367-1378.
2. Alviñar, E., L. Labarca y A. Vargas. 1985. Estudio semidetallado de suelos del polígono siderúrgico. MARNR. Zona 5. Maracaibo.
3. Añez, D. y M. Valbuena. 1978. Consecuencias del mal manejo de suelos en los alrededores de Maracaibo. Trabajo presentado en el IV Congreso Venezolano de las ciencias del suelo. LUZ AGRONOMIA. Maracaibo.
4. Bower C. y L. Wilcox. 1965. Soluble salts. In: C.A. Black; Evans D.D.; White J.L.; Ensminger L.E.; Clark F.E. (Eds). Methods of soil analysis. American Society of Agronomy. Madison. Wisconsin. pp 914-926.
5. Brewer, E. 1976. Fabric and mineral analysis of soils. R.E. Krieger publishing company. Huntington. New York.
6. COPLANARH. 1974. Inventario nacional de tierras, región Lago de Maracaibo. Publicación N° 34. Caracas.
7. Chapman, H. 1965. Cation Exchange capacity. In: C.A. Black; Evans D.D. White J.L.; Ensminger L.E.; Clark F.E. (Eds). Methods of soil analysis. American Society of Agronomy. Madison. Wisconsin. pp 891-901.
8. Chapman, H. 1965. Total exchange bases. In: C.A. Black; Evans D.D.; White J.L.; Ensminger L.E.; Clark F.E. (Eds). Methods of soil analysis. American Society of Agronomy. Madison. Wisconsin. pp 902-904.
9. Day, P.R. 1965 Particle Fractionation and particle Size analysis. In: C.A. Black; Evans D.D.; White J.L.; Ensminger L.E.; Clark F.E. (Eds). Methods of soil analysis. American Society of Agronomy. Madison. Wisconsin. pp 544-567.
10. Eghbal, M y R. Souther. 1993 Micromorphological evidence of polygenesis of three aridisols; Western Mojave desert

- California. Soil Science Society of American Journal. 57: 1041-1050.
11. F.A.O. 1977. Guía para la descripción de perfiles de suelo. Servicio de Fomento y conservación del recurso suelo. Segunda edición. Roma. 70 pp.
  12. Forsythe, W. 1975. Física de suelos. Manual de laboratorio. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Turrialba. Costa Rica. 212 pp.
  13. Goenedi, D. y K.H. Tan. 1989. Micromorphology and mineralogy of illuviated clay in Davidson soil. Soil Science of American Journal 53: 967-971.
  14. Khan, G. y T. Afzal. 1990. Hydraulic characteristics of some important soil series of Pakistan. In: M. Ahmad (Ed). Soil physics in stress environments. Proceedings of the international symposium of applied soil physics in stress environments 22-26 January. Islamabad, Pakistan. pp 222-237.
  15. Martínez, J.; N. Noguera; W. Peters y T. Clavero. 1992. Efecto de la compactación de suelos sobre el crecimiento y producción de forraje en pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq). Rev. Fac. Agron. (LUZ). 9:97-108.
  16. Mata, D. y N. Noguera. 1992. Salinidad en suelos y aguas en tres granjas frutícolas del Municipio Mara del Estado Zulia. Rev. Fac. Agron. (LUZ) 9: 165.
  17. Materano, G.; W. Peters; N. Noguera; J. Villafaña 1985. Estudio detallado de suelos terrenos de la Ciudad Universitaria de LUZ. LUZ AGRONOMIA. Maracaibo.
  18. Paredes, J. y S. Buol. 1981. Soils in an Aridic, Ustic. Udic climosequence in the Maracaibo Lake Basin. Soil Science Society of America Journal 45: 385-391.
  19. Patiño, H.; L. Labarca; R. López; C. Iriarte; E. Naveda; N. Galue y E. Nucette. 1992. Estudio semidetallado de suelos sector El Laberinto proyecto Palmar. MARNR - Zona 5. Maracaibo.
  20. Peech, N. 1965 Hydrogen ion activity. In: C.A. Black; Evans D.D.; White J.L.; Ensminger L.E.; Clark F.E. (Eds). Methods of soil analysis. American Society of Agronomy. Madison. Wisconsin. pp 914-926.
  21. Peters, W.; N. Noguera y G. Materano. 1983. Estudio detallado de suelos de la granja experimental "Ana María Campos". LUZ AGRONOMIA. Maracaibo.
  22. Peters, W. 1983. La Micromorfología en el estudio de una toposecuencia en la cuenca del Lago de Maracaibo. Trabajo de ascenso. LUZ AGRONOMIA. Maracaibo.
  23. Richards, L. 1965. Physical condition of water in soil In: C.A. Black; Evans D.D.; White J.L.; Ensminger L.E.; Clark F.E. (Eds). Methods of soil analysis. American Society of Agronomy. Madison. Wisconsin. pp 128-152.
  24. Shenggen, C. 1988. Micromorphological study on argillification in aridisols of China. Developments in soil Science. 19: 347-354.
  25. Villalobos, I. y W. Peters. 1984. Características Físicas, químicas y mineralógicas de los suelos de la altiplanicie de Maracaibo. (Trabajo de investigación). LUZ - AGRONOMIA. Maracaibo.
  26. Whittig, L. 1965. X ray diffraction techniques for mineral identification and mineralogical composition. In: C.A. Black; Evans D.D.; White F.L.; Ensminger L.E.; Clark F.E. (Eds). Methods of soil analysis. American Society of Agronomy. Madison. Wisconsin. pp 228-236.