

COMPOSICIÓN MINERALÓGICA
DE LOS PRINCIPALES TIPOS DE SUELOS DE CUBA

COMPOSITION MINÉRALOGIQUE
DES PRINCIPAUX TYPES DE SOLS CUBAINS

A. OBREGON, A. FUNDORA, J.E. GONZALEZ

RESUMEN

Se estudián desde el punto de vista mineralógico la mayoría de los principales tipos de suelos de Cuba. Los resultados de la investigación demuestran que independientemente del tamaño relativamente pequeño de la Isla existe un variado mosaico de suelos, que varía desde suelos muy evolucionados como los Ferríticos y algunos Ferralíticos hasta suelos donde practicamente no existe ninguna alteración y los minerales son heredados.

Se constata que en los suelos del agrupamiento Ferralítico es común la predominancia de los minerales de red cristalina tipo 1:1 (fundamentalmente la caolinita y metahalloisita) con contenidos menores de gibbsita, goethita y hematita; existiendo casos en que la fuerte meteorización ha provocado una gran acumulación de aluminio en forma de gibbsita como es el caso de los Ferralíticos Rojos Lixiviados y en otros casos aún presentan los minerales tipo 2:1, como son los horizontes inferiores de los Ferralíticos Rojos Típicos y los suelos formados a partir de esquistos.

Los Ferríticos constituyen verdaderas acumulaciones de Fe_2O_3 , mientras que en la mayoría del resto de los suelos es común el predominio de la montmorillonita en las arcillas.

RÉSUMÉ

On étudie d'un point de vue minéralogique la plupart des principaux types de sols cubains. Les résultats montrent qu'indépendamment de la taille relativement réduite de l'Ile, il existe une mosaïque de sols, allant des sols très évolués comme les Sols Ferritiques et quelques Sols Ferrallitiques aux sols où il n'y a pratiquement aucune altération et où les minéraux sont hérités.

On constate que dans les sols de type Ferrallitique, prédominent les minéraux à réseau cristallin du type 1:1 (essentiellement la kaolinite et la métahalloysite) à faible teneur en gibbsite, goethite et hématite. La forte altération a provoqué une accumulation considérable d'aluminium sous forme de gibbsite dans le cas des Sols Ferrallitiques Rouges Lessivés. Il y a aussi des minéraux du type 2:1, tels que les horizons inférieurs des Sols Ferrallitiques Rouges Typiques et les sols formés à partir de schistes.

Les Sols Ferritiques constituent de véritables accumulations de Fe_2O_3 , tandis que, dans la plupart des autres sols, la montmorillonite prédomine dans les argiles.

INTRODUCCIÓN

Los trabajos relacionados con el estudio de la composición mineralógica de los suelos de Cuba no comenzaron a realizarse hasta después del año 1967; anteriormente solo existían caracterizaciones generales de los suelos basados en los análisis químicos, físicos y físico-químicos.

Desde finales de la década del 60 hasta la actualidad se ha realizado un intenso trabajo en esta especialidad que ha conllevado a la caracterización de la mayoría de los principales tipos de suelos de Cuba.

Este trabajo realizado fundamentalmente por el Instituto de Suelos de la Academia de Ciencias con la asesoría de especialistas soviéticos y Franceses ha permitido estudiar las fracciones gruesas y finas del suelo en agrupamientos de suelos muy extensivos en el país como son los Pardos, Ferralíticos, Ferríticos, Húmicos Calcimórficos, Vertisuelos, etc. Sin embargo, no todos los suelos se han estudiado con la misma intensidad, existiendo agrupamientos como los Hidromórficos, los cuales aún deben ser mucho más estudiados, al igual que los Vertisuelos y los Halomórficos.

Los resultados obtenidos durante el estudio mineralógico de los suelos de Cuba han sido fundamentales para el establecimiento de las últimas versiones de clasificación del Instituto de Suelos de la Academia de Ciencias de Cuba (Instituto de Suelos, 1975; 1980).

En este trabajo se hace una pequeña caracterización a la mayoría de los principales tipos de suelos de Cuba.

Los suelos clasificados como Ferríticos ocupan una superficie en Cuba de aproximadamente 1 800 Km² (Ascanio, 1973), siendo los lugares donde se encuentran en mayor extensión los Pinares de Mayarí, Nícaro y Moa en la región oriental del país; los alrededores de la Sierra de Cubitas en Camagüey y la Sierra del Rosario en Pinar del Río.

Estos suelos se forman sobre rocas con contenidos relativamente altos de hierro (serpentinitas y en algunos casos basaltos) que al meteorizarse en un clima con lluvias que varían desde 1 400- 1 800 mm o más y una temperatura promedio anual superior a los 20°C dan lugar a la formación de un perfil rojo a rojo púrpura en algunos casos de varios metros de profundidad, en el cual existe una acumulación de Fe_2O_3 hasta de 80%.

En la formación de estos suelos debe destacarse además del clima, la antigüedad de las formaciones geológicas, pues según el criterio de los geólogos la edad de los principales macizos de peridotitas de Cuba se remonta al Cretaceo Superior; también hay que señalar el relieve, ya que los suelos independientemente de la altura sobre el nivel del mar se forman en posiciones topográficas estables.

En estas condiciones los constituyentes de las rocas, fundamentalmente piroxenos y olivino se transforman totalmente, presentando el suelo una profunda alteración de los minerales primarios, con acumulación de óxidos de hierro (principalmente goethita y algo de hematita) con cantidades menores de caolinita y gibbsita; existiendo en algunos casos trazas de vermiculita.

Los suelos Ferralíticos Rojos típicos sustentados sobre rocas calizas miocénicas se distribuyen en diferentes provincias del país, fundamentalmente en la llanura Habana-Matanzas y en Ciego de Avila (Instituto de Suelos, 1973); los mismos presentan relaciones SiO_2/Al_2O_3 ligeramente menores de 2, capacidad de cambio de bases y cationica generalmente mayores de 20 Meq/100g de arcilla, lo cual no es típico para los suelos Ferralíticos. Las posibles causas de la elevación de estos tenores, pueden ser la predominancia del mineral tipo 1:1 (metahalloysita) en la arcilla y el contenido relativamente alto de hierro libre en el suelo, donde se destacan los compuestos amorfos.

La fracción arenosa de estos suelos presenta un bajo porcentaje de minerales pesados, los cuales están representados principalmente por óxidos e hidróxidos de hierro y en menor contenido epidota y otros minerales resistentes a la meteorización como son el granate, zircón, magnetita y rutilo. En la mayoría de los casos la fracción ligera es la más representativa cuantitativamente, aunque cualitativamente es pobre, pues esta constituida solamente por cuarzo y trazas de feldespatos muy alterados, los cuales prácticamente están en estado de caolinización.

La fracción arcilla esta representada en su mayoría por Metahalloysita y caolinita, en la mayoría de los casos del tipo Fire-Clay, existiendo contenidos menores de goethita, hematita, gibbsita y trazas de cuarzo (Obregón, 1979; Camacho, 1980; Bosch, 1981). Por último debe destacarse, que el horizonte inferior de estos suelos, el cual en muchos casos es transicional con la roca, presenta trazas de esmectitas.

Algunos autores como Shihov (1975) y Gradusov et al; 1976 consideran que además de estos minerales existen en los suelos Ferralíticos Rojos típicas interestratificaciones del tipo caolinita-esmectita; la cual según Sakharov y Dritz (1973), se identifica por las reflexiones a $7,6-7,8 \overset{\circ}{\text{Å}}$.

La presencia de estos minerales interestratificados, puede explicar aún más, el porque de los valores tan elevados de la capacidad de cambio de bases y catiónica en suelos donde la fracción arcilla está constituida fundamentalmente por minerales tipo 1:1. Esto, unido a la existencia de feldespatos parcialmente alterados y montmorillonita, ratifica las hipótesis sobre la existencia de un clima más árido en el Holoceno en diferentes áreas del territorio de Cuba.

Los suelos Ferralíticos Rojos Hidratados, estrechamente relacionados a los anteriores ocupan posiciones relativamente más bajas en el microrrelieve, existiendo por tanto una mayor acumulación de humedad durante el periodo lluvioso.

Las características químico-mineralógicas de estos suelos son similares a la de los Ferralíticos Rojos típicos, pero en los mismos existe un mayor contenido de goethita, el cual da al suelo un color rojizo con tonalidades amarillentas.

Los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados ocupan áreas importantes en la provincia de Pinar del Río, Isla de la Juventud y Juraguá, en la región Central. Se forman a partir de rocas con un elevado contenido de Cuarzo como son el gneis, arenas ferruginosas, etc., o rocas en proceso de alteración en las cuales ocurre la meteorización de este mineral.

Los resultados del análisis mineralógico realizado a varios perfiles muestra una profunda alteración en los minerales de las diferentes fracciones granulométricas. En las arenas predominan el cuarzo y los feldespatos, los últimos en profundidad y en la arcilla es

dominante la gibbsita por lo menos en el primer metro de espesor y la caolinita en la capa inferior, siendo esta de regular a mala cristalización (Obregón, 1979).

Los minerales antes mencionados tienen una distribución inversa, es decir, existe un predominio de la gibbsita en el espesor del suelo, más expuesto a los agentes del intemperismo; lo que indica que su formación puede estar relacionada con la transformación de la caolinita; además de estos minerales existe goethita, hematita, trazas de cuarzo y por último illita en la parte inferior del perfil, en contacto con los esquistos.

Desde el punto de vista químico debe destacarse que en estos suelos existen verdaderas acumulaciones de aluminio, pues el contenido de Al_2O_3 , rebasa en algunos casos el 50%, en los horizontes superiores del perfil (Obregón, 1979).

Los suelos Ferralíticos Amarillentos Lixiviados están asociados a los Ferralíticos Rojos típicos de las regiones calcáreas, mezclándose con los suelos Hidromórficos en las cercanías de las costas. En estos suelos el proceso de ferralitización va acompañado de una fuerte hidratación de las formas de hierro, que se manifiesta por la presencia de goethita, en cantidades significativas, lo cual le confiere al suelo una coloración amarillenta.

Presentan una capacidad de cambio de bases que varía generalmente de 8-13 Meq/100g de suelo y relaciones SiO_2/Al_2O_3 próximos a 2 o ligeramente mayores. En las fracciones arenosas existen generalmente minerales resistentes a la alteración, aunque se destaca una cierta heterogeneidad desde el punto de vista cualitativo, lo que evidentemente está relacionado con la influencia de materiales alóctonos.

En la arcilla son predominantes los minerales tipo 1:1 (Metahalloysita y caolinita) los cuales se asocian a la goethita y en menor proporción a la montmorillonita.

Muchos de estos suelos han sido clasificados como pseudopodzoles (Zonn, 1968a; Hernández y Obregón, 1981).

Los suelos Ferralíticos Cuarzíticos Amarillo rojizos lixiviados se distribuyen principalmente en la porción central de la Isla de la Juventud, algunas regiones de la provincia de Pinar del Río y en la Sierra Maestra, en el extremo oriental del país.

Estos suelos se desarrollan a partir de una corteza de meteorización loam pesada, formada producto de la alteración de esquistos de características básicas, clasificados por Millan (1975), como metaterrígenos subfaciecianita-almondita-Moscovita, siendo común el aporte de materiales alóctonos en el espesor superior de los perfiles.

Desde el punto de vista mineralógico, se destaca que las fracciones arenosas presentan un elevado contenido de cuarzo e hidróxidos de hierro y un porcentaje significativo de fragmentos de esquistos de composición básica; estos últimos principalmente en la parte inferior del perfil.

Las arcillas están representadas fundamentalmente por caolinita de buena cristalización, gibbsita, goethita y en menor proporción illita y Vermiculita, con trazas de clorita en el horizonte C de la mayoría de los perfiles.

En estos suelos se aprecia una profunda alteración química, que se demuestra por la formación de caolinita e incluso gibbsita a partir de la meteorización de la moscovita. No obstante debe aclararse que existen minerales tipo 2:1 y clorita que no son típicos de la ferralitización, lo que al parecer indica una alteración reciente y todavía incompleta de los esquistos; pues por la forma de orientación de estos, la transformación de los minerales no se realiza con la misma velocidad en cada una de sus partes.

Este fenómeno, o sea la presencia de minerales como la illita, Vermiculita y clorita es común en la mayoría de los suelos Ferralíticos cubanos formados a partir de esquistos micaceos; siendo una ley el aumento de dichos minerales con la profundidad.

Los suelos Ferralíticos Cuarzíticos Amarillos lixiviados se distribuyen principalmente en la región central de la Isla de la Juventud. Se forman sobre rocas metamórficas (esquistos micaceos cuarzíticos) que al alterarse provocan un enriquecimiento en cuarzo a través de todo el perfil.

Desde el punto de vista químico son desaturados, de reacción ácida y la materia orgánica es baja, lo que indica su escasa fertilidad natural.

Las arenas se caracterizan por presentar casi un 100% de cuarzo en el espesor superior y medio del perfil, existiendo solamente trazas de hidróxidos de hierro en la fracción $< 0,25$ mm. Esto demuestra

que independientemente de lo difícil que es la meteorización de la moscovita, esta ha sido completamente alterada en la fracción gruesa del suelo.

En la parte inferior del perfil hay una influencia más marcada del esquisto, apareciendo en la arena ciertas cantidades de mica, aún en las partículas más gruesas.

Las arcillas están representadas fundamentalmente por caolinita bien cristalizada, goethita y trazas de gibbsita. Además de estos minerales se identifica la mica, la cual aumenta en los horizontes inferiores, trazas de vermiculita y minerales interestratificados del tipo illita-Vermiculita.

Los suelos Gley Cuarcíticos Concrecionarios se distribuyen principalmente en la Isla de la Juventud y algunas porciones de la provincia de Pinar del Río; por lo general están situados cercanos a las costas y su topografía es llana; pudiéndose encontrar además al daños a los drenajes (Hernández et al. 1972; Obregón, 1974, 1979).

Los mismos se desarrollan por lo general a partir de materiales transportados provenientes de las zonas en que están situados los Ferralíticos Cuarcíticos Amarillo Rojizos lixiviados, siendo característico en ellos la manifestación de la gleyzación a una profundidad inferior a los 20 cm; notándose el moteado gris y las manchas herrumbrosas, junto a un elevado contenido de perdigones.

Estos suelos presentan una baja capacidad de intercambio catiónico y de bases que aumenta progresivamente con la profundidad, estando relacionado esto último con el incremento de las fracciones arcillosas en los horizontes inferiores del perfil.

El estudio de las fracciones gruesas del suelo muestra que el cuarzo es elevado en todo el perfil, siendo mayor en los primeros horizontes del suelo, los óxidos e hidróxidos de hierro son relativamente altos y al igual que en los suelos Ferralíticos Cuarcíticos Amarillo Rojizos Lixiviados aumentan con la profundidad, siendo su contenido en este espesor varias veces mayor que en los horizontes superiores.

El análisis mineralógico de la fracción arcilla muestra que la caolinita es el mineral arcilloso predominante, no obstante debe señalarse que las reflexiones de la difracción de rayos X a 1,78,2,00 y 2,37 Å son de poca intensidad y no se definen en todos los horizontes.

tes, lo que muestra una mala cristalización de este mineral. Otros minerales presentes en cantidades menores son la gibbsita, goethita e interstratificaciones, fundamentalmente del tipo illita-clo-rita, Vermiculita, illita y cuarzo.

Con relación a la génesis de los suelos Gley Cuarcíticos Con-crecionarios, el análisis mineralógico de las arenas y de la arcilla, indica que existe una gran uniformidad en la composición cua-litativa de los minerales, lo que demuestra que el material deposi-tado es homogéneo y que su procedencia es de la zona de los suelos Fe-ralíticos Cuarcíticos Amarillo Rojizos Lixiviados.

Estos suelos presentan características químicas, físicas, fí-sico-químicas y mineralógicas similares a las de los suelos Ferralí-ticos, pero los mismos están ubicados a una altura próxima a los 5 metros sobre el nivel del mar, estando afectados por los proce-sos de gleyzación y pseudogleyzación, característicos de los suelos Hidromórficos. Por lo tanto puede plantearse que son suelos con una Ferralitización heredada o antigua.

Los suelos Ferralíticos se forman bajo el proceso de sialiti-zación, acompañado por la ferruginación, siendo característico la formación de minerales arcillosos del tipo 2:1 o mezcla de 2:1 y 1:1.

Este agrupamiento de suelos es de una naturaleza químico-mine-ralógica muy disímil. Los suelos Ferralíticos Rojo Parduzcos Ferro-magnesiales se semejan por sus características a los suelos Pardos con Carbonatos; los mismos se forman sobre el eluvio de serpentini-tas, siendo su meteorización sialítica acompañada por la acumula-ción de hierro libre.

Estos suelos tienen una relación muy estrecha con la roca sub-yacente, pues los minerales son heredados de esta en forma directa, prácticamente sin alteraciones. Los más abundantes en la fracción gruesa son los del grupo de las espinelas (magnetita, cromita) y los ortopiroxenos representados por hiperstena, dióxido y enstatita. Es-tos minerales conjuntamente con la augita han sido afectados por el proceso de serpentización.

Desde el punto de vista químico son suelos con relaciones mole-culares y capacidad de intercambio elevada, lo cual está relacionado con la presencia de cantidades relativamente altas de montmorillonita en la fracción fina del suelo; no obstante debe señalarse que des-

de el punto de vista mineralógico son poco evolucionados, pues en las partículas gruesas son abundantes los minerales fácilmente alterables y en las fracciones finas es dominante la antigorita.

Los suelos Fersialíticos Pardo Rojizos se forman a partir del eluvio de rocas calizas duras o rocas efusivas. Desde el punto de vista mineralógico se diferencian substancialmente de los Fersialíticos antes mencionados; las relaciones moleculares son próximas a 2, el pH es ácido a neutro y la capacidad de cambio de bases oscila de 20-25 Meq/100g de suelo.

Las arenas presentan aún cantidades significativas de minerales primarios de fácil alteración, sin embargo se aprecia una cierta evolución del suelo, que se refleja por la presencia de cantidades significativas de minerales tipo 1:1, mezclados fundamentalmente con montmorillonita.

Estos suelos por sus características, constituyen un estado intermedio entre la sialitización y la ferralitización.

Los suelos Fersialíticos Rojo Amarillentos Lixiviados ocupan una extensión relativamente grande en las zonas premontañosas y ondulaciones de la provincia de Pinar del Río y las regiones central y oriental del país; los mismos se forman a partir de cortezas de meteorización derivados de rocas metamórficas (fundamentalmente esquistos y pizarras).

La capacidad de cambio de bases y catiónica es relativamente baja (10-20 Meq/100 g de suelo) al igual que las relaciones $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ que son próximas a 2 o ligeramente mayores en la parte inferior del perfil.

La fracción arcilla está constituida por una mezcla de minerales arcillosos tipo 1:1 y 2:1 con acumulación de hierro libre. La lixiviación de arcilla y de sesquióxidos de hierro y su acumulación en el horizonte B, condicionan la presencia de revestimientos arcillosos sobre las caras de los agregados y una acumulación más intensa en este horizonte (Bosch et al. 1980).

En estos suelos es interesante definir si en realidad constituyen verdaderos suelos o si son cortezas de meteorización denudadas a partir de las cuales se desarrollan procesos contemporáneos de formación del suelo.

Los suelos de color pardo son muy extensos en Cuba, se distribuyen a lo largo y ancho del país, asociándose principalmente a formaciones geológicas del Paleogeno y del Cretaceo.

Se destacan por su composición mineralógica variada, la cual está relacionada con el tipo de roca madre, que puede ser una porfirita una roca básica o una roca calcárea.

En la fracción gruesa los minerales pesados están representados por anfíboles, piroxenos y epidotas; la fracción ligera por plagioclasas, hidróxidos de hierro, alteritas y un contenido de cuarzo que varía según el tipo de roca.

Los Pardos sin Carbonatos presentan una capacidad de intercambio catiónica que oscila de 25-40 Meq/100g de suelo, predominando el calcio y a veces el magnesio en el complejo de cambio. En estos suelos, aunque son predominantes los minerales de red cristalina tipo 2:1 (principalmente montmorillonita) también existen minerales tipo 1:1, siendo común que la sialitización esté acompañada por una relativa acumulación de hierro libre, aunque en menor proporción que en los Fersialíticos.

Los suelos Pardos con Carbonatos al igual que los no Carbonatados se desarrollan en una topografía ondulada o alomada, que coincide generalmente con las pendientes y algunas veces con los relieves llanos (Zonn, 1968a,b; Shishov, 1968; Segalen, 1974; Hernández, 1978).

Estos suelos presentan una capacidad de cambio de bases relativamente mayor que los no Carbonatados, siendo ampliamente dominante en la arcilla, la montmorillonita.

Estudios recientes han demostrado que los suelos Pardos con Carbonatos y los no Carbonatados, no presentan diferencias que justifiquen su separación como tipos independientes de suelos, por lo que es recomendable unirlos en un solo tipo genético de suelos (Shishov, 1968, 1975; Ortega, 1983).

Los suelos Pardos Grisáceos se forman a partir de rocas granitoides, están en relieves ligeramente ondulados a alomados y en su distribución aparecen como zonas aisladas en las provincias orientales, Sancti Spiritus y Camagüey (Pérez et al., 1976, Tatevosian et al., 1977; Pérez, 1983).

Las arenas de estos suelos se caracterizan por la uniformidad cualitativa de sus componentes; la fracción pesada muestra una notable disminución a medida que decrece el diámetro de las partículas y la misma está representada por anfíboles, óxidos e hidróxidos de hierro y epidotas, los cuales son minerales típicos del metamorfismo.

La fracción ligera está representada por un elevado contenido de alteritas, plagioclasas, cuarzo, micas, biotita, vidrio volcánico y espículas de esponjas opalizadas. Estos sistemas evidencian una fase marina antigua.

A diferencia del resto de los Pardos, estos suelos presentan en la fracción arcilla un elevado contenido de minerales tipo 1:1 y 2:1, predominando los primeros; lo cual explica su baja capacidad de intercambio catiónico ($< 20 \text{ Meq}/100\text{g}$ de suelo) y las relaciones moleculares próximas a 2, lo que indica un estado más avanzado de meteorización.

Asociados a los suelos antes mencionados, pero en un relieve más estable se forman sobre la misma roca, los Pardos Rojizos (Pérez, 1982) los cuales presentan una mineralogía similar, pero un contenido de hierro libre algo mayor, fundamentalmente en las fracciones arcillosas.

Investigaciones recientes realizados en la porción oriental del país (Hernández et al; 1982; Obregón et al., 1982) han demostrado que en las regiones donde existe un clima que varía de semiárido a subhúmedo (lluvias promedio de 700-1 100 mm y temperatura próxima a los 26°C) se forman suelos de color pardo, con Carbonatos secundarios, que pueden ser separados como tipos genéticos independientes.

En la zona más seca; cuando las precipitaciones son inferiores a los 900-1 000 mm se forman los suelos Pardos Grisáceos con Carbonatos Secundarios (Obregón et al., 1982); los cuales se asocian a los Halomórficos. Estos suelos son representativos en el Valle de Guantánamo y en la faja costera del sureste desde esta región hasta los alrededores de Imias y San Antonio Sur en dicha provincia.

Estos suelos presentan en las arenas un contenido elevado de minerales de fácil alteración y en las arcillas montmorillonita y

clorita, con un contenido significativo de minerales interestratificados y caolinita. Estos minerales por lo general son heredados de las areniscas y lutitas subyacentes (Obregón y Rodríguez, 1984; Obregón et al., 1984).

Desde el punto de vista mineralógico se destaca que el mineral predominante presenta una mala cristalización que al parecer está relacionado con una destrucción de los minerales producida durante un antiguo proceso de solonchización. En estos suelos es característico la presencia de un horizonte B muy compacto, con estructura poco definida donde existe una acumulación de arcilla.

Los Pardos con Carbonatos Secundarios (Hernández et al., 1982), ocupan el límite superior de las precipitaciones de esta región subhúmeda (1 000 - 1 100 mm); los mismos presentan abundantes minerales en las arenas y las arcillas están constituidas fundamentalmente por montmorillonita con contenidos menores de sepiolita.

Los Húmicos Carbonáticos se encuentran en todas las provincias, siendo en la región oriental y central donde ocupan una mayor extensión (Instituto de Suelos, 1973).

Zonn (1968), relaciona el origen de estos suelos con las margas amarillentas y blancas del terciario y señala su cercanía con las Rendzinas de las zonas templadas. Este mismo autor (1970) plantea que en la formación de estos suelos en los trópicos, lo más importante no es la composición de la roca, sino su relación con la humidificación.

Las arenas de estos suelos presentan una constitución minera - lógica variada, condicionada por la composición petrográfica de las rocas; la fracción pesada presenta un dominio de los óxidos e hidróxidos de hierro (magnetita, hematita, ilmenita y limonita), los cuales se distribuyen uniformemente a través del perfil de suelo, existiendo además anfíboles y minerales del grupo de los piroxenos.

Estos suelos presentan una elevada capacidad de intercambio catiónico y relaciones moleculares, lo cual está relacionado con el amplio predominio de la montmorillonita en la fracción arcilla. Este mineral secundario se distribuye en todos los horizontes del suelo y también en la corteza de meteorización, donde existe una composición mineralógica similar a la del suelo.

Esto indica que los minerales secundarios de estos suelos son fundamentalmente heredados y no de neoformación.

El análisis de microscopía electrónica demuestra que además de la montmorillonita existen trazas de cuarzo, hidróxidos de hierro y un bajo contenido de metaballoisita.

Los suelos Oscuros Flásticos (Vertisuelos) ocupan aproximadamente un 13% del territorio de Cuba, con una extensión de 15, 000 Km². Estos suelos están ubicados en diferentes elementos del relieve, tanto en condiciones hidromórficas como automórficas; comprenden principalmente las llanuras litorales y fluviales, teniendo su mayor representación en la región oriental.

Estos suelos se derivan de materiales aluviales antiguos o de aluvios-deluvios de rocas básicas carbonatados y depósitos marinos arcillosos.

La composición de las arenas es variable tanto desde el punto de vista cualitativo como cuantitativo, lo cual está condicionado por la constitución heterogénea del material formador; los minerales más representativos de esta fracción son las plagioclasas, alteritas, y el cuarzo, con anfíbol común, hematita, epídota y trazas de circón, granate y esfena en la fracción pesada.

La formación de los Vertisuelos está relacionada con un intenso arcillamiento del perfil en un medio hidromórfico antiguo o semihidromórfico. Sobre este espesor arcilloso se presenta una tendencia al desarrollo de una estructura de bloques prismáticos grandes o medianos con caras de deslizamiento, que se manifiesta claramente en la época de sequía, conjuntamente con el agrietamiento fuerte del suelo.

Los suelos Halomórficos ocupan gran extensión en la zona semiárida a subhúmeda de la provincia de Guantánamo; estos suelos se forman sobre deposiciones calcáreas cuya edad fluctúa desde el Guaternario hasta el Paleogéno (depósitos detríticos, conglomerados, lutitas aleurolitas calcáreas etc.).

Entre las especies que pueden encontrarse en la fracción pesada se destacan los anfíboles (hornblenda y tremolita), minerales del grupo de la epidota, piroxenos, cromita, trazas de Circón y granate; también se encuentran en proporciones notables, minerales opacos (ilmenita, magnetita e hidróxidos de hierro). Estos minerales se encuentran sobre todo en las partículas finas o limo grueso.

La fracción ligera está constituida por minerales alterados que fueron identificados por Rayos X como clorita, también se encuentran feldespatos alterados y trazas de cuarzo.

Las arcillas de los suelos salinos del Valle de Guantánamo es tán constituidas fundamentalmente por montmorillonita y en menor proporción Caolinita, interestratificaciones montmorillonita-clorita y cuarzo (Obregón et al., 1984).

En general la mineralogía es homogénea, sin embargo en los suelos Solonetz Solonchacados y en algunos Solonchak Solonetzados las arcillas no presentan buena cristalización, debido a la destrucción mineralógica que se produce durante el proceso de solonetzización. Estos suelos antes mencionados presentan un horizonte B muy compacto con una estructura columnar a prismática, con acumulación de sales solubles totales en los horizontes inferiores del perfil.

Como puede apreciarse en el estudio mineralógico de los principales tipos de suelos de Cuba, existen suelos como los Ferralíticos y Ferríticos, en los cuales hay una profunda alteración mineralógica característica de las regiones tropicales con humedad alternante; sin embargo son más abundantes los suelos poco alterados, ricos en montmorillonita.

Características de otras regiones no tropicales; e inclusive los suelos Ferralíticos Rojos sustentados sobre rocas calizas presentan un conjunto de características no típicas para los suelos Ferralíticos, como son una elevada saturación por bases, una fertilidad relativamente alta y la presencia de trazas de minerales tipo 2:1 en la parte inferior del perfil.

Diversas causas influyen en este sentido, pudiéndose señalar según el criterio de diferentes investigadores, la existencia en el Holoceno de un clima más seco en la mayoría del territorio de Cuba y la formación de suelos en relieves ondulados o alomados muy susceptibles a la erosión, donde parte del agua se pierde por escorrentía y no penetra en el perfil de suelo.

REFERENCIAS

- ASCANTIO, O. (1973): Suelos Ferralíticos. En Génesis y Clasificación de los suelos de Cuba. Acad. Cien. Cuba, La Habana, pp.54-87.
- BOSCH, D. (1981): Los suelos de planos Cársicos de la región occidental de Cuba. Tesis de grado para Candidato a Doctor en Ciencias Agrícolas, ORSTOM, París, 159 pp.
- BOSCH, D., CAMACHO, E., RUIZ, R., y DELGADO, R. (1980): Nuevo tipo y género de suelo Cubano. Cien. Agr. 7:65-74.
- CAMACHO, E. (1980): Estudios de los suelos de la llanura cársica de la región occidental de Cuba. Tesis de grado para Candidato a Doctor en Ciencias Agrícolas, ORSTOM, París, 143 pp.
- GRADUSOV, B. P., PEÑALVER, L., y CHERNIAJOVSKII A. G. (1976): Lateritas de Cuba (en ruso). En Sedimentación y formación del relieve de Cuba en el Cuaternario. Edit. Ciencia, Moscú, pp. 107-145.
- HERNÁNDEZ, A. (1978): Suelos Pardos de los trópicos de humedad alternante de Cuba (en ruso). Instituto de Suelos Dokuchaev, Moscú, 210 pp.
- HERNÁNDEZ, A., ASCANTIO, O., PÉREZ J. M., y otros (1972): Características de los suelos del plan citrícola de Isla de Pinos. Acad. Cien. Cuba, Ser. Suelos 16:54 pp.
- HERNÁNDEZ A.; OBREGÓN, A., VANTOUR A., VANTOUR, A., SALAZAR, A., y AGÜERO, C. (1981): Características genéticas de los suelos pseudo podzólicos de Cuba. Cien. Agr. 21.
- HERNÁNDEZ, A., TORRES FONT, J. M.; OBREGÓN, A., RUIZ, J., SALAZAR, A. (1982): Los suelos Pardos con Carbonatos secundarios de la llanura denudativa de Guantánamo. En Resúmenes IDICT Guantánamo, Acad. Cien. Cuba, pp. 29.
- INSTITUTO DE SUELOS (1973): Génesis y clasificación de los suelos de Cuba. Acad. Cien. Cuba, La Habana, 315 pp.
- (1975): Segunda Clasificación genética de los suelos de Cuba. Acad. Cien. Cuba, Ser. Suelos, 23:3-25.
- (1980): Clasificación genética de los suelos de Cuba, 1979. Acad. Cien. Cuba, La Habana, 29 pp.
- MILLAN, G. (1975): El complejo cristalino mesozoico de Isla de Pinos, su metamorfismo. Ser. Geol. 23, La Habana, 16 pp.

- OBREGÓN A. (1974):Minerales Secundarios. En Estudio Edafológico de Isla de Pinos, Acad. Cien. Cuba, La Habana, pp 95-107.
- (1979):Características químico-mineralógicas de algunos de los tipos de suelos de Cuba. Tesis para optar por el grado de Candidato a Doctor en Ciencias Agrícolas. Acad. Cien. Cuba, La Habana, 117 pp.
- OBREGÓN, A., TORRES FONT, J. M., ORTEGA, F., y PÉREZ R. (1982): Los suelos Pardos Grisáceos con Carbonatos Secundarios, nuevo tipo de suelos cubano. Cien. Agr. 24, Cuba, La Habana.
- OBREGÓN, A., y RODRÍGUEZ, F. (1984):Presencia de caolinita en los suelos salinos y salinizados del Valle de Guantánamo. Cien. Agr. 19:
- OBREGÓN, A., TORRES FONT, J. M., y PÉREZ R. (1984):Composición mineralógica de la fracción arcilla de algunos suelos del Valle de Guantánamo. Cultivos Tropicales, Vol. 6 (1):159-178.
- ORTEGA, F., (1983):Una hipótesis sobre el clima de Cuba durante la glaciación del Wisconsin. Cien. Tierra y del espacio 7: 57-68.
- PÉREZ, J. M. (1983):Génesis y clasificación de los suelos desarrollados sobre rocas granitoides en las llanuras de Cuba. Tesis de grado de Candidato a Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto de Suelos, Acad. Cien. Cuba, La Habana, 73 pp.
- PÉREZ, J. M., y TATEVOSIAN, G. S. (1976):Estudio de un suelo Pardo Rojizo derivado de granodiorita. Acad. Cien. Cuba, ser. Suelos, 25:12 pp.
- SAKHAROV, B. A., and DRITZ, V. A. (1973):Mixed-layer Kaolinite-Montmorillonite: A comparason of observed and calculated difraction patterns. Clay and clay minerals. Vol 21(1):15-17.
- SEGALEN, P. (1974):Resumen sobre los suelos de Cuba. ORSTOM, París (Inédito).
- SHISHOV, L. L. (1968):Sobre la clasificación de los suelos de las plantaciones de caña de azúcar en Cuba. Acad. Cien. Cuba, Ser. Caña de azúcar, 26:7-14.

- TATEVOSIAN, G. S., PÉREZ, J. M., OBREGÓN A., y otros (1977): Particularidades de la formación de suelos sobre granitoides en las condiciones de humedad alternante de los trópicos. Compendio Vol 12, Erevan, URSS.
- ZONN, S. V. (1968a): Particularidades sobre la formación del suelo y principales tipos de suelos de Cuba. En Génesis y geografía de los suelos de países extranjeros por geógrafos soviéticos (en ruso). Edit. Ciencia, Moscú, pp. 53-151.
- (1968b): Principios de clasificación de los suelos de Cuba con fundamentos genéticos (en ruso). Universidad Patricio Lumumba, Moscú, Vol. 35(2):71-88.
- (1970): Introducción al estudio de los suelos del trópico y subtrópico (en ruso). 2^a parte: Principales tipos de suelos, Universidad Patricio Lumumba, Moscú, 343 pp.