

REHABILITACIÓN AMBIENTAL MINERA



Jacobo Urbino Rodríguez
Berthá Díaz Martínez
Sergio Sigarreta Vilches

ISBN 978-950-312-240-5

CISAT - CEPRONIQUEL - IES
GEF-PNUD

CARACTERÍSTICAS FISICOGEOGRÁFICAS Y BIOGEOGRÁFICAS DE LA REGIÓN NIQUELÍFERA NORORIENTAL DE CUBA.

CARACTERIZACIÓN FISICOGEOGRÁFICA.

Geología.

Asociación ofiolítica.

Las rocas de la asociación ofiolítica (Fig. III.22.) constituyen la unidad geológica más relevante de la región nororiental de Cuba, atendiendo a su extensa aflorabilidad, las peculiaridades de su compleja estructura geológica y por su importancia geólogo-económica, además, por constituir el substrato que dio origen a los yacimientos de lateritas niquelíferas y servir como roca encajante de numerosos puntos y pequeños yacimientos de cromitas, así como por la utilización de algunos tipos litológicos como materiales de construcción (CESIGMA, 1999).



Fig. III.22. Rocas de la Asociación Ofiolítica (serpentinita) en el camino Moa – La Melba. (Urbino, 2014)

Desde el punto de vista regional, las rocas de la asociación ofiolítica se consideran parte del "macizo" Mayarí - Baracoa y han sido clasificadas por Iturralde (1990, 1996) como ofiolitas pertenecientes al cinturón septentrional, el cual se originó a partir de la litosfera oceánica

generada en un antiguo mar marginal, que durante el Mesozoico separaba el arco insular volcánico Cretácico situado al sur del paleomargen continental de las Bahamas situado al norte. Dentro de las ofiolitas encontramos las rocas Ultrabásica como serpentinitas, peridotitas, harzburgitas, dunitas, websteritas y otras. También encontramos rocas Básicas como gabros y microgabros. Tanto las Ultrabásicas como las Básicas forman cortezas de intemperismo, pero solo son níquelíferas las primeras.

Iturralde (1990-1996) al caracterizar la composición general de los complejos constituyentes de las ofiolitas septentrionales, considera que las mismas presentan un corte completo, integrado por dos grandes elementos: el fundamento melanocrático al cual se asocia el complejo peridotítico (tectonitas), el complejo transicional y el complejo cumulativo (cúmulos ultramáficos y máficos) y el complejo oceánico, que representan los elementos propios de la sección superior de la litosfera oceánica constituida por rocas efusivas y diques paralelos de diabasa.

Desde el punto de vista tectónico, las ofiolitas de esta región como en otras partes del país, se caracterizan por una estructura geológica muy compleja, en la que se destacan zonas de plegamiento lineal, mantos de sobrecorrimiento, zonas de melange, zonas de cizallamiento y una extensa red de fallas y grietas, que en muchas zonas, han borrado las texturas magmáticas primarias sustituyéndolas por estructuras tectónicas y dinamo-metamórfica (CESIGMA S. A., 1999).

Características geotécnicas de las ofiolitas.

Desde el punto de vista ingeniero- geológico pertenecen a la formación intrusiva y atendiendo a sus cualidades geotécnicas y fenómenos físico-geológicos que las afectan, en ellas están presentes diferentes grupos ingeniero-geológicos.

De acuerdo a Swalestski (1973), que realizó un profundo estudio de generalización de las propiedades físico-mecánicas de las serpentinitas en Cuba, la compleja composición petrográfica, las diferencias en el grado de serpentinización y meteorización y otros factores condicionan una gran diferenciación en las propiedades de estas rocas que son predominantes en el corte ofiolítico. Por esta razón, señala Swalestski (1973), no puede haber indicios únicos y esquemáticos, sobre todo de la compacidad, resistencia al desplazamiento y resistencia a la compresión para estos tipos de rocas.

A continuación se resume el comportamiento de algunas propiedades físico-mecánicas para las serpentinitas y otros grupos litológicos del corte ofiolítico en la región, sobre la base de resultados compilados por Swalestski (1973), para la presa Melones y promedios otras del país:

Peso específico: El peso específico (γ_z) de las serpentinitas, en general, depende de la correlación de sus minerales componentes y del grado de sustitución por minerales del grupo de la serpentina ($\gamma_z=2,5-2,6 \text{ Tn/m}^3$), talco ($\gamma_z=2,7-2,8 \text{ Tn/m}^3$), y clorita ($\gamma_z=2,65-2,94 \text{ Tn/m}^3$) de los minerales primarios formadores de rocas olivino ($\gamma_z=3,2 \text{ Tn/m}^3$) y piroxenos ($\gamma_z=3,1-3,5 \text{ Tn/m}^3$).

De esta forma mientras mayor es el grado de serpentinización de las rocas, tanto menor es el peso específico que esta debe poseer. Así, las ultrabasitas inalteradas (harzburgitas, dunitas y piroxenitas) se caracterizan por valores medios de peso específico del orden de $3,2 \text{ a } 3,3 \text{ Tn/m}^3$. Sin

embargo, las serpentinitas alteradas semirrocosas se caracterizan por valores medios $\gamma_z=2,64$ Tn/m³, con una desviación media cuadrática de 0,07 a 0,035 Tn/m³ y valores extremos de 2,49 a 2,77 Tn/m³ y las variedades rocosas tienen un valor medio de $\gamma_z= 2,71$ Tn/m³.

Peso volumétrico: varía dentro de parámetros muy amplios. El procesamiento de un gran número de determinaciones de las rocas ultrabásicas y básicas de Cuba muestra que los valores medios generalmente son de 3 a 3,1 Tn/m³ en los gabros no alterados, 2,75 a 2,8 en las peridotitas serpentinizadas (frescas, rocosas), 2,2 a 2,5 en las especies semirrocosas y 1,9 a 2,2 en las fuertemente alteradas.

Porosidad: La porosidad de las rocas ultramáficas y gabros inalterados es insignificante y equivalente a fracciones decimales en por ciento. Sin embargo, las variedades agrietadas y alteradas pueden tener una alta porosidad.

Propiedades de resistencia: Las propiedades de resistencia de las serpentinitas son muy diversas y dependen de varios factores, entre los cuales los principales son: el peso volumétrico o compacidad de las rocas, su grado de fisuración, grado de uniformidad, grado de alteración, estructura de la roca, composición mineralógica y la correlación de los minerales secundarios que forman las rocas.

Con relación a las experiencias para determinar la resistencia al desplazamiento se debe tener en cuenta la presencia en las rocas de numerosos espejos de fricción, que se asocian a zonas de fallas o de intensa fracturación. Estos planos afectan considerablemente la capacidad de resistencia de los mismos a los esfuerzos cortantes.

Fenómenos físico-geológicos en las ofiolitas.

Entre ellos podemos citar el intemperismo, los procesos erosivos y el agrietamiento. El desarrollo de estos fenómenos incide notablemente en el comportamiento ingeniero-geológico de las ofiolitas, formando tanto formaciones rocosas (Fig. III.23.) como semirrocosas (Fig. III.24.) e incluso plásticas, siendo las primeras una magnífica base para el asentamiento de grandes obras,



Fig. III.23. Rocas Ultrabásica serpentinizada rocosa, en la altiplanicie del Toldo.

(CESIGMA, 2008)



Fig. III.24. Rocas Ultrabásicas serpentinizadas semirrocosas en Sierra de Nipe.

(CESIGMA, 1998)

en tanto las últimas pueden constituir un obstáculo e incluso un peligro para la construcción (Swalestski ,1973).

Otro fenómeno interesante en las rocas Ultrabásicas es la formación del “seudocarso” (Fig. III.25.). Esta tipo rocoso se forma por debajo de las cortezas de interperismo, donde el exceso de humedad en el suelo por las altas precipitaciones proporciona la disolución paulatina de los minerales de esta roca, permitiendo la formación de estructuras similares a las producidas en rocas calizas también por disolución de sus componentes minerales. Este tipo de roca es común encontrarlas en la altiplanicie del Toldo, aunque han sido reportadas en lo alto del Pico Cristal en la sierra del mismo nombre (Hernández et al. 2014).



Fig. III.25. Rocas Ultrabásicas en forma de seudocarso, El Toldo, Moa, Cuba. (CESIGMA, 2008)

Los procesos de intemperismo de las ofiolitas constituyen el fenómeno más propagado en toda el área de desarrollo de estas rocas, cuyo grado más intenso se aprecia en las superficies aplanadas y suavemente onduladas de las altiplanicies de la región (altiplanicie de Nipe y altiplanicie del Toldo), en donde se ha desarrollado una potente corteza de meteorización. Fuera de estas zonas el grado de intemperismo es variado y depende mucho de los tipos litológicos, su grado de fisuración primaria, así como del valor de la pendiente del terreno.

Los procesos erosivos tienen igualmente una amplia distribución y en ellos intervienen las aguas del escurrimiento superficial que han generado zonas de desarrollo de cárcavas sobre todo en las superficies inclinadas y fácilmente erosionables de las lateritas.

La erosión fluvial aunque es escasa en los límites de las altiplanicies es notable en sus pendientes donde además de algunos ríos caudalosos, un gran número de arroyos y pequeños ríos de montaña tienen energía suficiente para transportar un gran volumen de sedimentos con un amplio espectro granulométrico.

Los deslizamientos de suelos y rocas constituyen otro fenómeno erosivo que afecta a las ofiolitas, que se aprecia en numerosas elevaciones de la región, como en las laderas de los profundos valles fluviales o en áreas de explotación minera.

Manifestaciones y yacimientos minerales asociados.

Además de los extensos y ricos depósitos de níquel y cobalto que se localizan en la corteza de intemperismo que recubre gran parte de las ofiolitas de la región nororiental de Cuba, se localizan un gran número de manifestaciones y pequeños yacimientos de cromitas. Tal es el caso de la antigua mina Caledonia situada en el yacimiento de Casimba en Pinares de Mayarí o en Mina Mercedita, localizada al Sur de Moa y que actualmente está cerrada (CESIGMA S.A., 1999).

Todas estas manifestaciones se asocian a cuerpos de dunitas de gran extensión de la zona de transición del corte ofiolítico. Estudios preliminares han evidenciado la posible presencia de metales del grupo del platino asociados a las menas cromíticas. Pequeñas manifestaciones de sulfuros han sido reportadas en algunos complejos de gabros y en zonas de fallas que cortan a las peridotitas serpentinizadas, así como diferentes variedades de otras rocas principalmente gabros, diabasas y serpentinitas han sido empleados como materiales de relleno en las vías de comunicación y para otros usos (CESIGMA S.A., 1999).

Suelos.

En general la mayoría de los suelos de la región se han formado a partir de rocas del Complejo Ofiolítico, dando lugar a los diferentes tipos de cortezas de intemperismo que forman los llamados suelos lateríticos.

Proceso de formación de los suelos lateríticos.

Según Jaime et al. (2009) una de las principales características de la temperatura del aire en relación al origen de los suelos de Cuba, está dada en que su variación promedio diaria supera la variación media anual, lo que repercute notablemente en la alteración mecánica de las rocas y de los minerales primarios, a expensas de la dilatación y contracción diaria de los granos y cristales que generalmente las forman. No obstante, la destrucción mecánica “in situ” de las rocas y los materiales formadores del suelo (materiales parentales), a expensa de los cambios bruscos de temperatura, no es la principal causa de los procesos formadores del suelo. Sin dudas, el papel más importante en la alteración de los minerales primarios en la formación de los suelos de Cuba, lo tienen las precipitaciones. Las lluvias alteran los minerales primarios tanto por su acción mecánica (erosión por percusión y transporte), como por su acción química (disolución, hidrólisis, hidratación, procesos redox y otras formas del intemperismo tropical).

En el caso de las rocas Ultrabásicas (peridotitas, dunitas, serpentinitas, etc.), numerosos investigadores que han trabajado las cortezas de intemperismo ferroniquelíferas y los suelos tropicales derivados de estas (Buguelsky y Formel (1973); Caillere, Segalen, Fripiat, Bonifas y otros tomados de Instituto de Suelos, (1973), han demostrado que los productos finales de la alteración de estas rocas, bajo un régimen de intemperismo tropical intenso, se encuentran principalmente formados por minerales arcillosos del tipo de la goethita y hematita, debido a procesos que produjeron una eliminación enérgica por lavado de la poca sílice de las ultrabasitas y de las bases alcalinotérricas del suelo, así como una acumulación relativa de hierro libre en todo el perfil, en grandes proporciones, como consecuencia directa de la meteorización de piroxenos y olivino (Baisre y Cárdenas, 1984). Como resultado de este proceso denominado ferritización, se producen cantidades 10 veces superiores de óxido de hierro férrico (Fe_2O_3) en los suelos, que la existente en las rocas originarias que le dieron origen (Instituto de Suelos, 1973; 1980, 1999; Jaimez y Ortega, 2009), favorecido además por un drenaje superficial e interno bueno para su acumulación y su estabilidad.

Suelos Ferríticos. (Fig. III, 26).

Los suelos resultantes de la intemperización de las rocas Ultrabásica corresponden al agrupamiento Ferrítico, caracterizados por una elevada mineralización con minerales ferromagnesiales, baja capacidad de intercambio total de cationes (<16 me/100 g en la fracción

arcillosa) y muy baja capacidad de bases cambiables (<12 me/100 g en arcilla), habiendo sido identificados hasta el momento dos tipos de suelos ferríticos formados sobre peridotitas y otras rocas del complejo ultrabásico en Cuba: el Ferrítico Rojo Oscuro (más común) y el Ferrítico Amarillo (Instituto de Suelos, 1999: Op. Cit); este último, distribuido solamente en algunas planicies altas, muy estables, de la zona de “La Plancha”, en lo alto de la Altiplanicie de Pinares de Mayarí, Sierra de Nipe, así como en pequeñas áreas del “Alto de la Calinga”, cerca del Pico de El Toldo en la Sierra de Moa, provincia de Holguín.

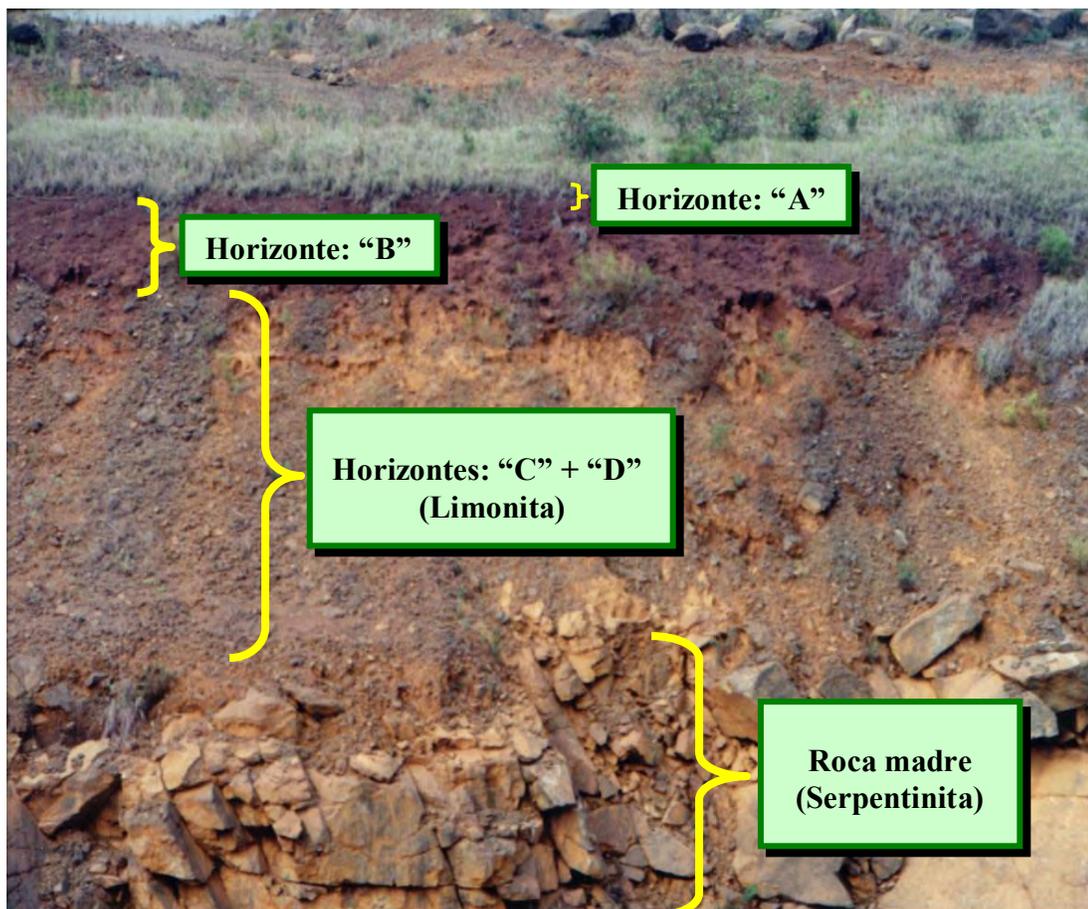


Fig. III.26. Perfil real de un suelo Ferrítico Rojo Oscuro profundo en Pinares de Mayarí, altiplanicie de Nipe. (CESIGMA, 1999)

Suelo Ferralítico. (Fig. III. 27).

A pesar de la estrecha relación química y mineralógica de los suelos regionales de Nipe – Sagua - Baracoa, una situación diferente se puede apreciar en la distribución de otros suelos rojos, formados en este caso sobre rocas Básicas, tales como gabros y microgabros, localizados en algunos sectores específicos de esta región montañosa del Oriente de Cuba, dando lugar en estos casos a unidades de suelos del agrupamiento Ferralítico, tipo Ferralítico Rojo (Instituto de Suelos, 1971), los que presentan una menor mineralización de óxidos y sesquióxidos de hierro, en comparación con el agrupamiento antes descrito y poseen una capacidad de intercambio de cationes de entre 16 y 19 meq/100 g determinada en la fracción de 200 – 2000 μ .



Fig. III.27. Al fondo suelo Ferralítico Rojo Amarillento sobre rocas de gabro, camino Moa-La Melba. (Urbino, 2014)

Los suelos Ferralíticos Rojos derivados de gabros y microgabros del grupo montañoso de Nipe – Sagua – Baracoa, se identifican rápidamente por simple observación de sus parientes más cercanos (los suelos Ferríticos), por el color rojo más brillante que los mismos ostentan en comparación con los primeros (2.5 YR 5/8 hasta anaranjado rojizo: 2.5 YR 6/8), lo que les permite resaltar dentro de una gran matriz de suelos rojos parduscos más oscuros (Ferríticos) derivados de las Ultrabasitas (color 2.5 YR 3/6).

Finalmente y debido a su menor mineralización por metales de transición libres en el perfil, estos suelos Ferralíticos Rojos sobre rocas básicas son en regla general menos tóxicos para los cultivos

agrícolas que en el caso de los ferríticos, por lo que presentan mejores aptitudes agroproductivas para el desarrollo de cultivos más exigentes (hortalizas, viandas, etc.), a su vez que muestran menores concentraciones de minerales de interés metalúrgico (Ni, Co, Cr, Ti), en sus materiales parentales.

O sea, sobre rocas Ultrabásicas podemos encontrar formando cortezas de interperismo suelos Ferrítico Rojo Oscuro y el Ferrítico Amarillento y sobre rocas Básicas podemos encontrar el suelo Ferralítico Rojo.

En la práctica, solo los suelos Ferrítico Rojo Oscuro profundo son los que tienen contenido de mineral de níquel explotable, y es este suelo el que se manejará para la rehabilitación ecológica de las áreas devastadas.

El Órgano de Montaña (2004) reporta la existencia de los suelos Ferrítico Rojo Oscuro Hidratado (Fig. III.28.), el cual se localiza en extensas zonas de la planicie del Toldo, lo cual al parecer está condicionado por las fuertes precipitaciones durante todo el año y por la impermeabilidad de la roca madre, la cual se localiza en un terreno relativamente plano que dificulta el drenaje del suelo.



Fig. V.28. Suelo Ferrítico Rojo Oscuro Hidratado, localizado a orillas del río Piloto en la altiplanicie del Toldo. (Urbino, 2014)

Propiedades de los suelos Ferrítico Rojo Oscuro profundo.

Este suelo presenta un color rojo característico, se considera como un suelo que va de profundo a muy profundo, con un alto contenido de Fe y Al, por lo cual no es apropiado para la agricultura entre otras causas, siendo el mismo de una vocación socioeconómica forestal, aunque su uso extremo, desde el punto de vista ambiental, es minero. De forma natural sobre este suelo se desarrolla el bosque tropical de pino o el bosque tropical pluvial, que ocupan posiciones que van desde altas con pendientes abruptas a, como el caso de las alturas de Sierra del Cristal y la región de Moa, hasta posiciones planas y estables, como el caso de la altiplanicie de Pinares de Mayarí en la Sierra de Nipe.



Fig. III.29. Erosión laminar en suelo Ferrítico Rojo Oscuro Hidratado. (CESIGMA, 2008)



Fig. III.30. Erosión en cárcava en un suelo Ferrítico Rojo Oscuro. (PINARES S. A., 1999)

En la erosión de este suelo, “juega un papel decisivo la topografía y la vegetación”. En zonas irregulares y descubiertas de vegetación, dicha erosión es de leve a muy severa, sufriendo la erosión hídrica laminar (Fig. III.29.) o en cárcavas respectivamente (Fig. III.30.), que se llevan gran cantidad de partículas finas y gruesas” (Suelos de la provincia de Holguín, 1985), las cuales contaminan los acuíferos y se depositan en los fondos o deltas de los ríos o en los estuarios marinos.

El drenaje de estos suelos es de bueno a excesivo, lo que hace que estos suelos sean muy secantes a pesar de estar en zonas de alta precipitación. El drenaje interno es favorecido por la estructura que le proporciona la arcilla, que posee un alto contenido de hierro, como son las arcillas hematita y limonita” (Suelos de la provincia de Holguín, 1985).

Características de un perfil de suelo Ferrítico Rojo Oscuro profundo (suelo niquelífero).

El perfil típico ideal de un suelo Ferrítico Rojo Oscuro (Fig.III.31.) se presenta morfológicamente como una arcilla roja o roja intensa, con un matiz oscuro en el primer horizonte (horizonte “A”), el cual va pasando a un rojo más claro, rojo - parduzco (horizonte “B”) a amarillo - rojizo según se profundiza (horizonte “C + D”. En el horizonte “A” predomina la hematita (deshidratada), por lo cual el color tiene un matiz más rojo. En los perfiles inferiores, (horizontes C + D), el hierro se hidrata con más facilidad y por eso toma los matices amarillos” (Suelos de la provincia de

Holguín, 1985). Estos perfiles amarillos se nombran también como limonita, porción del suelo donde se localizan los minerales de níquel explotable.

La estructura de este suelo en general es granular fina en todo el perfil, y no reacciona con HCL. Es friable, poco adhesivo y plástico. Este suelo retiene muy poco la humedad, por lo cual es un suelo secante.

La profundidad efectiva en general es unos 100 cm., pero el horizonte “A” por lo general no alcanza más de 25 cm. de profundidad, aunque en ocasiones puede llegar hasta los 50 cm. Es un suelo que no se agrieta en épocas de sequía climática.

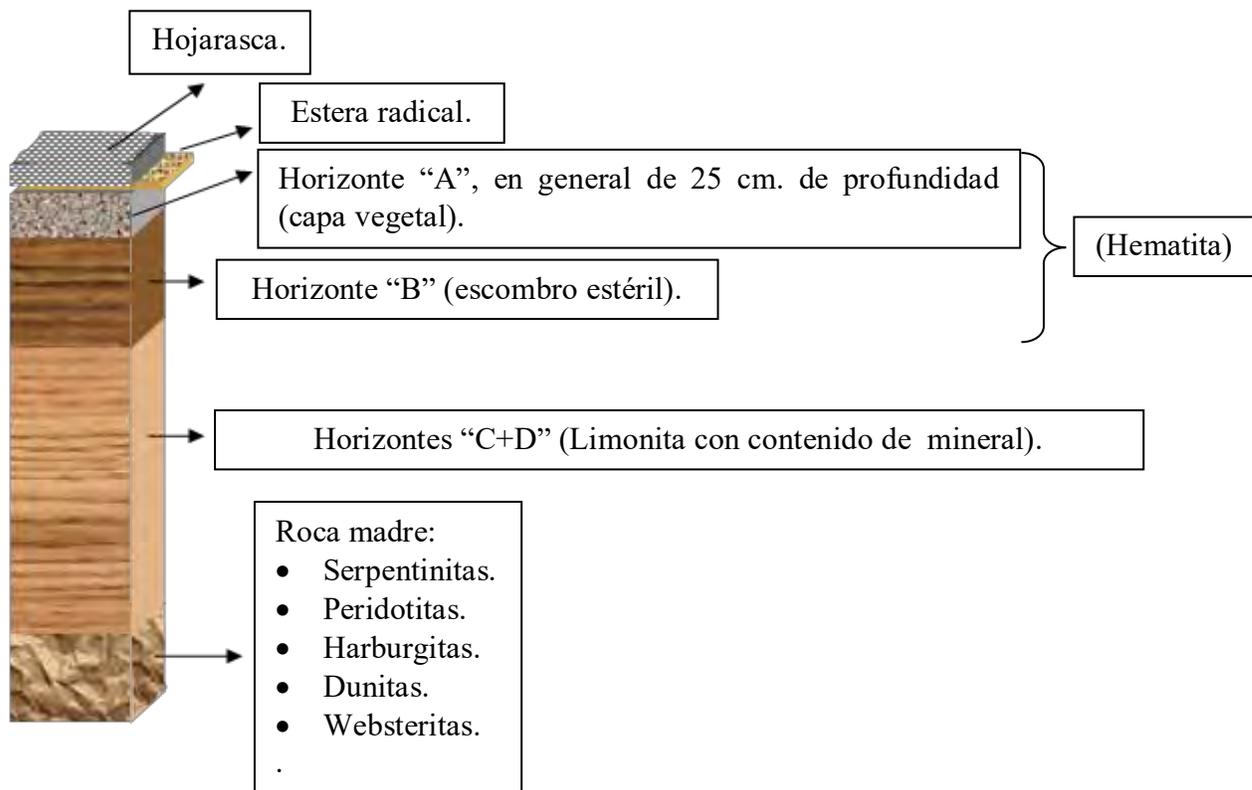


Fig. III.31. Perfil ideal de un suelo Ferrítico Rojo Oscuro profundo en su estado natural.

La estructura de este suelo en general es granular fina en todo el perfil y no reacciona con HCL. Es friable, poco adhesivo y plástico. Este suelo retiene muy poco la humedad, por lo cual es un suelo secante.

Características químico – físicas del suelo Ferrítico Rojo Oscuro.

1. Los valores medios de pH se pueden evaluar de raramente ácido.
2. La higroscopicidad se presenta con valores de alrededor de 12,6 %, lo que significa que no hay problemas de falta de aeración del suelo.

3. Según “Suelos de la provincia de Holguín” el Complejo de Adsorción se presenta de la siguiente forma.

Cationes cambiables

Ca: muy bajo. **Mg:** bajo. **K:** bajo. **Na:** Muy bajo.

Como se puede apreciar el contenido de cationes cambiables de este suelo es pobre.

Capacidad de intercambio catiónico.

El valor de este índice está catalogado como muy bajo.

Nivel de macroelementos

N: muy bajo. **P:** bajo. **K:** bajo.

Ca: muy bajo. **Mg:** medio.

Como se observa este suelo es pobre en cuanto a fertilidad.

Contenido de materia orgánica.

Generalmente el contenido de materia orgánica en estos suelos es de bajo a muy bajo. Se han encontrado valores de 0.61, 0.88 y 0.43 % entre otros.

Clima.

Características del clima cubano.

El archipiélago cubano con una distribución latitudinal y una configuración alargada y estrecha, está ubicado en la zona climática tropical de la faja climática tropical. Esto condiciona la existencia de un clima predominantemente zonal, que puede clasificarse como tropical estacional medianamente húmedo (también denominado tropical de sabana y tropical de humedad alternante, identificado por la clave Aw dentro de la Clasificación Climática de Köppen (Barranco y Díaz, 1989), siendo esta, la variante climática más extendida a lo largo del territorio nacional (con sólo pocas excepciones, como por ejemplo al centro del valle del Cauto y al sur y sureste de Guantánamo (semiárido o Bw, según Acevedo, 1986), así como también en una parte significativamente grande del grupo montañoso de Nipe – Sagua – Baracoa, la cual presenta un clima Af, o tropical lluvioso todo el año).

El clima del archipiélago cubano posee además, un régimen anual de temperatura media del aire del orden de los 24⁰ C, en todas las llanuras del territorio nacional, con excepción de las costas de la parte oriental del país, donde es superior a los 26⁰ C. En los sistemas montañosos se produce en cambio una disminución gradual de la temperatura media del aire con la altura, resultando ésta inferior a los 20⁰ C en el grupo montañoso de la Sierra Maestra. La regularidad espacial de la temperatura media es más notable en el mes de Julio, cuando predomina el rango de 26 a 28⁰ C en todo el territorio, con excepción de las llanuras costeras que poseen

promedios superiores y de las montañas, donde los valores son más bajos. Atendiendo a esto y de acuerdo con datos publicados en el Nuevo Atlas Nacional de Cuba (Instituto de Geografía e Instituto de Geodesia y Cartografía, 1989), se pueden diferenciar claramente tres tipos de territorios según el clima: los de llanuras costeras con mínimas diarias de 20 a 25⁰ C y máximas diarias de 25 a 35⁰C, los de las llanuras interiores con mínimas entre 15 - 25⁰ C y máximas de 30 a 35⁰ C y los de alturas y montañas con mínimas de 15 a 20⁰ C y máximas de 20^o a 30⁰ C.

Características del clima en las regiones de lateritas níquelíferas.

Referente al clima actual de las regiones níquelíferas en explotación, Barranco y col. (1989) plantean que la región nororiental de Cuba está ubicada en la zona Tropical, región Caribe y en



Fig. III.32. Formación de tornado en la región central de la Altiplanicie de Nipe.
(Pinares S. A., 1999)

específico en la subregión Caribe Suroriental, donde se pueden encontrar dos variantes de clima, (1) el Tropical húmedo con lluvias todo el año (parte alta del centro y Sur de Moa-Toa y Sierra Cristal) y (2) el Tropical con verano muy lluvioso (región Norte de Moa y Sierra del Cristal, así como de la Sierra de Nipe), con dos a tres meses de sequía .

Sin embargo según Pérez et al. (2016), en las montañas nororientales de Cuba, por encima de los 500 metros sobre el nivel del mar, se localiza un clima clasificado como templado, con temperaturas promedio anual relativamente frescas entre 18 y 22^o C, precipitaciones elevadas entre 2000 y 4000 mm promedio anual y una humedad relativa muy alta, con alrededor del 90 % promedio anual. En su porción oeste se clasifica como templado húmedo con un periodo

seco (Sierra de Nipe y parte de S. Cristal) y en la porción este (Moa – Toa – Baracoa) se clasifica como templado húmedo sin periodo seco.

El comportamiento de las precipitaciones promedio anual según Guagua et al (1989) es de la siguiente forma: para la región norte de Moa las precipitaciones oscilan entre 1600 y 2000 mm., para la región Centro Suroriental de Moa más 3000 mm., para Sierra Cristal entre 2000 y 2500 mm y para Sierra de Nipe entre 1600 y 1800 mm. En esta última región, producto de ser una llanura alta, con alturas promedio de 450 metros pueden ocurrir pequeños tornados en la época de verano (Fig. III.32.).

Referente a las temperaturas según Lapinel (1989) el comportamiento es el siguiente: en la región norte de Moa las temperaturas promedio anual van de 20 a 22^oC y para su región centro suroriental van de 18 a 20^oC. Para la Sierra Cristal las temperaturas van de 20 a 22^oC y para la Sierra de Nipe estas van también de 20 a 22^oC.

El viento en general, según Rego (1989) es del este casi todo el tiempo, tanto en el verano como en el invierno.

Hidrología.

Las lateritas níquelíferas de esta región se caracterizan por estar ubicadas en la región más lluviosa de Cuba, (Guagua et al., 1989) que junto al papel acumulativo - regulador de los suelos lateríticos profundos (efecto esponja), las acumulaciones de aguas en fisuras (Fernández, 2015) y el papel regulador de los ecosistemas, convierten a esta región como el reservorio de agua más importante del país en cuanto a volumen, calidad y uso (Fig. III.33. y Fig. III.34.).

Es importante señalar que este recurso de agua en la región es alimentado durante todo el año por precipitaciones que oscilan entre 1500 y más de 3500 mm anuales, pudiendo alcanzar hasta 4000 mm.



Fig. III.33. Manantiales naturales de agua potable en la altiplanicie del Toldo, Moa. (CESIGMA, 2008)



Fig. III.34. Salto de agua "Las Comadres", cabezadas del río Jiguaní, camino Moa - La Melba. (Urbino, 2014)

Producto principalmente de la explotación minera, así como de la explotación forestal, en esta región muchos de los ríos asociados a las lateritas en explotación presentan altísimos valores de sólidos en suspensión, producto de la fuerte erosión de los suelos y las altas precipitaciones en zonas desprovistas de vegetación, que afectan inclusive los ecuatorios marinos aledaños (CESIGMA S. A., 1995).

Los ríos más importantes de la región son: el Río Mayarí, localizado entre Sierra de Nipe y Sierra Cristal, El Río Levisa de la Sierra del Cristal, el Río Sagua, también de Sierra del Cristal, el Río Moa, que nace en la Sierra de Moa, el Río Jaguaní y el Río Toa, ambos de la región Moa – Toa – Baracoa.

Referente a embalses de agua, en su inmensa mayoría son de origen antrópico, formando un sistema de presas que garantizan el abasto de agua a regiones localizadas en el oeste de la provincia de Holguín (Fig.III.35.) Este sistema hidráulico se le conoce con el nombre de "Trasvase este – oeste", el cual está formado actualmente por la presa madre de "Río Mayarí" construida en la parte baja de este río, aunque se pretende que dicho trasvase sea alimentado por otras presas que se construirán en el Río Levisa y en el Río Sagua.



Fig.III.35. Presa del Río Mayarí, que alimenta el Trasvase este-oeste. (Urbino, 2014)

Otro factor que brinda importancia a los ríos y arroyos de la región, como es el caso del Río Mayarí, es que ellos son el hábitat de numerosas especies de la fauna caribeña, como es el caso de la avifauna, haciendo función estos ríos de refugio de fauna (Fig. III.36.).



Fig. III.36. Refugio de aves en el Delta del Río Mayarí, al fondo manglares. (Peña, 2010)