

REHABILITACIÓN AMBIENTAL MINERA



Jacobo Urbino Rodríguez
Berthá Díaz Martínez
Sergio Sigarreta Vilches

ISBN 978-950-312-240-5

CISAT - CEPRONIQUEL - IES
GEF-PNUD

CARACTERIZACIÓN BIOGEOGRÁFICA.

Vegetación.

Características de las formaciones vegetales de la región.

En la región, vinculadas directamente a los yacimientos niquelíferos se reportan 5 tipos de formaciones vegetales; el bosque pluvial tropical (monte verde), el bosque tropical de pino (pinar), el bosque pluvial tropical mixto (monte verde mixto), el bosque de galería (monte de orillas de ríos, y el matorral tropical xeromorfo subespinoso (charrascal). Influenciado indirectamente a la explotación mineras (erosión) se localiza el bosque de mangle.

El bosque tropical pluvial en las regiones niquelíferas según Capote y Berazaín (1984) se presenta en dos variantes, (1) el de “baja altitud” y (2) el “submontano”.

- a) El de “baja altitud” se localiza en alturas entre el nivel del mar hasta los 450 m. n. m. y se presenta con tres estratos, uno emergente de 28 – 35 m., y dos dominantes, de 20 – 25m. y de 15 – 20 m. de altura. El estrato de emergentes puede contener árboles deciduos. Presenta un estrato arbustivo poco desarrollado, o puede faltar; presenta estrato herbáceo pobre, con presencia de lianas, epifitas ombrófilas y epífilas no muy abundante.
- b) El “submontano”, se presenta con dos estratos arbóreos, uno de 15 – 22 y otro de 5 – 12 m. de altura; presenta un estrato arbustivo rico en especies, puede presentar pocas o muchas epifitas ombrófilas sobre todo, musgos y hepáticas epífilas, con abundancia de lianas; el estrato herbáceo está presente.
- c) Según Borhidi (1996) en la región se puede localizar el bosque pluvial tropical esclerófilo, el cual se presenta con dos estratos arbóreos, uno abierto, de 15 – 22 m. de altura y otro más cerrado, de 5 – 12m. de altura. Este bosque ocupa un relieve con pendientes que va de abrupta a moderadamente abrupta. En ocasiones encontramos en su estrato arbóreo ejemplares de *Pinus cubensis* (Reyes, 2005). Presenta un estrato arbustivo bastante rico en especies.

Urbino et al. (2016), consideran que en el área existe un solo tipo de bosque pluvial, presentándose tres variantes ecológicas como consecuencia de tres tipos de hábitat diferentes, determinados principalmente por el nivel de fertilización de sus suelos y la economía del agua en los sustratos donde se desarrollan, recordando que las zonas más altas generalmente están más lavadas de nutrientes y las zonas más bajas acumulan dichos nutrientes:

- a) El bosque pluvial tropical sobre suelo Ferrítico Rojo Oscuro profundo y muy poco fértil, ocupando zonas altas (Fig.III.37).
- b) El bosque pluvial tropical sobre suelo Fersialítico Rojo Amarillento más fértil y profundo, que ocupa una menor altitud generalmente (Fig.III.38).
- c) El bosque pluvial esclerófilo sobre suelo medianamente profundo y más secante debido a la pendiente donde se desarrolla, el cual se puede considerar como una transición entre un bosque pluvial y un bosque de pino (Fig. III.39).



Fig. III.37. Bosque pluvial tropical sobre suelo Ferrítico Rojo Oscuro, Loma el Rayo, Moa. (Logan, 2014)



Fig. III.38. Bosque pluvial tropical sobre suelo Fersialítico, Aserrío 26, Moa. (Urbino, 2014)



Fig. III.39. Bosque pluvial tropical esclerófilo sobre suelo Ferrítico Rojo Oscuro, localizado en el Toldo. (CESIGMA, 2008).

El bosque tropical de pino (pinar). Este tipo de bosque está determinado principalmente por las condiciones la relación relieve-suelo, pues el mismo se desarrolla en un clima altamente lluvioso, donde el bioma potencial es la pluvisilva (Urbino et al., 2016). Se presenta en la región en dos variantes, (a) el normal, generalmente con una especie en su estrato arbóreo y (b) el especial, con dos especies de pino en su estrato arbóreo.

- a) El normal (Fig. III.40.), según Capote y Berazaín (1884), con tres estratos; con *P. cubensis* en su estrato arbóreo, uno arbustivo rico en especies y uno herbáceo, con pocas epífitas, en su mayoría heliófilas, con presencia de lianas. Esta variante es la más generalizada en la región y corresponden a suelos con régimen de humedad de muy bajo a muy oscilante en todo el año. Este tipo de bosque se localiza en regiones de precipitaciones entre 1600 y más de 3000 mm promedio anual.
- b) El bosque de pino especial (Fig. III.41.), según Cejas (2006), se presenta con tres estratos: el arbóreo compuesto principalmente por *Pinus sp.* y *P. cubensis*, algo ralo; el arbustivo muy rico en especies; y uno herbáceo muy pobre en especies. Las epífitas presente en su mayoría son ombrófilas. Esta variante mayormente se localiza en las altiplanicies de más de 500 m de altura y precipitaciones de más de 3000 mm. anuales, desarrollándose sobre suelos con régimen de humedad muy alto durante todo el año, pudiendo ser de poco a muy profundos. Esta formación posiblemente sea muy joven, pues al parecer *P. cubensis* se comporta en esta área como una especie invasora, donde el análisis de los anillos de crecimiento dio que los árboles de mayor edad tenía generalmente no más de 25 años, a pesar que hace alrededor de 100 años que se terminó la tala indiscriminada de esta región.



Fig. III.40. Bosque tropical de pino, con *P. cubensis* del Norte de Moa. (Urbino, 2003)



Fig. III.41. Bosque especial de pino, con *Pinus sp.* y *P. cubensis*. (Gómez, 2012)

El bosque pluvial tropical mixto, según Urbino et al. (2016) (Fig. III.42.), se presenta en la Altiplanicie del Toldo y en alturas de las cabezadas del río Jiguaní, por encima de los 450 metros de altura, ocupando terrenos de muy baja pendiente con altísimas precipitaciones (más de 3000 mm/anales), sobre un suelo de mediana a alta profundidad, con un régimen de humedad extremadamente alto todo el año, por lo cual el Órgano de Montaña (2003) clasifica estos suelos bien sea como Ferrítico Rojo Profundo Hidratado sobre rocas Ultrabásicas o Ferralítico Rojo Amarillento Profundo sobre rocas de Básicas.



Fig. III.42. Estructura del bosque pluvial tropical mixto, con *Bonnetia cubensis* (manglillo, Mg) y *Pinus sp.* (pino tea, Pt) en su estrato arbóreo, localizado en la altiplanicie del Toldo. (CESIGMA S. A., 2008)

Presenta tres estratos, uno arbóreo bastante ralo, formado casi exclusivamente por *Bonnetia cubensis* y *Pinus sp.*, un estrato arbustivo de 4 a 6 metros de altura, muy rico en especies, muchas

de las cuales son endémicos regionales o locales, y un escaso estrato herbáceo. Puede presentar epífitas, mayormente de especies ombrófilas, de las familias Marcgraviaceae, Bromeliaceae y Orchidaceae, así como helechos arborescentes.

El bosque de galería se reporta para toda la región, con la particularidad que atraviesa los tres principales paisajes, o sea el de montañas, de llanuras y el de costa, compuestos todos por diferentes tipos de rocas, suelos y clima, lo cual hace que los mismos correspondan a diferentes hábitats, pero todos influenciados por la presencia de alta humedad en el suelo (Fig. III.43.) por su cercanía a corrientes fluviales. Esto hace que este tipo de bosque se presente con diferencias de especies en dependencia del sitio donde se localice (geología y suelo).



Fig. III.43. Bosque de galería en Yamanigüey, Moa, en una región cercana a la costa.

(Urbino, 2014)

El bosque de mangles se presenta en zonas costeras muy vinculadas al mar y pueden presentarse en tres variantes. La primera formada por un estrato arbóreo, principalmente de árboles de mangle rojo (*Rhizophora mangle*) en contacto directo con el mar (Fig. III.44.). Por detrás de esta especie o en playas fangosas se localiza otro árbol, el mangle prieto (*Avicennia germinans*). Otras especies se pueden localizar, como el mangle bobo (*Laguncularia racemosa*) y la yana (*Conocarpus erecto*).



Fig. III.44. Bosque de mangle rojo, localizado en la desembocadura del Río Mayarí.
(Peña, 2007)



Fig.III.45. Bosque de mangle rojo achaparrado, en depósitos costeros de lateritas, Moa.
(Fernández, 2015)

En zonas de estuarios marino formados recientemente a partir de los arrastres de sólidos producto de la fuerte erosión proveniente de las montañas, incrementado por las áreas minadas se localiza una variante del bosque de mangle achaparrado, representado por una sola especie, el mangle rojo, pero en forma de arbustos (Fig. III.45). También en zonas bajas, con aguas marinas tranquilas, sobre todo en desembocaduras de ríos se presenta un manglar formado principalmente por patabán (*Laguncularia racemosa*).

El matorral xeromorfo subespinoso (charrascal), que según Capote y Berazaín (1989), se desarrolla sobre rocas serpentínicas y suelos esqueléticos de toda la región nororiental Nipe – Sagua – Baracoa, formado por arbustos entre 4 y 6 metros de altura, de hojas esclerófilas (duras) y pequeñas, en ocasiones espinosas, con la presencia de palmitas. Puede presentar un estrato emergente, de 7 – 10 metros de altura. Es una formación adaptada a la sequía edáfica, ocasionado por la alta pendiente y los suelos esqueléticos, lo que se suma el alto contenido de Mg que crea una sequía fisiológica del sustrato (Borhidi, 1973), independientemente de las altas precipitaciones y las diferentes altitudes de la región donde se localice, como es el caso de alturas del Toldo. En esta formación vegetal se localizan uno de los mayores números de especies endémicas de la flora de Cuba.

Los charrascales se pueden presentar en dos hábitats fundamentales; los de Sierra Cristal y Moa, más húmedos, donde las precipitaciones oscilan entre 2000 y 3000 mm promedio anual (Fig.III.46) y los charrascales de Sierra de Nipe, más secos, donde las precipitaciones oscilan entre 1500 y 1800 mm promedio anual (Fig.III.47)



Fig. III.46. Charrascal ubicado a 900 msnm en montañas de la altiplanicie del Toldo, Moa.
(CESIGMA, 2008)



Fig. III.47. Charrascal localizado sobre serpentinitas de Sierra de Nipe. (Lamber, 2002)

A continuación se presenta gráficamente la estructura de las principales formaciones vegetales de la región (Fig.III.48., Fig.III.49., Fig.III.50. y Fig.III.51.).

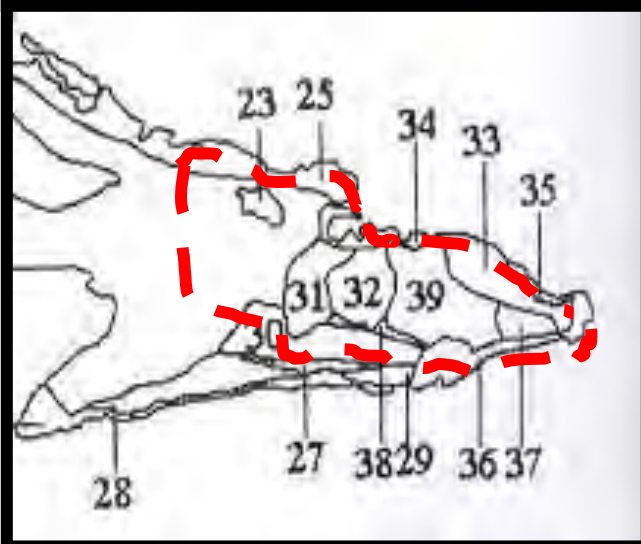
Vegetación de reemplazo.

Como formaciones vegetales de reemplazo se reportan para esta región: las sabanas semi-naturales sobre rocas ofiolitas, los pastos, los matorrales secundarios sobre rocas ofiolitas, plantaciones forestales, mayormente de pino y casuarina, plantaciones de frutales y zonas de cultivos varios.

Flora.

Referente a la flora Vales et Al. (1998) refieren que los macizos montañosos de la región Cuba nororiental (Nipe, Cristal y Moa-Toa-Baracoa) alcanzan los valores más altos de fitodiversidad y endemismo de todo el archipiélago cubano y de las Antillas Mayores, situando a la isla en un lugar privilegiado frente al resto de las islas del Nuevo Mundo. Estos altos valores están asociados a los yacimientos níquelíferos. Según López (1996) y empleando la Fitoregionalización (López., 2005) (Fig. III.52.) se reportan para el Distrito de Sierra de Nipe un total de 549 endémicos, de los cuales 105 son endémicos estrictos; para el Distrito de Sierra Cristal, un total de 464, de los cuales 50 son estrictos y para el Distrito Moa – Toa, un total de 976, de los cuales 373 son endémicos estrictos (Vales et al. 1998). Es de destacar que más del 80 % del endemismo en estas regiones pertenecen a plantas de hábito arbustivo (López, 1996).

Fig. III.52. Fitoregionalización de Cuba según López (2005).



Región Nororiental de Cuba.

- 31:** Distrito Sierra de Nipe
- 32:** Distrito de Sierra Cristal
- 33:** Distrito de Moa – Baracoa
- 35:** Distrito de Baracoa
- 39:** Distrito de Santa Catalina

Ecología del Paisaje.

La ecología de la región se caracteriza por la presencia de numerosos hábitats ecológicos en cortos espacios, en lo fundamental determinados por la Geología, el Suelo, el Relieve y el Clima, reflejados todos por los diferentes tipos de vegetación, por la composición florística y por el alto endemismo en la flora (50% según López, 1996). Algunos autores se refieren indirectamente a la altura sobre el nivel medio del mar, cuando clasifican la vegetación como “de baja altitud y submontana” (Capote y Berazaín, 1984). Es indudable que la altura influye en la vegetación, pero sobre todo en aquellos elementos de la flora que dependen de la temperatura y la humedad del aire, como el caso de las familias Bromeliaceae, Orchidaceae y al parecer en algunas Pinaceae, así como en los Líquenes y Musgos. Es significativo señalar, que a pesar de las altas precipitaciones de esta región, encontramos formaciones vegetales condicionadas por la sequía edafo - relieve, como el caso del bosque de pino (pinar) y del matorral xeromorfo subespinoso (charrascal). De forma específica, los factores: pendiente, características físico – químicas del suelo, las precipitaciones y la temperatura en determinados casos se presentan como factores ecológicos limitantes que determinan el desarrollo de los diferentes tipos de formaciones vegetales del macizo.

Atributos ecológicos.

Ecológicamente hay dos atributos que funcionan para toda la región laterítica nororiental, que aunque tienen sus variaciones, son determinantes en las condiciones ecológicas de dicha región y en especial en su biodiversidad, como lo son: a) las precipitaciones que en general son altas y b) las temperaturas que en general son frescas.

Las altas precipitaciones y temperaturas relativamente frescas permiten el desarrollo potencial del bioma de pluvisilvas (Urbino et al. 2016), sin embargo además de este tipo de bosque, se encuentra en la misma región climática otros tipos de vegetación asociados a condiciones geográficas del terreno, como los bosques de pino y los charrascales.

Sin embargo existen otros parámetros que si varían en pequeños, medianos y grandes espacios, y que interrelacionados con las precipitaciones altas y las temperaturas frescas permiten la existencia de un buen número de hábitats ecológicos. Estos parámetros son:

1. La fertilidad del suelo.
2. La pendiente, proporcionada por el relieve.
3. El régimen de humedad del suelo (el % de agua en el suelo en un período dado)
3. La profundidad del suelo.
4. La diversidad de tipos de suelo.
5. La existencia de elementos tóxicos en el suelo, como el aluminio, el níquel y el hierro, o magnesio los cuales provocan una sequía fisiológica en las plantas (Borhidi, 1996).

Además de los anteriores factores, existen otros factores que influyen en la existencia de la diversidad de hábitats, estos vienen dados por:

6. Régimen de humedad en la atmósfera, lo cual está condicionada principalmente por la altura sobre el nivel del mar.
7. La existencia de dos tipos de clima en la región, como lo son el de selva tropical y el templado húmedo con y sin estación seca en sus zonas más altas (Pérez, et al. 2016).
8. Exposición a la luz de las montañas y de sus laderas (norte, sur, este y oeste principalmente).

Distribución Hidro – Topográfica de las formaciones vegetales de la región.

Según criterios de los autores de esta contribución, entre los principales factores ecológicos que determinan la presencia o no de las formaciones vegetales de la región son la pendiente y el régimen de humedad del suelo. Tomando en cuenta estos dos factores ecológicos, se confeccionó una matriz donde se ubican, desde el punto de vista ecológico, los diferentes tipos de vegetación de la región (Fig. III.53.). Aunque en la región el bosque pluvial es el bioma potencial debido al clima (precipitación y temperatura), los hay determinados factores geográficos que posibilitan el desarrollo de otros biomas correspondientes a hábitats más secos, como lo son los bosques de pino y los matorrales xeromorfos.

Fig. III.53. Distribución ecohidro-topo-climática de los tipos de vegetación de la región ofiolítica de Cuba nororiental, tomando en cuenta las altas precipitaciones y la baja fertilidad del suelo para toda la región

Dimensiones		RÉGIMEN DE HUMEDAD DEL SUELO (Hodgson, 1985)							
		CLIMA TROPICAL					CLIMA TEMPLADO		
		Fuertemente bajo	Muy bajo	Bajo	Fuertemente oscilante	Medio	Medio oscilante	Alto	Muy alto
P E N D I E N T E	+ 25°	Matorral xeromorfo subespinoso (Suelo esquelético)							
	25° - 15°								
	15° - 11°					Bosque pluvial esclerófilo (Suelo profundo a medio prof.)			
	11° - 7°	Bosques de pino con <i>Pinus cubensis</i> (Suelo profundo a esquelético)					Bosque pluvial (Suelo profundo)		
	7° - 5°								
	5° - 0°							Bosque tropical mixto	

Unidades del Paisaje.

Para la determinación de las Unidades del Paisaje se tomaron en cuenta los principales componentes que determinan las unidades ecológicas que forman los paisajes de la región, estos componentes fueron: alturas sobre el nivel del mar y formas de presentarse el relieve (alturas y montañas, altiplanicies y depresiones); pendiente (Kellog, 1961); tipos de rocas (CESIGMA S. A. 1999); clasificación de suelo (Instituto de suelo, 1973); profundidad del suelo (Storie, 1970); régimen de humedad (Hodgson, 1985); tipo de clima (Barranco et al., 1989) y (Pérez et al. 2016)); tipos de vegetación (Capote y Berazaín, 1989. Borhidi, 1996. Cejas, 2006, y Urbino, 2016).

Estas unidades del paisaje son las siguientes:

1. Alturas y montañas, con pendientes muy abruptas (+ de 25°), formadas mayormente por rocas ultrabásicas, con suelo esquelético muy poco profundo (2 a 20 cm.) y un régimen de humedad extremadamente bajo, en regiones de precipitaciones entre 1600 a + de 3000 mm/anales, con matorral xeromorfo subespinoso (charrascal).
2. Alturas y montañas, con pendientes abruptas (15° - 25°), formadas por rocas ultrabásicas y básicas, con suelos Ferrisialíticos, de profundidad somera (30 - 60 cm.) y un régimen de humedad muy bajo, en regiones de precipitaciones entre 1600 a + de 3000 mm/anales, con matorral xeromorfo subespinoso o bosque tropical de pino variante más seca (*Pinetum anemietosum* según Samek, 1973).
3. Alturas y montañas, con pendientes moderadamente abrupta (11° - 15°), formadas por rocas Ultrabásicas y Básicas, con suelos Ferrítico Rojo Oscuro o Ferralítico Rojo amarillento, moderadamente profundo (60 - 90 cm.), con un régimen de humedad bajo, en regiones de precipitaciones entre 1600 y 2500 mm/anales, con vegetación de bosque de pino o bosque pluvial esclerófilo.
4. Alturas y montañas, con pendiente fuerte (7° - 11°), formadas por rocas ultrabásicas y básicas, con suelos Ferrítico Rojo Oscuro o Ferralítico Rojo Amarillento, con suelo profundo (90 - 120 cm.) a muy profundo (+ de 120 cm.), con un régimen de humedad medio, en regiones de precipitaciones entre 1600 y 2500 mm/anales, en ocasiones con bosque pluvial mesófilo, en ocasiones con bosque de pino, con *Pinus cubensis*.
5. Altiplanicies en alturas entre 400 y 600 msnm, con pendientes suaves a moderadas (0° - 5°), formadas por rocas ultrabásicas y básicas, con suelos Ferrítico Rojo Oscuro o Ferralítico Rojo Amarillento, con suelo muy profundo (+ de 120 cm.), con un régimen de humedad muy oscilante en el año, en regiones de precipitaciones entre 1600 y 2500 mm/anales, con bosque tropical de pino, con *Pinus cubensis*
6. Altiplanicies con alturas entre 600 y 900 metros de altitud, con pendientes suaves a moderadas (0° - 7°), formadas por rocas Ultrabásicas, con suelos Ferrítico Rojo Hidratado, muy profundo a poco profundo, con un régimen de humedad altísimo y poco oscilante en el año debido a las altas precipitaciones (+ de 3000 mm./anual) y clima templado (Graciela et al. 2016), con bosque tropical mixto, compuesto por *Pinus sp.* y *Bonnetia cubensis*.

7. Montañas de más de 400 metros de altitud, con pendientes fuertes (7° - 11°), formadas por rocas Básicas, con suelo Ferralítico Rojo Amarillento muy profundo (+ de 120 cm), con régimen de humedad altísimo todo el año, debido a las altas precipitaciones (+ de 3000 mm./anual), con bosque tropical mixto, con *Pinus sp.* y *Bonnetia cubensis*.
8. Depresiones del terreno en altiplanicies, con pendientes suaves a moderadas (0° – 5° y 3° – 7°), formadas por corazas de mocarrero, con suelos Ferromagnesiales, profundo (60 - 90 cm.), con un régimen de humedad de medio a poco oscilante en el año, en regiones de precipitaciones entre 1600 y 2500 mm/anuales con bosque pluvial mesófilo o bosque tropical de pino, con *P. cubensis*.