

# LOS BOSQUES EN CUBA, SU FUNCION Y SIGNIFICADO ANTIEROSIVO

J. A. HERRERO', R. MOLINA' Y V. MELCHANOV'

## RESUMEN

En el presente artículo se dan elementos de información demostrativa de cómo la desaparición del bosque en las regiones con topografía y pendientes muy pronunciadas, así como el uso posterior de esta superficie en la producción agrícola, facilitan la erosión hídrica acelerada debido al aumento considerable que experimenta el escurrimiento por las laderas de las cuencas, deteriorando las propiedades hidrofísicas de los suelos y disminuyendo a la vez la capacidad productiva hasta su degradación total.

Sobre la base de los estudios realizados, se da como factor dominante en la velocidad de infiltración de algunos suelos la vegetación que éstos sustentan. Se recomienda y fundamenta para las condiciones de Cuba, una fórmula para el cálculo del ancho de la faja forestal en las riberas de los ríos, arroyos y presas, como forma de protección contra el asolvamiento y otros daños a las obras hidráulicas existentes.

## INTRODUCCION

Uno de los fundadores del Comunismo Científico, Federico Engels escribió: "Qué importó a los cosechadores de café españoles en Cuba, que quemaron los bosques y obtuvieron de las cenizas de los incendios fertilizantes que sirvieron para plantaciones de café muy productivas durante una generación y que más tarde los aguaceros tropicales lavaron la capa superficial o productiva de los suelos sin protección después de quemados y deforestados, quedando solamente en esas montañas suelos improductivos".

Antes de la colonización española, la Isla de Cuba tenía casi todo su territorio cubierto de bosques. Las formas de cultivo practicadas por su primitivos pobladores no tuvieron influencia significativa en nuestra foresta.

Al triunfo de la Revolución en 1959, según estimados hechos por especialistas de la sección de Inventario Forestal del ya extinguido Departamento Forestal y Frutal del INRA, la superficie del territorio nacional ocupada por vegetación boscosa era de 1,5 millón de ha, o lo que es lo mismo, el 12 % del territorio.

En estos momentos, los principales macizos boscosos naturales en Cuba se localizan en zonas de difícil acceso, sobre terrenos de escaso o ningún valor agrícola como son la Península de Guanahacabibes en la provincia de Pinar del Río, al Sur de la Isla de la Juventud; en las regiones montañosas de las provincias orientales y Pinar del Río.

Estas regiones montañosas se caracterizan por una topografía muy accidentada, con suelos poco profundos y pobres en la parte superior de las pendientes y en las riberas de los ríos y valles, suelos aluviales más profundos y productivos, por cuanto éstos están formados por deposición del material erodado de la superficie del suelo en las partes altas.

## MATERIALES Y METODOS

El estudio del escurrimiento superficial y la erosión se realizó por el método de aplicar lluvias artificiales a parcelas experimentales no permanentes de 5 m x 20 m (Befani, 1966). Las parcelas se escogieron por parejas, cercanas entre sí en suelos y pendientes iguales; Únicamente variaba el tipo de vegetación de las mismas.

Para obtener las informaciones necesarias, una vez delimitadas las parcelas, se colocaron en la parte inferior dos canales colectores y un vertedor triangular de 90°; dentro de cada parcela se instalaron 20 pluviómetros de cuña uniformemente distribuidos.

La intensidad de la lluvia se calculó mediante la relación:

$$\frac{\text{Masa de agua}}{\text{Tiempo de lluvia}} = 1 \text{ mm/minuto}$$

El coeficiente de escurrimiento se calculó por la relación:

$$\frac{\text{Volumen del escurrimiento}}{\text{Volumen de agua aplicada}} = K$$

El costo o caudal se calculó por la fórmula  $Q = 1,4 H^{3/2}$ , siendo H la altura del agua sobre el vértice del vertedor.

La velocidad de infiltración se determinó multiplicando el coeficiente de infiltración ( $1 - K$ ) por la intensidad de la lluvia aplicada.

La erosión (kg/ha) se precisó por el método de filtración, tomando muestras de agua en el vértice del vertedor cada 1 - 2 minutos.

Para la determinación del ancho de las fajas forestales de protección a las riberas de los ríos y embalses, se trazaron perfiles transversales con distancia entre dos perfiles consecutivos de un kilómetro en toda la longitud de los ríos y perímetros de los embalses estudiados.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Estado actual de los suelos con relación al bosque

Los suelos forestales de las regiones montañosas de Cuba, teniendo en cuenta las condiciones históricas del desarrollo del país, se han incorporado intensivamente a la agricultura y a la ganadería.

Investigaciones realizadas por los autores en las cuencas de los ríos San Diego (provincia de Pinar del Río) Hanabanilla (provincias de Cienfuegos y Villa clara) y Cauto (provincia de Stgo. de Cuba, demuestran que más del 50 % de la superficie de estas cuencas está utilizado en cultivos agrícolas y ganadería, entre el 15 y el 30 % está ocupado por vegetación improductiva, indeseable o ambas, en suelos fuertemente degradados que fueron utilizados con anterioridad por la agricultura y solamente del 10 al 20 % de su superficie se encuentra forestado.

Los suelos forestales montañosos, utilizados por su fertilidad actual en cultivos agrícolas y frutales, están experimentando erosión hídrica acelerada. Según las mencionadas investigaciones, en sólo un aguacero con intensidad de  $1,5 - 2,0$  mm/minuto y duración de **10** minutos, se pierden hasta **6** t/ha, con lo que se degrada aceleradamente la capa más productiva del suelo que puede perderse definitiva y completamente en breve tiempo.

Del mismo modo que en las regiones montañosas del país se manifiesta la erosión hídrica acelerada o activa, también se observan corrientes fluviales torrenciales; este proceso lo podemos ver muy acentuado en la cuenca Sur de la Sierra Maestra, donde existe una topografía muy accidentada con pendientes de 250 o más y sólo se ha conservado el bosque en aquellos terrenos prácticamente inaccesibles donde el hombre no ha podido talarlo. En estos lugares el territorio se encuentra, fundamentalmente, cubierto por pastos muy malos donde se practica el pastoreo extensivo, condiciones estas muy favorables para que el suelo sea fuertemente erosionado por las lluvias.

Cuando se talan los bosques en pendientes abruptas y estas áreas se convierten en pastizales u otros cultivos agrícolas, es bien conocido que produce el deterioro de la estructura del suelo y que éste pierde entre otras cosas, capacidad y velocidad de infiltración, lo cual da como resultado que el escurrimiento superficial aumente tanto en cantidad como en velocidad, produciendo una erosión considerable y transportando el material erodado rápidamente a la red hídrica de la cuenca y ésta, a su vez, a los embalses o al mar si estos últimos no existieran.

#### Función antierosiva de los bosques

El papel antierosivo de los bosques se explica, fundamentalmente, porque ellos propician en los suelos que los sustentan, características que favorecen considerablemente la infiltración del agua de lluvia, producto de lo cual disminuyen el volumen y la velocidad del escurrimiento superficial, agente causal de los procesos erosivos.

Los estudios realizados en la cuenca del río San Diego, con más de 80 parcelas de escurrimiento, demuestran que en una pendiente de 200 en parcelas cubiertas con Pinus tropicalis Morelet, natural, y cultivo de Manihot esculenta Crantz (yuca), con sólo una lluvia con intensidad de 2 mm/minuto y 10 minutos de duración, se puede producir una erosión hídrica en la parcela de yuca de hasta 1,5 t/ha, mientras que en la forestada no se producen escurrimientos superficiales y, por consiguiente, no hubo erosión (ver Tabla 1).

Tabla 1. Escurrimiento y erosión en tres pares de parcelas experimentales no permanentes, Cuenca del Río San Diego, Pinar del Río.

| Pares de parcelas | Vegetación                      | Pendiente en grados orientación | Duración de la lluvia (min) | Intensidad (mm/min) | Coficiente de escurrimiento | Erosión (kg/ha) | Velocidad de infiltración (mm/min) |
|-------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|---------------------|-----------------------------|-----------------|------------------------------------|
| 1                 | 2                               | 3                               | 4                           | 5                   | 6                           | 7               | 8                                  |
|                   | <u>P. tropicalis</u>            | 20° E                           | 10                          | 1,9                 | 0,0                         | 0,0             | 1,90                               |
| 1                 | <u>Manihot esculenta</u> (yuca) | 20° E                           | 10                          | 2,1                 | 0,18                        | 1 528           | 1,34                               |
|                   | Pasto                           | 21° NE                          | 10                          | 1,23                | 0,04                        | 0,9             | 1,19                               |
| 2                 | Vegetación arbustiva            | 21° NE                          | 35                          | 1,68                | 0,004                       | 0,4             | 1,68                               |
|                   | Bosque de pomarrosa y café.     |                                 |                             |                     |                             |                 |                                    |
| 3                 | Sotobosque                      | 13-14° N                        | 12                          | 2,13                | 0,08                        | 16,5            | 1,98                               |
|                   | Tumba cultivada con frijoles    | 13-14° N                        | 10                          | 2,63                | 0,13                        | 824,3           | 2,29                               |

Como podemos apreciar en la Tabla 1, en la vegetación boscosa y arbustiva existe mucho menos erosión que en el pasto y los cultivos de yuca y frijoles.

Investigaciones de la velocidad de infiltración en algunos suelos con diferentes cultivos y vegetación, demostraron que el factor fundamental que determina este parámetro hidrofísico, es el tipo de vegetación que el suelo sustente; en suelos arcillosos medianos y pesados se obtuvieron los resultados que aparecen en la Tabla 2.

TABLA 2. Velocidades de infiltración en suelos con distintos cultivos.

| Tipo de vegetación                 | Velocidad de infiltración (mm/min) |
|------------------------------------|------------------------------------|
| <u>Oryza sativa</u> Lin. (arroz)   | 0,6                                |
| <u>Colocasia esculenta</u> Schott. | 1,1                                |
| <u>Manihot esculenta</u> Crantz.   | 1,0                                |
| <u>Nicotiana tabacum</u> Lin.      | 1,0                                |
| Arbustos                           | 1,9                                |
| Bosque de conífera (natural)       | 2,4                                |
| Bosque de latifolia (natural)      | 2,8)                               |

Sagué y Hernández (1978) en la Sierra del Rosario, obtuvieron, que la humedad en el suelo debajo del bosque es mayor que en los pastizales; esto, teniendo en cuenta que la transpiración de la vegetación forestal en nuestras condiciones climáticas es alta, nos demuestra que la capacidad de infiltración es mucho mayor en los suelos ocupados por bosques, que en los utilizados para otros fines.

Davitaya y Trusov (1965) plantean que la media anual de las precipitaciones en Cuba aumenta con la asnm, y que la media máxima diaria varía desde 80–100 mm en las regiones llanas, hasta 100–120 mm en las regiones montañosas. Un análisis hecho de las intensidades inferiores a 2 mm/minuto, ocurridas en un periodo de 18 años, para 10 minutos de lluvia en la parte superior de la cuenca del río San Diego, arrojó que de cada 100 casos, 83 eran menores de 2 mm/minuto. Comparando estos datos y los de velocidad de infiltración de los suelos estudiados, podemos llegar a una conclusión fundamental: en los suelos arcillosos medianos y pesados

Como podemos apreciar en la Tabla 1, en la vegetación boscosa y arbustiva existe mucho menos erosión que en el pasto y los cultivos de yuca y frijoles.

Investigaciones de la velocidad de infiltración en algunos suelos con diferentes cultivos y vegetación, demostraron que el factor fundamental que determina este parámetro hidrofísico, es el tipo de vegetación que el suelo sustente; en suelos arcillosos medianos y pesados se obtuvieron los resultados que aparecen en la Tabla 2.

TABLA 2. Velocidades de infiltración en suelos con distintos cultivos.

| Tipo de vegetación                 | Velocidad de infiltración (mm/min) |
|------------------------------------|------------------------------------|
| <u>Oryza sativa</u> Lin. (arroz)   | 0,6                                |
| <u>Colocasia esculenta</u> Schott. | 1,1                                |
| <u>Manihot esculenta</u> Crantz.   | 1,0                                |
| <u>Nicotiana tabacum</u> Lin.      | 1,0                                |
| Arbustos                           | 1,9                                |
| Bosque de conífera (natural)       | 2,4                                |
| Bosque de latifolia (natural)      | 2,8)                               |

Sagué y Hernández (1978) en la Sierra del Rosario, obtuvieron, que la humedad en el suelo debajo del bosque es mayor que en los pastizales; esto, teniendo en cuenta que la transpiración de la vegetación forestal en nuestras condiciones climáticas es alta, nos demuestra que la capacidad de infiltración es mucho mayor en los suelos ocupados por bosques, que en los utilizados para otros fines.

Davitaya y Trusov (1965) plantean que la media anual de las precipitaciones en Cuba aumenta con la asnm, y que la media máxima diaria varía desde 80–100 mm en las regiones llanas, hasta 100–120 mm en las regiones montañosas. Un análisis hecho de las intensidades inferiores a 2 mm/minuto, ocurridas en un periodo de 18 años, para 10 minutos de lluvia en la parte superior de la cuenca del río San Diego, arrojó que de cada 100 casos, 83 eran menores de 2 mm/minuto. Comparando estos datos y los de velocidad de infiltración de los suelos estudiados, podemos llegar a una conclusión fundamental: en los suelos arcillosos medianos y pesados

con vegetación forestal la alimentación de las corrientes fluviales es fundamentalmente subsuperficial y subterránea; por consiguiente, la vegetación boscosa que se desarrolla en la parte baja de las laderas y riberas de los ríos, no sólo infiltra el agua de lluvia que cae sobre ella, sino también, una parte considerable del agua que corre de los lugares desforestados convirtiéndola en subterránea así como retiene en sus hileras el material sólido erodado.

La capacidad alta de infiltración que tienen los suelos forestados se explica porque los bosques, además de mejorar las propiedades hidrofísicas en general de los suelos, facilita el proceso de infiltración, impidiendo que el agua de lluvia caiga total y directamente sobre ellos, pues una parte de ella es interceptada por las capas o follaje de los árboles y por el manto de materia orgánica y hojarasca en proceso de descomposición que se forma en el suelo; y otra parte corre suavemente por el fuste de los árboles y se infiltra en el área más productiva del suelo, o sea, aquélla ocupada por el sistema radicular del árbol.

Kerenski (1975), en sus investigaciones sobre la intercepción de la lluvia por los bosques de latifolias en Sierra del Rosario determinó que las copas de los árboles interceptan, como promedio, el **18,6 %** de la lluvia caída y las hojarascas el **8,8 %**, así como que por el fuste de los árboles puede escurrir un promedio de **7.2 %** de la precipitación.

El manto de materia orgánica y hojarasca en proceso de descomposición que se forma en el suelo del bosque, además de tener alta capacidad de retención de agua (según Kerenski 3, 15 veces su peso seco, para las condiciones de Cuba), aumenta la capacidad de infiltración de los suelos, aporta grandes cantidades de nutrientes a éstos, crea condiciones propicias para que se desarrollen y reproduzcan los microorganismos y fauna del suelo, reduce considerablemente la evaporación improductiva en la superficie del suelo, etc.

Un gran significado en el control de la erosión hídrica tiene también el sistema radicular de la vegetación forestal y arbustiva.

Sagué et al. (1979), en parcelas de escurrimiento con bosque siempre verde estacionario de Sierra del Rosario, obtuvieron una erosión anual de 0,004 t/ha, mientras que con pasto natural fue de 1,769 t/ha, lo cual corrobora lo planteado.

En Cuba, a partir del año 1960, se ha aumentado de forma significativa la construcción de obras hidráulicas con el fin de regular el caudal de los ríos y embalsar la mayor cantidad de agua para ser utilizada, fundamentalmente, en el **regadío** de los cultivos

agrícolas y abastecimiento del preciado líquido a la población. Sin embargo, producto de la erosión hídrica que tiene lugar en las cuencas, por el mal manejo que de sus suelos se hace, en algunos embalses se observa un asolvamiento acelerado del vaso, producto del aumento sustancial de material sólido en el escurrimiento de los ríos de la cuenca alimentadora; por dar un ejemplo, citaremos la presa Güiraba, una de las mayores obras hidráulicas de la provincia de Holguín, que según el estudio topobatimétrico realizado en su área de embalse por el Instituto de Hidroeconomía, arroja que, en sólo 9 años de explotación, se ha reducido en un 37 % el volumen muerto de ésta, y de mantenerse este ritmo de asolvamiento la explotación que le queda al mencionado embalse es de 15 años, lo cual representa el 50 % de la vida útil proyectada (Molina et al., 1979).

La protección contra el asolvamiento de los embalses es un problema mundial de actualidad, que sólo puede ser resuelto aprovechando las propiedades o funciones positivas indirectas del bosque. Las fajas de protección forestal contra la erosión hídrica situadas en las riberas de los ríos, arroyos y presas, como planteamos en párrafos anteriores, no permite que el material sólido erodado en la cuenca llegue fácilmente a la red hidrográfica y sea transportado por ésta a los embalses.

Para el cálculo del ancho de la faja forestal, el cual debe ser tal que permita la infiltración tanto del agua de lluvia que cae sobre ella como la que corre de los lugares contiguos, Melchanov y Herrero (1975), propusieron para las condiciones de Cuba la fórmula siguiente:

$$B = \frac{L (h - W_m)}{W_f - W_m}$$

donde

**B** = ancho de la faja forestal.

**W<sub>f</sub>** = velocidad de infiltración en la faja forestal.

**h** = intensidades más frecuentes de las precipitaciones de la zona.

**L** = longitud total del perfil desde la margen del río hasta el primer parte-aguas (proyección horizontal).

**W<sub>m</sub>** = velocidad media de infiltración de los tramos de las diferentes pendientes dentro del perfil.

La comprobación de esta fórmula en las cuencas de los ríos San Diego, Hanabanilla, Cauto y otros, demostró que el ancho promedio que debe tener la faja es de 1/3 de la distancia entre la margen del río y la línea del primer parte-aguas, lo cual en las condiciones, nuestras es aproximadamente de **30 m** para los ríos principales, **20** para los de 2do. orden y **10 m** para los arroyos de corrientes no permanentes.

Como es conocido, la mayor parte del escurrimiento superficial llega a la red hidrográfica a través de depresiones, cárcabas o digitaciones formadas por la erosión hídrica. Surmach (1971) plantea que cuando se vayan a proyectar las fajas de protección en las riberas de los ríos, éstas deben combinarse con medidas antierosivas sencillas, para de esta forma, además de asegurar una protección más completa a la cuenca, disminuir el ancho de las fajas forestales.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De los factores que influyen en la infiltración y erosión de los suelos, la vegetación es el más sobresaliente, como ha quedado demostrado en los estudios realizados en parcelas de escurrimiento, en las cuales una lluvia de **10 minutos** de duración, con intensidad de **2 mm/minuto**, producida en suelos con pendiente de **20%** y con cultivos de yuca (Manihot esculenta Crantz), produce una erosión de **1,5 t/ha**, mientras en esas mismas condiciones, pero con el suelo cubierto con coníferas, no se produjo erosión, por cuanto el escurrimiento superficial fue cero. De igual forma, la velocidad **de** infiltración de los suelos forestados es en coníferas, **2,4 mm/min**: y en latifolias **2,8 mm/min**, mientras que en los cultivos anuales tales como Colocasia esculenta Schott, Manihot esculenta Crantz y Nicotiana tabacum Lin., es de **1,0 mm/min** y en la Oryza sativa Lin. de **0,6 mm/min**.

La tala de los bosques y el posterior uso de estos suelos para cultivos agrícolas es el principal factor que determina la degradación de los terrenos en las zonas montañosas. Este proceso tiene otro efecto que no es menos importante: la exposición del suelo a los factores climáticos, que en estas condiciones actúan de forma negativa. En nuestro país este fenómeno tiene especial importancia si se tiene en cuenta la cantidad enorme de obras **hidráulicas** construidas o en proceso de construcción y el peligro que para la misma constituye el asolvamiento.

La protección más efectiva de nuestros recursos hidráulicos puede lograrse con la creación de fajas forestales hidroregulado-

ras en las riberas de los ríos y presas, las cuales deben tener un ancho promedio de  $\frac{1}{3}$  de la distancia entre la margen del río y la línea del primer parte-aguas, que en las condiciones topográficas nuestras, es aproximadamente de:

30 m para los ríos principales y presas

20 m para los ríos de segundo orden

**10 m** para los arroyos de corriente no permanente.

#### ABSTRACT

#### THE FORESTS IN CUBA: FUNCTIONS AND ANTIEROSIVE SIGNIFICANCE

Information is given on how disappearance of the forest in region with pronounced topography and slope gradients, as well as management of this area for agricultural production, can ease fast hydric erosion due to a considerable increase of runoff through the ladders of valleys, deteriorating the hydrophysical properties of soils and diminishing at the same time the productive capacity to its total degradation.

From the studies, it is considered that the dominating factor of infiltration speed of some soils is the type of vegetation that these bear. The authors advise and propose for the existing conditions of Cuba, the use of a formula for the estimation of the forest strip width in the riversides, waterstreams and dams as a protection against stoppage and other dangers to existing hydraulic structures.

#### BIBLIOGRAFIA

- BEFANI, A. N. **1966**. Trabajos investigativos sobre la lluvia y el escurrimiento en zonas cercanas al mar. Serie hidrometeorológica (Moscú) **22: 3-124**.
- CUBA, MINISTERIO DE LA AGRICULTURA. **1978**. Estudios hidrológicos forestales en la cuenca del Río San Diego. La Habana, MINAGRI. **75 p.**

- DAVITAYA,, F.F. y L. L. TRUSOV. 1965. Los recursos climáticos de Cuba; su utilización en la economía nacional. La Habana, Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. 68 p
- ENGELS, F. 1966. Dialectica prirodi, Moskva, Iz-Vo Politicheskaya literatura. 248 p.
- KERENSKI, STANCHO D. 1975. Interceptación de la lluvia por el bosque alto de baja calidad en la Sierra del Rosario. Academia de Ciencias de Cuba, Serie Forestal 22: 12.
- MELCHANOV, V.Á. y J. A. HERRERO. 1975. Metodica raschota vodopoglatitelnoy lesnoy polosí v tropicheskij usloviyaj Kybi. Moskva, Akademia nayk SSSR Lesovedenie. p. 74-79.
- MELCHANOV, V.A. 1978. Gornie lesa Kybi Lesnoye jozaystvo 12: 82-84.
- MOLINA, A. R., A. ANCIZAR y R. PERERA. 1979. Estudios realizados en la cuenca del Río Matamoros, Fresa Quirabo, provincia de Holguín, con vistas a su protección contra la erosión hídrica. La Habana, INDAF. 12 p.
- SAGUE, H.D. y L. HERNANDEZ. 1978. Estructura del sistema radical de dos comunidades vegetales de suelos montañosos ACC. Información Científica-Técnica 41: 9.
- SAGUE, H. D, L. HERNANDEZ, J. ORTEGA y L. LASTRE. 1979. Balance hídrico y erosión en Sierra del Rosario. Voluntad Hidráulica 49-50: 28-36.
- SURMACH, G. F. 1971. Vodoreguliruyuschaya y protiveroionnaya rol nasazdeniy. Moskva, Lesnaya promishlennost. 132 p.