

# COMPORTAMIENTO HIDROLÓGICO DE LA REGENERACIÓN NATURAL DE PINARES NATURALES EN ALTURAS DE PIZARRAS, PINAR DEL RÍO, CUBA

## HIDROLOGIC BEHAVIOR OF THE NATURAL REGENERATION OF PINE PLANTATION IN ALTURAS DE PIZARRAS, PINAR DEL RÍO PROVINCE, CUBA

M.Sc. YOLANIS RODRIGUEZ-GIL,<sup>1</sup> ING. ARSENIÓ RENDA-SAYOUX,<sup>1</sup> DR.C. TOMÁS PLASENCIA-PUENTES<sup>2</sup> Y DR.C. JUAN A. HERRERO-ECHAVARRÍA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. Calle 174 no. 1723 e/ 17 B y 17 C, Siboney, Playa, La Habana, Cuba, teléf.: 72082554, yoly@forestales.co.cu

<sup>2</sup>Estación Experimental Agro-Forestal Viñales. Km 20 Carretera a Viñales, Pinar del Río, Cuba

<sup>3</sup>Dirección Nacional Forestal. Ministerio de la Agricultura. Konill esq. a Avenida Independencia, Plaza de la Revolución, La Habana, Cuba

### RESUMEN

*En el presente trabajo se dan a conocer los primeros resultados de la investigación, los cuales revisten una enorme importancia para mejorar las diligencias o gestiones encaminadas a garantizar un suministro de agua con calidad para todos los usos de forma sostenida, cuando se depende de los bosques de pinares para la disponibilidad de este preciado líquido, por lo que el objetivo central del presente artículo es revelar el comportamiento de las variables lluvias, escurrimiento superficial y la evapotranspiración anual total en los periodos secos y húmedos en los primeros estadios de la regeneración natural de *P. caribaea* y *P. tropicalis*. La investigación se efectuó en la Estación Hidrológica Forestal Amistad, provincia de Pinar del Río. Los índices hidrológicos fueron determinados en la parcela de balance hídrico y en la subcuenca V. Se concluye que la regeneración natural de pinares, debido a su crecimiento favorable, tiene una considerable repuesta hidrológica en las cuencas hidrográficas en la región de Alturas de Pizarras en Pinar del Río, al observarse uniformidad en el crecimiento de las plántulas.*

*Palabras claves:* regeneración natural, restauración hidrológica, pinares.

### ABSTRACT

*In the present paper the first investigation results, which are very important for diligences or management to guarantee a supply of water with quality for all the uses in a sustained way, when depends on the forests of pine for the availability of this valuable liquid, for that reason the main objective of the present article is to reveal the behavior of the variable rains, superficial flow and the total annual evapotranspiration in the first states of the natural regeneration of *P. caribaea*, *P. tropicalis*. This investigation were experienced and evaluated in the Forest Hydrological Station Amistad, Pinar del Río province, the hydrological indexes were determined in the trial of hidric balance at the catchment V. It concludes that the natural regeneration of pines plantation due to its favourable growth has considerable hydrological restoration in the watershed in the region of Alturas de Pizarras, Pinar del Río province, when being observed uniformity in the growth of the tree youngs.*

*Key words:* natural regeneration, hydrological restoration, pine plantation.

### INTRODUCCIÓN

Con mucha razón se viene planteando desde la década de los setenta del pasado siglo, por diver-

sas instituciones internacionales que tienen que ver con los recursos hídricos, que los suelos, las

aguas y la vegetación en sentido general forman un sistema complejo e interdisciplinario, que se resume en el ciclo hidrológico, y se expresa en el espacio cuenca hidrográfica, afectándose dicho sistema cuando se emprenden acciones aisladas en cada uno de esos componentes.

La regeneración natural como método económico de reforestación y su influencia en el rendimiento hídrico y en la calidad de las aguas es un tema muy poco abordado, según consulta bibliográfica realizada [DNF, 2012].

La superficie de plantaciones de coníferas en el país ocupan 161 219 ha que representa el 31,7 % del total de las plantaciones, según la proyección estratégica para 2020. En el Programa Forestal Nacional [DNF, 2012] está previsto en ese período cubrir un volumen considerable de superficie por el método de la regeneración natural con especies del género *Pinus*, que han demostrado su gran capacidad luego de intervenir el área cubierta de bosques.

Dada la novedad del tema referido a las funciones hidrológicas, se desarrolló una investigación en la Estación Hidrológica Forestal Amistad (EHF) con el objetivo de evaluar el comportamiento de algunos índices o parámetros hidrológicos al reforestarse naturalmente una subcuenca y una parcela de balance hídrico, con las especies *P. caribaea* y *P. tropicalis*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Estación Experimental Forestal Hidrológica Amistad. El área experimental (Fig. 1) está ubicada en la parte superior de la cuenca del río San Diego, en las coordenadas geográficas 22°45' de latitud norte y 83°30' de longitud oeste, con una altura entre los 95 y 135 msnm. Las subcuencas están cerradas en un punto, con su correspondiente vertedor y su correspondiente linnígrafo.

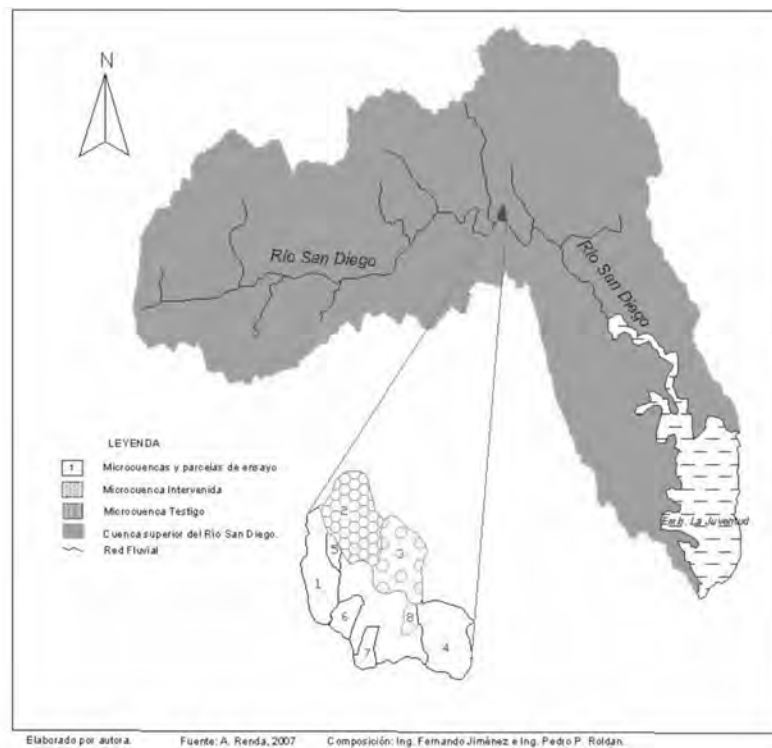


Figura 1. Ubicación del área experimental.

La topografía es accidentada y típica para el sistema montañoso de la provincia de Pinar

del Río; las pendientes predominantes en las subcuencas V y la parcela de balance hídrico,

donde se efectuaron las investigaciones, se encuentran en el rango del 9 al 40 %. El suelo, según estudios realizados por Calzadilla *et al.* (1978), es del tipo ferralítico cuarcítico amarillo rojizo-lixiviado, encontrándose diferenciación solamente al nivel de especie y variedad, dado por su profundidad total y el contenido de gravas en sus horizontes.

El clima es tropical, con una estación húmeda que va desde mayo hasta octubre, y otra seca desde noviembre hasta abril. Para la obtención de los índices climáticos e hidrométricos se dispuso de los registros de datos acumulados de siete años de la propia Estación Hidrológica, con un promedio anual de lluvia en el período de 1117 mm.

Para determinar el escurrimiento total anual, las relaciones entre lluvias, escurrimiento superficial y la evapotranspiración anual en los períodos secos y húmedos, el estudio se realizó a partir de la brotación por regeneración natural. Se utilizó un linnígrafo para su medición, ubicado en la parte inferior del cierre de la parcela y la subcuenca correspondiente.

En la investigación no se contemplaron estudios de las funciones hidrológicas relacionados con la interceptación, escurrimiento por el fuste y la retención de humedad por la capa de hojarasca debido al poco desarrollo de las plántulas; solo se contempla la altura y diámetro en la primera fase de las especies que regeneraron.

Tanto a la parcela de balance hídrico como la subcuenca V se le realizaron las mediciones correspondiente, aunque en la subcuenca V la mezcla de especies se comportaba de forma natural, mientras que en la parcela solo rege-

neró *P. caribaea* a partir de los árboles adultos que la rodean.

En la parcela de balance hídrico con tamaño de 10 m x 30 m (300 m<sup>2</sup>) se ubicaron tres puntos de muestreo de 1 m<sup>2</sup> cada uno, distribuidos desde la parte superior a partir de 5 m del borde por el centro de la parcela hasta la inferior cercana al bosque de galería, midiéndose en cada punto todas las plántulas con el indicador altura y  $d_{1,3}$ . La parcela de balance hídrico previamente fue sometida a tala rasa total y luego a cultivos agrícolas con altas tasas erosivas entre 2,9 y 3,5 t/ha durante seis años, según datos del expediente de investigación, y luego permaneció en barbecho por varios años [Renda, 2013], hasta que comenzó la regeneración natural a partir de los pinares circundantes de *P. caribaea*.

En la subcuenca V, de tamaño de 0,85 ha de *P. tropicalis* y *P. caribaea*, se comenzó el estudio a partir de dos años de inicio de la regeneración; se tomaron cuatro puntos de 1 m<sup>2</sup>, distribuidos circularmente en sentido contrario a las manecillas del reloj, midiéndose las plántulas con igual procedimiento que en la parcela de balance hídrico. Esta subcuenca fue sometida anteriormente a talas selectivas I y II [Plasencia *et al.*, 2004; Renda *et al.*, 2008].

Los resultados del crecimiento de las plántulas de *Pinus caribaea* y *Pinus tropicalis* se muestran en la *Tabla 1*.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estos resultados son conclusivos en la primera fase de desarrollo de esta forma de reforestación en pinares.



Fuente: Plasencia (2013).

Figuras 2 y 3. Regeneración natural en la parcela de balance hídrico a los tres años de la investigación.

Como puede observarse en las *Figs. 2 y 3*, la regeneración natural de *P. caribaea* en la parcela de balance hídrico tiene lugar con una cobertura muy densa de hierbas y otras plantas que compiten y entorpecen su crecimiento en los primeros estadios, lo que confirma lo indicado por Betancourt (1987). De ahí que el incremento medio anual en altura sea menor que en la subcuenca V que es superior en 36 cm y en diámetro en 0,4 cm (*Tabla 1*). Además, en la subcuenca V previamente se había efectuado una tala selectiva de árboles maduros de *P. tropicalis* y *P. caribaea*, permaneciendo las

condiciones iniciales del suelo de calidad inferior a la parcela de balance hídrico que permitía una entrada mayor de luz al sitio, condiciones según Samek (1967) y Betancourt (1987) que permiten un mejor desarrollo de la regeneración natural de *P. tropicalis*.

Puede apreciarse que *P. caribaea* (*Tabla 1*) incrementó 0,64 m en altura en la parcela de balance hídrico, y en la mezcla de especies de pino en la subcuenca V resultó mucho mayor con 1 m de incremento medio anual, mientras que el incremento en  $d_{1,3}$  fue de 0,87 y 0,47 cm, respectivamente.

**TABLA 1**  
**Crecimiento de pinares por regeneración natural**

Sitio	Especies de pino	Edad	$D_{1,3}$ promedio (cm)	Altura promedio (m)	IMA	
					Incremento medio anual altura (m)	Incremento medio anual diámetro (m)
Parcela balance hídrico	<i>P. caribaea</i>	5	2,37	3,85	0,64	0,47
Subcuenca V	<i>P. caribaea</i> y <i>P. tropicalis</i>	5	4,36	6,2	1,0	0,87

Elaborado por Rodríguez (2014).

En relación con el comportamiento de los índices hidrológicos, puede verse en la *Tabla 2* que el promedio anual de lluvias no resultó igual, oscilando entre 1088 mm en 2006 y 2345 mm en 2008, aunque en 2012 se registraron 2101 mm. El comportamiento observado de la lluvia total

anual es muy consistente con el criterio generalizado de que las partes del ambiente representada por los componentes climáticos está sujeta a tendencias anuales con variaciones regionales, estacionales y temporales que son muchas veces impredecibles [Wright, 1971].

**TABLA 2**  
**Balance de los índices hidrológicos por año en período seco y húmedo de la parcela balance hídrico**

Año	Precipitación (mm)			Lámina de escurrimiento (mm)			Evapotranspiración (mm)			Coeficiente de evapotranspiración			Coeficiente de escurrimiento		
	Total	PH	PS	Total	PH	PS	Total	PH	PS	Total	PH	PS	Total	PH	PS
2006	1088	800	287	633	545	87	455	254	200	0,42	0,32	0,70	0,58	0,68	0,30
2007	2006	1504	501	997	902	95	1008	602	406	0,50	0,40	0,81	0,50	0,60	0,19
2008	2345	1910	435	2122	2075	47	223	165	388	0,76	0,67	0,88	0,90	0,78	0,08
2009	1495	1121	373	585	536	48	910	585	324	0,61	0,52	0,87	0,39	0,48	0,13
2010	1356	984	371	326	275	51	1030	709	320	0,76	0,72	0,86	0,24	0,28	0,14
2011	1591	1317	274	627	598	29	964	718	244	0,61	0,55	0,89	0,39	0,45	0,11
2012	2101	1679	422	1125	1067	58	976	611	363	0,46	0,36	0,86	0,54	0,64	0,14

Elaborado por Rodríguez (2014).

Como es conocido, de acuerdo al régimen de lluvias se comportan los índices hidrológicos, especialmente la lámina de escurrimiento, que depende en un 100 % de las precipitaciones, y en un 94 % del uso de la subcuenca, desde el punto de vista estadístico [Renda *et al*, 2005, 2008; y Rodríguez, 2009].

Analizando los dos años extremos en cuanto a precipitaciones 2010 (más seco) y 2008 (más húmedo), el comportamiento en los períodos húmedos y secos de 2010, en los meses secos ocurrieron el 27,3 % del total, y en el período húmedo el 72,5 %, mientras que en 2008, en los meses secos solo ocurrió el 18,5 % del total y en el húmedo el 81,4 %.

Hay que señalar que la mayor lámina de escurrimiento superficial tuvo lugar en los años más húmedos, lo que a su vez generó un aumento muy alto del coeficiente de escurrimiento superficial en esta parcela de balance hídrico, con valores entre 0,54 y 0,9,

queriendo decir que en el primer caso escurrió el 54 % del total de lluvias y en el segundo el 90 %. Este último indica que se infiltró el 10 % de las aguas de lluvias. Esto significa que a eventos lluviosos extremos de alta lámina de lluvias puede ser mínimo el efecto retardante de la vegetación forestal, lo cual se corresponde con lo planteado por Michelsn (1993, 1998), señalando que en eventos extremos la vegetación forestal tiene un efecto retardante mínimo y a veces es casi nulo.

Respecto a la subcuenca V, puede observarse en la *Tabla 3* que en los primeros tres años de la regeneración natural los índices hidrológicos lluvias, lámina de escurrimiento y evapotranspiración experimentaron un aumento de sus valores, pero en los tres años siguientes disminuyeron en la medida en que variaba el comportamiento anual del régimen lluvioso, no siendo así en el último año de la investigación, al ocurrir un nivel muy alto de las lluvias con 2101 mm.

**TABLA 3****Balance de los índices hidrológicos por año en período seco y húmedo de la subcuenca V**

Año	Precipitación (mm)			Lamina de escurrimiento (mm)			Evapotranspiración (mm)			Coeficiente de evapotranspiración			Coeficiente de escurrimiento		
	Total	PH	PS	Total	PH	PS	Total	PH	PS	Total	PH	PS	Total	PH	PS
2006	1744	1457	287	627	609	18	1117	848	269	0,65	0,58	0,94	0,35	0,42	0,06
2007	2006	1504	501	719	703	15	1287	800	487	0,64	0,53	0,97	0,36	0,47	0,03
2008	2345	19101	435	1111	1053	57	1234	867	377	0,53	0,45	0,87	0,47	0,55	0,13
2009	1495	1121	373	585	536	48	910	586	324	0,61	0,52	0,87	0,39	0,48	0,13
2010	1356	984	371	281	258	22	1075	726	349	0,79	0,74	0,94	0,21	0,26	0,06
2011	1591	1317	274	508	498	10	1083	819	264	0,68	0,62	0,96	0,32	0,38	0,04
2012	2101	1679	422	945	941	28	1156	757	399	0,55	0,44	0,93	0,45	0,56	0,07

Elaborado por Rodríguez 2014).

Sin embargo, al observar detenidamente la *Tabla 3*, en 2010 la precipitación resultó la más baja con 1356 mm, la lámina de escurrimiento fue de 281 mm y la evapotranspiración resultó de 1075 mm, pero el coeficiente de escurrimiento superficial total es el más bajo con 0,21, indicándonos que se infiltró el 79 % del total de lluvias.

Resulta muy interesante comparar el comportamiento del coeficiente de escurrimiento superficial en el año más lluvioso (2008) entre la subcuenca V y la parcela de balance hídrico.

Puede notarse en las *Tablas 2 y 3* que en esta última es de 0,90, y en la primera de 0,47, casi el doble, lo cual significa que la infiltración de agua fue mucho mayor en la subcuenca V (53 %) del total de lluvias, mientras que en la parcela solo el 10 %.

Por otro lado, en esta subcuenca V a los efectos de la disponibilidad de agua según el comportamiento de coeficiente de escurrimiento superficial en el período seco, se encontró que los valores más bajos (menos flujo o escurrimiento de agua al sistema hidrográfico) se registran en

2010 y 2011 con 0,06 y 0,04, respectivamente, ya que la lámina de escurrimiento en ese tiempo de sequía es la más baja (22 y 10 mm), y en el período lluvioso de 371 y 274 mm, respectivamente.

## CONCLUSIONES

- La regeneración natural de las plántulas de *P. caribaea* y *P. tropicalis* incide positivamente en los índices hidrológicos aun en los estadios jóvenes, con un incremento medio anual de la altura de los árboles de 1 m en la subcuenca V, mientras que en la parcela de balance hídrico resultó un poco inferior con 0,64 m de incremento medio anual en altura, y en  $d_{1,3}$  resultó de 0,87 y 0,47 cm en el período estudiado.
- En eventos lluviosos extremos se observa una disminución casi total de la función hidrorreguladora de la vegetación forestal, por generarse altos volúmenes de escurrimiento superficial con carácter torrencial.

## BIBLIOGRAFÍA

Calzadilla, E. 1978. Estudio de los suelos del área experimental de la estación hidrológica forestal Amistad. Ciudad de La Habana. Centro de Investigación Forestal p.11.

Dirección Nacional Forestal. 2012. Programa Forestal Nacional hasta 2020. La Habana. Ministerio de la Agricultura.

Michelsn, T. 1993. Conferencia en Taller Manejo de Cuencas Hidrográficas. Acarigua, Venezuela.

Michelsn, T. 1998. Conferencia impartida, Taller Internacional sobre Manejo de Cuencas Hidrográficas en Ecosistemas Montañosos, Quito, Ecuador.

Plasencia, T., Renda, A., Herrero, A. 2004. Tala selectiva una opción alternativa para el desarrollo forestal sostenible. III Congreso Forestal de Cuba y III Simposium Internacional de Técnicas Agro-forestales. Memorias. ISBN 959-246-119-8.

Renda, A., Plasencia, T., Herrero, J.A. 2005. Informe Final del Proyecto de Investigación 11.23 del Programa Ramal. La Habana. Ministerio de la Agricultura. 17 p.

Renda, A., et al. 2008. Bienes y Servicios Ambientales derivados de la Tala Selectiva segunda etapa en Pinares naturales, en el Raleo II de Plantaciones de Pino y la Reforestación por Regeneración Natural de Pinares. Informe Final del Proyecto de Investigación 11.59.IIF. La Habana, p- 22.

Renda, A. 2013. La Vegetación Forestal, los Sistemas Agroforestales y el Manejo de Cuencas Hidrográficas en Cuba". La Habana. Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. 407 p. ISBN: 978-959-7210-33-7

Rodríguez, Y. 2009. Influencia de Tratamientos Silvícolas en el Régimen Hidrológico. Caso de la Subcuenca Arroyo Bemejales, del Río San Diego, Pinar del Río. 73 h. Tesis (en opción al título de Máster en Geografía, Medio Ambiente, Ordenación Territorial en la mención de Hidroclimatología y Manejo de Cuencas)--Universidad de La Habana.

Samek, V. 1967. Elementos de silvicultura de los pinares. La Habana. Editorial Universitario. 102 p.

Wright t, P.B. 1971. Spatial and temporal variation in seasonal rainfall on South Western Australia. Miscellaneous Public Agricult Department University Western Australia. N0 71/1.

## RESEÑA CURRICULAR

Autora principal: Yolanis Rodríguez Gil

Ingeniera Agrónoma, máster en Geografía, Medio Ambiente, Ordenación Territorial en la mención de Hidroclimatología y Manejo de Cuencas, realiza trabajo de investigación en temas relacionados al Manejo de Cuencas y el Medio Ambiente. Ha impartido conferencias y asesoramientos a personal técnico y especialistas en la Agricultura Urbana. Obtuvo Premios Organismos en 2010, 2012, 2013 y 2014, Premio Academia del CITMA, 2013. Como colaboradora de un resultado, obtuvo el Premio Gaspar Jorge García Galló, 2013, perteneciente a la Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. Ha participado en eventos nacionales e internacionales con resultados relevantes.