

EFFECTOS HIDROLÓGICOS DE LAS PLANTACIONES DE PINARES EN DIVERSAS EDADES, ALTURAS DE PIZARRAS, PINAR DEL RÍO

HIDROLOGYC EFFECTS OF PINE PLANTATION AT DIFFERENTS AGE, ALTURAS DE PIZARRAS, PINAR DEL RÍO

M.Sc. YOLANIS RODRÍGUEZ-GIL,¹ ING. ARSENIÓ RENDA-SAYOUX,¹ DR.C. TOMÁS PLASENCIA-PUENTES³
Y DR.C. JUAN A. HERRERO-ECHAVARRÍA³

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

² Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. Estación Experimental Agro-Forestal Viñales Km 20, Carretera a Viñales, Pinar del Río, Cuba.

³ Dirección Nacional Forestal. Conill y Ave. Independencia, Plaza de la Revolución, La Habana, Cuba

RESUMEN

Sobre el presente trabajo todavía no se han revelado nacionalmente resultados de investigación que reflejen en las primeras edades de la plantación de pinares la respuesta hidrológica en el espacio cuenca hidrográfica, por lo que el objetivo central del presente artículo es revelar el comportamiento de las variables lluvia, escurrimiento superficial, la evapotranspiración anual total y el coeficiente de escurrimiento superficial en diferentes etapas de desarrollo Pinus caribaea luego de quince años de haberse establecido. Estos resultados se obtuvieron en la Estación Hidrológica Agro-Forestal Amistad, provincia de Pinar del Río. La conclusión principal indicó que, a la edad de siete y quince años de establecida la plantación de P. caribaea, existe una correlación alta entre la variable lluvia, lámina de escurrimiento superficial y el coeficiente mostró una alta dependencia de estas dos últimas variables con la lluvia.

Palabras claves: Pinus caribaea, variables hidrológicas, plantación, Cuba.

INTRODUCCIÓN

Desde la década de los setenta del pasado siglo, por diversas instituciones internacionales que tienen que ver con los recursos hídricos, 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,

ABSTRACT

The results of this paper has not yet been revealed in Cuba beforehand, which reflect Hydrology effects of pine plantation at different age in the catchments space. Thus the central objective is revealing the behaviour of variable rains, runoff, and evapotranspiration and runoff coefficient in different development stage of Pinus caribaea after 15 years of planted, which were obtained in the Hydrologic Forest Station Amistad at the Pinar del Río province. The main conclusion indicated that after seven and 15 years of plantation of Pinus caribaea there is high correlation between rains, sheet runoff and evapotranspiration variables and the coefficient showed high dependence with the last two variables with the rain.

Key words: Pinus caribaea, hydrological variables, plantation, Cuba.

afectándose dicho sistema cuando se emprenden acciones aisladas en cada uno de esos componentes.

No obstante, todavía no se han revelado nacionalmente resultados de investigación que reflejen en las primeras edades de la plantación

de pinares la respuesta hidrológica en el espacio cuenca hidrográfica, a pesar de las grandes extensiones de terrenos que han sido cubiertas por este tipo de formación forestal.

De acuerdo con los datos de la dinámica forestal (2011), en el país existen 114 148,7 ha plantadas de *Pinus caribaea* var. *caribaea* Barret y Golfari, con diferentes edades, en algunas regiones forestales destinadas a la producción de madera y protección de los suelos y las aguas.

Los resultados de este trabajo, no registrado en la literatura nacional, ponen de evidencia la necesidad actual muy sentida de incluir en las políticas de manejo de aguas los resultados de las investigaciones sobre hidrología forestal sugeridos antes por Donovan (2007) y Calder *et al.*

(2007). Sin embargo, la respuesta hidrológica al menos en edades tempranas (hasta quince años) aún no ha sido revelada, por lo que constituye el objetivo de este trabajo.

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 Linnígrafo. Se realizó el estudio en las subcuencas III y IV.

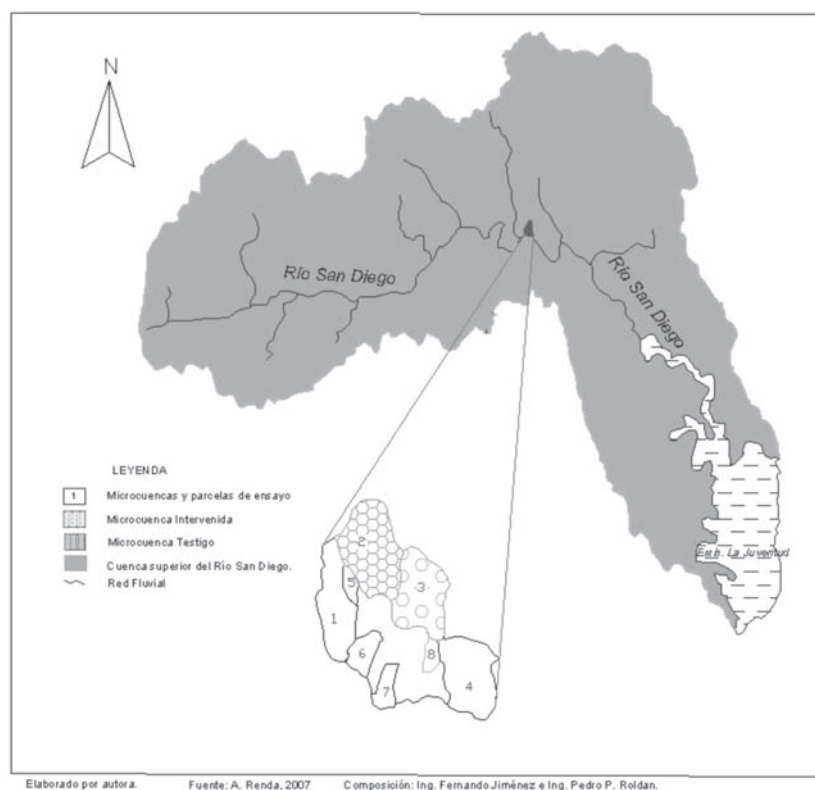


Fig. 1. Localización del área experimental.

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 dis-

puso de los registros de datos acumulados de quince años de la propia Estación Hidrológica, con un promedio anual de lluvia en el período de 1891 mm.

Las subcuencas de estudio anteriormente estaban cubiertas de pinares naturales, los cuales se talaron totalmente, se reforestaron y sometieron a diferentes tratamientos y aprovechamiento silvícola [Plasencia *et al.*, 2004; Renda *et al.*, 2008; Renda, 2013; Rodríguez, 2009].

La subcuenca III (con 8,5 ha de superficie, de ellas 1,6 ha está cubierta por bosque de galería, constituyendo el 18,8 % del área de la subcuenca) se plantó *P. caribaea* con una densidad de 2500 árboles/ha con quince años de edad, al igual que la subcuenca IV con 9,9 ha de superficie y 2,5 ha de bosque de galería (26 %). En ambas plantaciones, según el expediente de la investigación, el $d_{1,3}$ y la altura resultaron como promedio de 11,5 cm y 12,5 m en la subcuenca III, y en la IV 12 cm de diámetro ($d_{1,3}$) y 13 m de altura.

Los métodos empleados para medir las diferentes variables lámina de escurrimiento, evapotranspiración y coeficiente de escurrimiento superficial han sido descritos previamente [Renda *et al.*, 2008, Plasencia *et al.*, 2004; Rodríguez, 2009].

La evaluación estadística de las diferentes variables se realizó aplicando análisis de correlación y una prueba *t* de student de muestras independientes con un nivel de significación de 0,05, aplicando el paquete estadístico InfoStat, versión 2012.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como el área de investigación se encuentra ubicada en una región de roca madre impermeable que no permite pérdida por infiltración, se admite la partición de las lluvias según la siguiente fórmula:

$$P = Q + ET$$

donde:

P: Precipitación o lluvias

Q: Lámina de escurrimiento

ET: Evapotranspiración, según la técnica de cuencas pareadas o modelos bien calibrados de cuencas [Watson *et al.*, 1999, citados por Bruijnzeel, 2004].

En trabajo reciente [Renda *et al.*, 2014] se encontró que a los siete años de establecida la plantación de *P. caribaea* en ambas subcuencas existe una correlación alta entre las variables lluvias, lámina de escurrimiento, evapotranspiración y coeficiente de escurrimiento superficial. Sin embargo, al correlacionar el coeficiente de escurrimiento superficial con la evapotranspiración resultó que si aumenta el coeficiente disminuye la evapotranspiración.

Se observa en la *Tabla 1* que después de quince años de establecida la plantación de *P. caribaea* en ambas subcuencas, el comportamiento del régimen de lluvia medio anual no resultó uniforme, con un promedio de 1891,47 mm, pero el comportamiento promedio de la lámina de escurrimiento en la subcuenca IV fue de 50, 26 mm y la evapotranspiración de igual valor con 50, 27, al igual que el coeficiente de escurrimiento.

El menor valor (481,67 mm) de la lámina de escurrimiento en la subcuenca IV (no se taló el bosque de galería) puede deberse a que tiene mayor área de bosque de galería para regular el flujo de agua hacia el cauce (26 %), mientras que en la subcuenca III (que incluyó la tala del bosque de galería) la lámina de escurrimiento fue 50, 26 mm mayor por tener área cubierta de bosque de galería (18 %) y se restauró inmediatamente a la tala total. Esto puede ser corroborado al observar en la *Tabla 3* que la correlación de la lámina *versus* lluvias resultó que al aumentar esta disminuye la lámina de escurrimiento superficial.

Desde el punto de vista estadístico puede notarse en las *Tablas 2 y 3* que el análisis de correlación entre la variable lluvia, lámina de escurrimiento superficial y coeficiente de escurrimiento mostró una alta dependencia de estas dos últimas variables con la lluvia, tanto para los siete años [Renda *et al.*, 2014] como para los quince años de establecida la plantación de *P. caribaea*.

En el caso de la evapotranspiración, si aumenta las precipitaciones esta variable tiende a disminuir en ambas subcuencas, pero es mayor en la IV por tener un área basal mayor de 113 m²/ha que la III (103 m²/ha). Algunos autores plantean [Tobon, 1989] que la evapotranspiración se relaciona mucho con la característica estructural

de los árboles, como el área basal y el índice de área foliar. En este caso asumimos que los pinares nuestros tienen igual índice de área foliar por ser

de la misma edad. Se resalta que la correlación positiva del área basal con la evapotranspiración ha sido reportada por Calder (1996).

TABLA 1

Comportamiento de variables hidrológicas en plantación de *Pinus caribaea* en las subcuencas III y IV

Lluvias (mm)	Subcuenca III Tala rasa total			Subcuenca IV Tala rasa total con bosque de galería		
	Lámina de escurrimiento (mm)	Evapo- transpiración (mm)	Coefficiente de escurrimiento	Lámina de escurrimiento (mm)	Evapo- transpiración (mm)	Coefficiente de escurrimiento
2171	1017	1154	0,46	995	1176	0,45
1557	607	950	0,38	747	810	0,47
1586	503	1083	0,31	505	1081	0,32
1784	596	1188	0,33	570	1214	0,31
1587	314	1273	0,19	205	1382	0,12
1684	305	1379	0,18	204	1480	0,12
1942	334	1608	0,17	405	1537	0,21
1658	231	1427	0,14	247	1411	0,19
1912	292	1620	0,15	302	1610	0,16
1859	437	1422	0,24	539	1320	0,29
1922	464	1458	0,24	540	1382	0,28
2844	1172	1672	0,41	115	2729	0,40
1959	613	1346	0,31	618	1341	0,32
1972	531	1441	0,27	659	1313	0,33
1935	563	1372	0,29	574	1361	0,30
1891,47	531,93	1359,53	0,27	481,67	1409,80	0,28

Elaborado por Rodríguez (2014).

Sin embargo, el coeficiente de escurrimiento superficial disminuye al aumentar la evapotranspiración en ambas subcuencas, como se puede ver en las *Tablas 2 y 3*, lo cual indica una

regularidad de estos indicadores según el comportamiento del régimen anual de lluvias hasta los quince años de establecidas las plantaciones de *P. caribaea* en la región de Alturas de Pizarras.

TABLA 2

Comportamiento de la variable hidrológica en la subcuenca III

	Lluvia	Lámina de escurrimiento	Evapo- transpiración	Coefficiente de escurrimiento
Lluvia	1,00			
Lámina de escurrimiento	0,77	1,00		
Evapotranspiración	0,57	-0,09	1,00	
Coefficiente de escurrimiento	0,46	0,92	-0,46	1,00

Elaborado por Bravo (2014).

TABLA 3
Comportamiento de la variable hidrológica en la subcuenca IV

	Lluvia	Lámina de escurrimiento	Evapotranspiración	Coefficiente de escurrimiento
Lluvia	1,00			
Lámina de escurrimiento	-0,09	1,00		
Evapotranspiración	0,82	-0,64	1,00	
Coefficiente de escurrimiento	0,39	0,70	-0,10	1,00

Elaborado por Bravo (2014).

Los resultados estadísticos de la prueba de *t* de student de muestras independientes indicaron que no hay diferencias significativas entre las variables estudiadas, según el valor

de $p > 0,05$, como se indica en la *Tabla 4*, tanto en las plantaciones de *P. caribaea* a los siete años [Renda *et al.*, 2014] y después de quince años de establecidas.

TABLA 4
Análisis de variables hidrológicas de las subcuencas III y IV

Subcuenca	Variable	Media	P-valor
III	Lámina de escurrimiento	531,93	0,5864
IV		481,67	
III	Evapotranspiración	1359,53	0,6765
IV		1409,80	
III	Coeficiente de escurrimiento	0,27	0,7257
IV		0,28	

Elaborado por Bravo (2014).

A los siete años [Renda *et al.*, 2014] de plantada la especie se observaron pequeñas diferencias en el comportamiento del $d_{1,3}$ y altura, período considerado como inicial para ejercer funciones hidrorreguladoras, hidroprotectoras y antierosivas en el espacio cuenca hidrográfica, sin diferencias significativas en el efecto hidrológico, debido fundamentalmente a la uniformidad en el desarrollo de los árboles en ambos períodos. A la edad de quince años el desarrollo de las plantaciones de pinos mostró uniformidad en el comportamiento de los índices dasométricos, constatando la no diferencia en la respuesta de los índices hidrológicos.

CONCLUSIONES

- A la edad de siete y quince años de establecida la plantación de *P. caribaea* existe una correlación alta entre la variable lluvia, lámi-

na de escurrimiento superficial y coeficiente y mostró una alta dependencia de estas dos últimas variables con la lluvia.

- La evapotranspiración tiende a disminuir en ambas edades a medida que aumenta el coeficiente de escurrimiento superficial.
- En ambas subcuencas, y a los siete y quince años de establecida la plantación, se demostró que no existen diferencias significativas en el efecto hidrológico en el espacio cuenca hidrográfica.

BIBLIOGRAFÍA

- Calder, I.R. 1996. Water use by forests at the plot and catchment scale. *Commonwealth Forestry Review* (UK) 75(1):19-30
- Calder, I., Hofer, T., Vermont, S., Warren, P. 2007. Hacia una nueva comprensión de los bosques y el agua. *Unasylva* (IT) 58(229):3-10.
- Donovan, D.G. 2007. El Agua, los Bosques y el Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. *Unasylva* (IT) 58(229):62-63.

- 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.
- InfoStat. 2012. InfoStat, versión 2012. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
- Ministerio de la Agricultura. 2011. Dinámica Forestal. La Habana. Dirección Nacional Forestal.
- 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 Agroforestales. Memorias. ISBN 959-246-119-8.
- 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. La Habana. Instituto de Investigaciones Forestales. 22 p.
- 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.
- Renda, A., Rodríguez, Y., Plasencia, T., Herrero, J.A. 2014. Respuesta hidrológica entre plantaciones de Pino y Eucalipto, La Habana. 9 p. Inédito.
- Rodríguez, Y. 2009. Influencia de Tratamientos Silvícolas en el Régimen Hidrológico. Caso de la Subcuenca Arroyo Bermejales, 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.
- Tobón González, D.J. 1989. Evaluación de pérdidas por intercepción de la precipitación en tres coberturas vegetales, *Cupressus lusitanica* Mill, *Pinus patula* y bosque natural secundario. 125 h. Trabajo de Diploma. Universidad Nacional de Colombia.

RESEÑA CURRICULAR

Autor principal: Yolanis Rodríguez Gil.

Ingeniero Agrónomo, máster en Geografía, Medio Ambiente, Ordenación Territorial en la mención de Hidroclimatología y Manejo de Cuencas, labora en el Grupo de Medio Ambiente del Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. 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 colaborador 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.