



Revista de Ciencias Ambientales (Trop J Environ Sci). EISSN: 2215-3896.

Enero-Junio, 1981. Vol 2(1): 21-28.

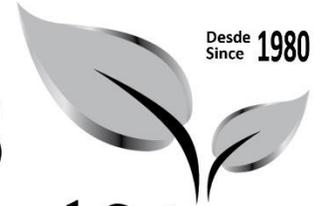
DOI: <http://dx.doi.org/10.15359/rca.2-1.2>

URL: [www.revistas.una.ac.cr/ambientales](http://www.revistas.una.ac.cr/ambientales)

EMAIL: [revista.ambientales@una.cr](mailto:revista.ambientales@una.cr)

Frank Zadroga

# Revista de CIENCIAS AMBIENTALES Tropical Journal of Environmental Sciences



## Interceptación horizontal en los bosques de altura de Costa Rica y su importancia hidrológica

Horizontal interception in the highland forests of Costa Rica and its hydrological  
importance

*Frank Zadroga*



Los artículos publicados se distribuyen bajo una Creative Commons Reconocimiento al autor-No comercial-Compartir igual 4.0 Internacional (CC BY NC SA 4.0 Internacional) basada en una obra en <http://www.revistas.una.ac.cr/ambientales>, lo que implica la posibilidad de que los lectores puedan de forma gratuita descargar, almacenar, copiar y distribuir la versión final aprobada y publicada (*post print*) del artículo, siempre y cuando se realice sin fines comerciales y se mencione la fuente y autoría de la obra.

**INTERCEPTACION  
HORIZONTAL EN  
LOS BOSQUES DE  
ALTURA DE COSTA  
RICA Y SU IMPOR-  
TANCIA HIDROLO-  
GICA**

**FRANK ZADROGA\***

---

\* Profesor de la Escuela de Ciencias Ambientales, Universidad Nacional.

Entre las muchas influencias beneficiosas que el bosque ejerce sobre el ambiente, su poder de interceptación y precipitación de la humedad proveniente de nubes y neblinas, como parte del sistema hidrológico terrestre local, es de las menos estudiadas y más interesantes desde el punto de vista de posibles aportes hídricos y aplicaciones prácticas.

En los bosques con alta incidencia de nubes, y especialmente en donde éstas permanecen por efecto de sistemas orográficos y las fuentes marinas de advección, la vegetación llega a interceptar humedad por condensación y por captación física. Esta se acumula y cae a la tierra en forma de goteo y escorrentía por el tallo, aun cuando no se llegue a medir precipitación en los terrenos limpios adyacentes. Este fenómeno se denomina "interceptación horizontal".

Tal precipitación es mucho más difícil de medir y aun de evaluar técnica y ecológicamente, aunque en este momento existen diferentes investigacio-

nes que son prometedoras respecto a técnicas y metodologías.

Varios investigadores han aportado informaciones útiles para medios forestales de diferentes partes del mundo con respecto a la importancia ecológica del fenómeno interceptación horizontal (Kerfoot, 1959; Ekern, 1964; Holdridge et. al, 1971). Las influencias específicas atribuidas por estos autores a la interceptación incluyen: 1) regularización de climas locales; 2) efectos sobre la fisiología de las plantas; 3) influencias sobre la composición y asociaciones de plantas y sobre la distribución de especies; y 4) la contribución de agua al balance hídrico local.

Numerosos estudios realizados en climas templados húmedos y muy húmedos han demostrado que la eliminación de la cobertura boscosa de una cuenca hidrográfica normalmente causa un incremento en la escorrentía media anual, principalmente a causa de la reducción de pérdidas por evapotranspiración. Los incrementos más grandes en caudales ocurren en la época de ve-

rano cuando los valores de la evapotranspiración también son mayores. No se conocen, sin embargo, estudios similares en cuencas afectadas por la alta nubosidad en climas tropicales.

Bajo las condiciones superhúmedas de los bosques nubosos tropicales, ciertos investigadores han encontrado que los valores de evapotranspiración potencial y las tasas de transpiración son muy bajos (Holdridge, 1969; Weaver, 1972), y si esto fuera realidad, la sustitución de este bosque natural con una vegetación baja (p.ej., pastizal) no causaría un aumento tan significativo en la producción hídrica de estos ambientes como se esperaría para un bosque no nuboso de la región templada.

Tradicionalmente los hidrólogos consideran que la interceptación de lluvia o cualquier otra forma húmeda por la vegetación representa una pérdida por la vaporización "in situ" de dicha agua y que al no haberse interceptado, hubiera llegado a la tierra y contribuido al balance hídrico local. La diferencia entre una "pérdida" en la precipitación neta por factores de la interceptación y subsecuente evaporación de ésta, y un "aumento" en la precipitación total debido a captación de humedad proveniente de nubes y neblina, está ampliamente definida y descrita en la literatura teórico-hidrológica.

También cada uno de estos casos por separado está bien documentado por investigaciones realizadas, bajo diferentes condiciones ambientales y en di-

ferentes partes del mundo. Son pocas las veces, sin embargo, en que se ha intentado cuantificar para climas tropicales la síntesis de los dos, y en ningún caso se ha examinado la contribución específica de la interceptación horizontal por encima de los aportes por cambios en evapotranspiración. Estudios diseñados a cuantificar este aporte por interceptación horizontal ahora están llevándose a cabo por Zadroga y Caseres en Balalaika, cerca de La Suiza en el cantón de Turrialba, Costa Rica.

Las condiciones en donde capas de nubes y neblinas envuelven laderas (de montañas), ocurren casi universalmente, pero las asociaciones vegetativas superhúmedas-atmosféricas que resultan de estas condiciones, llamadas bosques nublados\*, alcanzan a su máxima extensión y complejidad en las zonas de vida húmedas a pluviales de las fajas altitudinales tropicales montano y mon-

---

\* Según Holdridge, el término bosque nublado ("cloud forest") se aplica frecuentemente en forma errónea para describir una asociación o complejo de vegetación específico; los términos fajas o zonas de nubes son más exactos y más descriptivos científicamente en la identificación de la condición del medio en donde la vegetación está influenciada por contacto frecuente con nubes o neblina y condiciones superhúmedas. En realidad, bosques nublados ocurren en todas las fajas altitudinales de la región tropical y presenta un rango amplio en cuanto a fisionomías, especies y cargas epifíticas.

tano bajo (Holdridge, 1969). Igualmente, es en los trópicos húmedos en donde alcanzan a las superficies vegetacionales y consecuentemente aquí en donde los aportes absolutos por medio de la interceptación horizontal podrían llegar a expresar sus máximos valores.

Los autores Kerfoot (1969), Grubb y Whitmore (1966) teorizan que la neblina y la nubosidad pueden figurar entre los factores ambientales más determinantes en la distribución de las clases de bosques en regiones montano-tropicales. Estudios de otros investigadores, utilizando diferentes metodologías, indican que la interceptación horizontal, al menos en ciertas localidades, producen aumentos considerables en escorrentía. Ekern (1964) en la Isla Linaihale, Hawaii, en uno de los estudios más detallados y mejor documentados, demostró un incremento neto de 614.68 cm en la precipitación anual debajo de un pino "Norfolk Island", del cual propone que unos 76,2 cm provienen de la interceptación horizontal. Por medio de un harpa especial que se mantenía por medio de una hélice apuntada al viento, Ekern captó 4.333,24 cm de agua debajo de dicho árbol mientras que la precipitación en un claro adyacente alcanzó apenas 246,38 cm. Se calculó un aumento de entre 38 a 50,8 cm por harpa por unidad de área vertical.

Estudios posteriores realizados, en Hawaii por Juvik y Ekern (1978), concluyeron que existe una faja altitudinal de nubosidad entre los 1.500 a 2.500 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.),

en el lado barlovento de la isla Mauna Loa en donde la captación de nubes aporta hasta la mitad de la precipitación total anual de ese lugar, o sea 750 mm. El efecto de nubosidad en el lado sotoviento de Mauna Loa incrementa desde el nivel del mar hasta los 2.000 m.s.n.m., contribuyendo aportes de agua equivalentes a hasta la cuarta parte de la precipitación total anual, o sea 250 mm. Juvik y Ekern concluyen que la interceptación de humedad atmosférica aparenta ser un factor significativo en el balance hídrico de los ecosistemas montañosos de Mauna Loa y que además hay potencialidades para la captación mecánica en gran escala de dicha agua en ciertas localidades de la isla.

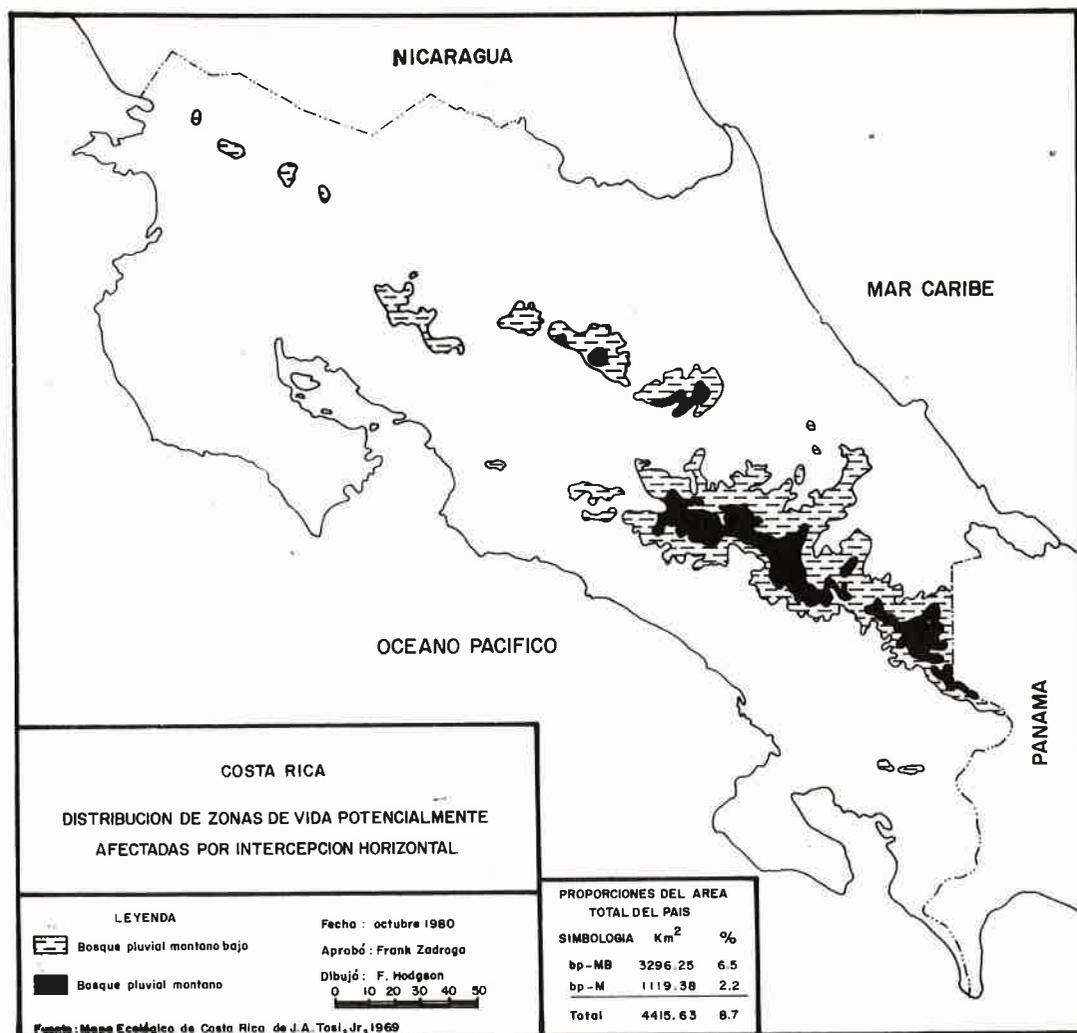
Bayton (1968) en cambio, en investigaciones realizadas en el bosque enano del Pico del Este, Puerto Rico, concluye que "la humedad proveniente de nubes tiene una importancia secundaria en esta región de pluviosidad abundante". Sus datos, tomados entre junio 1966 y mayo 1967 (258 días en total), indican que las nubes aportaron apenas 8,6 % de la precipitación total, aunque quedan algunas interrogantes acerca de su análisis y conclusiones. Estos resultados son completamente opuestos a los derivados de investigaciones realizadas en Lomas de Lachay, Perú; Fray San Jorge, Chile; y los Alpes de Bavaria, en donde incrementos de 200+, 1000+ y 170+ %, respectivamente en las precipitaciones anuales totales se atribuyeron a la interceptación horizontal.

Indudablemente, la importancia de la interceptación de agua por la vegetación natural varía geográficamente y aun dentro de la misma unidad fisiográfica de una misma región. Holdridge, et. al., (1971) reconocen la existencia de las asociaciones atmosféricas muy húmedas dentro de algunas zonas de vida en Costa Rica altamente influenciadas por humedad de nubes y neblina. Desafortunadamente aquí no se ha superado la etapa de observación de este fenómeno aunque en otros países se están desarrollando las técnicas de identificación en el campo y "mapeo" de asociaciones.

Con respecto a los impactos de pastoreo sobre cuencas, una información amplia existe para zonas templadas y especialmente para los Estados Unidos. En general, se ha demostrado que el sobrepastoreo conduce a una compactación de la superficie del suelo y el taponamiento de los poros superficiales del suelo, el aumento en escorrentía, la alteración de la cobertura protectora, la erosión acelerada y una deterioración de calidad y de régimen de aguas, como también una serie de otros efectos negativos sobre la biota y la estructura del suelo. No existen razones científicas ni observaciones que indiquen que estos efectos fueran diferentes o menores bajo condiciones parecidas en el medio húmedo tropical. Hay que tener cuidado, sin embargo, en atribuir en forma general tales impactos al pastoreo para todos los sitios. Como demuestra la investigación de Zadroga (1974), en la Cordillera de Talamanca, ciertas regio-

nes naturalmente tienen suelos inestables y de baja capacidad de infiltración y drenaje interno. En este caso en particular, comparaciones entre dos sitios diferentes de investigación mostraron que la deforestación y establecimiento de pastizal causaron alteraciones significantes en la estructura física y el comportamiento de agua de los suelos en un sitio pero no en el otro. Hay que analizar los efectos individualmente para cada complejo diferente de suelo —vegetación— clima dentro del área de interés.

En Costa Rica, bajo condiciones tropicales en donde cada día el recurso agua se reconoce mejor en su justo valor para fines de generación hidroeléctrica, consumo municipal e industrial; y para fines agrícolas (principalmente riego), el 8,7 % del área total del país demuestra características propensas para la interceptación horizontal (véase Fig. 1). Es lógico pensar según conocimientos, teorías y observaciones científicas existentes que la deforestación de estos ecosistemas superhúmedos dará lugar irreversiblemente a una disminución marcada en los caudales derivados de sus cuencas medias y bajas, como también posiblemente una disminución en la capacidad de recargas de los acuíferos subterráneos. También, usos agropecuarios irracionales, explotaciones madereras y la construcción de caminos en terrenos con vocación de producción sostenida o protección forestal, originan daños muy costosos y a veces irreversibles a causa de erosión, sedimentación, inestabilidad hidrológica, torrencialidad y avenidas, y pueden hasta con-



vertir una cuenca virgen en una no aprovechable para fines tales como generación hidroeléctrica, riego o usos municipales. Desafortunadamente, dichos desmontes ocurren cada día más acele-

radamente con el afán de establecer pastizales y ciertos usos agrícolas, esto sin conocer sus consecuencias hidrológicas y ecológicas directas e indirectas. Por presiones demográficas y factores

económicos fuertes, es cada día más imprescindible buscar la optimización en el uso de los recursos hídricos del país.

En muchos casos existen técnicas y criterios adecuados para determinar la capacidad de uso de las diferentes unidades de tierra, sea agrícola, ganadera o forestal. En las tierras altas de medios tropicales y subtropicales muy húmedos a pluviales (zonas de vida montano y motano bajo), sin embargo, ocurre la posibilidad de un uso ganadero, especialmente lechero y ciertos otros usos agrícolas que a corto plazo son aparentemente rentables y motivan la eliminación del bosque natural del área.

A pesar de los muchos beneficios hidrológicos directos que aportan los bosques, incluyendo la recaptación y regularización del agua de lluvia, la conservación de altas capacidades de infiltración, percolación profunda y almacenamiento de aguas, y la producción de agua de escurrimiento de óptima calidad, en estos casos se han tolerado los costos hidrológicos por los beneficios agroeconómicos a corto plazo. También se ha carecido de investigaciones concretas que demuestran y cuantifican estos efectos, como hidrológicamente negativos.

Hasta la fecha, sin embargo, se ha ignorado las consecuencias directas sobre la producción hídrica que resultan del cambio en uso de bosque a vegetación baja o uso agropecuario en estas áreas de captación. Si es verdad que el bosque juega un papel importante en la

producción de aportes adicionales en estos ecosistemas, existe un aumento muy fuerte para abogar por la conservación de la vegetación primaria. Si los aportes por interceptación horizontal son insignificantes y los impactos hidrológicos resultantes del cambio de uso son también pequeños o controlables mediante prácticas más intensivas de manejo agrícola-ganadero, sería necesario reevaluar y justificar la conservación de estas áreas, si se desea, mediante otros beneficios o factores intangibles.

Las áreas en donde ya es crítico lograr un conocimiento científico más profundo de las interrelaciones hidrológicas para posibilitar su ordenación incluyen: 1) todas las cuencas municipales alrededor de la Meseta Central (especialmente los ríos Tiribí, Tibás y Uruca) y de otras regiones del país; 2) las fuentes de los ríos Itiquís y Poás como también la vertiente pacífica del río Tempisque, para fines de riego; y 3) las cuencas aprovechadas o potencialmente aprovechadas para generación hidroeléctrica (especialmente las del río Macho y del río Arenal).

Si se llega a demostrar que la vegetación sirve como medio importante para la captación y aporte de agua adicional en estos medios, inmediatamente se crea una justificación para reclamar terrenos con características que permitirían su aprovechamiento como áreas de captación. La reforestación o regeneración de áreas degradadas y el establecimiento de ciertas configuraciones de rompevientos y cercos vivos en pastiza-

les particulares ya establecidos, serían posibles aplicaciones prácticas de esto.

Igualmente, la asociación de *Alnus jorullensis* (jaúl) o de otras especies con pastizales podrían producir grandes

beneficios múltiples en mayor producción hídrica, mejoramiento de la condición hidrológica de la cuenca y más alta productividad pecuaria a raíz de pastizales más vigorosos, nutritivos y mejor conservados.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. BAYNTON, H. W. 1969. *The ecology of an Elfin Forest in Puerto Rico, 3. Hilltop and Forest Influences on the Microclimate of Pico del Este. Journal of the Arroid Arboretum*, 50 (80-92).
2. EKERN, P. C. 1964. *Direct Intercap-tion of Cloud Water at Lanaihale, Hawaii. Proceedings. Soil Sci. Amer.*, 28 (418-2).
3. GRUBB, P. J. and WHITHORE, T. C. 1966. *A Comparison of Montane and Lowland Rain Forest in Ecuador, II The Climate and its Effects on the Distribution and Physiogno-my of the Forest. Journal Ecol.*, 54 (303-33) (FA 28 N° 408).
4. HOLDRIDGE, L. R. et. al. 1971. *Forest Environments in Tropical Life Zones: A Pilot Study. Oxford, Pergamon Press, slii y 736 p., 4 mapas.*
5. ———. 1969. *Life Zone Ecology. Tropical Science Center, San José, Costa Rica. 206 p.*
6. JUVIK, J. O. and EKERN, P. C. 1978. *Aclimatology y Mountain Fogon Mauna Loa, Hawaii Island. Water Resources. Research Center University y Hawaii, Honolulu, Hawaii, 63 p.*
7. KERFOOT, O. 1969. *Mist Precipitation on Vegetation. Forestry Abstracts*, 29 (8-20).
8. VOGELMANN, H. W. 1973. *Fog precipitation in the cloud forests of eastern Mexico. Bio. Sci.*, 23 (2), pp 96-100.
9. WEAVER, P. L. 1972. *Cloud Moisture Interception in the Luqillo Mountains on Puerto Rico, Carib. J. Sci.*, 12 (3-4).