

CAPACIDAD DE CAPTACIÓN DE AGUA A PARTIR DE LA NIEBLA EN *PINUS MONTEZUMAE* LAMBERT, DE LA REGIÓN DE LAS GRANDES MONTAÑAS DEL ESTADO DE VERACRUZ.

Victor L. Barradas

Resumen

Barradas, V. L. (Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, Xalapa, Ver. México) *Capacidad de captación de agua a partir de la niebla en Pinus montezumae Lambert, de la región de las grandes montañas del estado de Veracruz.* Biotica 8(4): 427-431. 1983. Se midieron, la precipitación indirecta y el almacenamiento de agua en el follaje a partir de la niebla, producidos por un *Pinus montezumae* Lambert, en la región de las grandes montañas del estado de Veracruz. Se encontró que la cantidad de agua de la precipitación indirecta es lo suficientemente grande como para intervenir en el balance hidrológico y adquisición de agua para el abastecimiento a las ciudades y poblaciones de la región. Debido al deterioro y tala que han sufrido los bosques de las laderas del Cofre de Perote, se está perdiendo y se ha perdido, una cantidad considerable de agua que podría utilizarse en el abastecimiento a las ciudades de Perote y Xalapa.

Palabras clave: bosque de niebla, captación de agua, precipitación indirecta, Perote.

Summary

Barradas, V. L. (Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, Xalapa, Ver. México). *Amount of water collected from fog in Pinus montezumae Lambert in the region of the great mountains in the state of Veracruz, México.* Biotica 8(4): 427-431. 1983. Measurements of indirect precipitation and foliage water storage were carried out in a *Pinus montezumae* Lambert, of the great mountains region in the state of Veracruz. The amount of water collected by indirect precipitation was found to be high enough to alter the hydrologic balance and the acquisition of water to supply the nearby cities. The severe damage of the forest produced by local exploitation in the National Park Cofre de Perote suggests that a considerable amount of water that could be used by citizens of Perote and Xalapa is being lost.

Key words: cloud forest, water collection, fog precipitation, Perote.

INTRODUCCION

La precipitación pluvial juega un papel muy importante en el balance hidrológico (Slatyer, 1967) y en el abastecimiento de agua en las zonas urbanas, ya que de ella depende, en gran parte, la cantidad de agua disponible para sus habitantes.

En general, el aporte hídrico que se determina a partir de medidas en estaciones meteorológicas es el de la precipitación pluvial o directa. Esta precipitación se determina comúnmente mediante el uso de pluviómetros o pluviógrafos, los cuales se instalan en áreas despejadas y libres de interferencia.

Sin embargo, otro tipo de precipitación, que generalmente no se toma en consideración, es la precipitación indirecta, la cual se produce a par-

tir de la niebla. Esta, al ser acarreada por el viento y colectada por cualquier tipo de superficie (por ejemplo árboles) se precipita. Mediante este fenómeno la vegetación en general y los árboles en particular contribuyen con una cantidad abundante de agua que se pasa por alto en el balance hidrológico de una región.

Investigaciones previas sobre intercepción y captación de niebla en Sudáfrica (Nagel, 1956) y en el perfil Veracruz-San Salvador el Seco (Vogelmann, 1973) ponen de manifiesto la importancia de este proceso de captación. No obstante, en ambos casos las medidas de precipitación indirecta se realizaron con pluviómetros o pluviógrafos equipados de un colector de niebla, lo cual presenta algunos inconvenientes si se compara con la precipitación producida por los árboles como son: diferencias en las densidades de

captación, almacenamiento, capacidad calorífica, y en la conductividad térmica.

En Berkeley Hills, California, se realizó un estudio de precipitación indirecta en la especie conocida como pino Monterrey (*Pinus radiata*) captándose hasta 254 mm durante los meses de verano (Parsons, 1960). Sin embargo, estas medidas se llevaron a cabo instalando un pluviómetro debajo de cada pino, acarreado con ello una sobre o subestimación de la cantidad de agua precipitada, pues al incrementar la distancia del pluviómetro al tronco del árbol, el área de captación disminuye y viceversa.

Al este del estado de Veracruz, entre los 1,000 y 2,000 metros de altitud, se presenta una de las zonas de mayor frecuencia de nieblas, dentro del estado (Fitzjarrald, 1981). El deterioro y la tala inmoderada a la que ha sido sujeta esta región puede acarrear como consecuencia una gran pérdida de agua, tanto en el balance hidrológico como en el abastecimiento a zonas urbanas aledañas.

El objetivo fundamental de este trabajo es hacer una evaluación de la cantidad de agua captada a partir de la niebla interceptada por un *Pinus montezumae* Lambert, en la región de las grandes montañas del estado de Veracruz. El trabajo se enmarca dentro de un estudio más amplio cuya finalidad es determinar el comportamiento de captación de agua por la vegetación arbórea del Parque Nacional Cofre de Perote.

Teoría

La captación de niebla producida por el follaje de un árbol (C) es parecida a la interceptación de precipitación pluvial, solo que la primera aumenta la llegada del agua al suelo y la segunda la disminuye. Esta, está dada por la siguiente relación matemática que se esquematiza en la Figura 1:

$$C = P_i + E_v + E_s + A$$

donde P_i es la precipitación indirecta depositada en el suelo, E_v la evaporación producida a partir del follaje y del suelo, E_s escurrimiento de agua

por el tronco del árbol y A almacenaje producido por el follaje.

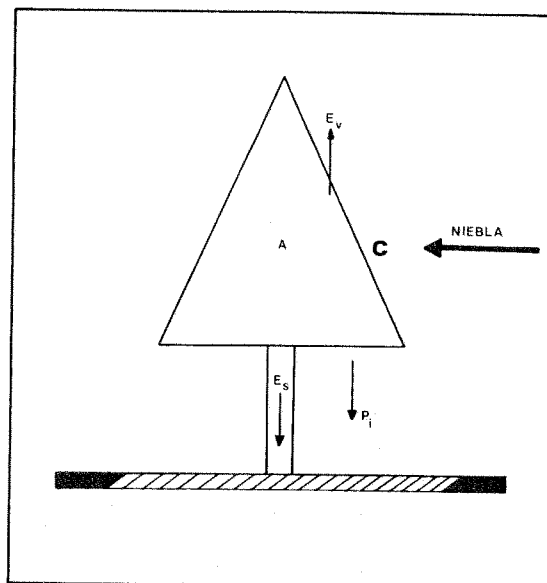


FIGURA 1. Captación de agua por la cobertura arbórea (C), que se divide en precipitación indirecta (P_i), evaporación (E_v), escurrimiento por el tronco (E_s) y almacenaje en el follaje (A).

Como se trata de un caso de saturación por la presencia de niebla en la atmósfera E_v es tan pequeña que puede despreciarse y si se considera que E_s es mucho menor que P_i (como es el caso del presente trabajo) entonces $E_v = E_s = 0$, por lo tanto la captación de humedad producida por el árbol está dada por:

$$C = P_i + A$$

La precipitación P_i puede estimarse fácilmente mediante una red de pluviómetros. El almacenaje producido que corresponde simplemente al agua retenida por el tejido vegetal y que no cae al suelo, puede estimarse de acuerdo al método sugerido por Hancock y Crowther (1978).

Materiales y Métodos

El trabajo se realizó en las cercanías de Las Vigas, Veracruz (19° 38' N, 97° 50' W y 2421 msnm). El clima es templado húmedo con lluvias uniformemente repartidas (Cfbwíg) (García, 1970). Predominan los bosques de pino (*P. montezumae* Lambert, *P. pseudoestrobis* Lindl, *P.*

patula Schelechtendal & Cham), así como huertos de manzana, durazno y pera, cultivos de maíz, trigo, avena y cebada.

Las medidas se efectuaron en un individuo de *P. montezumae* Lambert de forma cónica, de 15 m de altura y de 10 m de diámetro inferior (la altura y el diámetro inferior se midieron con un teodolito), de follaje denso y continuo; de una edad aproximada de 25 años y aislado de sus congéneres (esto se hizo para evitar la interferencia de otros árboles).

Las medidas y observaciones se iniciaron el 1 de diciembre de 1981 y se terminaron el 27 de marzo de 1982. Sin embargo, la presencia de nieblas en este periodo (0.05 nieblas día⁻¹) fue aparentemente inferior al promedio de la región (0.19 nieblas día⁻¹) (Gómez-Pompa, 1978).

La precipitación indirecta P_i se midió diariamente con una serie de pluviómetros dispuestos radialmente como se muestra en la Fig. 2. Estos pluviómetros consistieron de una canal de lámina de 30 x 30 cm con un depósito colector. Su error varía de acuerdo a la inclinación que se les da cuando se instalan; esta variación va del 10 al 15%. Los pluviómetros se pintaron, en su totalidad, con esmalte blanco, con el fin de minimizar gastos por evaporación debido a la radiación incidente.

El almacenaje A se midió saturando la superficie de varias muestras de ramas con hojas previamente pesadas. Se tomó como almacenaje la diferencia entre los dos pesos.

Se hicieron apreciaciones de la velocidad y dirección del viento (veleta y anemómetro pendular) y medidas de precipitación pluvial en la estación climatológica de Las Vigas. Un pluviómetro convencional actuó como testigo. Durante las medidas se hicieron presente dos mecanismos inductores de precipitación indirecta: niebla y lluvia-niebla que se detectaron con el pluviómetro testigo. Cuando el mecanismo inductor fue niebla, el pluviómetro testigo no registró precipitación alguna.

Al ser el mecanismo inductor lluvia-niebla se tomó como P_i a la precipitación generada por el

pino, menos la precipitación registrada por el pluviómetro testigo.

Resultados

La precipitación indirecta ocasionada por el *P. montezumae* Lambert presenta una distribución radial, como puede observarse en las Fig. 2 y 3 correspondientes a las medidas del 10 de febrero de 1982 y del 1 de marzo del mismo año. Ambos mecanismos inductores fueron por niebla (Cuadro 1). La primera niebla duró 4 horas y el viento varió del Norte hacia el Este y viceversa. Su velocidad fluctuó de 2 a 4 ms⁻¹. No obstante, en la distribución de las isoyetas (Fig. 2) se observa una dirección dominante del Noreste. El máximo de precipitación se localizó alrededor del tronco y disminuyó hacia la periferia.

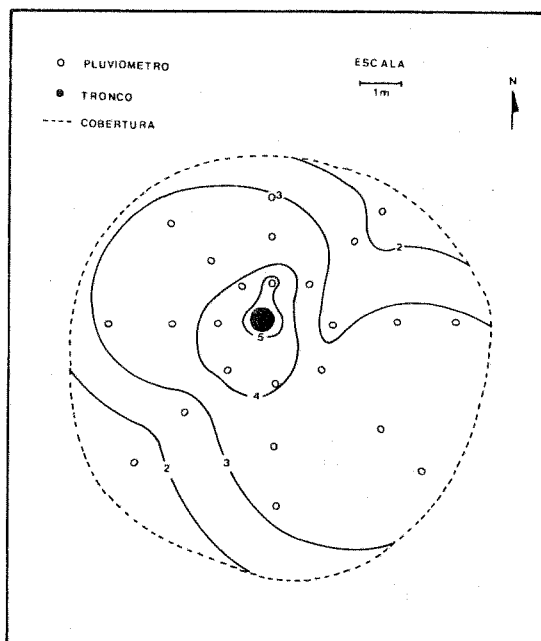


FIGURA 2. Distribución de isoyetas en mm correspondientes al día 10 de febrero de 1982. Mecanismo inductor por niebla, inicio a las 0200 y término a las 0600, hora local, velocidad y dirección del viento de 2 a 4 m s⁻¹ del norte hacia el este y viceversa.

La Fig. 3 muestra que la cantidad de agua precipitada en el segundo día fue menor debido, aparentemente, al tiempo de presencia de niebla (1.5 horas) el cual fue 2.6 veces inferior al tiempo de presencia de niebla en el primer día. La distribución varía por la dirección de desplaza-

miento de la niebla (Norte-Sur) con una velocidad de 2 a 4 ms^{-1} .

Al igual que en la Figura 2, el máximo de precipitación se sitúa alrededor del tronco, mientras que los mínimos tienen lugar en la periferia. Aunque algunas isoyetas máximas llegan a tocar la periferia (por ejemplo isoyetas de 2 mm), esto fue debido posiblemente, a la dirección del viento y a cambios espaciales de la densidad del follaje del pino. Es probable que exista una isoyeta de 3 mm muy cerca del tronco; sin embargo, los pluviómetros más cercanos a él no pudieron detectarla.

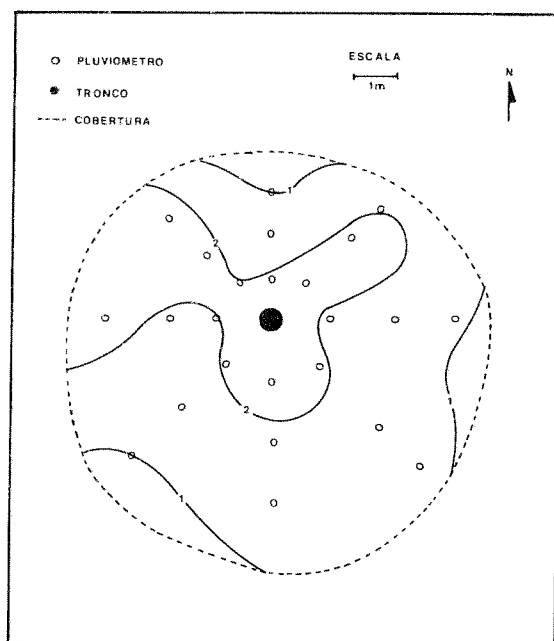


FIGURA 3. Distribución de isoyetas en mm correspondientes al día 1 de marzo de 1982. Mecanismo inductor por niebla, inicio a las 0830 y término a las 1000 hora local, velocidad y dirección del viento de 2 a 4 m s^{-1} del norte.

En el Cuadro 1 se presenta la cantidad de P_i captada durante el periodo de observaciones. Se detectó una gran variabilidad de gasto ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$), desde 49.6 lh^{-1} (mínimo) hasta 70.6 lh^{-1} (máximo). Esto es debido a diferentes fluctuaciones del viento y distintas densidades del follaje que no fue posible medir con precisión. No obstante, en promedio la cantidad de agua precipitada fue de 57.9 lh^{-1} con una desviación estandar de 8.3 lh^{-1} . Esto sugiere que P_i es lo suficientemente grande como para intervenir en

el balance hidrológico de la región, puesto que la precipitación pluvial en el lugar es de 28.6 mm (SAG, 1976) en el mes de febrero, y el área superficial equivalente a la cubierta por el pino, proporciona 2 157 l y el pino 526.4 l indicando una proporción del 24.4% más de agua a partir de la niebla.

La captación en promedio fue de $0.006 \text{ cm}^3 \text{g}^{-1}$, la cual finalmente se evapora sin llegar a precipitarse. No obstante, la transpiración cesa cuando las hojas se encuentran mojadas hasta que existe cualquier tipo de energía (por ejemplo calorífica, eólica) capaz de evaporar el agua almacenada, disminuyendo directamente la evapotranspiración. Stewart (1977) en Thetford Forest, Gran Bretaña, encontró en *P. sylvestris* y *P. nigra* que la cantidad de agua transpirada era de 3.1 veces menor que la captada, lo cual indica que ésta es importante en el balance hidrológico si dicha razón prevalece en la región. Sin embargo, este parámetro sí se toma en cuenta en el balance hidrológico con medidas de evapotranspiración potencial.

Discusión

Los resultados de este trabajo indican que el pino estudiado es capaz de precipitar 57.9 litros por hora a partir de la niebla. Este valor se compara favorablemente con los reportados por Parsons (1960) en otras localidades; sin embargo, son inferiores a los señalados por Nagel (1956) y Vogelmann (1973) debido probablemente a los inconvenientes mencionados en la introducción.

Si consideramos que una persona puede utilizar 125 litros de agua por día, un pino como el aquí descrito podría abastecer a una familia de cuatro miembros durante un mes en 260 horas; pero un bosque de una hectárea sería capaz de coleccionar la misma cantidad de agua en solo 4 horas. No obstante, en el bosque esta cantidad varía de acuerdo a la altura de los árboles, densidades de captación, diferencias por especies y su disposición de acuerdo a la topografía.

Si bien grandes concentraciones urbanas como las ciudades de Perote y Xalapa dependen en gran parte del equilibrio ecológico de nues-

CUADRO 1
FECHA, MECANISMO INDUCTOR, HORA DEL INICIO Y FIN DEL MECANISMO INDUCTOR (H), CANTIDAD DE AGUA CAPTADA Y GASTO DE LA NIEBLA EN EL PERIODO DE OBSERVACIONES

Fecha	H	Mecanismo inductor	Precipitación indirecta (P_i) (litros)	Gasto $litros\ h^{-1}$
10-II-82	0200-0600	Niebla	210.0	52.5
13-II-82	0600-0700	Lluvia-niebla	63.0	63.0
14-II-82	0730-0845	Lluvia-niebla	76.4	61.1
27-II-82	1645-1730	Niebla	53.0	70.6
28-II-82	1730-2000	Niebla	124.0	49.6
1-III-82	0830-1000	Niebla	127.0	50.8

tras áreas verdes, como es el caso del Parque Nacional Cofre de Perote, no podemos cerrar los ojos ante la problemática social de los habitantes del Parque, los cuales dependen, en gran medida, del uso del bosque. Por ello, estudios de esta naturaleza nos permiten señalar la importancia de las especies arbóreas en el abastecimiento de agua a las ciudades.

Como las nieblas se presentan durante todo el año teniendo un pico máximo entre los meses de septiembre a enero (SAG, 1976) es pues, importante, conocer el comportamiento global de la captación de agua en un bosque, para lo cual se ha proyectado realizar un estudio detallado del mismo en el Cofre de Perote con el fin de determinar cuáles son las zonas de mayor precipitación indirecta. E identificar las especies más eficientes tomando en cuenta dicha precipitación,

transpiración, captación, distribución del bosque y su disposición, para conocer la cantidad de agua colectada y entregada al suelo vía precipitación indirecta.

Agradecimientos

Quiero agradecer profundamente al Dr. Gualtierio Camisassa y al Dr. David R. Fitzjarrald por su valiosa ayuda, al Dr. Luis Fanjul por sus atinadas sugerencias durante la elaboración del manuscrito y a todas las personas que intervinieron directa e indirectamente en la realización de las medidas y observaciones de la captación de agua.

Este trabajo, en su inicio, fue patrocinado por la Secretaría de Educación Pública bajo el convenio número 81-04-301.

BIBLIOGRAFIA

- FITZJARRALD, D. R. 1981. Observations of the planetary boundary layer. Reporte Técnico del Proyecto de Meteorología en la Universidad Veracruzana en Xalapa, Veracruz (en prensa).
- GARCIA, E. 1970. Los climas del estado de Veracruz. Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Méx. Ser. Bot., 41: 3-42.
- GOMEZ-POMPA, A. 1978. Ecología de la vegetación del Estado de Veracruz. Compañía Editorial Continental S. A. CECSA e Instituto de Investigaciones sobre Recursos Bióticos A. C. México, D. F.
- HANCOCK, N. H. & CROWTHER, J. M. 1979. A technique for the direct measurements of water storage on a forest canopy. J. of Hydrology 41: 105-122.
- NAGEL, J. F. 1956. Fog precipitation on Table Mountain. Quarterly J. R. Met. Soc. pp. 452-460.
- PARSONS, J. J. 1960. "Fog drip" from coastal stratus, with special reference to California. Weather 15: 58-62.
- SAG (Secretaría de Agricultura y Ganadería) 1976. Normas climatológicas. Servicio Meteorológico Nacional. Dirección General de Geografía y Meteorología. México, D. F. pp. 706-756.
- SLATYER, R. O. 1967. Plant water relationships. Academic Press. London and New York, pp. 230-235.
- STEWART, J. B. 1977. Evaporation from the wet canopy of a pine forest. Water Resources Research 13: 915-921.
- VOGELMANN, H. W. 1973. Fog precipitation in the cloud forest of Eastern México. Bioscience 23: 96-100.