

ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACION EN EL BOSQUE HÚMEDO TROPICAL DE LA AMAZONIA

Por: **José A. Marengo Orsini***

RESUMEN

La amazonía cumple un rol importante en el ciclo hidrológico a través de una intensa evapotranspiración de sus bosques, específicamente el bosque tropical lluvioso, el cual predomina en la cuenca amazónica. La evapotranspiración en esta región no ha sido cuantificada; únicamente se cuenta con experimentos en el Brasil cuyos resultados demuestran que casi la mitad de la lluvia proviene de la evapotranspiración regional. Con el fin de conocer esta cantidad cedida la atmósfera se han desarrollado una serie de métodos de estimación.

El método de Penman, desarrollado en 1948 inicialmente para campos de cultivo, es considerado como el más eficiente dado que involucra los parámetros climáticos que influyen en el proceso de evapotranspiración. Este método ha sido modificado y adaptado a las características del bosque tropical lluvioso y aplicado a la parte amazónica de Perú, Brasil, Ecuador, Venezuela y Guyana. Los resultados demostrarán una gran evapotranspiración anual, asociada a la mayor proporción de la parte energética de la ecuación, que la que se refiere a humedad y viento; así como que es posible afirmar la existencia de una mayor transpiración, que la evaporación, en la misma región.

SUMMARY

The Amazon Jungle accomplishes an important role in the water cycle through an intense evapotranspiration of its tropical rain forest, which is the ecological formation prevailing in the Amazon basin. The measure of evapotranspiration has not been established very well. There had been only a few experiments, mainly in Brasil. The evapotranspiration estimation is a good way for its knowledge.

The Penman's Method, developed in 1948 for crop cultivation, is considered the best, because it involves the climatic parameters that influences in the evapotranspiration. This method has been adjusted at the conditions of tropical rain forest and applied in the amazon region of Perú, Brasil, Ecuador, Venezuela and Guyana. The results showed that on large part of the precipitation came from regional evapotraspiration; and the energy balance term is larger than the wind or humidity term. Beside it is possible to a firm that the transpiration is larger than the evaporation from the same region.

I. INTRODUCCIÓN

El conocimiento de la evapotranspiración es fundamental en cuestiones relacionadas a balance hídrico y al ciclo hidrológico. A través de los procesos de evaporación y transpiración, el bosque cumple papel importantísimo en este reciclaje de agua hacia la atmósfera, en la región amazónica. Así lo han demostrado una serie de experimentos realizados en el Brasil, empleando el marcado de moléculas de agua con isótopos radiactivos (O^{18}) y su posterior seguimiento en el ciclo hidrológico de la amazonía. Salvo estas experiencias, las medidas de evapotranspiración no existen en esta región. Frente a ello se han desarrollado en diversas partes del mundo metodologías que buscan estimar matemáticamente esta cantidad, unos demasiado simples y otros más complicados.

* Profesor Contratado, Departamento Física y Meteorología. Universidad Nacional Agraria -La Molina. Lima. Perú

El método de H. L. Penman ha sido considerado, a nivel mundial, como el más eficiente y fue adoptado a nivel de FAO /UNESCO/WMO en sus estudios agro climáticos en diversas partes del mundo. Este método involucra los principales factores climáticos que influyen realmente en el proceso de evapotranspiración; radiación solar, humedad y viento, agrupados en los términos energético y aerodinámico respectivamente; el mismo ha sido modificado de acuerdo en diversos lugares de la amazonía con el fin de conocer la evapotranspiración de los bosques en dicha región. La información meteorológica proviene del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Perú); Departamento Nacional de Meteorología (Brasil), Instituto Nacional de Meteorología (Ecuador); Hidrometeorological Service of Guyana y Fuerza Aérea Venezolana.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

1) Características ecológicas de la zona en estudio:

Según la clasificación climática de Koeppen, el clima de la zona en estudio es principalmente del tipo Af, descrito como Clima Forestal Tropical lluvioso, con alta precipitación todo el año. Las temperaturas máximas varían entre 29 y 35 C y las mínimas entre 18 y 27 C no existiendo periodos fríos, a nivel anual, y de una temperatura media relativamente uniforme. La vegetación es la selva tropical siempre verde, árboles de hojas anchas y perennes. Los suelos predominantes son los lateríticos rojos (BILLINGS, 1968; PATTIN et-al, 1978).

2) Conceptos a emplearse:

La OMM (Organización Meteorológica Mundial), definió evapotranspiración potencial como la cantidad máxima de agua capaz de ser perdida por una capa continua de vegetación que cubre el suelo, cuando es ilimitada la cantidad de agua suministrada al mismo, como condiciones óptimas. Si el mismo concepto se aplica a las condiciones existentes se llamará evapotranspiración real. Estos conceptos relacionan la influencia del calor y la humedad sobre las plantas y ha determinado los requerimientos de calor y humedad al mismo tiempo.

Los métodos de estimación, ya sean empíricos o teóricos, buscan el conocimiento de la evapotranspiración con las aproximaciones del caso. De todos ellos, el de Penman ha sido considerado el mejor; su complejidad se compensa con su eficiencia y permite su aplicación en escalas de tiempo menores a un mes; se prefiere este método sobre otros, que solamente consideran temperatura. Su buena base física ha permitido su aplicación a estudios climáticos en el mundo, así FRERE, REA y RIJKS 1975, lo aplicaron para la zona andina; BROWN y COCHEME (1973) en las sabanas africanas, SIERRA y PORFIDO (1978) en las pampas argentinas y FINKELSTEIN (1973), FITZGERALD (1974) en Nueva Zelanda; obteniéndose resultados, según sus autores, satisfactorios, comparables con otros métodos también aplicados.

3) Antecedentes de trabajos similares en la Amazonía:

Especialistas del Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonía (INPA) estudiaron la evaporatranspiración con isótopos radiactivos en el ciclo hidrológico y demostraron de esta manera que la mitad de la lluvia regional proviene de la alta evapotranspiración de sus bosques, mientras que el resto proviene de masas de aire húmeda del Océano Atlántico (SALATI et-al. 1978). VILLA NOVA et-al (1976) estimaron la evaporatranspiración potencial en Manaus, referida al bosque, y obtuvieron 1456 mm/año.

NOE y CARDOSO (1979) aplicaron el método de Penman (original) a 10 estaciones del norte de Brasil y obtuvieron estimados anuales que se muestran en el siguiente cuadro:

Estación	Evapot. Total	Estacion Total	Evapot.
Barcelos	1096.60	lauretê	1015.50
Benjamin Constant	1053.60	Humaitá	1090.80
Pari Cachoeira	1001.10	Sao Gabriel deCachoeira	1085.60
Tefe	1127.20	Rio Branco	1036.30
Sta. Isabel de RioNegro	1048.40	Parintis	1027.40
Tarauaca	1008.50	Coari	1087.40
Curauari	1007.40	Fonte Boa	1042.70
Manaus	1051.20		

Marengo (1983), obtuvo en las mismas condiciones, 1040.6 mm/año en Jenaro Herrera (en la Amazonía Peruana).

4) Modificaciones de la Fórmula de Penman a bosque húmedo tropical:

La modificación fue propuesta por SHAV y DAVAR (1973); radica fundamentalmente en dos cambios: el albedo a considerar será de 15 % referido a bosque tropical siempre verde de hojas anchas y perennes, contra el 25 % inicial para cultivos bajos. Asimismo asume el viento en el tope del bosque como 40 % del medido a 10 m y una presión de vapor actual al mismo nivel; al no existir estos datos generalmente son derivados a partir de información climatológica en superficie. En esta formación ecológica, la evapotranspiración potencial se asume igual a la evapotranspiración real. Conviene mencionar una comparación entre los 1456 mm/año obtenidos por VILLA NOVA (1976) en Manaus, referida al bosque y los 1051.2 obtenidos por NOE y CARDO SO (1979) en la misma localidad, para campo abierto siendo la causa la presencia de la formación boscosa.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos meteorológicos promedio anuales provienen de 18 estaciones meteorológicas ubicadas en la amazonía, cuya relación aparece en el Cuadro 1 y su ubicación en el mapa de la figura 1. La figura 2 muestra la formación ecológica bosque húmedo tropical así como otras características más, referida a precipitación, radiación solar y vegetación y suelo, lo mismo que tipo de clima según KOEPPEN presentados por PATTON et-al (1978) y que servirán de marco de referencia para este estudio.

La expresión original de Penman, en 1948 es la siguiente.

$$ET_0 = \frac{\frac{\Delta}{\rho} R_N + E_a}{\frac{\Delta}{\rho} + 1}$$

Siendo ET_0 = Evaporatranspiración potencial, en mm/día
 R_N = Radiación Neta (mm/día)
 E_a = Evaporación Aerodinámica (mm/día)
 Δ = Pendiente de la curva presión de vapor vs. Temperatura (mb/C)
 ρ = Coeficiente psicrométrico (0.67)

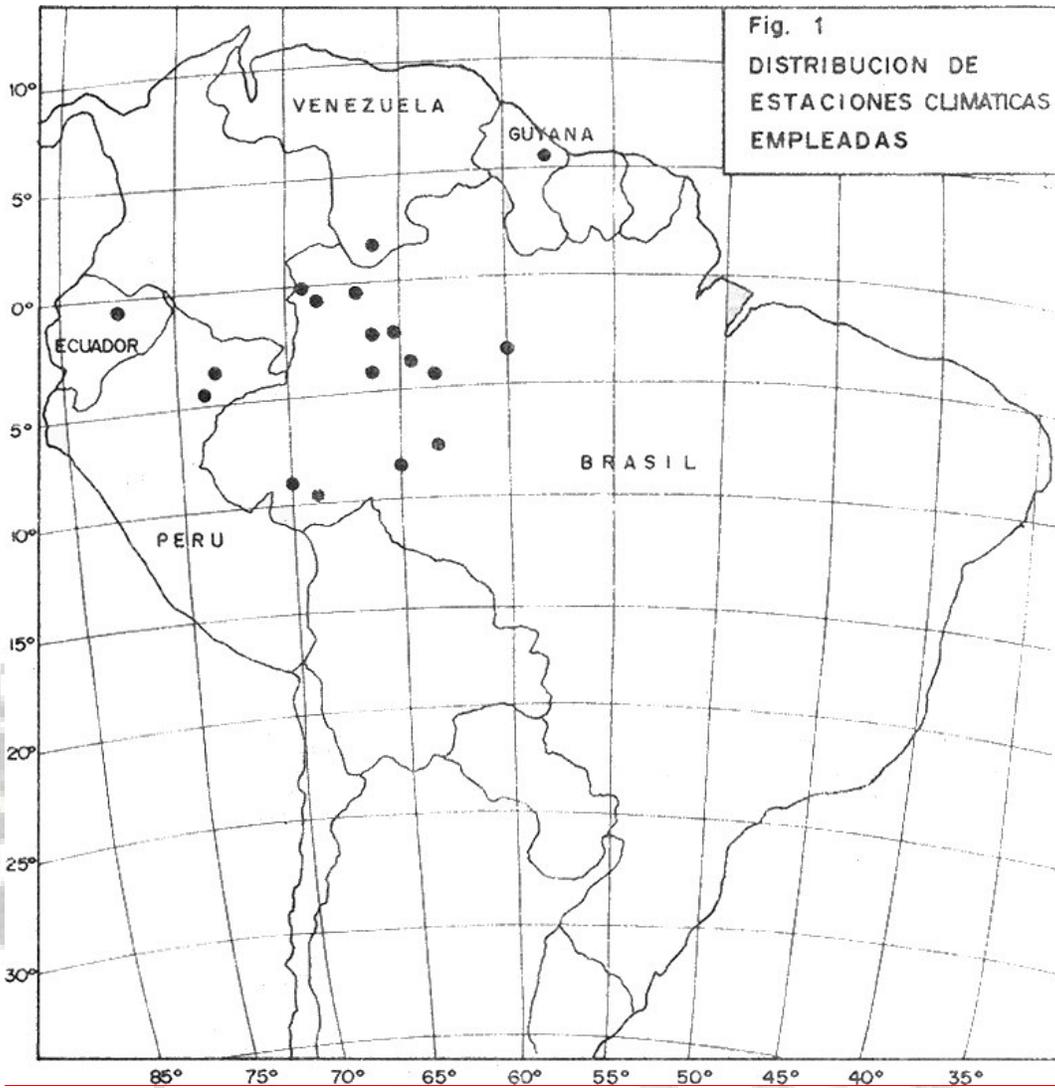


Fig. 1
DISTRIBUCION DE ESTACIONES CLIMATICAS EMPLEADAS

De acuerdo a las modificaciones de SHAV y DAVAR, se tendrán las siguientes expresiones:

$$R_n = (1 - \alpha) R_a - R_b$$

donde R_a =Radiación solar, estimada por el método de ANGSTROM :
 $R_a = R_t (0.28 + 0.39 n/N)$

Los coeficientes 0.28 y 0.39 fueron propuestos por DUFFIE y BECKMAN (1971) obtenidos para Stanleyville (Zaire), de características similares a la Amazonía, en lo que respecta a clima, vegetación. R_t es la radiación solar recibida en el tope de la atmósfera, en mm/día, n/N es el porcentaje de horas de sol (en decimal) y α es el albedo del bosque (15%).

R_b es la irradiación y se calcula mediante la fórmula de Brunt.

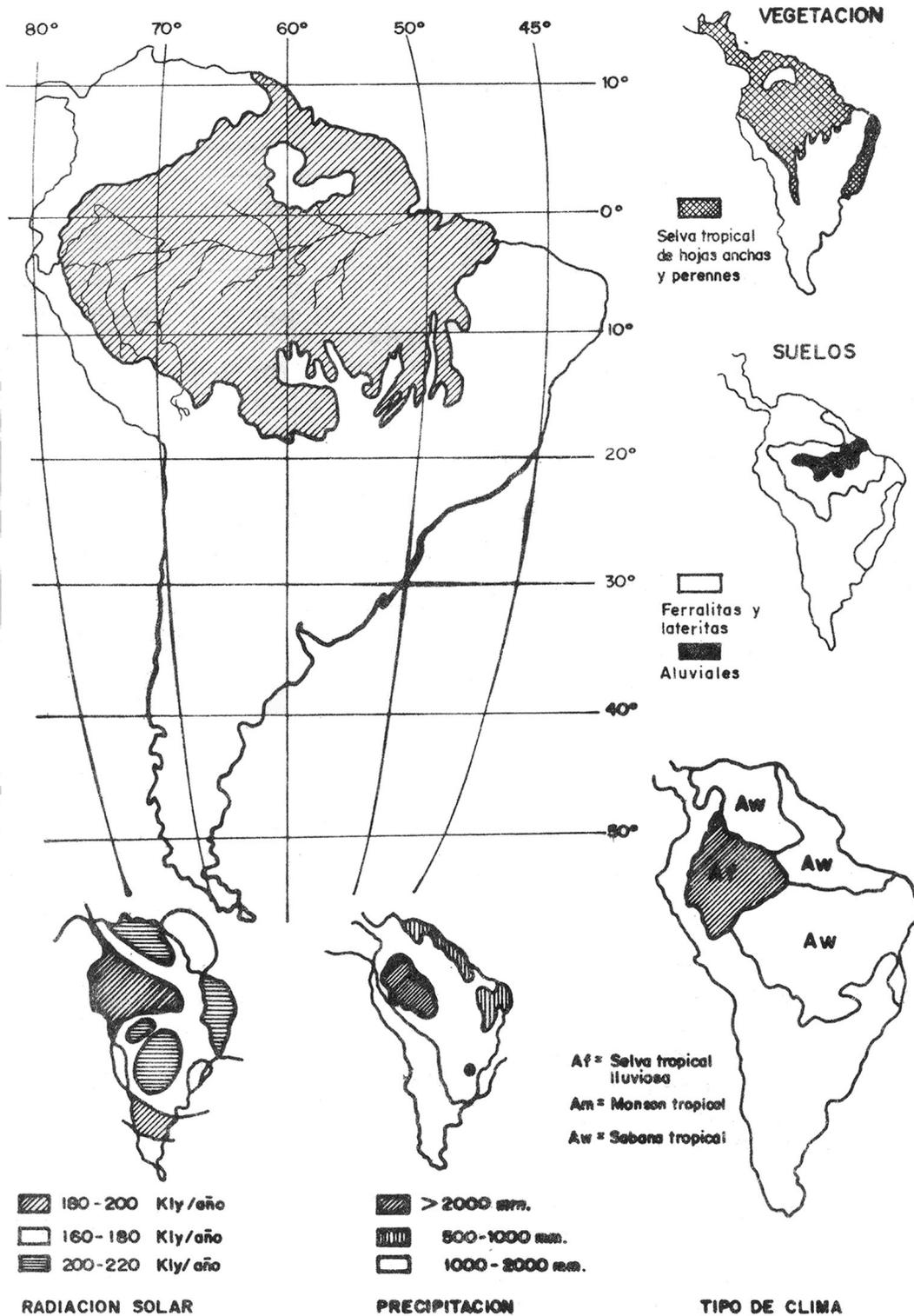
$$R_b = \varphi T^4 (0.56 + 0.070 \sqrt{ed}) (0.10 + 0.90 n/l)$$

siendo:

$$\varphi = \text{Constante de Stefan Boltzman}$$

T = Temperatura absoluta de la superficie
 e_a = Presión de vapor actual (mb)

Fig. 2.- BOSQUE HUMEDO TROPICAL EN SUDAMERICA



La evaporación Aerodinámica (E_a) se obtendrá así:

$$E_a = 0.26 (e_a - e_c) (1.00 + 0.216 v_{10})$$

siendo :

e_a = presión de vapor de saturación (mb)

e_c = presión de vapor actual en el tope del bosque (mb) ($e_c \approx e_d$)

V_{10} = viento a 10 m, en m/seg.

Para obtener los valores de R_t , ρ , T_4 , N y $\frac{\Delta}{\rho}$ se emplearon las tablas propuestas por FRERE et al (1975) en el Estudio Agro climatológico de la Zona Andina.

Por tanto, la fórmula de Penman modificada para el bosque tropical lluvioso de la Amazonía tomará la siguiente forma:

$$ET_0 = \frac{\frac{\Delta}{\rho} (0.85R_a - R_b) + 0.26(e_a - e_c)(1.00 + 0.21v_{10})}{\frac{\Delta}{\rho} + 1}$$

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evapotranspiración potencial estimada para el bosque varía entre 1294.4 y 1559 mm/año (cuadro II), teniendo a ser mayor cerca al Ecuador, en la parte central de la amazonía; muestra en toda la región lo que se podría caracterizar como una variabilidad espacial reducida dependiendo esto de la poca variación anual de los factores climáticos, especialmente radiación solar y humedad, así como viento. Climáticamente se explica esta escasa variación anual debido a la nubosidad alta, producto de la presencia de la Zona de Convergencia Intertropical y de sus variaciones estacionales; se puede señalar que prácticamente el tiempo en la selva está gobernado por el ciclo de lluvias. La evapotranspiración potencial toma, excepcionalmente, valores mayores de 1500 mm/año en sitios donde la velocidad de viento es mayor que el promedio, como en Manaus, Tefe y Georgetown -Botanic Gardens.

El resumen climático de las estaciones en estudio aparece en el cuadro III.

Comparando con las estimaciones de NOE y CARDOSO (1979), para campo de cultivo, se puede apreciar que los valores estimados para bosque son en promedio de 200 a 300 mm mayores. Ello determina una acción del bosque en el proceso de evapotranspiración, donde el albedo bajo significa que la cubierta boscosa capta una parte de la radiación solar, mayor que si fuera un campo de cultivo, teniendo mayor radiación neta para la evapotranspiración; claro está que poca parte de la radiación que llega al tope puede llegar a la superficie. La evaporación que tiene lugar dentro del bosque es reducida debido a las menores temperaturas, y siendo la evaporación del suelo reducida en casi 60 % por la capa de árboles. Se desprende, pues, una mayor humedad relativa en el bosque que fuera de él asociada a las bajas temperaturas y a la menor turbulencia, esta combinación favorece una alta transpiración.

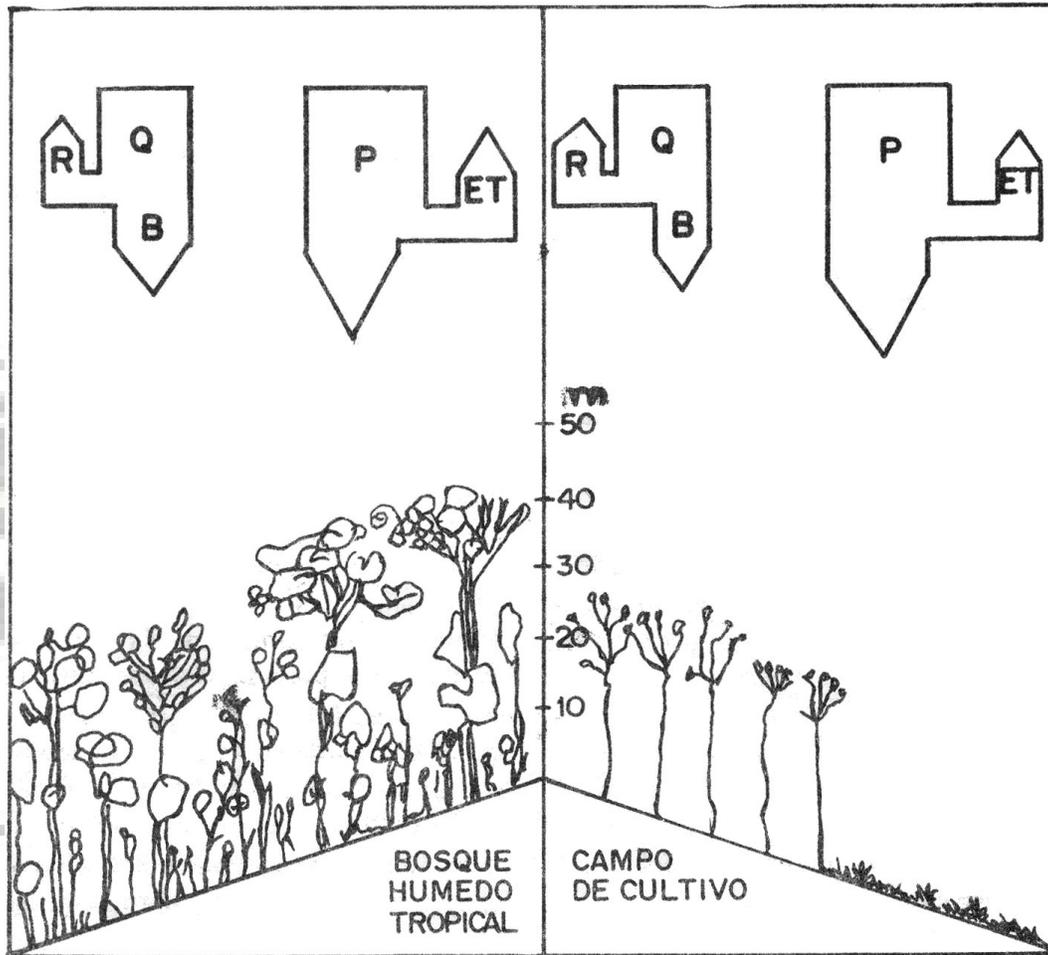
Al respecto, el cuadro IV muestra un caso particular de la evaluación de evaporación y transpiración en Jenaro Herrera, con medidas de Evaporación Piché y de evapotranspiración potencial estimada, para campo de cultivo y bosque húmedo tropical (MARENGO, 1983); confirmado lo anteriormente dicho, a campo abierto se tiene una proporción similar de evaporación y transpiración; mientras que en el bosque esta última es casi del 75%; destacando la importancia de la mayor radiación neta en el bosque debido a su menor reflexión. Cabe mencionar que el evaporímetro Piché representa la medida de la evaporación del aire dentro del bosque.

El cuadro V muestra proporciones de contribución del término energético y el término aerodinámico de la ecuación de Penman, en el proceso de evapotranspiración en promedio 60 % del total depende de la disponibilidad de energía y el 40 % restante dependen del poder evaporante de la atmósfera. Claro que 2 ó 3 estaciones muestran una relación inversa debido a las mayores velocidades de viento, pero 12 estaciones presentan mayores porcentajes de contribución debido a la radiación que al viento y humedad.

El cuadro VI muestra un estimado del balance de radiación y de disponibilidad de agua en condiciones de campo abierto y bosque. A nivel de balance de radiación, se observa un mayor porcentaje de radiación reflejada (26%) en campo de cultivos contra 17 % en el bosque; en cambio la radiación neta en éste último es de 66 %, mayor que el campo de cultivo. A nivel de disponibilidad de agua, se aprecia que el bosque evapotranspirado en mayor proporción (46 %) que en campo abierto (36 %), es de esperar una mayor escorrentía en suelo, en campo abierto que del bosque, la figura 3 muestra esquemáticamente lo explicado antes, el grosor de las flechas indica la proporción de las cantidades.

Visto todo lo anterior, se destaca la importancia del bosque en la conservación del clima regional amazónico, así como del suelo. En muchos lugares la cubierta boscosa ha sido eliminada o diezmada so pretexto de colonización, si esta devastación afecta zonas muy amplias es muy difícil un restablecimiento de la cubierta natural. Una deforestación descoordinada, puede contar el normal ciclo de transpiración, y permite un período empobrecimiento del suelo, producto de la alta escorrentía, y puede provocar un desequilibrio hídrico. GENTRY y LOPEZ-PARODI (1980) mostraron que como resultados de una intensa deforestación ha comenzado a producirse cambios climáticos previstos; así hablan de un mayor escurrimiento debido a la deforestación en la cuenca del Amazonas y de una disminución de la precipitación. La rica biosfera en la que se encuentran animales y plantas en los bosques amazónicos se vería alterada por este desequilibrio, y a la larga se podría esperar una serie de cambios climáticos que no solamente afectarían a la amazonía sino a las grandes zonas agrícolas del mundo, con sus respectivas consecuencias en la ecología mundial.

FIGURA 3.- REPRESENTACION ESQUEMATICA DEL ESTIMADO DEL BALANCE DE RADIACION Y DE DISPONIBILIDAD DE AGUA EN BOSQUE HUMEDO TROPICAL Y CAMPO DE CULTIVO



Finalmente, DANCE (1981) afirma que la base de un reordenamiento agrario en la amazonía Peruana comprende la clasificación y uso de los suelos, así como un impulso de la actividad forestal, como generadora de empleo e integradora de otras actividades económicas; a ello habría que agregar el conocimiento del clima, como tercer vértice del triángulo ecológico suelo-clima-planta, puesto que de él depende, en última instancia, el desarrollo agrícola de un lugar. Así fenómenos adversos tales como "sequías", "inundaciones" u "ondas de calor o frío", son fenómenos meteorológicos que pueden afectar la agricultura local; de tal modo que no considerar al clima, con la importancia debida, en estudios ecológicos zonales es no considerar al factor, tal vez, más importante que incide en la actividad agrícola, ganadera, turismo, Piscicultura y forestal inclusive.

**Cuadro I: Estaciones climatológicas empleadas en el estudio.
Promedio 1961-80**

Estación	País	Latitud	Longitud	Altitud
Tiputini	Ecuador	00°45' S	78°57' W	220 m
Georgetown-Botanic Garden	Guayana	06°48' N	58°08' W	8
Iquitos	Perú	03°45' S	73°15' W	126
CP Jenaro Herrera	Perú	04°39' S	73°30' W	180
PE Jenaro Herrera	Perú	04°39' S	73°31' W	180
Curauari	Brasil	04°53' S	66°54' W	81
Coarí	Brasil	04°05' S	63°08' W	49
Fonte Boa	Brasil	02°32' S	66°10' W	56
Humaitá	Brasil	07°31' S	63°00' W	50
Iaurete	Brasil	00°18' S	68°54' W	122
Manaus	Brasil	03°08' S	60°01' W	48
Parintis	Brasil	02°32' S	66°02' W	56
Pari Cachoeira	Brasil	00°50' S	69°56' W	144
Tefé	Brasil	03°22' S	64°42' W
Sta. Isabel de Rio Negro	Brasil	08°25' S	65°00' W	40
Tarauacá	Brasil	08°50' S	70°46' W	190
Sao Gabriel de Cachoeira	Brasil	00°08' S	67°05' W	85
Rio Branco	Brasil	09°58' S	67°48' W	136
San Carlos de Rio Negro	Venezuela	01°56' N	67°03' W	119

Cuadro II: Valores Estimados de la Evapotranspiración Potencial según el Método de Penman, adaptado al Bosque Húmedo Tropical de la Arnazonía.

Estaciôn	ETo (mm/año)	Estaciôn	ETo (mm/año)
Tiputini	1305,10	laureté	1303,50
Georgetown-Botanic Gardens	1456,40	Manaus	1522,60
Iquitos	1390,60	Pari Cachoeira	1308,40
Jenaro Herrera	1334,90	Te fé	1456,40
Parintis	1559,90	Sta. Isabel de Rio Negro	1359~.5
Curauari	1294,70	Turauaca	1282,80
Coari	1379,40	Sao Gabriel de Cachoeira	1394,70
Fonte Boa	1331,40	Rio Branco	1344,60
Humaité	1383,50	San Carlos de Rio Negro	1436,10

Cuadro III Resumen climático de las estaciones en estudio

Estación	Temp (C)	Precipita-	Vto	Horas sol	Rad solar*
		ción	(m/seg)		
		(mm/año)			
Tiputini	25,20	----	1,10	4,00	359,90
Georgetown					
Botanic Gardens	27,10	2852,40	2,50	4,20	363,40
Iquitos	25,70	3220,60	1,10	4,80	381,10
Jenaro Herrera	25,90	2889,30	1,50	4,30	367,60
Curauari	25,00	2740,40	0,60	4,50	369,90
Coarí	25,90	1936,10	0,80	5,60	401,80
Fonte Boa	25,50	2523,80	0,80	4,70	378,80
Humaità	26,20	1992,70	2,30	5,20	389,40
Iaureté	25,10	3887,50	1,20	4,50	373,40
Manaus	26,70	2306,10	3,40	5,40	398,80
Parintis	26,90	2325,50	1,70	6,40	427,10
Pari Cachoeria	24,80	-----	1,10	4,50	373,50
Tefé	26,10	2149,80	2,70	5,40	398,80
Sta. Isabel de					
Rio Negro	25,50	2548,60	1,50	4,90	382,30
Tarauaca	24,60	2236,90	1,00	4,70	374,70
Sao Gabriel de					
Cachoeira	25,40	2905,40	0,50	5,80	411,20
Rio Branco	25,00	1714,10	1,40	5,00	381,10
San Carlos de	25,70	3550,80	1,40	5,30	396,50
Rio Negro					

* Rad solar estimada, en cal / cm² x día

Cuadro IV Caso particular: Porcentaje de Evaporación y Transpiración de Bosque Húmedo Tropical (Estación CP y PE Jenaro Herrera)

Estacion	mm/año		% Evap.	% Transp.
	Evap. Piché	Evapot.		
CP Jenaro Herrera (campo de cultivo)	545	1040,60	52	48
PE Jenaro Herrera (bosque)	334	1334,90	25	75

Cuadro V : Contribución del término energético* y del poder evaporante de la atmósfera en la evapotranspiración potencial del Bosque Húmedo Tropical.**

Estación	% Rn	% Ea	Estación	% Rrí	% Ea
Tiputini	63	37	lauretê	74	26
Georgetown					
Botanic Gardens	25	75	Manaus	40	60
Iquitos	45	55	Pari Cachoeria	72	28
Jenaro Herrera	70	31	Tefé	48	52
Parintis	49	51	Sta. Isabel de Rio Negro	69	31
Caravari	71	29	Taravaca	73	27
Coarí	74	26			
Fonte Boa	72	28	Sao Gabriel		
San Carlos de			de Cachoeria	71	29
Rio Negro	48	52	Humaitá	63	37
Rio Branco	59	41			
Promedio				60	40

* Término Energético: $\frac{\Delta}{\rho} R n$
 $\frac{\Delta}{\rho} + 1$

** Término Aerodinámico o Poder Evaporante de la atmósfera: $\frac{E a}{\frac{\Delta}{\rho} + 1}$

* y ** Se refiere a la Ecuación de Penman

Cuadro VI: Valores estimados de los términos del Balance de Radiación y Disponibilidad de agua en el Bosque Húmedo Tropical de Jenaro Herrera

	Bosque		Campo de Cultivo	
	mm/día	%	mm/día	%
Q (rad solar)	6,20	100	6,2	100
R (rad Reflejada)	0,00	17	1,5	26
B (rad neta)	4,40	66	3,9	57
I (irradiacion)	0,90	17	0,9	17
P(precipitación)	7,90	100	7,9	100
ET (evapotransp)	3,70	46	2,9	36
α (albedo)		15%		25%

V. CONCLUSIONES

1. El método de Penman, adaptado para el Bosque Húmedo Tropical, permite estimar la evapotranspiración con mayor eficiencia que otros métodos, dado a que incluye a los factores climáticos que realmente afectan al proceso de transpiración.
2. El Bosque Húmedo Tropical de la Amazonía evapotranspira entre 1300 y 1550 mm/año, en promedio, con tendencia a ser mayor en la parte central de la amazonía, entre el Ecuador y 5°S.
3. En el proceso de evapotranspiración en la región amazónica, depende en promedio, del balance de energía, al ser baja la velocidad de viento y alto el grado de humedad atmosférica zonal.
4. La poca variabilidad anual, menor a 300 mm, obedece a su vez a la poca variabilidad de los parámetros de radiación solar, temperatura, humedad y viento en la región amazónica, como característica del clima.
5. El menor albedo del bosque permite una mayor disponibilidad de energía para evapotranspirar.
6. Dadas las características de baja turbulencia y proximidad a la saturación dentro del bosque, se tienen una evaporación del aire dentro y del suelo bajas, tendiendo a ser mayor la transpiración de las copas.
7. Es de esperar que una tala masiva a gran escala puede cortar el ciclo de transpiración y alterar de alguna manera el ciclo hidrológico, daría lugar a una mayor escorrentía y podría producir cambios climáticos e hidrológicos a gran escala, dado a que el bosque húmedo tropical es un ecosistema muy fácil de deteriorar.
8. Se sugiere aplicar el método de Penman modificado para bosque, a otras estaciones de la parte amazónica de Colombia, Brasil, Perú, Bolivia, Venezuela y las Guayanas.

VI. BIBLIOGRAFÍA

1. **BILLINGS, W.D.:** Las plantas y el Ecosistema. Herrero Hermanos Sucesores S.A. México. 220 p. 1968.
2. **BROWN, L; COCHEME, J.** A Study of the Agroclimatology of the Highlands of Eastern Africa. Publication FAO/UNESCO/WMO. Technical Note N = 125. Geneva. 296 p. 1973.
3. **DANCE, J.** Tendencias de la deforestación con fines agropecuarios en la Amazonía Peruana. Revista Forestal del Perú. 10(1-2). 177-184 pp. 1980-81.
4. **DUFFIE, J.; BECKMAN, W:** Solar Energy, Thermal Processes. A Wiley Intersciences Publication. Jhon Wiley and Sons. New York -London -Sidney-Toronto. 385 p. 1971.
5. **ECUADOR. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA:** Anuarios Meteorológicos 1966 a 1971. Ministerio de Recursos Naturales y Turismo. Quito.

6. **FINKELSTEIN, J.:** Survey of New Zeland Tank Evaporations. Journal of Hidrology. 12(2). 119-133. 1973.
7. **FITZGERALD, P.:** The Estimation of Soil Moisture Deficient by Penman's Method and Thonrthwaite Method in mind Canterbury. Journal of Hidrology (13(1). 126-142. 1974.
8. **FRERE, M.; REA, J.; J. RIJKS:** Estudio Agroclimatológico de la Zona Andina. Publicación FAO/UNESCO/OMM. Ginebra. 460 pp. 1973.
9. **GENTRY, A.H.; LÓPEZ-PARODI, J:** Deforestation and Increased Flooding of the Upper Amazon. Science. 210-(9). 1354, 1356. December 1980.
10. **GUYANA. HIDROMETEOROLOGICAL SERVICE:** Annual Climatological Data Summary. 1971 a 1975. Ministry of Works and Communications. Georgetown.
11. **MARENGO, J.A.:** Estudio Agroclimático Regional en la Selva Baja del Perú. Caso Específico: Zona de Jenaro Herrera (Requena/Loreto). Tesis UNA. Ing. Meteorólogo. (Inédita). 464 p. 1983.
12. **NOE, I; CARDOSO, O:** Esboco para una Zonificación Climática da Bacia Amazonica Brasileira. Proyecto de Hidrología e Climatología da Amazonía. Superintendencia de Desenvolvimento da Amazonía (SUDAM)/OMM/PNUD. Publicación N-33. Belem 180 p. 1979.
13. **PATTON, C.; ALEXANDER, C.; KRAMER, F.:** Cursó de Geografía Física. Ediciones Vicens-vives S.A. Barcelona. 446 p. 1978.
14. **SALATI, E.; MAROUES, J. MOLION, L:** Origen e distribuicao da Chuvas na Amazonía. Acta Científica Venezolana. Caracas. 3(4). Julio-Agosto 1978.
15. **SHAV, S.; DAVAR, K:** Modified Penman Method for Potential Evapotranspiration from Forest Regions. Journal of Hidrology. 18(1). 349-365 pp. 1973.
16. **SIERRA, E.; PORFIDO, O:** Evaluación Comparativa de diversas fórmulas de Evapotranspiración Potencial en la región pampeana. Meteorológica. Buenos Aires. VIII/IZ. 98-107 pp. 1976-77.
17. **VILLA NOVA, N; SALATI, E; MATSUI, E:** Estimativa da Evapotranspiración na Bacia Amazónica. Acta Amazonica. Manaus. 4(2). Junho 1976.