

FACTORES REGULADORES DE LA TRANSPIRACION POTENCIAL DE ALGUNAS ESPECIES ARBOREAS DEL BOSQUE SIEMPREVERDE DEL SUR DE CHILE¹ /

A.W. HUBER*, C.E. OYARZUN*, M.M. OÑATE*

Summary

The influence of solar radiation, air temperature and relative humidity, and ventilation on transpiration intensity was determined in the species Gevuina avellana, Drimys winteri, Embothrium coccineum, Aextoxicon punctatum and Eucryphia cordifolia

Eucryphia cordifolia is one of the species with higher water consumption by transpiration, reaching $267 \text{ l m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$, followed by Aextoxicon punctatum and Gevuina avellana with 193 and $171 \text{ l m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$, respectively and Embothrium coccineum and Drimys winteri with 114 and $109 \text{ l m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$, respectively

Direct correlations between the daily transpiration intensity and solar radiation and air temperature were established. An inverse correlation was found between daily transpiration intensity and relative humidity. The meteorological factors considered explain 86% of the transpiratory process in the different species.

A correlation between the total thickness of the leaves of the different species and the yearly water consumption by transpiration was also established. The thinner a leaf is, the higher the rate of transpiration. The morphological factor that best correlates with the yearly amount of transpiration is the number of stomata by mm^2 . The higher the density of stomata, the greater the rate of transpiration

Introducción

La cantidad de agua consumida por transpiración por una cubierta vegetal dependen principalmente del área foliar y capacidad transpiratoria de los individuos que la conforman, como también de los factores abióticos, entre ellos, condiciones climáticas y disponibilidad de agua del suelo Kramer (12), Meyer (14)

Las dos primeras condiciones son factibles de alterar a través de una adecuada elección de especies y densidad de plantación Benecke y Van der Ploeg (4), Brechtel (6), mientras que la restante depende principalmente de las condiciones meteorológicas y edáficas difícilmente modificables

La influencia que ejercen los diferentes factores ambientales reguladores del consumo de agua de las plantas son antecedentes importantes que mejoran el conocimiento de una especie. Muchos de los procesos relacionados con el crecimiento de las plantas pueden ser explicados sobre la base del efecto directo de los parámetros ambientales intensidad de la luz, humedad relativa, temperatura del aire y velocidad del viento sobre la transpiración O'Leary (15)

Weinberger *et al.* (17) y Weinberger (18), utilizando hojas, establecieron la transpiración mínima (cuticular) y transpiración relativa de 53 especies leñosas siempreverdes de los bosques Patagónicos; mientras

¹ Recibido para publicación el 4 de octubre de 1985.
Este estudio ha sido financiado por el proyecto RS-78-25 de la Dirección de Investigación y Desarrollo, Universidad Austral de Chile.

Agradecemos la colaboración de la Dra. Miren Alberdi, Instituto de Botánica, por la revisión del manuscrito y sus valiosas sugerencias aportadas en este trabajo. Igualmente agradecemos a la Prof. Magdalena Romero por su ayuda prestada en el análisis morfológico de las hojas

* Instituto de Geociencias, Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile. Casilla 567, Valdivia, Chile

que Alberdi y Oyarse (1) establecieron la diferente capacidad transpiratoria de hojas de sol y sombra en *Aextoxicon punctatum*. Sin embargo, para Chile existe muy poca información con respecto al consumo de agua por transpiración de especies forestales nativas determinando a través de métodos donde se considere al individuo en forma completa y en condiciones semejantes al de su hábitat natural Huber *et al.* (11). Como consecuencia de esta situación, frecuentemente se le atribuyen en forma subjetiva, condiciones de mayores o menores consumidoras de agua a una determinada especie arborea, basado indistintamente en la disponibilidad de agua de su hábitat natural, o por su tamaño y por ende el de su superficie foliar, o por las características anatómicas de sus hojas.

En el presente estudio se determinan los consumos potenciales de agua por transpiración de algunas especies arbóreas del bosque siempreverde del sur de Chile y la relación entre la intensidad transpiratoria y los principales elementos meteorológicos que la regulan cuando la planta tiene a su disposición toda el agua requerida. Adicionalmente, se explican los diferentes consumos de agua entre las especies a través de la morfología de las hojas que son los principales órganos transpiratorios.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en tres ejemplares de las especies: *Drimys winteri* (Canelo), *Aextoxicon punctatum* (Olivillo), *Eucryphia cordifolia* (Ulmo), *Gevuina avellana* (Avellano) y *Embothrium coccineum* (Notro). Se eligieron individuos de 2.5 a 3.5 m de altura ya que ellos se adaptaban mejor a la infraestructura disponible para el estudio. Los diferentes ejemplares fueron extraídos de un bosque siempreverde, ubicado en la localidad de los Ulmos (Lat. 39° 48' S, Long. 73° 10' W, Alt. 60 m) al sureste de la ciudad de Valdivia. Cada ejemplar fue trasplantado a su correspondiente recipiente, de acuerdo a la metodología Huber y Ramírez (10), e instalados en la estación meteorológica de la Universidad Austral de Chile. Aquí se dejaron sin intervenir por un año, para que se acomodaran a sus nuevas condiciones y minimizar así las consecuencias que podría provocar el trasplante.

Para determinar el consumo de agua de los diferentes ejemplares se utilizó el método propuesto por Huber, que es explicado en detalle por Huber y Ramírez (10). El método consiste en mantener constante el nivel de agua de una "napa freática" ubicada cerca del fondo de un recipiente, de un volumen aproximado de 250 l, lleno de suelo y que contiene el árbol. El consumo de agua por transpiración del individuo en estudio se estima equivalente al volumen de

agua que es suministrado a la instalación para mantener constante la altura del nivel de la "napa freática", descontándose previamente el agua evaporada desde el suelo.

Las mediciones destinadas a determinar el volumen diario de agua consumida por cada árbol se realizó a las 8:00 h. Estos valores permitieron cuantificar el consumo diario de agua por transpiración para cada individuo.

El agua consumida se expresó en litros por m² de área foliar siempre, en atención a que los estomas se presentaron sólo en la cara inferior de la hoja. La superficie total se calculó considerando las dos caras. Esta metodología obligó a determinar mensualmente la superficie foliar de cada árbol. Para ello se contabilizaba cada vez el número total de hojas, extrayendo la hoja cienava para determinar el área foliar en un medidor automático (Automatic Area Meter, Tokyo Hagashi Denko Co. Ltda.). El producto entre el área foliar promedio de la muestra y el número total de hojas del correspondiente árbol permitió calcular el área foliar total. La superficie foliar entre dos períodos de área foliar conocida, se calculó por simple interpolación lineal entre estos dos valores.

El cociente entre la cantidad de agua consumida y el área foliar calculada para el correspondiente día, permitió determinar la intensidad transpiratoria ($l\ m^{-2}\ d^{-1}$).

Las condiciones meteorológicas diarias fueron obtenidas de la estación meteorológica Teja de la Universidad Austral de Chile, junto a la cual se desarrolló este estudio. Se determinó la temperatura y humedad relativa promedio diaria del aire mediante los valores bihorarios registrados en un termohigrógrafo ubicado dentro de un cobertizo meteorológico. La velocidad promedio diaria del viento se estimó mediante un anemómetro de recorrido ubicado a 3 m sobre el suelo—altura media de las capas de los árboles— y la radiación solar diaria mediante un radiómetro tipo Bellani.

Los valores de la intensidad transpiratoria promedio diaria para cada especie se correlacionaron con los valores de los diferentes parámetros meteorológicos para iguales períodos de tiempo, mediante regresiones simples. A su vez, debido a que la intensidad transpiratoria es influenciada en forma simultánea por las diferentes variables meteorológicas, se hicieron análisis de regresión múltiple usando los algoritmos de Furnivall Wilson con el fin de obtener los mejores subconjuntos de regresores.

El período de mediciones se extendió entre setiembre de 1981 y setiembre de 1982.

Para el análisis morfológico de las hojas de cada una de las especies, se hicieron cortes histológicos siguiendo las recomendaciones de Wenzel (Comunicación personal, 1982) Se determinaron los grosores de la cutícula superior, epidermis superior, parénquima en empalizada, parénquima esponjoso, epidermis inferior, cutícula inferior, grosor total de la hoja y número de estomas por mm^2 Cada uno de estos parámetros se correlacionaron posteriormente con el consumo total anual de agua por m^2 de superficie foliar de cada especie

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 están representados el número total de hojas de los tres ejemplares por especie, su superficie foliar total, el consumo mensual de agua por transpiración por metro cuadrado de superficie foliar y el consumo promedio diario por mes. Casi todas las especies comienzan a aumentar el número de sus hojas en setiembre y con ello también su superficie foliar, para alcanzar los valores máximos entre los meses de febrero y abril. La excepción es *E. coccineum*, que alcanza estas condiciones durante diciembre. Después de estas fechas se produce una caída importante del número de hojas y, por lo tanto, también de sus superficies foliares siendo mayor en *E. coccineum* que sólo alcanza a retener un número muy reducido de sus hojas.

La intensidad transpiratoria promedio diaria mensual en general alcanza sus valores máximos entre diciembre y enero. En *D. winteri* y *E. coccineum* no sobrepasa los $0.71 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, mientras que en *G. avellana* y *A. punctatum* estos valores bordean los $1.21 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. Los consumos promedios máximos se detectaron en *E. cordifolia* que alcanzó durante enero un valor superior a $1.61 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$.

Los valores máximos del consumo de agua por transpiración se registraron durante la época del año en la cual existió la mayor radiación solar y temperatura del aire, y los menores valores de humedad relativa. Durante el invierno, en condiciones meteorológicas contrarias a la situación anterior los consumos de agua fueron mínimos. Esta tendencia del curso anual de la transpiración es coincidente con los resultados obtenidos por Braun (5), Baumgartner (3), López y Blanco (13) y Huber et al. (11).

En la Fig. 1a, b, c, d, están presentadas las rectas de regresión entre la intensidad transpiratoria de cada una de las especies y la radiación solar, temperatura, humedad relativa y viento. Estas indican que a medida que aumenta la radiación solar, la intensidad transpiratoria también aumenta. Esto se debería, según López y Blanco (13), a que la absorción de energía

por las hojas hace que su temperatura aumente y con ello la energía cinética de las moléculas de agua y, por lo tanto, éstas pueden escapar más rápidamente desde las hojas. Por otro lado, la radiación solar también influye en la apertura de los estomas, produciéndose a través de ellos la difusión del vapor de agua hacia la atmósfera exterior, siempre que la planta posea suficiente agua disponible Aslyng (2). Se puede observar (Fig. 1a) que a igual radiación solar la intensidad transpiratoria es diferente para las cinco especies. *E. cordifolia* tiene una tasa de transpiración bastante mayor que las demás especies a iguales tasas de radiación solar.

La temperatura del aire es un factor de gran importancia en la explicación de la transpiración (Fig. 1b). Este factor al interactuar con la humedad relativa del aire, se relaciona directamente con la presión de vapor. Si la temperatura del aire es alta, ésta afectará la humedad relativa bajándola, produciéndose un mayor gradiente de humedad entre la atmósfera interna de la cavidad estomática y la atmósfera exterior, lo que traerá por consiguiente una mayor transpiración Meyer (14), Weinberger (18), Gates (8), Fanjul y Jones (7).

La influencia que ejerce la humedad relativa en la intensidad transpiratoria está presentada en la Fig. 1c. Hay una relación inversa entre la humedad relativa del aire y la intensidad transpiratoria. Una disminución de la humedad relativa activa la transpiración por los mismos motivos ya anteriormente explicados al analizar la influencia de la temperatura del aire en este proceso, cuando la planta no está expuesta a un déficit de agua.

La casi ninguna correlación entre la intensidad transpiratoria y la ventilación (Fig. 1d), se debe a que este factor sólo acelera el proceso evaporativo independiente de las demás condiciones meteorológicas que regulan la transpiración.

Como la intensidad transpiratoria no está regulada por una sola variable meteorológica, sino que es la resultante de la interacción de todas ellas, este proceso es explicado en más de 87% según los coeficientes de determinación (Cuadro 2) para las cinco especies en estudio.

El orden de entrada de los diferentes elementos meteorológicos en las ecuaciones de regresión múltiple (Cuadro 2) indica que el factor de mayor importancia en la transpiración es la temperatura. Este orden probablemente se debe a la interrelación que hay entre ésta y la radiación solar que también regula la transpiración. A su vez, la temperatura influye considerablemente sobre la humedad relativa del aire.

Cuadro 1. Variaciones del número de hojas, superficie foliar y consumos de agua por transpiración para las especies Canelo (*Drmys winteri*), Notro (*Embotrium coccineum*), Avellano (*Gevunia avellana*), Olivillo (*Aextoxicon punctatum*) y Ulmo (*Eucryphia cordifolia*).

	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	
No. de hojas	Canelo	1079	1140	1205	1291	1219	1246	1395	1520	1437	1332	1228	1120	1284
	Notro	2814	3822	4595	4709	4647	4268	4001	3386	2533	732	206	1165	2819
	Avellano	5846	5870	5980	6106	6153	10353	11488	10191	9675	9420	8653	6920	6801
	Olivillo	6127	6593	7429	8869	10470	10520	9990	9808	9701	9606	9504	10004	10239
	Ulmo	2683	2842	2947	3208	3489	3705	3855	4411	4167	4087	3593	3274	3492
Sup. foliar (m ²)	Canelo	4.88	4.92	5.00	5.44	5.76	5.86	6.14	6.28	5.96	5.62	5.58	5.42	5.26
	Notro	5.44	7.60	8.86	8.86	9.00	8.78	7.80	7.14	4.64	2.64	1.20	1.68	4.08
	Avellano	9.48	9.70	9.86	10.10	10.36	11.86	13.22	12.70	12.24	11.32	10.82	10.60	10.80
	Olivillo	6.98	8.26	0.06	9.80	11.02	11.34	11.64	11.50	11.40	11.54	11.44	11.42	11.42
	Ulmo	3.66	3.80	4.04	4.12	4.50	5.44	7.98	8.30	7.64	7.46	6.80	6.76	7.18
Transpiración (l/m ² mes)	Canelo	6.2	9.1	12.7	19.9	16.2	16.2	15.5	8.4	4.2	2.4	3.0	4.7	4.7
	Notro	7.8	12.3	16.1	23.3	16.0	16.0	16.4	8.4	4.7	3.0	0.6	0.1	4.5
	Avellano	14.0	22.8	36.9	31.6	22.1	23.4	23.4	8.7	5.9	2.7	2.2	2.2	5.7
	Olivillo	14.9	23.4	35.8	32.6	22.0	23.2	23.2	15.0	5.9	2.8	2.2	4.0	5.6
	Ulmo	22.0	26.1	45.9	50.2	37.6	29.2	27.3	6.2	6.2	4.2	5.0	5.6	6.2
Transpiración (l/m ² día)	Canelo	0.20	0.30	0.41	0.64	0.58	0.58	0.50	0.28	0.14	0.08	0.10	0.15	0.16
	Notro	0.25	0.41	0.52	0.75	0.67	0.67	0.53	0.29	0.15	0.10	0.02	0.00	0.15
	Avellano	0.45	0.76	1.19	1.02	0.79	0.79	0.75	0.50	0.19	0.09	0.07	0.13	0.19
	Olivillo	0.48	0.78	1.15	1.05	0.73	0.73	0.75	0.50	0.19	0.09	0.07	0.13	0.19
	Ulmo	0.71	0.87	1.48	1.62	1.34	0.94	0.94	0.58	0.20	0.14	0.17	0.18	0.21
Transpiración promedio (l/arb mes)	Canelo	10.2	15.2	23.0	38.2	31.6	31.6	31.7	17.6	8.3	4.5	5.6	8.5	8.2
	Notro	19.8	36.3	47.6	69.9	46.8	46.8	42.6	20.0	7.3	2.6	0.2	0.1	6.1
	Avellano	45.3	74.9	124.2	109.1	87.4	103.1	103.1	36.8	24.1	10.2	7.9	7.8	20.5
	Olivillo	41.0	70.7	117.0	119.8	83.2	90.0	90.0	57.0	22.4	10.8	8.4	15.2	21.4
	Ulmo	27.9	35.2	63.0	75.3	68.2	77.7	75.5	15.8	10.4	11.3	12.6	12.6	14.8

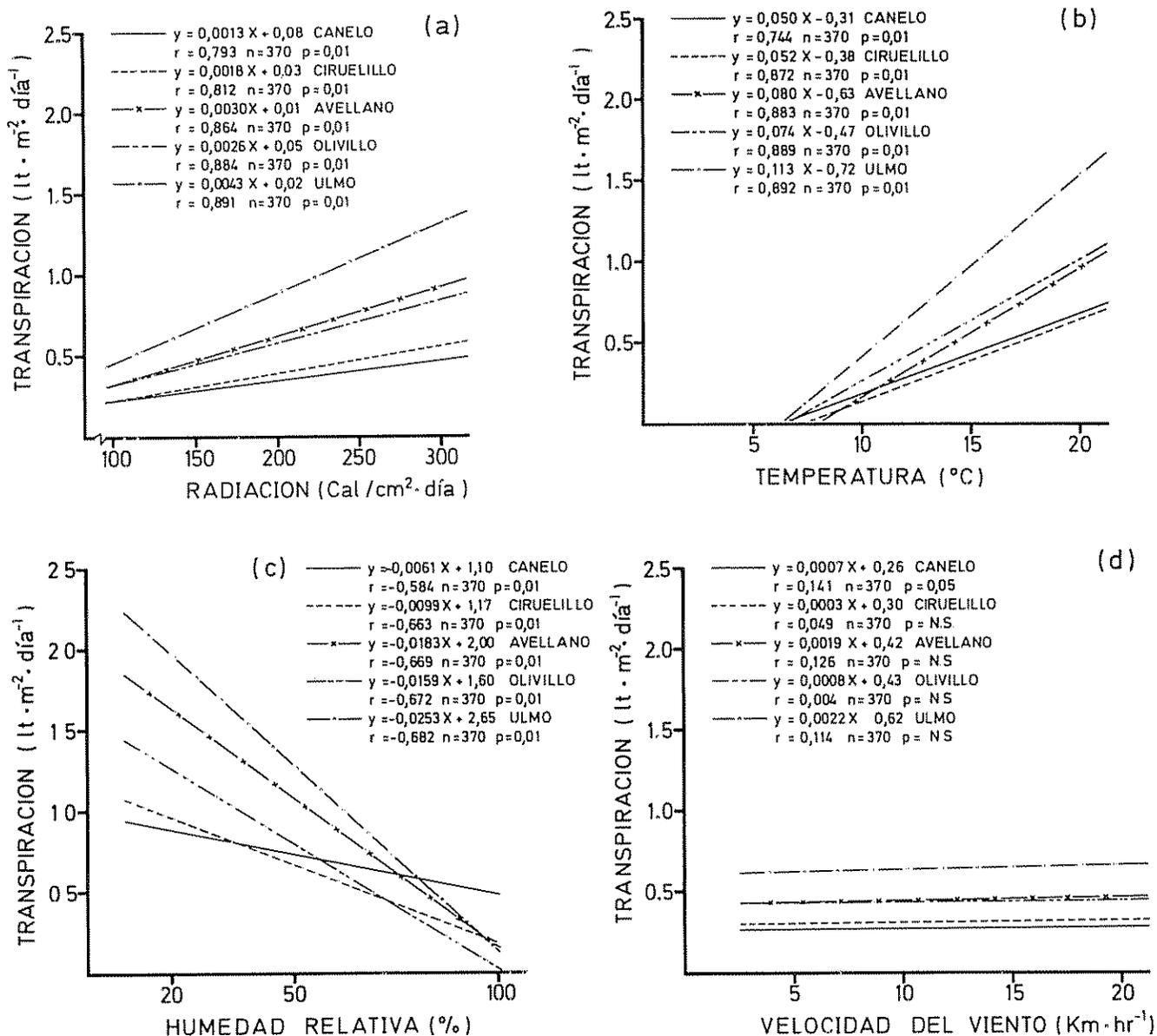


Fig 1. Relaciones entre la intensidad transpiratoria diaria y los parámetros meteorológicos radiación solar (a), temperatura del aire (b), humedad relativa (c) y ventilación (d), para las diferentes especies arbóreas en estudio

que también ejerce una influencia importante en la transpiración

En el Cuadro 3 están ordenados los grosores de los diferentes parámetros morfológicos de las hojas y el número de estomas por unidad de superficie de cada una de las especies, existiendo grandes diferencias entre ellos.

Las correlaciones entre los parámetros morfológicos y los consumos anuales de agua por especie se

representan en la Fig. 2a, b, c, d, e, f, g, h. Según estos valores, el grosor de la cutícula y epidermis superior de las hojas no explican los diferentes consumos de agua de las especies. Las caras inferiores de las hojas de las cinco especies no poseen estomas, por lo tanto, la transpiración en esta superficie sólo se reduce a la transpiración cuticular que en general no supera el 10% de la transpiración total Hall y Schulze (9). Mejores correlaciones existen entre el parénquima de empalizada, parénquima esponjoso, epidermis inferior y cutícula inferior con la intensidad transpiratoria

Cuadro 2. Ecuaciones de regresión múltiple entre la intensidad transpiratoria diaria y las variables meteorológicas temperatura (T), radiación solar (R), humedad relativa (H) y viento (V), para las especies en estudio.

Especie	Ecuación	R ²
<i>Drimys winteri</i>	$y = -0.2457 + 0.0386T + 0.0007R - 0.0003V$	0.869 ^{XX}
<i>Embothrium coccineum</i>	$y = -0.2401 + 0.0351T + 0.0009V$	0.889 ^{XX}
<i>Gevuina avellana</i>	$y = -0.5683 + 0.0448T + 0.0071R + 0.0024H$	0.933 ^{XX}
<i>Aextoxicon punctatum</i>	$y = -0.3330 + 0.0016T + 0.0451R - 0.005V$	0.909 ^{XX}
<i>Eucryphia cordifolia</i>	$y = 0.1300 + 0.0003T - 0.0014R$	0.941 ^{XX}

xx = Nivel de significancia $p = 0.01$

Cuadro 3. Parámetros morfológicos de las hojas.

	<i>Drimys winteri</i>	<i>Embothrium coccineum</i>	<i>Gevuina avellana</i>	<i>Aextoxicon punctatum</i>	<i>Eucryphia cordifolia</i>
Cutícula superior (μ)	6.69	5.93	6.93	9.50	5.08
Epidermis superior (μ)	29.92	23.08	31.11	21.85	22.37
Parénquima en empalizada (μ)	136.32	233.70	121.12	63.65	87.40
Parénquima esponjoso (μ)	322.52	199.02	293.69	168.15	136.80
Epidermis inferior (μ)	21.47	14.63	19.00	13.30	9.83
Cutícula inferior (μ)	5.60	4.84	5.79	3.23	2.99
Grosor total (μ)	523.68	478.08	477.64	279.68	264.47
Estomas (mm^2)	136.96	108.10	226.96	376.40	392.02

Esto se refleja mejor con respecto al grosor total de la hoja. De las cinco especies las que poseen las hojas más delgadas consumieron mayores cantidades de agua.

La característica morfológica que mejor explica la diferente intensidad transpiratoria entre las especies es el número de estomas por mm^2 . A medida que aumenta el número de poros estomáticos por unidad de superficie, también aumenta la cantidad de agua consumida (Fig. 2h). Esto corresponde a un comportamiento típico de vegetales que habitan en lugares secos cuando están abastecidos de agua, a pesar que el grosor cuticular y el de la hoja corresponde a vegetales higrófitos Walter (16).

La apertura de los estomas depende principalmente de la luz, temperatura y humedad relativa, como también de factores internos de la planta que se producen cuando ésta no tiene suficiente agua disponible Hall y Schulze (9). Esta última situación no cabe en el presente estudio debido a que las plantas siempre tenían disponible toda el agua requerida.

Resumen

Se determinó la influencia que ejerce la radiación solar, temperatura y humedad relativa del aire y la ventilación en la intensidad transpiratoria para las especies *Gevuina avellana* (Avellano), *Drimys winteri* (Canelo), *Embothrium coccineum* (Notro), *Aextoxicon punctatum* (Olivillo) y *Eucryphia cordifolia* (Ulmo).

Ulmo es la especie de mayor consumo de agua por transpiración por metro cuadrado de superficie foliar, alcanzando un monto de $267 \text{ l m}^{-2} \text{ año}^{-1}$, le siguen el Avellano y Olivillo con 171 y $193 \text{ l m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ y Notro con Canelo con 114 y $109 \text{ l m}^{-2} \text{ a}^{-1}$.

Se estableció una correlación directa entre la intensidad transpiratoria diaria con la radiación solar y temperatura del aire y una inversa con la humedad relativa del aire. No existió una correlación satisfactoria con el viento. Los elementos meteorológicos considerados explican en más de un 86% el proceso transpirativo para las diversas especies.

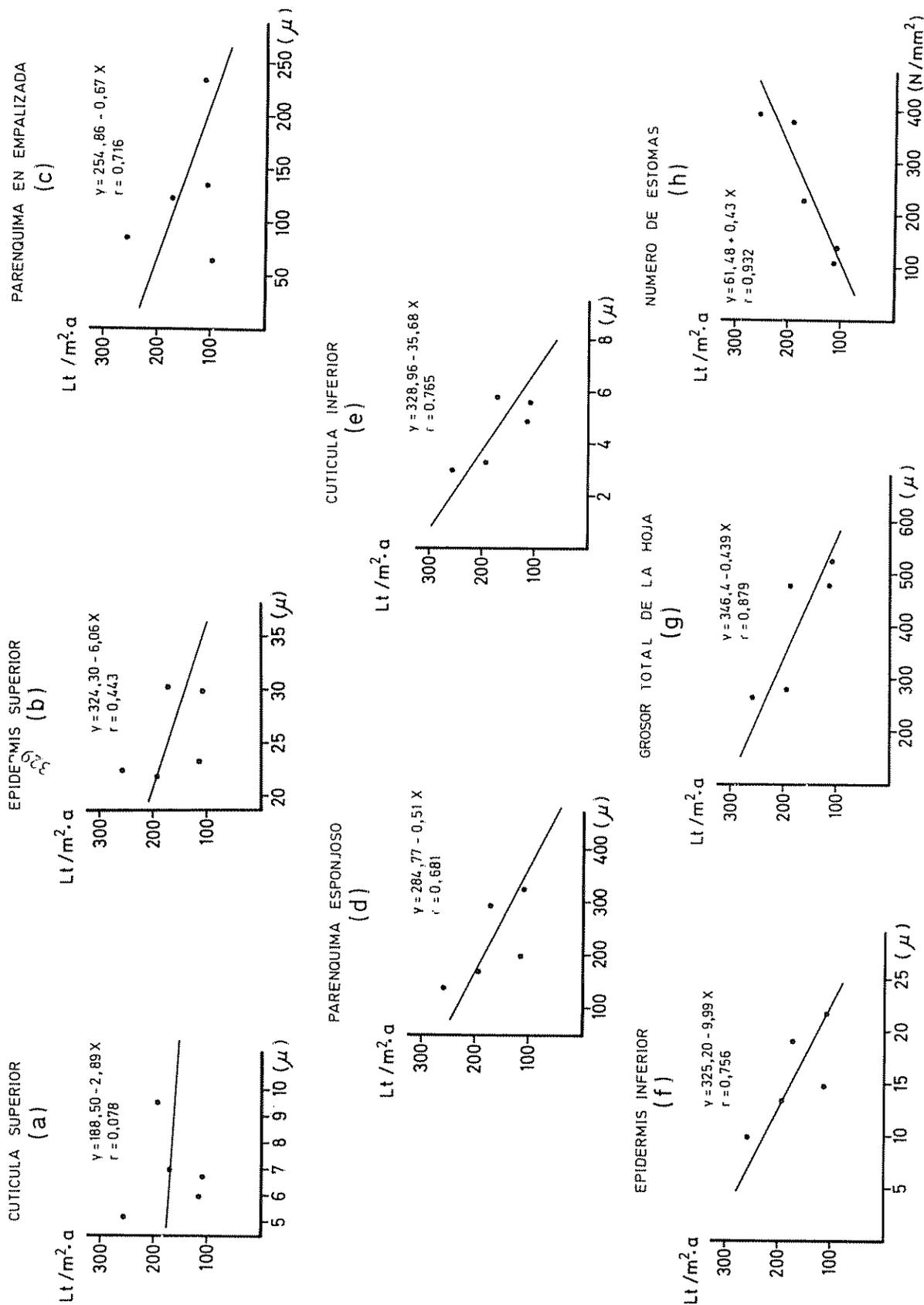


Fig. 2. Relaciones entre la intensidad transpiratoria anual y los parámetros morfológicos cutícula superior (a), epidermis superior (b), parénquima en empalizada (c), parénquima esponjoso (d), cutícula inferior (e), epidermis inferior (f), grosor total de la hoja (g) y número de estomas (h).

Se pudo establecer también una alta correlación entre el grosor total de la hoja de las diferentes especies y el consumo anual de agua por transpiración. Mientras más delgada la hoja mayor son estos consumos. El factor morfológico que mejor se correlaciona con los montos anuales de transpiración es el del número de estomas por mm^2 , a mayor densidad de estomas hay una mayor transpiración.

Literatura citada

- 1 ALBERDI, M.; OYARSE, G. 1976. Morfología y ecofisiología de hojas de sol y sombra de *Aextoxicon punctatum* Ruiz et Pavon. Medio Ambiente 2(1):35-43.
- 2 ASLYNG, H.C. 1974. Evapotranspiration and plant production directly related to global radiation. Nordic Hydrology 5:247-256.
- 3 BAUMGARTNER, A. 1970. Vaporization in Forests. Proceeding of the Joint FAO/USSR International Symposium on Forest Influences and Watershed Management. Moscow USSR 70-92.
- 4 BENECKE, P.; VAN DER PLOEG, R. 1975. Nachhaltige Beeinflussung des Landschaftswasserhaushaltes durch die Baumartenwahl. Forstarchiv 46(5):97-102.
- 5 BRAUN, A. 1974. Rhythmus und Größe von Wachstum, Wasserverbrauch und Produktivität des Wasserverbrauches bei Holzpflanzen. Allg. Forst u. J. Ztg. 145(5).
- 6 BRECHTEL, H.M. 1972. Einfluss von Waldbeständen verschiedener Baumarten und Alterklassen auf die Schneeansammlung und Schneeschmelze in den Hochlagen des westlichen Vogelsberges. Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen 16(5):121-133.
- 7 FANJUL, J.; JONES, H. 1982. Rapid stomatal responses to humidity. Planta 154:135-138.
- 8 GATES, D.M. 1980. Biophysical Ecology. Springer Verlag, New York. 601 p.
- 9 HALL, A.E.; SCHULZE, E.D. 1980. Stomatal response to environment and a possible interrelation between stomatal effects on transpiration and CO_2 assimilation. Plant, Cell and Environment 3:467-474.
- 10 HUBER, A.; RAMIREZ, M. 1978. Un método para estudiar el consumo de agua de especies arbóreas. I. Principios y posibilidades de uso. Bosque 2(2):83-87.
- 11 HUBER, A.; OYARZUN, C.; RAMIREZ, M.; FIGUEROA, H. 1983. Influencia de algunos factores meteorológicos en el consumo de agua por transpiración de *Nothofagus obliqua* (MIRB) OERST. y *Nothofagus dombeyi* (MIRB) OERST. Turrialba 33(2):169-176.
- 12 KRAMMER, R.J. 1974. Plantas-absorción de agua. Centro Regional de Ayuda Técnica. 538 p.
- 13 LOPEZ, F.; BLANCO, M. 1978. Hidrología forestal (I y II). Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. España.
- 14 MEYER, B. 1976. Fisiología Vegetal. Centro Regional de Ayuda Técnica, México. 344 p.
- 15 O'LEARY, J.W. 1975. Environmental influence on total water consumption by whole plants. In: Perspectives of Biophysical Ecology. Eds. Gates, D.M. y Schmerl, R.F. Springer-Verlag, Nueva York. p. 203-212.
- 16 WALTER, H. 1960. Grundlagen der Pflanzenverbreitung. Stuttgart.
- 17 WEINBERGER, P.; ROMERO, M.; OLIVA, M. 1973. Untersuchungen über die Durreresistenz Patagonischer Immergrünen Gehölze. Vegetatio 28(1-2): 75-98.
- 18 WEINBERGER, P. 1978. Verbreitung und Wasserhaushalt araukano-patagonischer Proteaceen in Beziehung zu mikroklimatischen Faktoren. Flora 163:251-264.