

# UN METODO PARA ESTUDIAR EL CONSUMO DE AGUA DE ESPECIES ARBOREAS (\*)

## PARTE I: PRINCIPIOS Y POSIBILIDADES DE USO

A. Huber J. (\*\*); M. Ramírez S. (\*\*\*)

C. D.Oxf.: 161.1

### RESUMEN

Se describe un método para determinar el consumo de agua por transpiración de árboles en relación a los factores ecoclimáticos que los rodean, en el supuesto caso que el suelo que los sustenta posee toda el agua requerida por ellos. Para tal finalidad se transplantan los árboles en estudio a grandes recipientes plásticos. A pocos centímetros del fondo de estos recipientes, y mediante un mecanismo especial, se mantiene constante la altura del nivel de una napa freática artificial. Toda el agua requerida para mantener la altura de este nivel, que sólo pudo haber descendido por consumos de evaporación, es registrada en un medidor.

### SUMMARY

A method is described for determining water consumption of trees by transpiration considering the ecoclimatic factors of the environment. The trees are studied in a situation where they have access to as much water as they need. The tree species being studied are transplanted to large plastic containers in which, by means of special system, the subsurface water is maintained at a constant level. Whenever there is a decrease in the level of surface water, the special mechanism, which registers accumulated water in the study system, automatically restores the water to its initial level by the addition of more water.

### ZUSAMMENFASSUNG

Die Vorliegende Arbeit beschreibt eine Methode, mit der die Transpiration von Bäumen unter verschiedenen ökologischen Bedingungen bestimmt werden kann, und zwar unter der Voraussetzung, dass in den Boden jede benötigte Wassermenge für die Pflanze zur Verfügung steht. Zu diesem Zweck werden die Bäume in grosse Plastikgefäße umgepflanzt. Wenige cm über den Boden dieser Gefäße wird mit einem speziellen Mechanismus die Höhe eines künstlichen Grundwasserspiegels gehalten.

Jede Wassermenge, die zum Erhalten der Höhe der Grundwasserspiegels benötigt wird und die nur durch Evapotranspiration verloren gegangen sein kann, wird an einer Messskala abgelesen.

### 1. INTRODUCCION

Un antecedente importante, que complementa el buen conocimiento de una especie arbórea, consiste en conocer el consumo de agua que ésta puede tener por transpiración al estar expuesta a determinadas condiciones ecoclimáticas.

La problemática planteada por la humanidad en relación al abastecimiento de agua, el actual crecimiento demográfico y el que se vislumbra para el futuro, aconsejan, y así lo manifiestan los organismos competentes, a una inteligente racionalización en el consumo de este vital elemento.

El problema, que afrontan especialmente los hidrólogos, para encontrar una adecuada solución al caso planteado, les hace indispensable, entre otros, conocer la cantidad de agua que pueden consumir los árboles por transpiración al estar expuestos a diferentes condiciones ambientales.

---

(\*) Proyecto financiado por la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad Austral de Chile, Proyecto IV-5-4.

(\*\*) Doctor Ingeniero Forestal, Director del Instituto de Geología y Geografía, casilla 567, Universidad Austral de Chile, Valdivia.

(\*\*\*) Ingeniero Agrónomo, profesor del Instituto de Geología y Geografía, casilla 567, Universidad Austral de Chile, Valdivia.

Hay muchos trabajos, que persiguen a través de diferentes caminos determinar el consumo de agua de las plantas (Polster, 1957; Braun, 1970; Braun, 1973; Schmidt, 1973; Fritschen, 1977; Baumgartner, 1965; Iltner, 1968.

No es la intención, en este estudio, analizar cada uno de los métodos empleados para alcanzar tal finalidad, pero sí podemos decir que muchos de ellos tienen el inconveniente, que determinan el consumo de agua en forma indirecta, y por tal motivo no se obtienen valores absolutos del agua consumida por transpiración.

Es así como Brechtel (1972) determina la transpiración usando para ello el balance hídrico  $E = N - A$ ;  $E$  = evaporación,  $N$  = precipitación,  $A$  = escurrimiento. Baumgartner (1965) hizo lo suyo usando para ello el balance energético.

Itter (1968) calcula la velocidad de ascenso del agua xilemática y determina así la supuesta transpiración.

Fischer (1975) determina en forma directa los consumos de agua por árboles, pero ocupan para ello sofisticadas y costosas instalaciones lisimétricas.

Braun (1970), (1973) y Schmidt (1973) trasplantan árboles a recipientes con arena llenados hasta media altura con solución nutritiva. La transpiración en este caso se cuantifica según el volumen de solución consumida.

Otros autores, utilizan para el estudio, plantas muy jóvenes o incluso solo parte de ellas, lo que trae como consecuencia que los ensayos se hacen en condiciones muy distintas a las que existen en la naturaleza.

El presente estudio tiene por finalidad diseñar y poner en práctica un método relativamente sencillo para determinar el consumo de agua por transpiración de árboles en valores absolutos, cuando el árbol dispone de toda el agua requerida en el suelo. Posteriormente, y en trabajos futuros, se determinará la influencia que tienen los factores ecolimáticos sobre el monto de la transpiración.

## 2. PRINCIPIO DEL METODO

### 2.1. Diseño del equipo sugerido (Fig. 1).

En un recipiente de aproximadamente 50 cm de diámetro y 90 cm de altura (a), se deposita una capa de ripio delgado de 15 cm de espesor (x) que tiene la función de un horizonte muy permeable. El recipiente a se llenó hasta

10 cm del borde con tierra, y el espacio restante con grava fina (y).

Un conducto plástico de 12 mm de diámetro une al recipiente principal (a) con otro mucho más pequeño (c). Este recipiente de aproximadamente 250 cm<sup>3</sup>, y como se verá posteriormente, tiene por finalidad regular la altura del nivel de agua en el recipiente principal (a).

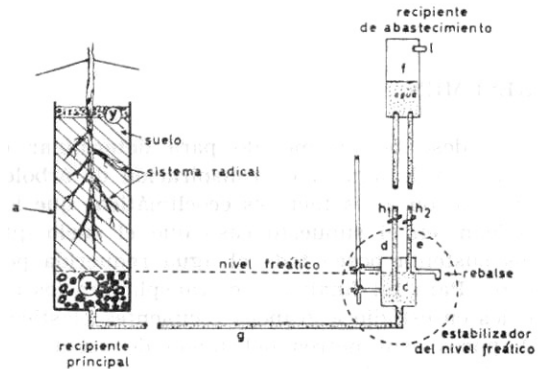


Fig. 1.— Instalaciones sugeridas por el método propuesto para determinar el consumo de agua por transpiración de árboles.

El recipiente c está perforado en su parte superior por dos tubos de vidrio de 5 mm de diámetro (d y e). Estos tubos se introducen en el recipiente con una diferencia de longitud de 2 cm. Ambos tubos de vidrio poseen una llave de paso ( $h_1, h_2$ ) y están unidos mediante mangueras a un recipiente calibrado f. Este recipiente, en su costado superior, tiene una llave 1 a través de la cual se llena con agua. Una vez lleno se cierra la llave 1 y se abren las llaves  $h_1$  y  $h_2$ . En este instante el agua del recipiente f pasa por el conducto d al recipiente c, desde aquí y a través de g sigue al recipiente principal (a). El volumen de agua, que circula por el conducto d hacia el recipiente c es equivalente al volumen de aire que circula por el conducto e y llega al recipiente f.

Como los recipientes a y c están unidos por un conducto g, la altura del nivel de agua en el recipiente a es igual que en c por el principio de los vasos comunicantes. A su vez, la altura de agua en el recipiente c está determinada por la posición del extremo inferior del tubo de vidrio más corto e. Si ahora, por evaporación o transpiración, se gasta agua, entonces baja el nivel de agua en el recipiente a, y la altura del nivel de agua en el recipiente c experimenta idéntico descenso. Este

descenso permite que se interrumpa el contacto entre la superficie del agua del recipiente *c* y la boca del tubo *e*. En este instante se le da paso al aire que asciende por el tubo *e* succionado por el vacío que hay en el recipiente *f*. Ahora comienza a descender una cantidad de agua por el conducto *d*, equivalente al volumen de aire que penetró al recipiente *f*. En el momento, en el cual el nivel de agua del recipiente *c* vuelve a obstruir el paso de aire por el tubo de vidrio *e* se detiene el flujo de agua por el conducto *d* hacia el recipiente *c*. En estas condiciones se ha vuelto a recuperar la altura primitiva del nivel de agua en los recipientes *a* y *c* y el agua que se ocupó para tal finalidad se puede determinar por el descenso de altura que experimentó el nivel de agua en el recipiente calibrado *f*.

## 2.2. Funcionamiento.

A algunos de los recipientes principales, como el que se muestra en la figura 1, a, se transplantan las especies arbóreas que se estudiarán para determinar la cantidad de agua que consumen por transpiración.

En las instalaciones, con recipientes principales que solo contienen suelo, se puede determinar la cantidad de agua ocupada por evaporación (*Ev*), y en los otros donde están las especies arbóreas, se puede determinar la cantidad de agua ocupada por transpiración y evaporación (evapotranspiración = *EvTr*). Con estos dos antecedentes y por simple sustracción, se puede determinar la transpiración (*Tr*) de los árboles en estudio.

$$EvTr - Ev = Tr \quad (1)$$

A pesar que el suelo colocado en todos los recipientes principales fue el mismo, se advirtieron ciertas diferencias entre las cantidades de agua perdida por evaporación. Estas diferencias podrían traer errores significativo en el cálculo del volumen de agua, perdido por evaporación con la fórmula 1, especialmente, durante los períodos en los cuales las especies arbóreas sólo consumen cantidades pequeñas de agua por transpiración. Estos errores se pudieron reducir a valores mínimos, cuando las superficies de los suelos —en los recipientes principales— se cubrieron con una capa de grava fina de aproximadamente 10 cm de espesor. Esta capa de grava cumple una doble finalidad: permite que a través de ella circule todavía suficiente aire indispensable para una adecuada aireación del suelo y disminuya fuertemente el ascenso del agua capilar, debido al

tamaño de sus poros. Esto último trae como consecuencia, que la cantidad de agua perdida por evaporación se haga mínima, y con ello también se reduzcan al máximo las diferencias, en valores absolutos, entre las cantidades de agua perdida por evaporación de los suelos de los distintos recipientes principales.

## 2.3. Utilidad del método.

La posibilidad de uso y la bondad del método propuesto se demostrará en el ejemplo siguiente.

A mediados de julio de 1976 se transplantó un coigüe *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst. proveniente del arboretum de la Facultad de Ingeniería Forestal, ubicada en Isla Teja Norte, a uno de los recipientes principales propuestos por el método (Fig. 1, a). Este equipo se instaló en la Estación Meteorológica Teja ubicada en el campus de la Universidad Austral. El coigüe transplantado tenía una altura de 2,15 m y 20.550 hojas con una superficie foliar (\*) simple de aproximadamente 1,55 m<sup>2</sup>.

A principios de septiembre, dos meses después del trasplante, se inició el período de observaciones tendientes a determinar la cantidad de agua que consumirá el árbol en estudio por transpiración durante su período vegetativo. Estos consumos de agua se determinaron semanalmente, al igual que las temperaturas y humedades medias del aire para iguales períodos y que aparecen graficados en la Fig. 2.

A partir del 3 de septiembre y con intervalos de 8 semanas se contabilizaron todas las hojas del árbol y se calculó la superficie foliar total. Estos datos permitieron determinar la variación del número de hojas, de la superficie foliar y del consumo de agua por transpiración de estos períodos de 8 semanas.

Durante la primera semana de medición prácticamente no hubo consumo de agua por transpiración (Fig. 2). Pero ello se podría deber a que la temperatura promedio del aire, para esta semana, fue muy baja en comparación a las siguientes.

(\*) Para medir la superficie foliar total del árbol se contabilizaron todas las hojas del árbol clasificándolos en muy chicas, chicas, medianas y grandes. Posteriormente se escogieron 50 hojas representativas para cada uno de los grupos para determinar la superficie foliar promedio de la hoja representativa para el grupo con ayuda del Automatic Area Meter (Tokyo Hayashi Denko Co Ltd.) La superficie foliar de la hoja representativa de cada grupo se multiplicó por el número de hojas del grupo obteniéndose así la superficie foliar del grupo. La suma de la superficie foliar de los cuatro grupos dieron la superficie foliar total del árbol.

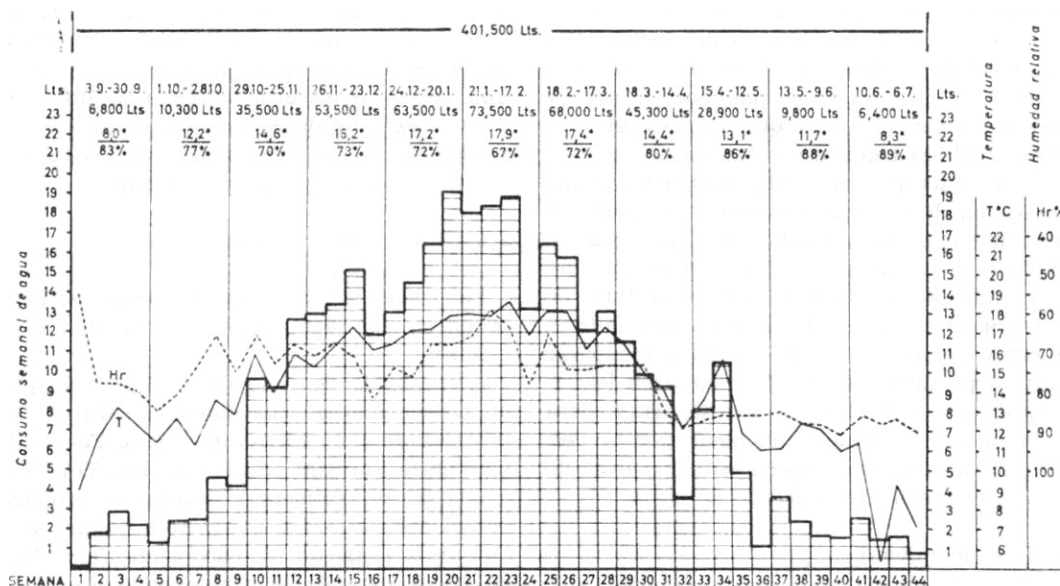


Fig. 2.— Consumo de agua semanal y por períodos de cuatro semanas por transpiración con las correspondientes temperaturas y humedades relativas del aire.

También se pudo observar que los brotes del coigüe comenzaron a desarrollarse, pero en forma demasiado lenta. Este desarrollo retar-

dado se debió principalmente a los trastornos sufridos por el árbol en el trasplante.

CUADRO N° 1

Variación del número de hojas, superficie foliar y consumo de agua durante períodos de 8 semanas del árbol en estedio.

Fecha	3-9 28-10	29-10 23-12	24-12 17-2	18-2 14-4	15-4 9-6
Número de días del período	56	56	56	56	56
Variación en el número de hojas	+225	+655	+115	-120	-340
Número total de hojas	20775	21430	21545	21425	21185
Variación de la superficie foliar (m <sup>2</sup> )	+0,02	+0,12	+0,29	+0,08	-0,03
Superficie foliar total (m <sup>2</sup> )	1,57	1,69	1,98	2,06	2,03
Consumo de agua durante el período (lts)	17,1	88,0	137,0	113,3	38,7
Consumo promedio diario de agua (lts)	0,3	1,6	2,4	2,0	0,7

Para obtener una pronta recuperación del árbol, en primera instancia, se abonó el suelo del

recipiente principal (28-X-76) y posteriormente se reemplazó el agua pura, que en forma con-

trolada se suministraba al recipiente principal, por una solución Knop(1) diluida en una relación 1:10.

A fines de noviembre estos procedimientos dieron los primeros resultados. Los brotes y las hojas recuperaron su crecimiento normal lo que trajo consigo un incremento significativo de la superficie foliar total del árbol (Cuadro N° 1).

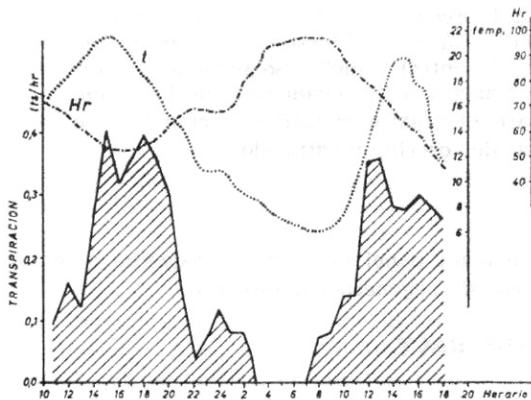


Fig. 3.— Curso diario del consumo de agua (lts/hr) por transpiración de las especies arbóreas en estudio (17-II a 18-II-1977).

En la Fig. 3 se puede observar el curso diario de la transpiración (lts/hr) de la especie arbórea en estudio; de ella se desprende que

la sensibilidad del método propuesto es lo suficientemente exacto incluso para determinar los consumos de agua por períodos cortos de tiempo.

### 3. CONCLUSIONES

El método propuesto en el presente estudio, es un método adecuado para determinar el consumo de agua por transpiración de árboles cuando toda el agua requerida de la planta está disponible en el suelo. Su precisión es lo suficientemente aceptable para cuantificar los consumos diarios de agua e incluso para determinar el curso diario de la transpiración.

### 4. METAS FUTURAS

Comprobada la factibilidad de uso del método propuesto, se plantean para el futuro las siguientes tareas:

- Automatizar y simplificar al máximo el reabastecimiento de agua del equipo sugerido en el método.
- Determinar el consumo de agua por transpiración de las principales especies forestales chilenas, correlacionando estos valores con las condiciones ambientales: temperaturas, humedad, radiación solar y ventilación.
- Determinar en forma aproximada los períodos de inicio y término de los períodos vegetativos de las especies arbóreas en estudio.
- Determinar relaciones entre consumo de agua y producción.

### REFERENCIAS

- BAUMGARTNER, A. 1965. The head, water and carbon dioxide budget of plant cover. Methods and measurements. Arid Zone Research, Vol. XXV. pp. 495-512. UNESCO. Paris.
- BRAUN, H.J. 1970. Eine Methode für die Untersuchungen des Wasserverbrauches der Holzpflanzen. Forstwissenschaftliches Central-blatt 89, 189-194.
- BRAUN, H.J. 1973. Baum und Umwelt. Allg. Forst-u. Jagdztg., 144, 60-62.
- BRAUN, H.J. 1974. Rhythmus und Grösse von Wachstum, Wasserverbrauch und Produktivität des Wasserverbrauches bei Holzpflanzen. Allg. Forst-u. Jagdztg., 145, 81-86.
- FRITSCHEN, L. 1973. A 28 meter Douglas für in a Weighin Lysimeter. Forest Science Vol. 19, N° 4, pp. 256-261.
- ITTER, E. 1968. Der Tagesgang der geschwindigkeit des Transpirationstromes im Stamm einer 75-Jährige Fichte Ecol. Plant. Gauthier-Villars III. 177-183.
- POLSTER, H. 1957. Transpirationsintensität und Wasserbedarf von Pappelklonen. Wiss. Abh.Dtsch.Akad. Landw. Wiss. Berlin. 27, 99-147.
- SCHMIDT, P. 1973. Zum Wasserverbrauch verschiedener Pappelklone. Allg.Forst u. Jagdztg., 144, 63-64.

(1) Solución Knop: 1g Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>; 0,25 gMgSO<sub>4</sub> • 7 H<sub>2</sub>O; 0,25 gKH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 0,25 gKNO<sub>3</sub> y H<sub>2</sub>O; trazas de FeSO<sub>4</sub> : 7 H<sub>2</sub>O disuelto en 1 litro de agua.