

Guía de Estudio

TRANSPIRACIÓN

Cátedra de Fisiología Vegetal

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y
Agrimensura



-UNNE-

Carolina Silva
2016

Corrección: Ing. Agr. María A. Marasssi
Profesor adjunto A/C Fisiología vegetal

TRANSPIRACIÓN

En las plantas el proceso dominante en las relaciones hídricas es la absorción de grandes cantidades de agua a partir del suelo, su transporte a través de la misma y la pérdida como **transpiración**.

La transpiración es la salida de vapor de agua hacia la atmósfera circundante desde las superficies celulares que, en conjunto al intercambio de dióxido de carbono (CO₂), determinan la eficiencia del uso de agua de una planta y se encuentra relacionado con la fotosíntesis (Azcon-Bieto & Talón, 2000). Su pérdida se produce a través de estructuras anatómicas como los estomas, lenticelas o cutícula siendo de esta manera un determinante primario del balance energético de la hoja y del estado hídrico de la planta. (Squeo & León, 2007).

Se trata básicamente de un proceso de evaporación. Sin embargo, difiere de ésta porque la transpiración es modificada por la estructura de la planta y los estomas operan conjuntamente con los principios físicos de difusión por diferencia de potencial de la evaporación. Esta diferencia de potencial se da debido a que la pared esta empapada de agua con un alto potencial y el aire colíndante tiene un potencial menor.

La pérdida de agua se puede producir por::

- **Cutícula** (10%): pérdida de agua a través de la epidermis, la cual está cubierta con una cutícula (deposición de cutina)
- **Lenticelas** (5%): perdida de agua a través de las lenticelas (porciones de la peridermis con ordenación celular floja y menor suberificación) en la a corteza de árboles o en frutos en.
- **Estomas** (90%): La mayor parte de la pérdida de agua que ocurre, tiene lugar a través de los estomas de las hojas

La importancia de la transpiración radica en la refrigeración de la planta, ya que, la evaporación de agua de la superficie foliar va acompañada por una pérdida de calor de aproximadamente 600 cal. g⁻¹ que ayuda a mantener temperaturas fisiológicamente

eficientes a plena luz solar. También influye sobre el crecimiento normal de las plantas, manteniendo el estado de turgencia óptimo (mayor componente de la expansión celular); provee un buen sistema de transporte para los minerales que son absorbidos por las raíces y se mueven en la corriente de transpiración (Rubén Hernández Gil, 2001); e influye en la fotosíntesis, ya que es indispensable la apertura de los estomas para la penetración de dióxido de carbono (Bidwell, 2000).

MAGNITUD DE LA TRANSPIRACIÓN

La transpiración es la fuerza motriz que impulsa el agua desde el suelo hasta la atmósfera, y se mide en moles de agua por área foliar por tiempo.

La magnitud de la transpiración varía mucho de unas plantas a otras; desde unos dos o tres kilogramos de agua que puede perder una planta de maíz en un día hasta un cactus grande que solo puede perder veinticinco gramos de agua diarios. (Aguilar Gutierrez, 2000)

La magnitud de la transpiración puede ser expresado como la diferencia de Ψ_{H_2O} entre la hoja y la atmosfera sobre las sumatoria de las resistencias que se oponen a la perdida de agua

$$\text{Transpiración} = \frac{\Psi_{\text{suelo}} - \Psi_{\text{aire}}}{\Sigma \text{ de todas las resistencias}}$$

RESISTENCIAS AL FLUJO DE AGUA

Las plantas absorben continuamente agua del suelo por sus raíces, que se mueve en un flujo masal, hasta las hojas. La cantidad de agua que retiene el metabolismo y crecimiento se denomina capacitancia.

En condiciones normales, existe un equilibrio entre el agua que se pierde por transpiración y la que se absorbe, si el suelo esta a capacidad de campo. Sin embargo la planta no se halla durante todo el día en su grado de hidratación máxima, esto se debe a que en el recorrido

suelo>planta>atmósfera encuentra resistencias al flujo. Así, el movimiento del agua depende del $\Psi_{\text{suelo}} - \Psi_{\text{aire}}$, considerando las resistencias internas (Montaldi, 1995) (Fig 1)

$$F = \frac{\Psi_{\text{suelo}} - \Psi_{\text{aire}}}{r_s + r_r + r_x + r_m + r_c + r_e + r_a}$$

F= flujo

Ψ_{suelo} = potencial de agua del suelo

Ψ_{aire} = potencial de agua de la atmósfera

Resistencias a la pérdida de agua

Resistencia del suelo (r_s): depende de la conductividad hidráulica del tipo del suelo o

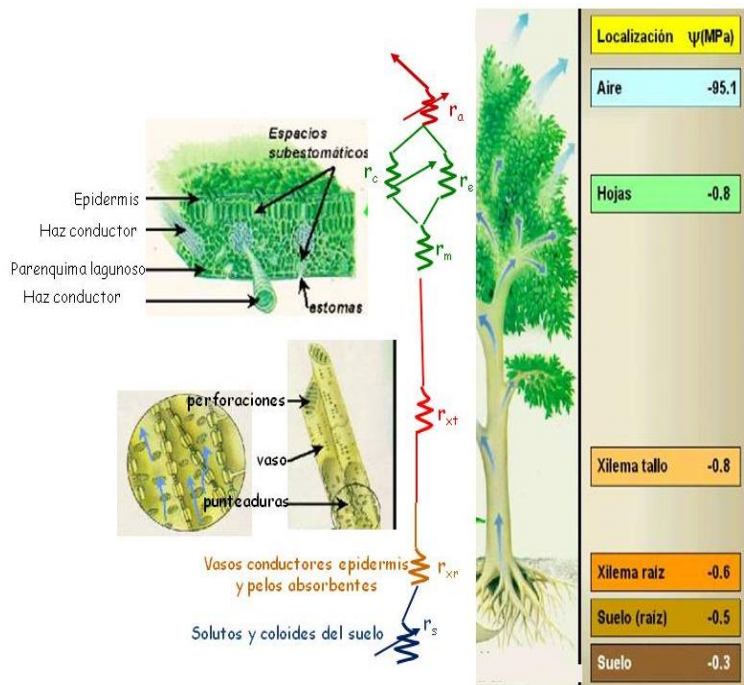


Fig.: 1 Esquema de las resistencias que se oponen a la pérdida de agua (con flecha las que presentan una lata variación diaria)

impedancia (alta en suelos arenosos y reducida en arcillosos) y la disponibilidad de agua del mismo, es una de las resistencias más variables a lo largo del día.

Resistencia de la raíz (r_r): es una de las resistencias más altas al flujo de agua y se debe a los protoplastos de este órgano.

Resistencia del xilema (r_x): su valor es constante y se modifica solo con el crecimiento del tallo.

Resistencia del mesófilo (r_m): es muy variable y depende de la anatomía de la hoja. El agua se

mueve por las paredes, los protoplastos y en forma de vapor por los espacios intercelulares.

Resistencia de la cutícula (r_c): representa una resistencia muy alta debido a la incrustación de la cutícula que es una sustancias hidrofóbicas.

Resistencia estomática (r_e): depende del grado de apertura, cerrados el valor de la resistencia tiende a infinita y abiertos es mínima pero no cero.

Resistencia del aire (r_a): es la que le ejerce la capa límite (capa de aire adherido a la epidermis), a la pérdida de vapor de agua.

FACTORES QUE AFECTAN LA TRANSPIRACIÓN

✓ Algunos de los **factores externos** que afectan la transpiración son:

- **Radiación:** la planta absorben luz y radiación infrarroja desde su alrededor pero también irradia energía infrarroja. Si absorbe más energía que la que irradia entonces el exceso se disipará por convección y/o transpiración ya que tiene un efecto directo sobre la apertura estomática.
- **Humedad relativa del aire:** El contenido de agua o humedad del aire modifica el Ψ_{H_2O} en la atmosfera y es la diferencia entre este y el de la hoja los que favorece o no la salida del vapor de agua del vegetal.
- **Temperatura:** es el factor que controla la presión de vapor del agua. A medida que aumenta la temperatura, aumenta la presión de vapor de una forma exponencial.
- **Velocidad del viento:** influye sobre el gradiente de vapor de agua próximo a la superficie foliar. La capa límite de aire en contacto con la superficie de la hoja en ausencia de viento se satura del vapor de agua perdido por la hoja lo que lleva a igualar los Ψ . La velocidad del viento impedirá esta saturación favoreciendo la salida del vapor. A muy altas velocidades de viento la diferencia de Ψ será muy marcada y puede llevar al cierre de los estomas por pérdida de turgencia de las células oclusivas.
- **Suministro de agua:** la disponibilidad de agua en la interface suelo-raíz, pueda influenciar la transpiración directamente, es más probable que la disminución del potencial hídrico del suelo, cause una disminución del potencial hídrico de la hoja y se produzca un aumento en la resistencia estomática.

✓ Algunos de los **factores internos** que afectan la transpiración son:

- **-Área foliar, estructura y exposición foliar:** La caída de las hojas suprime prácticamente toda la transpiración en las plantas. Las hojas se caen en procesos de sequía prolongada y también en los de inundación.

También lo son la resistencia estomática y capacidad de absorción del sistema radical.

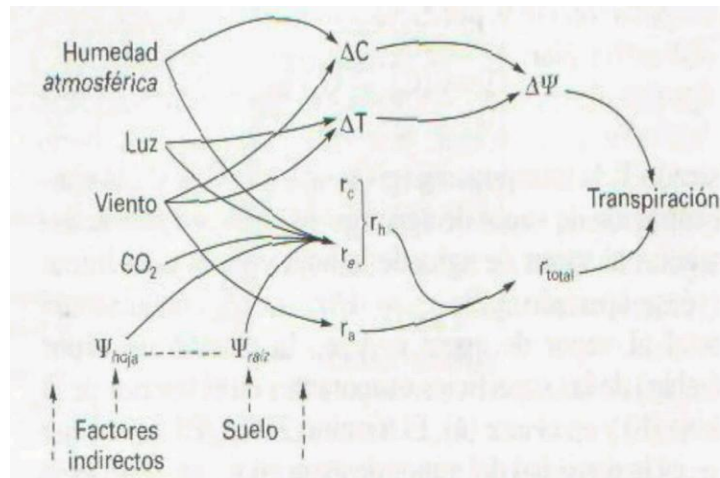


Fig 2: Interacción de factores que afectan a la transpiración. Extraído de Azcon-Bieto & Talón, 2000

ESTOMAS

Los estomas, son las principales estructuras anatómicas por donde ocurre la transpiración. El aparato estomático típico están conformado por dos células guardianas u oclusivas, un poro estomático formados por estas dos células; y las células subsidiarias o accesorias que se ubican junto a cada célula guardiana. Se desarrollan principalmente en la epidermis de

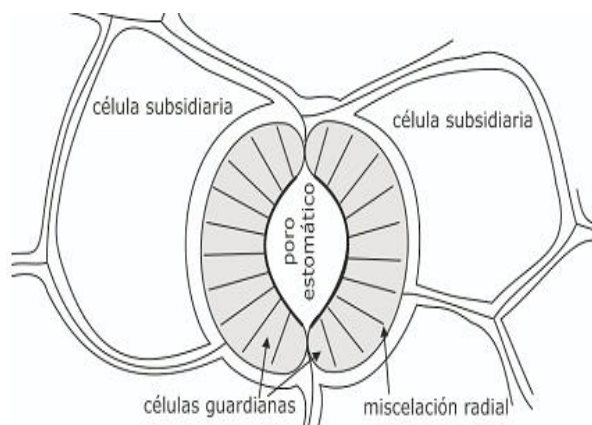


Fig 3: Morfología de estomas. Extraído de SQUEO & LEÓN, 2007

las hojas, pero existen en otros órganos (Fig. 3)

Dentro de la hoja, el agua líquida que se encuentra en la superficie de las células se evapora y difunde hacia los espacios intercelulares que existen en el parénquima. Si los estomas están abiertos, la diferencia de presión de vapor provoca la pérdida del mismo hacia la atmósfera. Las moléculas de CO₂ sigue esta misma ruta pero con una dirección inversa, marcando la condición de simultaneidad del proceso de fotosíntesis y transpiración (SQUEO & LEÓN, 2007).

Mecanismo fisiológico de apertura y cierre estomático.

La apertura del estoma requiere un incremento en el turgencia de las células oclusivas mientras que el cierre requiere una disminución de esta.

El aumento de turgencia en las células guardianas requiere de la entrada de agua, la que es explicada por una disminución del potencial osmótico dentro de la célula. Originalmente, se presumía que la conversión reversible de azúcar a almidón determinaba la disminución de potencial osmótico de las células guardianas, pero los experimentos de Fischer y Hsiao mostraron la absorción del ión potasio (K^+) como mecanismo primario en la apertura estomática.

La entrada de K^+ es acompañada, en algunas especies, por la de aniones como el cloro (Cl^-)

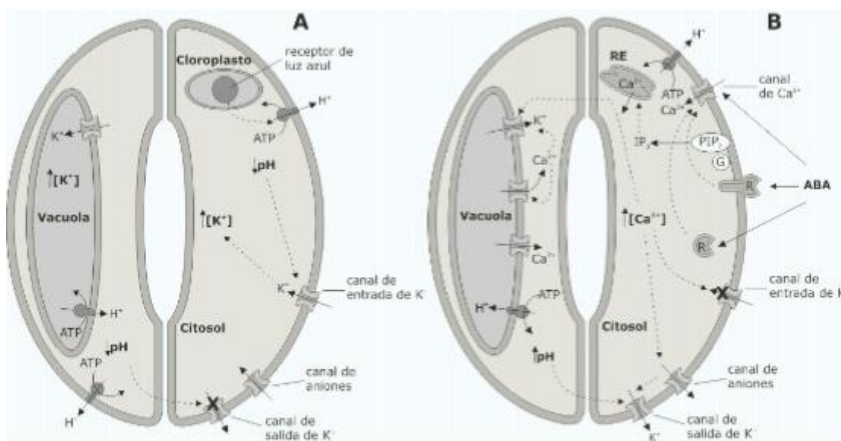


Fig 4: A: apertura de estoma, B Cierre de estoma. Extraído de SQUEO & LEÓN, 2007

los cuales balancean la carga positiva de K^+ . También, la salida de H^+ a través de una ATPasa, que es activada por un receptor de luz ubicado en los cloroplastos, genera el gradiente electrosmótico que determina la entrada de K^+ a las células

guardianas.

El ácido abscísico (ABA)* juega un papel en la regulación de la conducta estomática que junto al Ca^{2+} , inducirían al cierre estomático.

En su acción en la células guardianas, el ABA estimularía la acumulación de calcio en el citosol como un mensajero secundario promoviendo la apertura de los canales de aniones y de salida de K^+ e inhibiendo los canales de entrada de K^+ . Mientras más iones K^+ (y sus aniones acompañantes) dejen el citosol y menos entren, el agua sale de las células guardianas y éstas pierden turgencia. Sin embargo, cuando el estrés hídrico se desarrolla con rapidez los estomas se cierran antes de que el ABA comience a acumularse en el tejido.

MÉTODOS PARA ESTIMAR LA TRANSPIRACIÓN

Algunos de los métodos utilizados para estimar la tasa de transpiración son:

- **Gravimétrico:** La transpiración de una planta puede ser estimada por diferencia de peso entre un tiempo inicial y uno final luego de haber sometido a la planta a diferentes condiciones. Debe cubrirse el sustrato de la maceta que la contiene para impedir la pérdida de agua por evaporación. Este enfoque lo desarrolló Stephen Hales hace dos siglos. La evaluación de la pérdida de peso de esta planta en una balanza analítica durante un intervalo de tiempo será atribuida a la transpiración de esta planta.

Método del lisímetro

Este sencillo procedimiento representa una aproximación de

campo confiable para estudiar la evapotranspiración. No obstante, la mayor dificultad del método es la generalización de los resultados en condiciones naturales. El método ha sido expandido a contenedores con un gran volumen de suelo en condiciones similares a un área de cultivo (Fig. 5). Este contenedor es colocado sobre una balanza o flotando sobre un recipiente mayor en el que se sigue el cambio de peso a través de un tubo establecido en la superficie del suelo. El nivel del líquido en el tubo es una medida del peso del lisímetro que depende sólo de la evaporación de la superficie del suelo y la transpiración de las plantas.

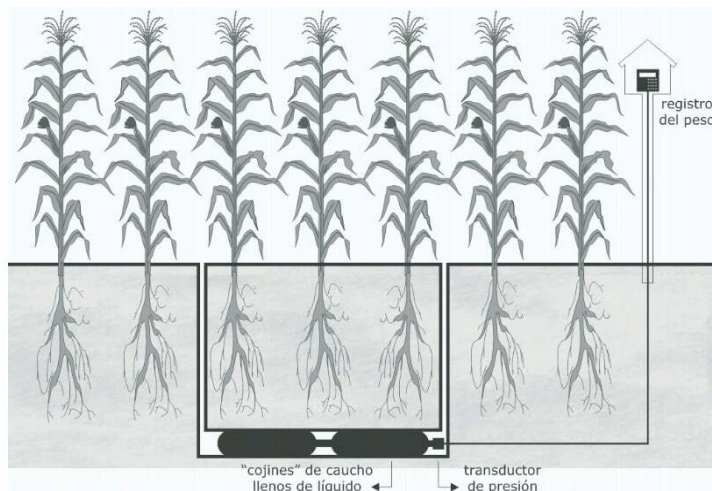


Fig 5: Esquema de un lisímetro de terreno. Extraído de SQUEO & LEÓN, 2007

- **Volumétricos**

Potómetro: Este método, se basa en el supuesto de que la tasa de absorción de agua es casi igual a la tasa de transpiración ya que cerca del 95% del agua absorbida se

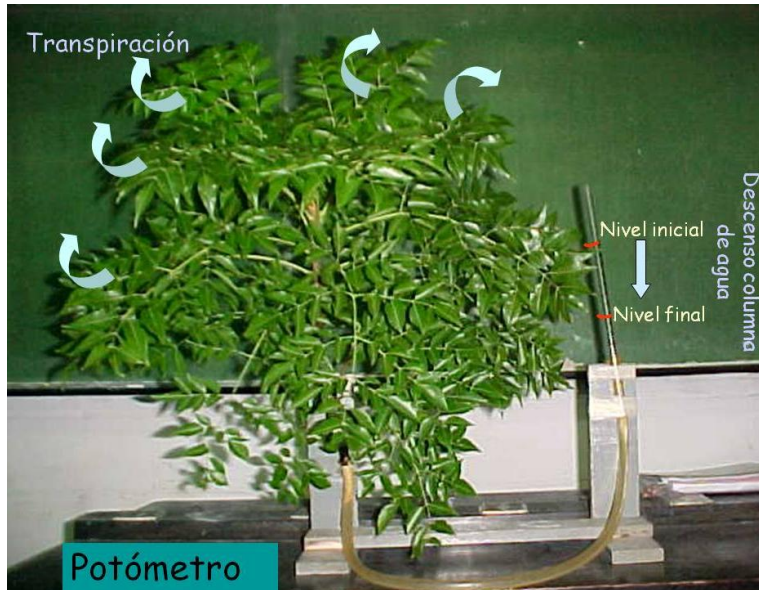


Fig 6: Imagen de un potómetro.

pierde por transpiración.. Se pueden utilizar ramas, tallos, hojas y otros, pero no en plantas completas. Un potómetro consiste en una rama unida a un tubo o manguera en cuyo extremo opuesto tiene una pipeta graduada.

Se llena de agua todo el sistema y se deja transpirara la rama

teniendo cuidado de asegurarse que no haya heridas en la misma o que no hayan quedado retenidas burbujas de aire.

- **Intercambio de gases:** la incorporación de los IRGA (analyzer infrarrojo de gases). La medición del intercambio de gases fotosintéticos (cálculo simultáneo de

la pérdida de agua y ganancia de CO_2) a nivel de hoja, planta o dosel, fue posible con. En general, estos sistemas evalúan el cambio en la densidad de vapor (y concentración de



Fig 7: Sistema para la medición del intercambio de gases fotosintéticos. IRGA

CO_2) dentro de una cámara producto del intercambio de gases realizado por una

hoja. Entre los parámetros que se miden están la humedad relativa, la temperatura de la hoja y el aire (con una exactitud de 0,1°C).

- **Colorimétricos:** Método del cloruro de cobalto: Se utiliza papel saturado con cloruro de cobalto que cambia de color de acuerdo a su contenido de agua. Esto se hace fijando papeles sobre las hojas y luego tapándolo con un vidrio fino. Se utiliza en campo, para observar cuanto tiempo transpira.

GUTACIÓN Y PRESIÓN RADICAL

En las plantas, la absorción de agua a través de las raíces se da por transporte pasivo, sin gasto de energía.

El agua que penetra los vasos, por diferencia de potencial agua, tiende a subir por estos si la diferencia de potencial entre el suelo y el xilema se mantiene. La columna ascendente ejerce una presión denominada **presión radical**.

La **gutación** consiste en la salida de agua en forma líquida junto con solutos a través de



estructuras especializadas que reciben el nombre de hidátodos ubicados en los bordes o extremos de las hojas. Este fenómeno se desarrolla en condiciones que disminuyen marcadamente la transpiración, con el sistema radical en un medio bien aireado, húmedo y caluroso.

Bibliografía

Aguilar Gutiérrez, M. 2000. Biomecánica: La física y la fisiología. Madrid, España. Instituto superior de investigaciones científicas.

Azcon-Bieto J y Talón M. 2000. Fisiología Vegetal. 2ª Edición. Madrid. McGraw-Hill/Interamericana.

Bidwell, R.G.S. 2000. Fisiología Vegetal. 1ª Edición, México, A.G.T. Editor.

Cátedra de Fisiología Vegetal Facultad de Agronomía, UBA. Plantas y el suelo. Buenos Aires, Argentina.

Montaldi, E.R. 1995. Relaciones Planta-Agua. En: Principios de Fisiología Vegetal. Argentina. Ediciones Sur.

Rubén Hernández Gil. Transpiración En: Libro de Botánica on line:<
<http://www.forest.ula.ve/~rubenhg/transpiracion/>>]

Squeo F. A. y M.F. León. 2007. Transpiración. En Squeo F.A. y L. Cardemil (eds). Fisiología vegetal. Ediciones Universidad de La Serena, Chile.