

Patrones de redistribución hidráulica y su importancia en zonas áridas

I. Prieto Aguilar ¹

(1) Estación Experimental de Zonas Áridas (CSIC). Ctra. de Sacramento s/n, La Cañada de San Urbano. E-04120 Almería, España

➤ Recibido el 1 de marzo de 2011, aceptado el 7 de marzo de 2011.

Prieto Aguilar, I. (2011). Patrones de redistribución hidráulica y su importancia en zonas áridas. *Ecosistemas* 20(2-3):107-111.

El levantamiento hidráulico consiste en el transporte del agua por medio de las raíces desde capas profundas y húmedas del suelo hasta capas más superficiales y secas sin que esto suponga un gasto de energía metabólica para la planta. Con los estomas abiertos, en la planta se establece un gradiente de potencial hídrico entre el suelo y la atmósfera que hace que el agua fluya a través del continuo suelo-planta-atmósfera desde mayor a menor potencial hídrico. Con los estomas cerrados, el continuo suelo-planta-atmósfera se rompe, generándose un gradiente de potencial entre las diferentes capas del suelo. Así, el agua se mueve a través de las raíces de zonas de mayor potencial hídrico (capas húmedas) a zonas de menor potencial hídrico (capas secas). Este fenómeno también ocurre de forma lateral e inversa hacia capas más profundas del suelo. A todos estos procesos se les dio el nombre genérico de redistribución hidráulica (RH) (Richards y Caldwell 1987; Burgess et al. 1998).

La RH se ha observado sobre todo en ambientes áridos donde la sequía es intensa y se dan, de forma frecuente, diferencias de humedad entre las capas del suelo. En zonas áridas y semiáridas se ha visto que la RH juega un papel que puede ser decisivo en el balance hídrico de las plantas. En estos ambientes, caracterizados por un largo período de estrés durante el cual las plantas están sometidas a una limitación crónica de agua, la RH puede ser un factor determinante para su supervivencia y crecimiento.

En esta tesis se aborda el estudio del fenómeno de RH en especies de ambientes semiáridos (**Fig. 1**) desde dos perspectivas: el estudio de los patrones de redistribución y los factores que determinan su frecuencia y magnitud, y sus implicaciones fisiológicas y ecológicas. En concreto nos hemos centrado en a) el estudio de la influencia de los factores abióticos y bióticos que controlan la RH, b) evaluar su importancia en el crecimiento de raíces y cómo afecta a la absorción de nutrientes por parte de la planta y c) evaluar su importancia en la supervivencia de plántulas durante el periodo de sequía estival. Para ello realizamos varios estudios de campo y de invernadero bajo condiciones controladas, además de una revisión bibliográfica donde nos centramos en las implicaciones ecológicas del fenómeno.



Figura 1. En los ecosistemas áridos y semiáridos se dan las condiciones necesarias para que se de el fenómeno de RH. Imagen de un retamar (*Retama sphaerocarpa*) en la provincia de Almería.

Patrones de redistribución hidráulica y factores que los controlan

En general, el contenido en agua del suelo y el gradiente de potencial hídrico entre diferentes capas del suelo condiciona que exista una mayor o menor RH. En épocas húmedas los potenciales hídricos del suelo son mayores que durante la época seca, así la diferencia de potencial hídrico entre las capas profundas y superficiales, y por tanto el gradiente de potencial, se acentúa durante las épocas de sequía.

En diversos estudios de campo con varias especies de ecosistemas semiáridos (*Retama sphaerocarpa*, *Artemisia barrelieri*, *Flourensia thurifera*, *Pleocarpus revolutus* y *Senna cummingii*) observamos fluctuaciones diarias en el potencial hídrico del suelo consistentes con RH, ya que el potencial disminuía durante el día (por consumo de agua) y aumentaba durante la noche (**Fig. 2A**). Los patrones de RH se interrumpen después de un evento de precipitación que humedece las capas superficiales, suprimiendo el gradiente entre las capas profundas y superficiales del suelo. Además observamos una variación estacional en la magnitud de la RH dependiente de la humedad del suelo. También otros factores como la transpiración nocturna o una baja presión de vapor durante el día (e.g. días nublados) disminuyen la RH al modificar los gradientes de potencial en el continuo suelo-planta-atmósfera (**Fig. 2B**). Mediante el desarrollo de un modelo con datos de campo de diversas especies comprobamos que la cantidad de agua que se vertía por RH, además de depender de la humedad del suelo y de la transpiración de la planta, dependía del tipo de suelo (textura) (**Fig. 2C**), siendo la cantidad de agua vertida en el suelo durante la noche hasta 3.6 veces mayor en suelos de textura intermedia (limos) que en suelos de textura gruesa (arenas).

Todos estos resultados ponen de manifiesto que tanto los patrones como la magnitud de la RH en ecosistemas semiáridos están determinados por factores tanto bióticos (por ej., la transpiración de la planta) como abióticos (precipitación, humedad y textura del suelo).

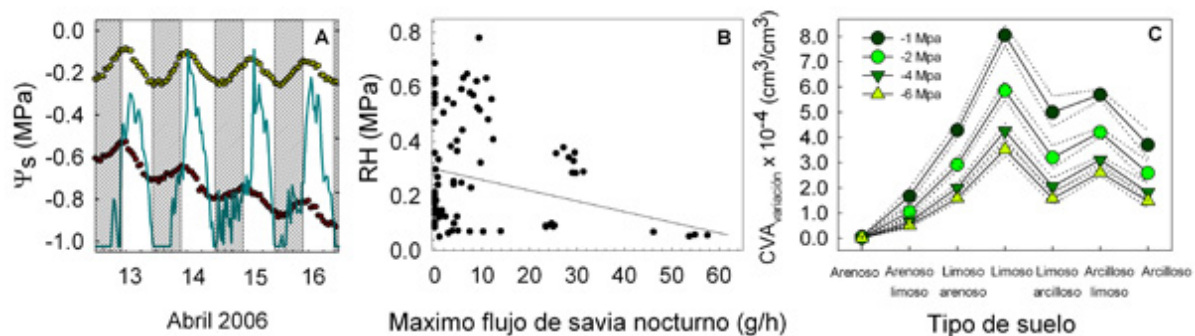


Figura 2. Variación en la humedad del suelo (potencial hídrico, Ψ_s) a lo largo de un periodo de sequía y valores de flujo de savia (transpiración, línea continua azul) en *Retama sphaerocarpa* (A). Nótese como el aumento de potencial hídrico coincide con el cese de la transpiración durante la noche. Relación entre la magnitud de RH y el flujo de savia nocturno en *R. sphaerocarpa* (B). Nótese la relación negativa entre ambas variables. Relación entre la magnitud de la redistribución hidráulica calculada como cambio en el contenido volumétrico de agua del suelo (CVA) y la textura en diferentes tipos de suelo a diferentes humedades del suelo (C). Las líneas punteadas indican los intervalos de confianza al 95%.

Influencia de la RH en el crecimiento y colonización de raíces y absorción de nutrientes por parte de la planta

La RH puede incrementar la supervivencia de raíces en suelo seco al proporcionar una fuente extra de humedad en capas superficiales. Esta fuente extra de agua puede incrementar también la absorción de nutrientes por parte de la planta ya que la difusión de nutrientes aumenta al aumentar la humedad del suelo. Mediante el uso de isótopos estables de agua y nitrógeno (δD y ^{15}N respectivamente) observamos que la RH era mayor en zonas del suelo ricas en nutrientes (Fig. 3B) lo que favoreció que las plantas que realizaban RH tuvieran un mayor crecimiento de raíces en zonas de suelo ricas en nutrientes que las que no lo realizaban (NRH) (Fig. 3A). Este mayor crecimiento de raíces se produjo a expensas de un menor crecimiento en zonas del suelo pobres en nutrientes (Fig. 3C). Además observamos que la RH, y el mayor crecimiento de raíces, aumentaron la absorción de nitrógeno por parte de las plantas (Fig. 3D). Estos mecanismos podrían suponer una ventaja para la planta durante periodos de sequía.

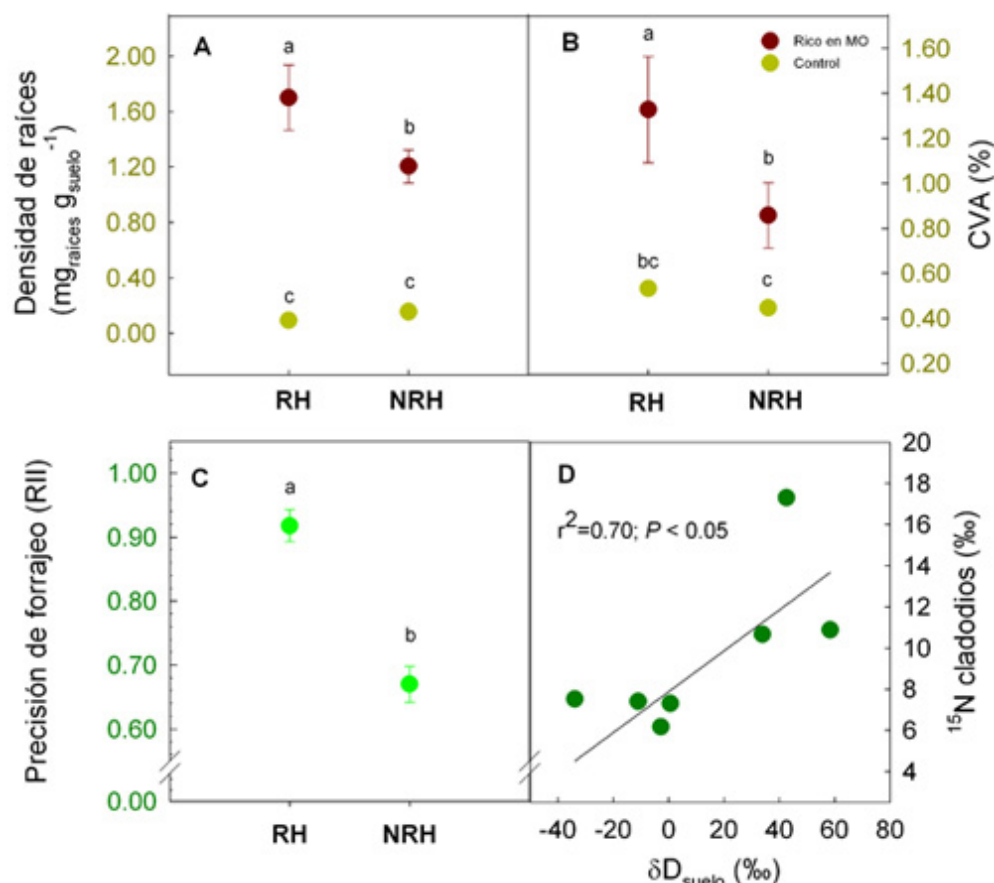


Figura 3. Densidad de raíces (A), contenido gravimétrico en agua (B) y precisión de forrajeo (C) en plantas que realizan redistribución hidráulica (RH) y plantas donde la redistribución hidráulica se inhibió mediante luz continua (NRH). Abajo a la derecha (D) se representa la relación entre la cantidad de agua elevada por la planta (δD) y la cantidad de nutrientes en las hojas (^{15}N en cladodios). Cuando la barra de error es menor que el símbolo no se muestra. Se muestran medias $\pm$ 1 error estándar ($n=3$ para RH y $n=4$ para NRH), excepto para la relación entre δD y ^{15}N en cladodios donde se representan valores individuales ($n=9$).

Influencia de la RH en procesos de facilitación debajo de una especie arbustiva de ecosistemas áridos

Los procesos de facilitación y competencia entre plantas modelan la estructura y diversidad de las comunidades vegetales. El equilibrio entre ambos procesos es especialmente variable en ecosistemas áridos, donde el estrés abiótico es severo. En ellos el agua es el principal factor limitante y afecta particularmente el establecimiento de plántulas, existiendo un umbral de humedad por debajo del cual la supervivencia disminuye drásticamente. Algunas especies que viven en la zona de influencia de plantas que realizan levantamiento hidráulico son capaces de utilizar esa agua, viendo favorecido su establecimiento. En un estudio de campo observamos que la supervivencia y el crecimiento de plántulas de *Marrubium vulgare* que crecían debajo de *Retama sphaerocarpa* (arbusto que realiza RH) fue mayor cuando se excluían tanto la competencia por el agua como la RH por *Retama* (Fig. 4). Sin embargo, la supervivencia y el crecimiento fueron iguales en el tratamiento donde suprimimos todas las interacciones (NI) y en el tratamiento donde existían RH y competencia reducidas (F). Esto nos indica que el efecto de la RH sobre la supervivencia de plántulas fue pequeño y que en la interacción predominan los procesos de competencia de raíces. Aún así, la supervivencia de plántulas fue mayor bajo *Retama* que en claros lo que indica un efecto global facilitador de *retama* sobre *Marrubium*. El beneficio total de crecer asociado a estas especies es mayor debido en parte a una mejora de las condiciones microclimáticas y de los recursos del suelo (e.g. agua y nutrientes). Estos resultados evidencian que la RH puede ser un proceso importante que determine la supervivencia de plántulas debajo de especies que realicen RH aunque los efectos de la competencia debajo de estos arbustos son fuertes.

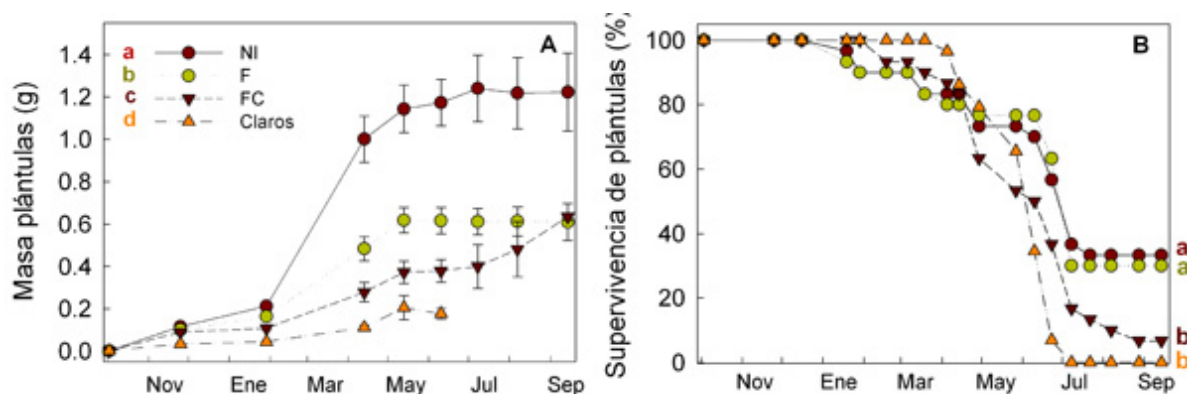


Figura 4. Supervivencia (A) y biomasa (B) plántulas de *Marrubium vulgare* creciendo bajo *Retama sphaerocarpa* (NI, F, FC) y en zonas abiertas sin arbusto (Claros) a lo largo de una estación de crecimiento. Las plántulas crecieron en diferentes tratamientos; NI = no interacción, F = facilitación (RH + competencia reducida), FC = facilitación y competencia (RH + competencia total) y Claros = zonas abiertas sin retama. Cuando se eliminan las interacciones (NI), tanto la biomasa como la supervivencia fueron mayores.

Referencias

- Burgess, S.S.O., Adams, M.A., Turner, N.C., Ong, C.K. 1998. The redistribution of soil water by tree root systems. *Oecologia* 115:306-311.
- Richards, J.H., Caldwell, M.M. 1987. Hydraulic lift: substantial nocturnal water transport between soil layers by *Artemisia tridentata* roots. *Oecologia* 73:486-489.

IVÁN PRIETO AGUILAR

Patrones de redistribución hidráulica y su importancia en zonas áridas

Tesis Doctoral

Departamento de Hidrología y Química Analítica de la Universidad de Almería. Realizada en la Estación Experimental de Zonas Áridas - CSIC

Octubre de 2010

Dirección: Drs. Zaal Kikvidze, Francisco I. Pugnaire de Iraola y Cristina Armas Kulik

Publicaciones resultantes de la tesis:

- Prieto, I., Martínez-Tillería, K., Martínez-Manchego, L., Montecinos, S., Pugnaire, F.I., Squeo, F.A. 2010. Hydraulic lift through transpiration suppression in shrubs from two arid ecosystems: patterns and control mechanisms *Oecologia* 163:855-865.
- Prieto, I., Kikvidze, Z., Pugnaire, F.I. 2010. Hydraulic lift: soil processes and transpiration in the Mediterranean leguminous shrub *Retama sphaerocarpa* (L.) Boiss. *Plant and Soil* 329:447-456.
- Prieto, I., Padilla, F.M., Armas, C., Pugnaire, F.I. 2011. The role of hydraulic lift in the facilitation-competition balance under nurse plants in a semi-arid environment. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 13:181-187.
- Prieto, I., Armas, C., Pugnaire, F.I. 2012. Water release through plant roots: new insights on its consequences at the plant and ecosystem level. *New Phytologist* 00:000.000. (Tansley review)