

# Respuesta adaptativa de especies leñosas a las variaciones climáticas y ambientales en el noroeste de Senegal

J.S. Diémé<sup>1,\*</sup>

(1) Estación Experimental de Zonas Áridas, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Ctra. de Sacramento s/n, 04120 La Cañada, Almería, España.

\* Autor de correspondencia: J.S. Diémé [jsadi3@yahoo.fr]

> Recibido el 14 de mayo de 2015 - Aceptado el 29 de julio de 2015

Diémé, J.S. 2016. Respuesta adaptativa de especies leñosas a las variaciones climáticas y ambientales en el noroeste de Senegal. *Ecosistemas* 25(1): 94-98. Doi.: 10.7818/ECOS.2016.24-1.14.

## Contexto de la tesis

El agua es el recurso más limitante en ambientes secos para la mayoría de árboles y masas forestales, porque a medida que disminuye el contenido de agua en el suelo las plantas disminuyen su actividad fisiológica y su productividad. No obstante, las diferentes especies de plantas responden a los cambios de forma muy diversa en función de su grado de adaptación a la sequía (Parolin et al. 2010). La respuesta a la escasez de agua es especialmente importante ante las proyecciones de los modelos climáticos, que indican que la sequía se agravará en las próximas décadas. Un informe del IPCC en 2007 muestra ya una clara tendencia a la disminución de las precipitaciones y al aumento de las temperaturas en las regiones áridas del Sahel y del sur de África. En el África subsahariana los agricultores dependen en gran medida de los sistemas agroforestales, en los que una combinación de árboles, cultivos y ganadería les proporcionan una variedad de recursos que suponen su sustento diario.

Estudiar las respuestas de las plantas a la sequía para comprender la estructura y composición de las comunidades vegetales y analizar las respuestas de las plantas a la disponibilidad de recursos y su evolución son aspectos importantes para predecir la resistencia de las comunidades vegetales a los cambios futuros del clima. Así, en esta Tesis intenté determinar cuáles son las estrategias de adaptación a la sequía de diversas especies leñosas del Sahel, sus respuestas a la disponibilidad de agua y nutrientes a través del análisis de variaciones de crecimiento y la asignación de biomasa a los distintos órganos de plantas juveniles y, finalmente, el efecto de la filogenia en las estrategias adaptativas a la sequía. Para ello recogimos datos de distintos rasgos funcionales de 20 especies leñosas en campo y realicé un experimento en invernadero.

## Grupos funcionales de especies leñosas en un sistema agroforestal semiárido de Senegal (capítulo 1)

Estudiar las respuestas de plantas a la sequía es fundamental para entender la estructura de las comunidades vegetales en ambientes limitados por agua y para predecir su resistencia a los fu-

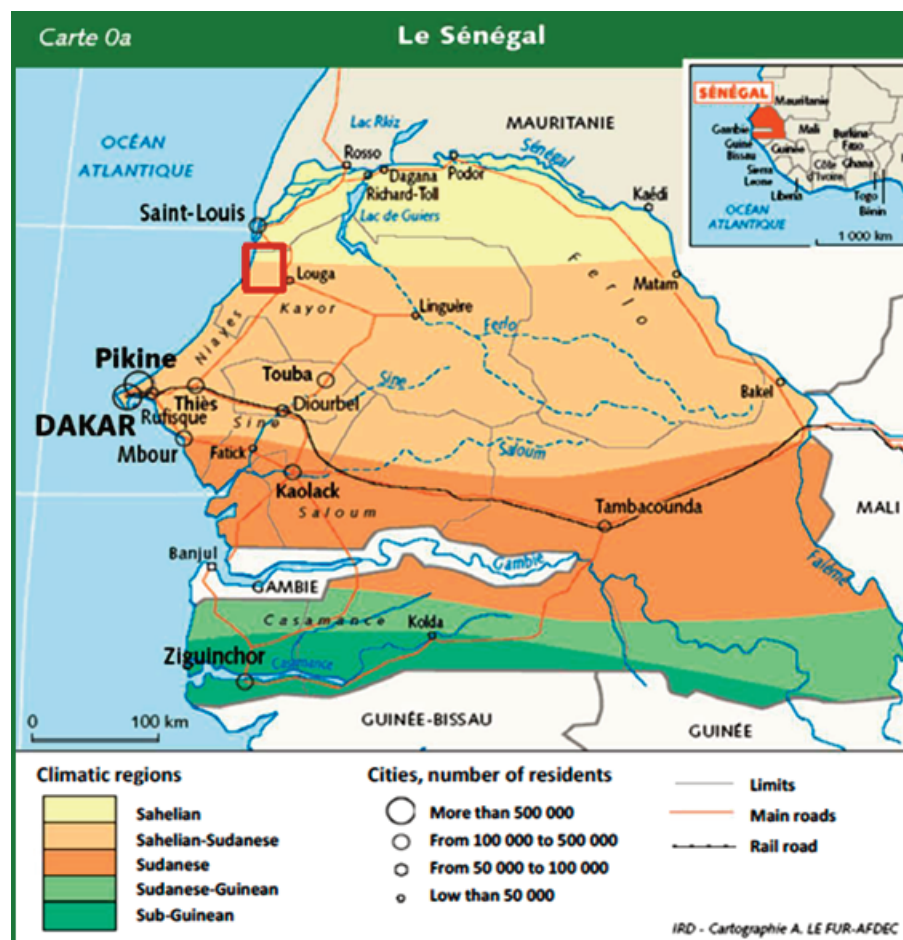
turos cambios de clima (Thuiller et al. 2008). La zona de estudio está localizada en la aldea de Leona (Louga) en la zona saheliana de Senegal (Fig. 1). En esta zona dominan los sistemas agroforestales semiáridos, caracterizados a nivel de vegetación por ser una sabana de especies leñosas (principalmente árboles) en una matriz de suelo arenoso que se cubre de herbáceas (o cultivos de la época) en la estación lluviosa. Aquí seleccioné nueve especies leñosas (Tabla 1) de gran importancia ambiental y socio-económica y exploré sus mecanismos de resistencia a la sequía. La hipótesis planteada es que las distintas especies leñosas mostrarán diferencias en rasgos funcionales relacionados con la sequía, como profundidad de enraizamiento o grosor de hoja, lo cual nos permitirá clasificarlas en grupos funcionales que tendrán una respuesta similar bajo condiciones de escasez de agua. Recogimos datos en dos épocas distintas (seca y húmeda) de cuatro rasgos funcionales relacionados con la estrategia de adquisición de recursos (potencial hídrico foliar,  $\Psi_{pd}$ ; área foliar específica, SLA; grosor de las hojas; índice de área foliar, LAI) y de dos rasgos morfológicos (altura de la planta y diámetro del tronco a la altura del pecho, DBH) de las distintas especies. LAI y  $\Psi_{pd}$  se midieron en seis ocasiones durante las estaciones seca y húmeda, y los otros rasgos se midieron una vez, en la época más favorable. Identificamos dos clases funcionales (Valladares et al. 2004) subdivididas en cuatro grupos funcionales (Fig. 2). La primera clase incluye 2 grupos con especies de hoja caduca y semi-caduca que muestran un elevado SLA pero que difieren en la variación estacional del  $\Psi_{pd}$ . La segunda clase incluye a las especies de hoja perenne y ésta se dividió también en 2 grupos funcionales que muestran bajo SLA y grandes diferencias de  $\Psi_{pd}$  a lo largo del año.

## Respuestas funcionales de cuatro especies leñosas a la disponibilidad de recursos (capítulo 2)

Las plantas crecen en un medio que fluctúa en sus condiciones y en los recursos disponibles en el tiempo y espacio. Por lo tanto, es importante entender cómo responden las plantas a las variaciones de recursos. Se aplicaron varios tratamientos de disponibilidad de los dos recursos limitantes en los sistemas agroforestales del

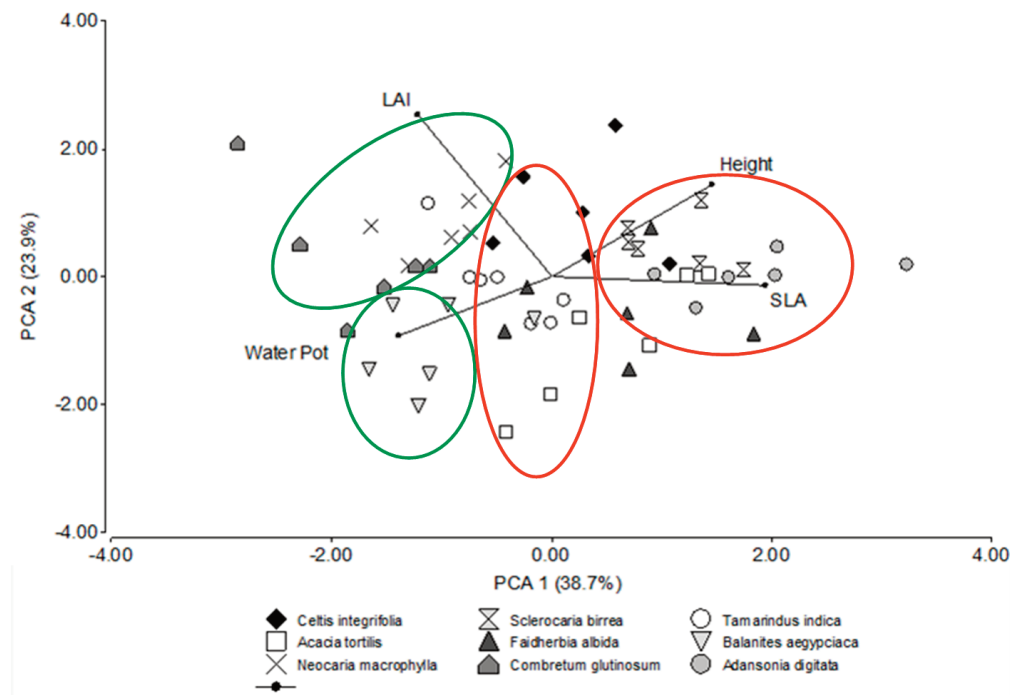
**Tabla 1.** Especies leñosas de la zona saheliana de Senegal usadas en la tesis.

Especies	Familia	Hábito de hoja	Capítulo
<i>Acacia nilotica</i> (L.) Delile	Fabaceae	Caduca	3
<i>Acacia senegal</i> (L.) Willd	Fabaceae	Caduca	3
<i>Acacia seyal</i> Del.	Fabaceae	Caduca	3
<i>Acacia tortilis</i> subsp. <i>raddiana</i> (Savi) Brenan	Fabaceae	Caduca	1, 2 y 3
<i>Adansonia digitata</i> L.	Malvaceae	Caduca	1, 2 y 3
<i>Annona senegalensis</i> Pers.	Annonaceae	Caduca	3
<i>Aphania senegalensis</i> (Juss. Ex poir.) Radlk.	Sapindaceae	Perenne	3
<i>Balanites aegyptiaca</i> (L.) Del.	Balanitaceae	Perenne	1, 2 y 3
<i>Bauhinia rufescens</i> Lam	Fabaceae	Caduca	3
<i>Celtis integrifolia</i> Lam.	Ulmaceae	Perenne a semicaduca	1 y 3
<i>Combretum glutinosum</i> Perr. Ex DC.	Combretaceae	Perenne	1 y 3
<i>Cordia sinensis</i> Lam	Boraginaceae	Perenne	3
<i>Faidherbia albida</i> (Del.) Chev.	Fabaceae	Caduca	1, 2 y 3
<i>Maytenus senegalensis</i> (Lam.) Exell	Celastraceae	Perenne	3
<i>Neocarya macrophylla</i> (Sabine) Prance	Chrysobalanaceae	Perenne	1 y 3
<i>Piliostigma reticulatum</i> (DC.) Hochst.	Fabaceae	Perenne	3
<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	Fabaceae	Caduca	3
<i>Sclerocarya birrea</i> (A. Rich) Hochst	Anacardiaceae	Caduca	1 y 3
<i>Tamarindus indica</i> L.	Fabaceae	Perenne a semicaduca	1, 2 y 3
<i>Ziziphus mauritiana</i> Lam	Rhamnaceae	Caduca	3

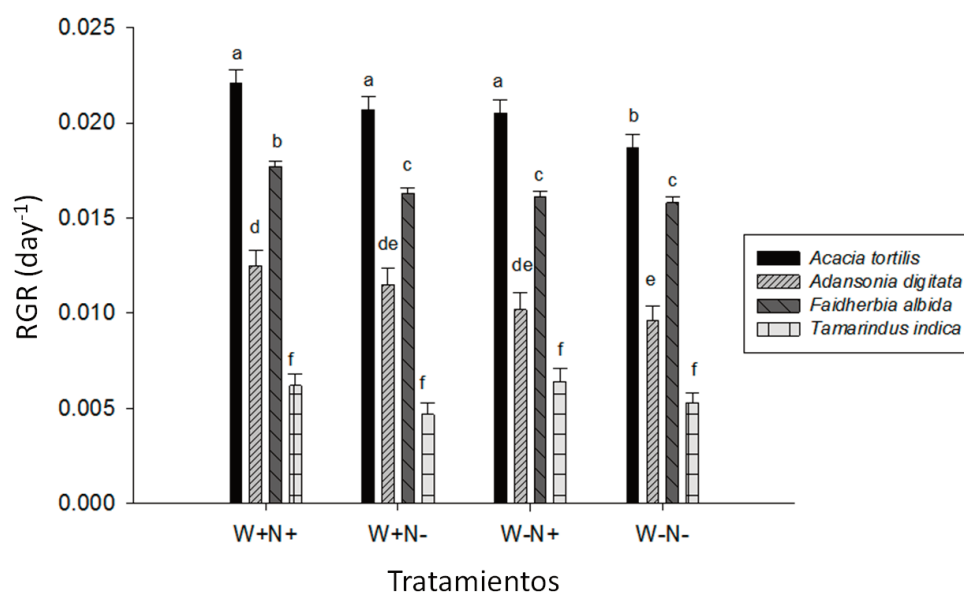
**Figura 1.** Mapa de Senegal, sus regiones climáticas, y la zona de estudio (marcada con un cuadrado rojo).

Sahel, agua y nutrientes, a plantas juveniles de cuatro especies leñosas que crecieron desde semilla en condiciones de invernadero. Analizamos los patrones de crecimiento y asignación de biomasa de las plántulas después de 9 meses creciendo sometidas a diversos tratamientos de agua y nutrientes con un diseño factorial. Usamos dos niveles de agua (100 y 200 ml/semana) y dos de nutrientes (0.5 g/L y 0.05 g/L de un fertilizante comercial 19:19:19 [2-8] de N-P-K [Mg-S]). Estimamos la tasa relativa de crecimiento (RGR), la relación raíz:tallo (R/S) y el área específica de hoja (SLA), que mostraron diferencias entre especies, el régimen de agua y la disponi-

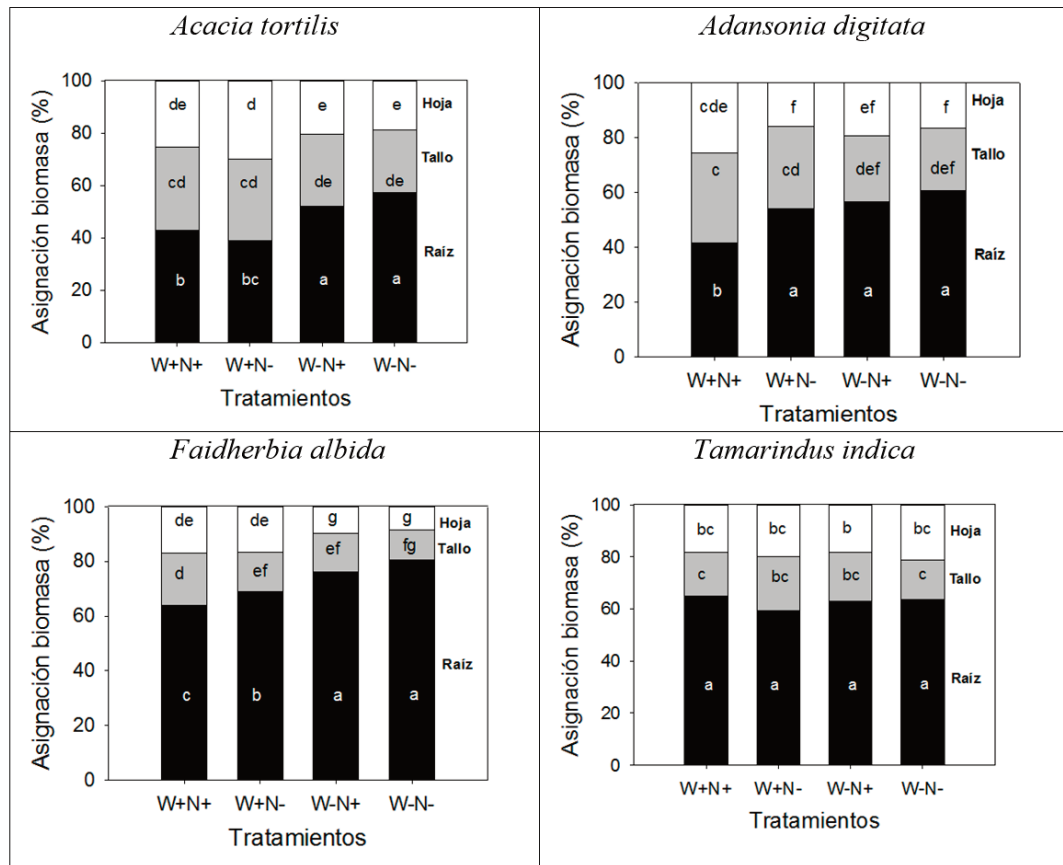
bilidad de nutrientes, según los resultados de los GLMM. RGR varió mucho entre especies (Fig. 3), siendo muy sensible a la variación en ambos recursos (Poorter 1989). Las especies de hoja caduca (*Acacia tortilis*, *Adansonia digitata* and *Faidherbia albida*) mostraron en general valores más altos de RGR y SLA en condiciones de amplia disponibilidad de recursos. En general, las especies estudiadas asignaron más biomasa a las raíces (Fig. 4), una tendencia exacerbada bajo escasez de recursos. Las distintas especies reflejaron estrategias contrastadas de adaptación y plasticidad fenotípica.



**Figura 2.** Análisis de componentes principales (PCA) incluyendo SLA, valor absoluto del potencial hídrico ( $\Psi_{pd}$ ), LAI y altura de 9 especies leñosas sahelianas.



**Figura 3.** Tasa de crecimiento relativo (RGR) de *Acacia tortilis*, *Adansonia digitata*, *Faidherbia albida* y *Tamarindus indica* creciendo en un sustrato con dos niveles de disponibilidad de agua (W+, alto; W-, bajo) y nutrientes (N+, alto y N-, bajo). Los datos representados son medias  $\pm 1$ ES (n= 6-9). Barras con letras distintas indican diferencias significativas.



**Figura 4.** Asignación de biomasa (%) a raíces, tallos y hojas de individuos juveniles de *Acacia tortilis*, *Adansonia digitata*, *Faidherbia albida* y *Tamarindus indica* creciendo en un sustrato con dos niveles de disponibilidad de agua y nutrientes.



**Figura 5.** Un sistema agroforestal del norte de Senegal durante la época lluviosa



## Rasgos funcionales relacionados con la sequía afectan la evolución del grosor y hábito de hoja (capítulo 3)

Las estrategias de las especies que forman una comunidad vegetal son el resultado de adaptaciones previas de ancestros comunes (Harvey y Pagel 1991), y para entender y predecir sus respuestas a cambios ambientales es importante conocer su historia evolutiva. Así, pretendí entender la evolución de las especies leñosas analizando su señal filogenética. Para esto, usamos rasgos funcionales de 20 especies leñosas de la zona saheliana de Senegal. Se observó una señal filogenética significativa sólo para grosor y hábito de hoja (caduca o perenne). Los resultados sugieren que estos rasgos evolucionaron de manera browniana, experimentando una radiación tardía. Estos datos implican que el carácter caducifolio encontrado en ambientes semiáridos es una estrategia para escapar de la sequía de reciente adquisición (Ackerly 2009), en consonancia con los datos que sugieren que la sequía es un factor relativamente reciente en el Sahel.

Estos datos muestran diversas formas de adaptación a la sequía, y pueden contribuir a mejorar los sistemas agroforestales de Senegal a través de la elección de especies capaces de responder a las condiciones climáticas más adversas previstas para las próximas décadas.

## Agradecimientos

Este trabajo se ha desarrollado en el marco del proyecto Functree, del 7PM de la EU (KBBE-2272657FP), y co-financiado por el MICINN (CGL2010-17081). El autor recibió una beca MAE-AECID para la realización de la tesis doctoral.

## Referencias

- Ackerly, D.D. 2009. Phylogenetics and comparative methods. En: Levin, S. A., Carpenter, S.R., Godfray, H.C.J., Kinzig, A.P., Loreau, M., Losos, J.B., Walker, B., Wilcove, D.S. (eds.) *The Princeton guide to ecology*. Princeton University Press. Princeton, N.J., Estados Unidos.
- Harvey, P.H., Pagel, M.D. 1991. *The comparative method in evolutionary biology*, Oxford University press, Oxford, Reino Unido.
- Parolin, P., Lucas, C., Piedade, M. T.F., Wittman F. 2010. Drought responses of flood-tolerant trees in Amazonian floodplains. *Annals of Botany* 105, 129-139.
- Poorter, H. 1989. Interspecific variation in relative growth rate: on ecological causes and physiological consequences. En: Lambers, H., Cambridge, M.L., Konings, H., Pons, T.L. (eds.). *Causes and Consequences of Variation in Growth Rate and Productivity in Plants*. SPB Academic Publishing, The Hague, Países Bajos.
- Thuiller, W., A. Cecile, M.B. Araujo et al. 2008. Predicting global change impacts on plant species' distributions: Future challenges. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 9: 137-152.
- Valladares, F., Vilagrosa, A., Peñuelas, J., Ogaya, R., Camarero, J. J., Corchero, L., Sisó, S., Gil-Pelegrín, E. 2004. Estrés hídrico: ecofisiología y escalas de la sequía. En: Valladares, F. (ed.) *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, España.

### JOSEPH SATURNIN DIEME

#### Respuesta adaptativa de especies leñosas a las variaciones climáticas y ambientales en el noroeste de Senegal

Tesis Doctoral

Departamento de Biología y Geología, Universidad de Almería

Mayo de 2015

Directores: Francisco Ignacio Pugnaire de Iraola y Cristina Armas Kulik