

Crecimiento bajo déficit hídrico de especies forestales urbanas de la ciudad-oasis de Mendoza, Argentina y su área metropolitana

C.F. Martínez ^{1,*}

(1) Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda-INCIHUSA. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Centro Científico Tecnológico Mendoza. Mendoza, Argentina.

* Autor de correspondencia: C.F. Martínez [cmartinez@mendoza-conicet.gov.ar]

> Recibido el 10 de marzo de 2014, aceptado el 23 de mayo de 2014.

Martínez, C.F. 2014. Crecimiento bajo déficit hídrico de especies forestales urbanas de la ciudad-oasis de Mendoza, Argentina y su área metropolitana. *Ecosistemas* 23(2): 147-152. Doi.: 10.7818/ECOS.2014.23-2.20

En las últimas décadas se ha manifestado un progresivo interés por conocer con mayor profundidad aspectos ecológicos y ecofisiológicos del crecimiento de árboles en bosques urbanos (Konijnendijk 2005; Cedro and Nowak 2006; Chen et al. 2010). No obstante, es incipiente y fragmentado el conocimiento respecto a la relación entre crecimiento y disponibilidad hídrica para especies forestales de áreas urbanas emplazadas en regiones áridas y semiáridas. En estos escenarios el recurso hídrico es el principal factor de estrés en el crecimiento, seguido por la contaminación ambiental y edáfica (Clark and Kjellgren 1990; McCarthy and Pataky 2010). Por tanto, conocer el efecto de niveles diferenciales de déficit hídrico sobre el crecimiento de distintas especies arbóreas de uso frecuente en la forestación urbana constituye en la actualidad un tema de vacancia y pertinencia ante el panorama mediato de cambio climático y restricción de recursos naturales.

La investigación desarrollada en esta Tesis ha perseguido los siguientes objetivos: a- cuantificar el impacto de la disponibilidad diferencial del recurso hídrico en el crecimiento de especies forestales que conforman el bosque de la ciudad de Mendoza; b- evaluar en individuos juveniles su resistencia a condiciones de sequía y, c- determinar en ejemplares adultos los periodos de mayor incidencia del estrés hídrico en el crecimiento durante las últimas décadas.

El caso de estudio es la ciudad-oasis de Mendoza, Argentina (32°53' LS, 68°52' LW y 827 m s. n. m.). Presenta un índice de aridez de 0,174 correspondiente al bioclima árido inferior con una concentración del 76 % de los 198 mm/año de precipitación entre octubre y marzo, y donde su arbolado urbano es regado por las lluvias y por caudales de ríos cordilleranos.

Hipótesis de trabajo planteadas

1. Las especies arbóreas de uso urbano (*Acacia visco Lorentz ex Gribeb*, *Platanus hispanica Tend.*, *Fraxinus americana L.* y *Morus alba L.*) presentan en sus distintas variables de crecimiento, respuestas fisiológicas distintas a tratamientos diferenciales de restricción hídrica. Estas respuestas pueden ser evaluadas a partir de individuos juveniles bajo condiciones hídricas controladas.

2. La tasa de crecimiento de *Platanus hispanica Tend.* es influenciada por la disponibilidad del recurso hídrico proveniente del agua de ríos cordilleranos, por aportes de precipitaciones locales y por factores ambientales como la temperatura.

Metodología

Las respuestas del crecimiento ante niveles diferenciales de déficit hídrico se determinaron mediante análisis morfo-anatómico, fisiológico y dendrocronológicos, realizando dos tipos de ensayos:

- 1) Diseño experimental con árboles jóvenes en condición de vivero: Sobre un conjunto muestral de 120 individuos (30 ejemplares de cada especie forestal distribuidos en tres submuestras de 10 individuos de 2 años de edad) se aplicaron tres tratamientos de riego:
 - Tratamiento 1: testigo (T1), reposición del 100% de agua transpirada.
 - Tratamiento 2: riego deficitario moderado (T2), reposición del 66% de agua transpirada.
 - Tratamiento 3: riego deficitario severo (T3), reposición del 33% de agua transpirada.

Durante tres ciclos vegetativos (2007-2010) se realizaron 210 riegos con frecuencia de dos veces semanales durante el ciclo vegetativo activo y quincenal durante el período invernal.

Las variables medidas fueron: altura de plantas, diámetro de troncos, área foliar, potencial hídrico xilemático y conductancia estomática.

- 2) Ensayo de campo con árboles adultos en condición urbana: se desarrolló el análisis dendrocronológico para *Platanus hispanica* en árboles de calles urbanas céntricas y calles periurbanas de la ciudad de Mendoza y del Parque General San Martín. Se determinaron los siguientes tratamientos:

- Urbano con riego (UR-1 y UR-2)
- Urbano con estrés (UE-3)
- Parque con riego (PR-4)
- Parque con estrés (PE-5)

De cada sitio se seleccionaron 12 árboles, de cada árbol se extrajeron con barreno de incremento tipo Pressler, dos muestras de madera en radios distintos para disminuir la variabilidad interna. Dichas muestras fueron procesadas mediante técnicas dendrocronológicas estándar (montaje, pulido, fechado, cofechado, medición).

La variable medida fue ancho de anillos de crecimiento para la posterior construcción de cronologías de ancho de anillos, los cuales fueron estandarizados mediante índices calculados como la relación entre las mediciones originales y la curva de ajuste seleccionada usando el paquete estadístico ARSTAN (Cook and Holmes 1985). El ancho de anillos se correlacionó con caudales históricos de ríos cordilleranos, y registros mensuales de temperatura del aire y precipitaciones.

Si bien las mismas especies consideradas para el ensayo de vivero fueron seleccionadas inicialmente para este ensayo, en el relevamiento a campo problemas fitosanitarios y apariciones de pudrición de fustes impidieron la extracción del número suficiente de muestras de las otras especies.

Resultados asociados a los dos ensayos

Ensayo 1: Los resultados obtenidos demostraron respuestas del crecimiento en concordancia con volúmenes diferenciales de agua. Para las variables de crecimiento altura, diámetro de tronco y área foliar, todas las especies presentaron menor crecimiento bajo el tratamiento de estrés hídrico severo (T3).

A. visco y *P. hispanica* no mostraron diferencias significativas en altura y diámetro de troncos, tanto en el tratamiento testigo (T1) como en el tratamiento de estrés hídrico moderado (T2). Esto indicó que una restricción hídrica intermedia permite crecimientos comparables con el testigo. *F. americana* sólo presentó diferencias entre los tratamientos (T1) y (T3). En cambio *M. alba* disminuyó el crecimiento en altura bajo cualquier nivel de restricción, mientras que diámetro de troncos y área foliar no presentaron diferencias significativas bajo déficit moderado (Fig. 1).

El potencial hídrico xilemático respondió a los efectos de cada tratamiento. Los rangos de mediciones fueron de -1.5 a -2 MPa. Para *A. visco*, *P. hispanica* y *M. alba* esta variable se afectó ante estrés hídrico severo, no así ante una restricción moderada del recurso. *F. americana* no presentó diferencias significativas bajo cualquier nivel de estrés aplicado y los valores medidos coinciden con evidencias encontradas en la bibliografía (Whitlow et al. 1992).

La conductancia estomática mostró una correlación entre individuos juveniles y adultos. El rango de valores medidos previos a la aplicación de un riego fue de 10 a 22 mmol/m².seg⁻¹, registrándose los mayores valores en *P. hispanica* y *F. americana*.

Ensayo 2: Para *P. hispanica* se obtuvo series temporales de ≥ 100 años permitiendo realizar inferencias sobre las respuestas del crecimiento de los árboles en el largo plazo. El desarrollo de cronologías de ancho de anillos posibilitó establecer variaciones temporales en el crecimiento y evaluar las vinculaciones de crecimiento y clima para distintos casos catalogados como sitios urbanos y periurbanos, con riego y con estrés hídrico.

El análisis dendrocronológico indicó variabilidad en el crecimiento de los árboles debido al manejo del bosque y también a períodos de restricción hídrica. Las cronologías evidenciaron claramente los períodos de disminución del crecimiento en concordancia con sequías. Se observa para cada cronología la curva promedio de 5 años -en rojo- que ha sido superpuesta para realzar la variabilidad interanual de alta frecuencia indicada en azul. La barra sombreada indica los períodos de tiempo donde al menos para tres de los sitios analizados se observa conjuntamente restricción hídrica y disminución temporal del ancho de anillos de crecimiento (Fig. 2).

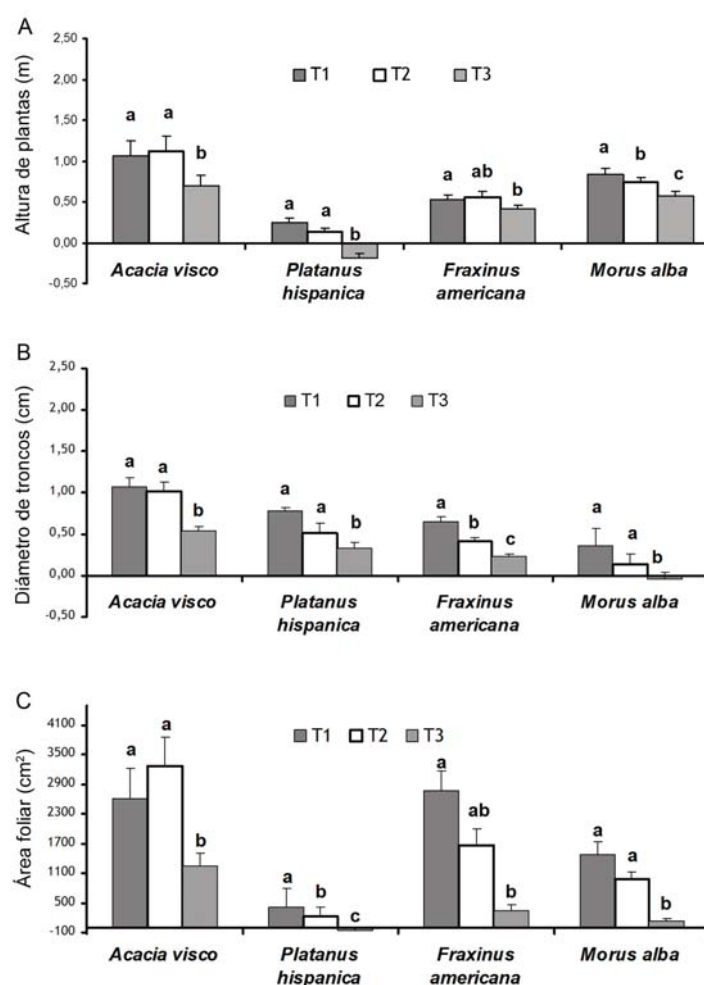


Figura 1. A. Altura de planta; B. Diámetro de troncos; C. Área foliar. Valores medios de las variables de crecimiento resultantes de los tres años de ensayo (2007/2010) para las cuatro especies y los tres tratamientos de riego T1: control (100 %), T2: riego deficitario moderado (66 %); T3: riego deficitario severo (33 %). Letras distintas indican diferencias significativas dentro de una misma especie entre los tres tratamientos según Test de Tukey ($\alpha \leq 0.05$). Sobre cada barra se indica el error estándar.

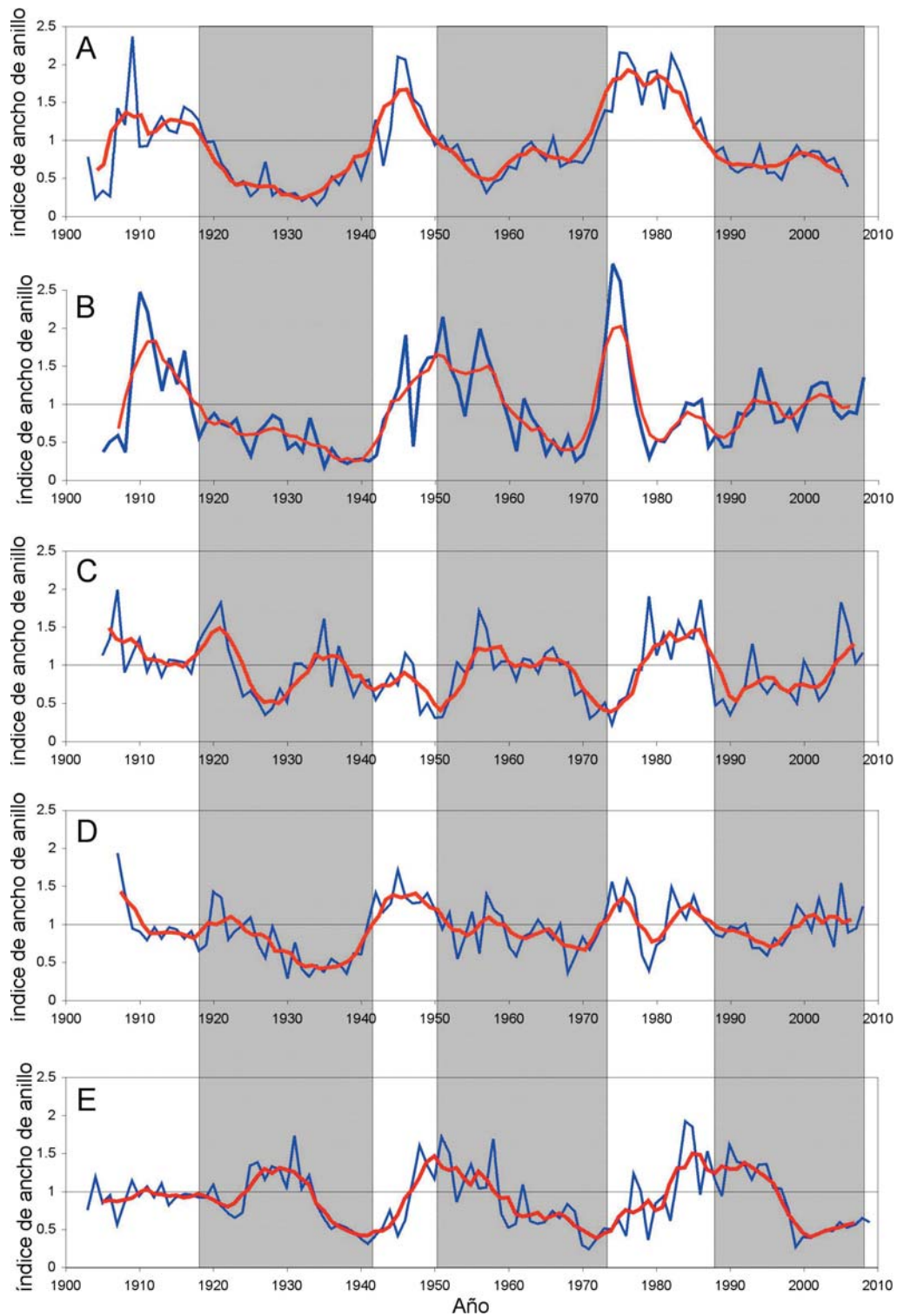


Figura 2. Cronologías de *P. hispanica* para cada sitio con su curva de tendencia: A: UR-1 Montevideo; B: UR-2 Gutiérrez; C: UE-3 España; D: PR-4 Parque; E: PE-5 Corredor. Línea roja: curva de tendencia promedio de 5 años. Línea azul: variabilidad interanual o de alta frecuencia. Barra sombreada en gris: períodos donde coinciden restricción hídrica y disminución del ancho de anillos de crecimiento para al menos tres sitios de estudio.

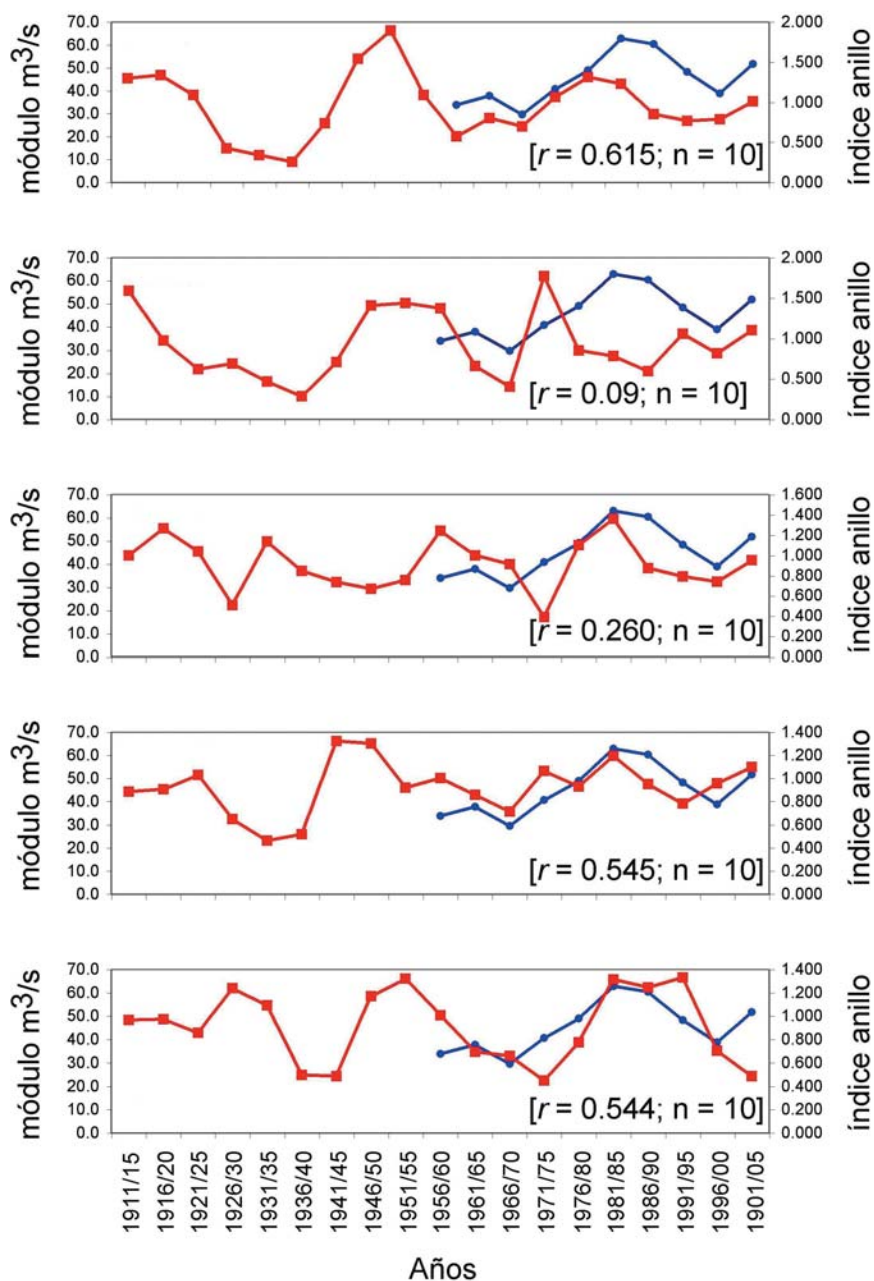


Figura 3. Diagramas de correlación establecidos por comparación entre promedios quinquenales de las cronologías de anillos de crecimiento y los derrames del río Mendoza aforados en la Estación Guido. En azul, los derrames en m³/s. En rojo, los índices de crecimiento. A: UR-1 Sitio Montevideo; B: UR-2 Sitio Gutiérrez; C: UE-3 Sitio España; D: PR-4 Sitio Parque; E: PE-5 Sitio Corredor.

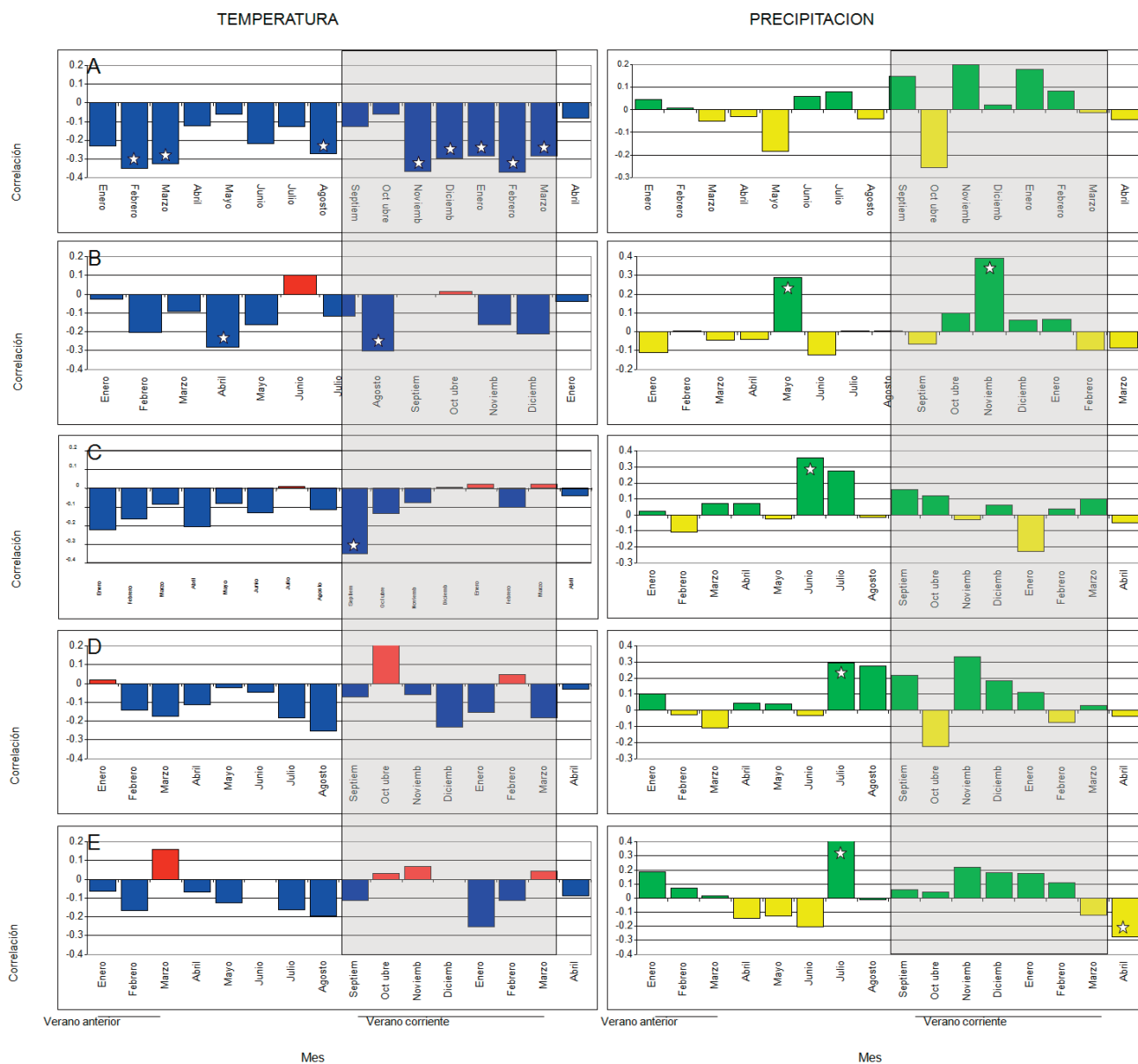


Figura 4. Diagramas de correlaciones establecidas por comparación de cronologías de anillos de crecimiento de *P. hispanica* y clima para árboles urbanos y periurbanos de la ciudad de Mendoza. A. UR-1 Montevideo; B. UR-2 Gutiérrez; C. UE-3 España; D. PR-4 Parque; E. PE-5 Corredor. La barra sombreada indica los períodos de activo crecimiento y las estrellas indican la significancia. Izquierda: diagrama de correlaciones crecimiento/temperatura media mensual del aire. Derecha: diagrama de correlaciones crecimiento/precipitación total mensual (Fuente: Estación Meteorológica Observatorio).

Al relacionar el crecimiento de los árboles con los caudales históricos de los ríos cordilleranos que aportan en cuotas proporcionales el recurso hídrico para la irrigación del bosque urbano, las relaciones entre las variables fueron consistentes durante los últimos 50 años de registro; es decir a mayor caudal mayor crecimiento (Fig. 3).

La relación entre crecimiento, temperatura y precipitaciones mostró índices que reflejaron una dependencia directa a las precipitaciones de primavera-verano e inversa a las temperaturas del aire de verano respecto al crecimiento de los ejemplares en escalas de variación anual (Fig. 4).

Conclusiones y Discusión

Este estudio se enfocó bajo la premisa postulada por varios autores de que en la condición urbana y escenarios regionales de alta aridez variables como la disponibilidad hídrica inciden significativamente en el desarrollo vegetativo de los árboles (Bernatzky 1978; Miller 1997; McPherson 2004).

El objetivo principal de la Tesis fue contribuir al conocimiento sobre el crecimiento de árboles que integran el bosque urbano de la ciudad de Mendoza, involucrando la relación entre disponibilidad hídrica y crecimiento de especies juveniles en vivero y adultas plantadas en alineación bajo condiciones urbanas y periurbanas con distintas historias de riego.

Según la primera hipótesis, de las cuatro especies evaluadas, *M. alba*, *F. americana* y *P. hispanica* resultaron relativamente sensibles a estrés hídrico; mientras que *A. visco* -como especie nativa- resultó tolerante y de alto grado de adaptación a las condiciones de estrés hídrico impuestas. En función de estos resultados, del comportamiento ante condiciones de sequía y de algunas experiencias previas con esta especie (Dalmasso 2010) se concluye que *A. visco* bajo un riego deficitario moderado manifiesta una respuesta elástica para todas las variables de crecimiento. Esto permite su recomendación en la selección de especies arbóreas que por su comportamiento ante condiciones de sequía podrían ser incorporadas en las nuevas forestaciones de la ciudad de Mendoza.

De acuerdo con la segunda hipótesis planteada y en relación al ensayo con árboles adultos, se comprobó que la variabilidad en el ancho de los anillos de crecimiento de árboles urbanos se relaciona directamente a la disponibilidad hídrica en los suelos. Esto es también afirmado por Cedro y Nowak, 2006. Se comprobó que el crecimiento de *P. hispanica* en la ciudad puede ser explicado por los aportes hídricos por lluvias en la llanura y por los derrames históricos de ríos cordilleranos.

Las conclusiones alcanzadas han aportado al conocimiento de la ecofisiología y del crecimiento de especies forestales de uso urbano de modo de determinar cuotas de riego en base al uso racional del recurso hídrico y, adoptar criterios de selección de especies en función de una relación adecuada entre patrón de crecimiento y consumo hídrico. Estos aportes tienden a garantizar la presencia de forestaciones urbanas en zonas restrictivas y de alta aridez.

Agradecimientos

Al CONICET y la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica por la financiación a través de becas y el proyecto PICT 2415/2006. A.H. Debandi, G. Zalazar, A. Ripalta y E. Barrio por su colaboración durante los ensayos. A directores de tesis y becas, y a los revisores que enriquecieron este manuscrito.

Referencias

- Bernatzky, A. 1978. *Tree ecology and preservation*. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam, Holanda. 122 p.
- Cedro, A., Nowak, G. 2006. Effects of climatic conditions on annual tree ring growth of the *Platanus × hispanica* 'acerifolia' under urban conditions of Szczecin. *Dendrobiology* Vol. 55: 11-17.
- Clark, J.R., Kjelgren, R. 1990. Water as a limiting factor in the development of urban trees. *Journal of Arboriculture* Vol. 16: 203-208.
- Chen, Z., He, X., Cui, M., Davi, N., Zhang, X., Chen, W., Sun, Y. 2010. The effect of anthropogenic activities on the reduction of urban tree sensitivity to climatic change: dendrochronological evidence from Chinese pine in Shenyang city. *Trees* 2010. DOI 10.1007/s00468-010-0514-x
- Cook, E.R., Holmes, R.L. 1985. Program ARSTAN User Manual. Laboratory of Tree Ring Research, University of Arizona, Tucson, Estados Unidos.
- Dalmasso, A. 2010. Silvicultura Urbana. II Árboles apropiados para la provincia de Mendoza. Boletín de Extensión Científica. Instituto Argentino de Investigaciones de Zonas Áridas. Inca Editoria. 66p.
- Konijnendijk, C.C. 2005. Árboles y ciudades - Creciendo juntos. *Revista Agricultura Urbana* 13:1-7. <http://www.ipes.org/au>
- McCarthy, H.R., Pataki, D.E. 2010. Drivers of variability in water use of native and non-native urban trees in the greater Los Angeles area. *Urban Ecosystems* 13(4): 393-414.
- McPherson, E.G. 2004. Will there be Space for Trees in our Future? *Urban Forest Research* (Winter): 1-3.
- Miller, R. 1997. *Urban Forestry: Planning and managing urban greenspaces*. Second Edition. Prentice Hall. 502p.
- Whitlow, T.H., Bassuk, N.L., Reichert, D.L. 1992. A 3-year study of water relations of urban street trees. *Journal of Applied Ecology* 29: 436-450.

CLAUDIA F. MARTINEZ

Incidencia del déficit hídrico en forestales de ciudades oasis: Caso del área metropolitana de Mendoza, Argentina

Tesis Doctoral

Programa de Doctorado en Ciencias Biológicas – Universidad Nacional de Cuyo

Marzo 2011

Director: Fidel A. Roig; Codirector: J. Bruno Cavagnaro

Publicaciones resultantes de la tesis

- Martínez, C.F., Cantón, M.A., Roig, F.A. 2008. Dendrocronología y variabilidad hídrica en el crecimiento de árboles urbanos. Capítulo II Anillos de Crecimiento. En: Castro, M.A. (Coord.), *Bioindicadores de Contaminación Ambiental*, pp. 71-86. Editorial Dunken. Buenos Aires, Argentina.
- Martínez, C.F., Roig, F.A., Cavagnaro J.B., Cantón, M.A., Di Blasi, A.M. 2013. Effects of water deficit on urban forest growth in a dryland south american region. *Phyton. International Journal of Experimental Botany* 82(2013):151-160.
- Martínez, C.F., Cavagnaro, J.B., Roig, F.A., Cantón, M.A. 2013. Respuesta al déficit hídrico en el crecimiento de forestales del bosque urbano de Mendoza. Análisis comparativo en árboles jóvenes. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias* 45(2):47-64.