

BOSQUE URBANO: METODOLOGÍA DE DIAGNÓSTICO DEL ESTRÉS HÍDRICO. EL CASO DE CIUDADES OASIS DEL CENTRO-OESTE ARGENTINO

C. F. Martínez^{1,3}, F. A. Roig^{2,4}, M. A. Cantón^{2,3}

³Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda - Instituto Ciencias Humanas Sociales y Ambientales (LAHV INCIHUSA)

⁴Laboratorio de Dendrocronología - Instituto Argentino de Nivología y Glaciología (IANIGLA)

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

Centro Científico Tecnológico (CCT) Mendoza

Av. Ruiz Leal s/n Parque Gral. San Martín (5500) C.C.131

Tel. 0261-5244310 – Fax 0261-5244001 e-mail: cmartinez@mendoza-conicet.gov.ar

Recibido: 1-10-10; Aceptado: 30-10-10.

RESUMEN.- La sustentabilidad ambiental del modelo de ciudad-oasis de Mendoza, se fundamenta en la presencia y permanencia en el tiempo del bosque urbano. Dada la condición geográfica y climática del emplazamiento, el factor limitante lo constituye el recurso hídrico. Éste resulta imprescindible para el desarrollo vegetativo de los árboles, pero escaso en el tiempo e irregular en su distribución para el riego. Esta irregularidad propicia condiciones de estrés hídrico que afecta el vigor y la longevidad del bosque urbano. Para cuantificar la magnitud y el efecto de dicho estrés se aplica una metodología basada en la Dendrocronología Urbana. Este trabajo presenta la descripción metodológica aplicada en el estudio de casos y el análisis de anillos de crecimiento como herramienta de diagnóstico del estado vegetativo de los árboles bajo restricción hídrica. Los primeros resultados muestran una mayor correlación ($r = 0.46$) en el crecimiento de árboles de sectores menos intervenidos por el manejo forestal, a igual condición de riego.

Palabras claves: bosque urbano, diagnóstico, estrés hídrico, análisis dendrocronológico, Mendoza.

URBAN FOREST: DIAGNOSIS METHODOLOGY OF WATER STRESS. THE CASE OF OASIS'S CITIES IN ARGENTINA'S CENTER-WEST

ABSTRACT.- The environmental sustainability of Mendoza's urban model, is based on the presence and permanence of the urban forest. The geographical and climatic condition of the site limitate the availability of water resources. The water is essential for tree's vegetative growth, but their shortage and irregular distribution for irrigation is a problem. This irregularity facilitates conditions of water stress that affects the growth and longevity of the urban forest. To quantify the magnitude and effect of this stress, it is applied a methodology based on Urban Dendrochronology. This paper presents the analysis of growth tree-rings as a tool for diagnosis the vegetative state of trees under water restrictions. The first results show a higher correlation ($r = 0.46$) in the growth of trees in areas less disturbed by forest management, with the same irrigation condition.

Keywords: urban forest, diagnosis, water stress, dendrochronological analysis, Mendoza.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el desarrollo sustentable de las ciudades que considera el uso eficiente de los recursos del hábitat, tales como el suelo, el agua, la energía y el ambiente; constituye un área de vacancia donde el impacto de las decisiones de diseño y manejo sobre los componentes de los ecosistemas urbanos, repercute en los consumos energéticos de la ciudad.

En este contexto el sector residencial-comercial es particularmente intensivo en el consumo de energía, tanto de combustibles fósiles como de electricidad. El sector edilicio consume alrededor del 40% del total de la demanda de energía, en el caso de ciudades europeas (CEC, 1990). Los edificios son responsables del 18% de las emisiones de CO₂, 10% de las emisiones de CO, 6% de las emisiones de SO₂ y 4% de NO_x, todos ellos gases generadores del calentamiento global (CEC, 1996). Se establece además que

aproximadamente el 70% de la energía consumida por el sector edilicio se destina al acondicionamiento térmico de los espacios (CEC, 1995). En la última década se ha observado que para ciudades con más de 100.000 habitantes los consumos de energía en las horas pico se incrementan 1,5 a 2% por cada grado que se incrementa la temperatura, favoreciendo el efecto de isla de calor (Akbari et al, 1992).

Este panorama influye negativamente en el ambiente urbano, generando un microclima con características particulares, que no contribuyen al confort de los mismos como al de los habitantes que desarrollan sus actividades en él. En este sentido la incorporación de vegetación en los espacios urbanos ha sido concebida como una herramienta de mitigación de los diversos impactos negativos sobre el ambiente construido (isla de calor, contaminación ambiental y sonora, disminución del grado de confort, etc.).

La importancia de los árboles en la ciudad radica en sus numerosos aportes desde el punto de vista energético y ambiental, entre otros. Aquí se destaca la capacidad para reducir la temperatura del aire de 0,5 a 5°C (Boyer, 1979), mitigar las emisiones de CO₂ y la contaminación del aire dado que un bosque urbano puede secuestrar del aire 1,2tn/día de CO; 3,7 tn/día de SO₂, 4,2 tn/día de NOx; 10,8tn/día de O₃ y 8,9 tn/día de particulado menor de 10 micrones (Nowak, 2002). Además la humectación del aire por efecto de la transpiración y la atenuación de la condición de aridez debido al mayor contenido de humedad del aire en verano (6,8 a 14 g/Kg), suponen una reducción de las cargas térmicas y los ahorros energéticos asociados (Correa, 2006).

Mendoza y su área metropolitana (AMM), conforma la quinta aglomeración de la República Argentina con más de un millón de habitantes y un aumento de su población urbana del orden del 14 % para la última década. Situada en el principal oasis irrigado de la provincia, el Oasis Norte, sus características climáticas muestran un alto índice de aridez, elevada heliofanía, escasa frecuencia e intensidad de vientos y precipitaciones promedio de 250mm/año.

Desde el punto de vista urbanístico la configuración de la ciudad es el resultado del diseño de un modelo donde el paisaje natural y el ambiente antropizado se superponen conformando un mosaico en el que la inserción de espacios verdes y vegetación en sus diversas expresiones –arbórea, arbustiva, cespitosa- es el elemento que amalgama dicho mosaico. En este contexto el *bosque urbano* entendido como la suma total del recurso vegetal que crece en áreas urbanas - parques, plazas, patios y arbolado vial-, tiene una importancia sustantiva por ser el componente que sustenta el modelo de ciudad desarrollado (Fig. 1).

Es decir, la sustentabilidad ambiental del AMM depende de la sustentabilidad de su bosque urbano. Dada la condición geográfica y climática de inserción de la ciudad, donde la aridez es el factor común, la sustentabilidad del bosque urbano depende casi exclusivamente del recurso hídrico.

El agua es la fuente limitante primaria para el crecimiento de la vegetación en zonas de ambientes áridos (Le Houerou et al., 1988; Leffler et al., 2004).). Para muchos autores, la importancia y desarrollo de las ciudades está dada por la cantidad y aprovechamiento del agua disponible, y éste representa una medida de progreso y sustentabilidad, fundamentalmente en ciudades emplazadas en climas secos.

El balance hídrico del oasis norte muestra el mayor déficit de abastecimiento de agua de la provincia. Esto surge de confrontar la demanda total de agua para todos los usos – productivo, industrial, agua potable para consumo humano y uso urbano-, con el derrame medio de los caudales superficiales del Río Mendoza, los cuales deben ser complementados con importantes volúmenes de agua subterránea.



Fig. 1: Configuración urbana de Mendoza.
Bosque urbano.

La presencia de bosques urbanos situados en estas zonas con déficit hídrico obedece por tanto, a la disponibilidad de agua para su irrigación; sin la cual se compromete el crecimiento de los árboles y su permanencia en el tiempo en un hábitat con características distintas a su ecosistema de origen (sellamiento del suelo, escasez de nutrientes, polución ambiental, intervenciones reiterada por podas, vandalismo etc). Por tanto un manejo criterioso e integrado del bosque urbano en zonas áridas y semiáridas, propiciará ciudades energética, económica y ambientalmente sustentables, que contribuyen a la sustentabilidad regional, nacional y global.

Recurrir a disciplinas como la ecología urbana y la silvicultura orientadas específicamente a entornos urbanos (Malagnoux, 2007), aportan herramientas que permiten atenuar los impactos negativos de la acelerada urbanización en las zonas de referencia. El desarrollo de estos campos científicos permite contar con estrategias y herramientas que desde la interdisciplinariedad facilitan la comprensión y el abordaje integral de la problemática.

El panorama descripto sumado a un sistema de riego de baja eficiencia promueve condiciones de estrés hídrico que da lugar a reducciones en el crecimiento y vigor de los árboles frente al ambiente urbano donde vegetan. En este contexto un diagnóstico adecuado de su estado vegetativo permite una optimización de su manejo, garantiza su presencia a largo plazo y en consecuencia, contribuye al ahorro energético resultante de los menores consumos en los interiores de los edificios.

Los árboles son capaces de registrar los fenómenos ambientales del medio que los rodea y la dendrocronología interpreta dichos registros a partir del estudio de la química o estructura de sus anillos anuales de crecimiento (Joss, 1987). Permite además, determinar patrones y procesos inherentes al árbol como a la influencia del ecosistema antropizado y las variables ambientales que afectan el crecimiento. El bosque urbano del Mendoza presenta, desde hace un tiempo, notables signos de deterioro debido a distintos factores, entre ellos la restricción del recurso hídrico o la baja eficiencia en su sistema de irrigación

En este trabajo se presenta la metodología de diagnóstico del bosque urbano mediante análisis dendrocronológico. Se describen los aspectos abordados respecto a la toma de muestras de madera, datación y medición de los anillos de crecimiento, y los resultados obtenidos de la evaluación de casos. El objetivo principal es estimar el grado de influencia de la variabilidad del recurso hídrico en el vigor y crecimiento forestal a partir de la relación entre anillos de crecimiento y variables ambientales.

El conocimiento con mayor profundidad de estas temáticas permitirá un uso más sustentable de los recursos forestales e hídricos en el sistema urbano, y por consiguiente, tender a la sustentabilidad del medio.

2. METODOLOGÍA

Para diagnosticar el estado vegetativo del arbolado urbano y la incidencia de las variables ambientales en su crecimiento, existen distintas metodologías de análisis (Mattheck & Breloer 1994; Sterken, 2004; Martínez, 2008). Este trabajo aborda el diagnóstico mediante análisis de anillos de crecimiento como metodología válida e incipiente basada en las técnicas aportadas por la Dendrocronología Urbana.

Se presenta la descripción y el desarrollo metodológico del análisis dendrocronológico, dado que el muestreo mediante estas técnicas es una estrategia adecuada para calificar el estado presente y pasado de los árboles que vegetan en las calles de la ciudad bajo distintas influencias ambientales (riego, contaminación, fuego, etc.).

2.1 Selección de casos de estudio y diseño del muestreo

Los casos de estudio se definen a partir de la caracterización de las variables urbanas (ancho de canal vial, orientación, densidad constructiva, flujo vehicular) y la determinación de escenarios de análisis. En el contexto de dichos escenarios se seleccionan *cuadras urbanas* como unidades muestrales y, cada una de las veredas como subunidades muestrales. La principal característica buscada en las unidades muestrales

seleccionadas, es la condición diferencial de riego, ya que permite mostrar la influencia de una de las variables fundamentales en el crecimiento de los árboles.

Del conjunto de especies forestales que conforman el bosque urbano del AMM, se seleccionaron ejemplares adultos en alineación de calles correspondientes a *Plátano* (*Platanus hispanica* Tend), de alta representatividad cuantitativa (19,8%) en el microcentro y área de alta densidad edilicia, como también por ser una especie arbórea de gran valor patrimonial, longevidad extendida y poseer buena visualización de sus anillos de crecimiento.

Los casos elegidos siguiendo estos criterios y su caracterización se describen en la Tabla 1.

Tabla 1: Descripción de los casos de estudio.

ESPECIE FORESTAL	Caso 1: calle Montevideo N°500-600	Caso 2: calle Gutiérrez N°200-300	Caso 3: calle España N° 900-1000
Platanus hispanica Tend. <i>plátano</i>			
Orientación del canal vial	E-W	E-W	N-S
Densidad constructiva	Alta a Media (4 m ² /m ³)		
Densidad de plantación	12 a 15 árboles por vereda. 24 a 30 árboles por cuadra		
Condición de riego	Riego suficiente	Riego suficiente	Riego irregular

2.2 Extracción de muestras.

En la figura se observa cómo se extraen las muestras. Se seleccionan aleatoriamente doce árboles por cuadra, ejemplares adultos en alineación, de estado sanitario aceptable, evitando en la medida de lo posible, las cicatrices por fuego en la base de los troncos, producto de antiguas quemaduras de hojas. Luego se procede a la toma de muestras de madera mediante barrenos de incrementos, se extraen dos muestras por árbol en radios opuestos. Esto suma 24 muestras por caso y 72 muestras en total.

Las muestras se colocan en tubos portantes con su correspondiente código de identificación y en planillas adjuntas se hacen todas las observaciones pertinentes al árbol y al sitio donde crece.

Extraída la muestra se procede a sellar el orificio resultante (< 4mm de diámetro) con un producto a base de cobre para evitar el ingreso de patógenos y estimular una rápida cicatrización.

2.3 Preparación de muestras y datación de anillos

Una vez realizada la colecta de muestras a campo, se procede al montaje de las mismas en portamuestras, luego se realiza el pulido y posteriormente la datación o fechado.

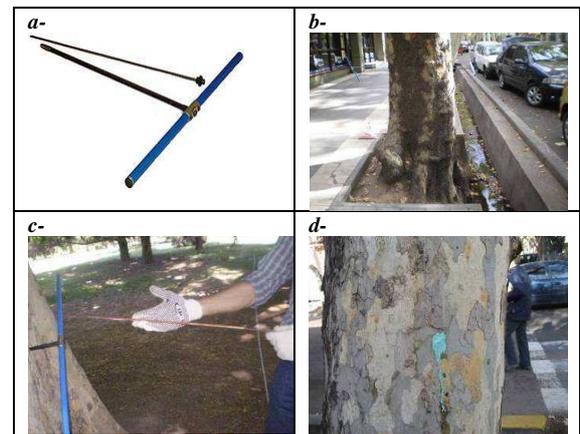


Fig. 2: a-Barreno de incremento. b-Selección del árbol a muestrear. c-Extracción de muestra. d- Sellado del orificio.

El equipamiento necesario para estos procedimientos consta de: portamuestras, cola vinílica, lápiz de grafito, tijera, cuchilla de corte, hilo de algodón o cinta de enmascarar, varilla de hierro para la extracción de las muestras de barreno de los tubos portamuestras.

2.3.1. Montaje.

La figura 3 muestra el protocolo a seguir para esta tarea: 1- Remoción de las muestras del tubo portante.

- 2- Identificación del portamuestras a montar, con el código de cada muestra.
- 3- Pegado de la muestra en el canal del portamuestras teniendo la precaución de que las células de vasos queden verticalmente alineadas respecto al portamuestras, para una correcta visualización posterior.
- 5- Ajuste de las muestras mediante hilo de algodón o cinta de enmascarar.
- 6- Aplicación de presión a toda la muestra por 24 horas, en un lugar fresco y ventilado.
- 7- Cuando las muestras están secas, se encuentran listas para su posterior proceso de pulido o corte transversal.



Fig. 3: Protocolo del montaje: pegado sobre portamuestras, ajuste con cinta y aplicación de presión.

2.3.2. Pulido

Como se observa en la figura 4, la preparación de la superficie transversal de cada muestra de madera, se realiza mediante el pulido con lijas de grano de tamaño progresivo (40 a 400 granos por unidad de superficie). Esta tarea puede hacerse con lijadoras manuales o mecánicas –de banda u orbitales–.

Se comienza por lijas de mayor tamaño de partícula (40, 60, 80) para aplanar la muestra y la terminación del pulido se logra con lijas grano 120 hasta 400, 600 o en casos especiales hasta 1200.

Pulida la muestra, los residuos se limpian con aire a presión, para evitar interferencias luego en la observación con lupa.

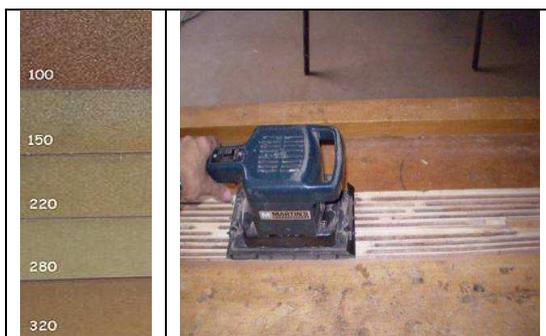


Fig. 4: Pulido con lijas de grano sucesivo y lijadora mecánica.

2.3.3. Inspección bajo lupa estereoscópica de mesa.

Las muestras pulidas están en condiciones de ser observadas bajo lupa estereoscópica; en esta instancia las variables medibles en los anillos de crecimiento se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2: Variables medibles en los anillos de crecimiento.

a-	Ancho total del anillo
b-	Ancho del leño temprano
c-	Ancho del leño tardío
d-	Densidad media del anillo
e-	Densidad media leño temprano
f-	Densidad media leño tardío
g-	Densidad mínima
h-	Densidad máxima
i-	Área de vasos
j-	Número de vasos
k-	Área de parénquima/fibras
l-	Numero radial de traqueidas
m-	Composición isotópica (estable/inestable)
n-	Composición mineral (EDX)
o-	Ángulo fibrilar (rayos X)

2.3.4 Datación o fechado y medición de anillos (Fig. 5)

En la figura 5 se observa que en primer lugar se procede a la datación o fechado de las muestras, siguiendo los pasos que se enumeran a continuación:

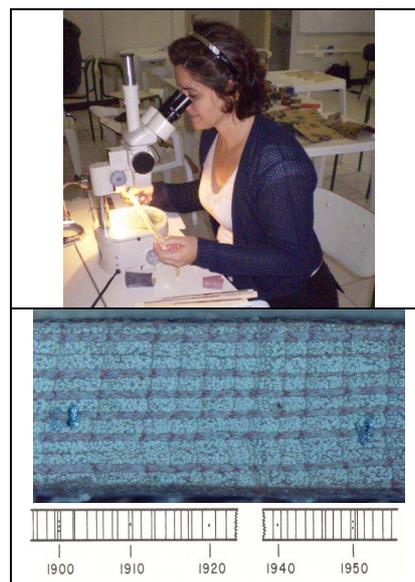


Fig. 5: Observación con lupa. Fechado de anillos de plátano y su identificación cada 10, 50 y 100 años.

1. Control de la orientación de la muestra.
2. Con grafito de una punta fina, marcar con un punto (.) el anillo cada 10 años.
3. Cada 50 años de vida del árbol, marcar el anillo correspondiente usando dos puntos (:)
4. Cada 100 años usar tres puntos.
5. Anillos falsos, fluctuaciones de densidad, anillos de congelamiento o cualquier otro detalle de interés deben ser anotados en la muestra o portamuestras para facilitar las posteriores tareas del co-datado.

La datación de los anillos de crecimiento se realiza siguiendo técnicas tradicionales usadas en dendrocronología (Stokes & Smiley, 1968). Para el Hemisferio Sur el año dendrocronológico no coincide con el año calendario, dado que la estación de crecimiento es compartida por dos años: se inicia en octubre-noviembre del año t y finaliza en febrero-marzo del año t+1. En este caso por convención (Schulman, 1956), el año dendrocronológico corresponde al año en que el crecimiento se inició.

Cumplida la etapa de fechado, se realiza la medición de los anillos con una medidora Velmex acoplada a una computadora. Las mediciones se inician desde la medula hacia la corteza y tienen una resolución de centésima de milímetro. La lectura debe hacerse en una línea imaginaria perpendicular al límite del anillo.

En estudios de precisión, las medidoras de paso y medición electromecánica usualmente registran anchos de anillos con resolución entre 0.01-0.001 mm.

El control de la datación o co datado se realiza según comparaciones gráficas de programas computacionales específicos -COFECHA (Holmes 1983)- para el análisis estadístico de las series de mediciones resultantes. La construcción de las cronologías de índice de crecimiento se realiza con el programa ARSTAN (Cook, 1985). Estas series cronológicas y su tratamiento estadístico conjunto con variables ambientales tales como caudales de ríos, precipitaciones, temperaturas, etc., permite realizar un diagnóstico presente y pasado del crecimiento de los árboles.

3. RESULTADOS

El análisis de las muestras correspondientes a los tres casos de estudio planteados manifiestan comportamientos semejantes, por tanto se presentan los resultados y las curvas obtenidas para el Caso 1: calle Montevideo N° 500-600.

En la inspección bajo lupa de mesa se observó que la madera presenta buena visibilidad de los anillos de crecimiento, distinguibles por la combinación de diferencias en la porosidad, ensanchamiento y pigmentación de radios vasculares, y fibras de paredes engrosadas en el leño tardío.

Al comparar simultáneamente los índices de crecimiento correspondientes a las dos subunidades muestrales -Norte y Sur-, se observa que los mismos comparten períodos con mayor o menor similitud en los patrones para los siguientes períodos:

Período 1920-1940	$r = 0,02$
Período 1941-1960	$r = 0,17$
Período 1961-1980	$r = 0,01$

Período 1981-2006 $r = 0,46$

La mayor correlación se da para los sectores menos intervenidos por el manejo forestal.

Según el ancho de los anillos observados se ve que en el período 1910-1920 hay un gran crecimiento, a diferencia del período 1980-1990 donde se observa un crecimiento reducido por el escaso espesor de los anillos (Fig. 6).

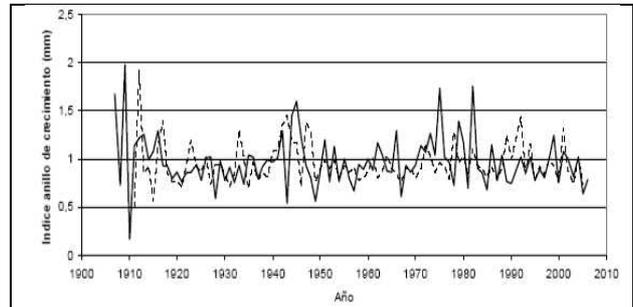


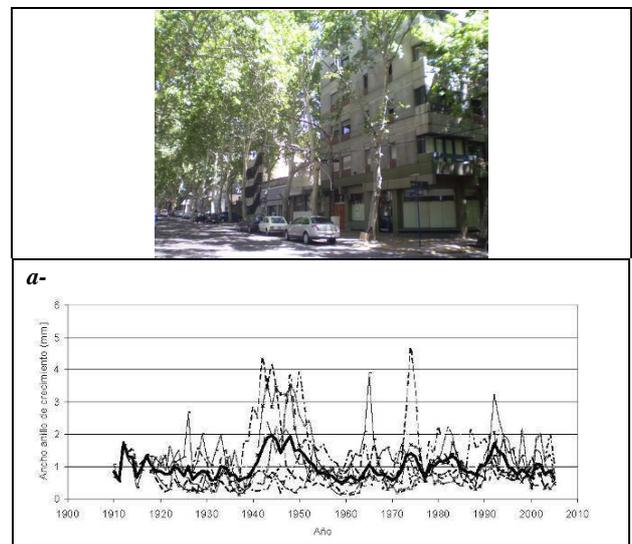
Fig. 6: Curvas de anillos de crecimiento correspondientes a árboles de la subunidad/ vereda NORTE (—) y de la subunidad/ vereda SUR (- - -).

El análisis para cada subunidad muestral indica lo siguiente:

3.1 Subunidad Norte

El coeficiente de correlación entre todos los árboles de la subunidad para el período 1910-2006 (97 años) es: $r = 0,18$. Esto indica que la variabilidad común entre árboles es muy baja y que más de un factor, han influido en la historia de crecimiento de los mismos (Fig. 7a).

Al comparar las curvas de crecimiento con los derrames anuales del río Mendoza se observa en general una buena correlación entre ambos, principalmente en los primeros 25 años (Fig. 7b). No obstante hay períodos de mayor crecimiento (1940-1950 y 1985-1995) en relación al caudal relevado. Esto puede deberse a suplementos de riego o aportes hídricos provenientes de filtraciones en la red de servicios domiciliarios, dado que las precipitaciones de esa década no superan los 160mm.



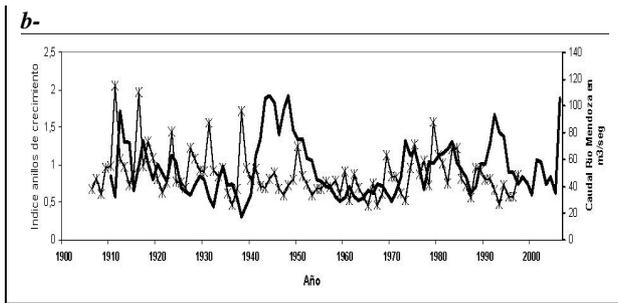


Fig. 7: a- Curvas de anillos de crecimiento correspondientes a los árboles de la subunidad/vereda NORTE. b- Caudales del Río Mendoza (---*---) vs. Índice de crecimiento.

3.2 Subunidad Sur

En esta subunidad el coeficiente de correlación para el período 1903-2006 (104 años) en comparación con la subunidad norte presenta un valor superior: $r = 0,46$. Esto evidencia mayor similitud e implicaría que una limitante en particular ha tenido mayor incidencia en la variabilidad del crecimiento observada para este sitio, tal como se observa en la figura 8a.

En relación a los derrames anuales del río Mendoza se observan comportamientos similares a los descritos para la subunidad norte, según muestra la figura 8b.

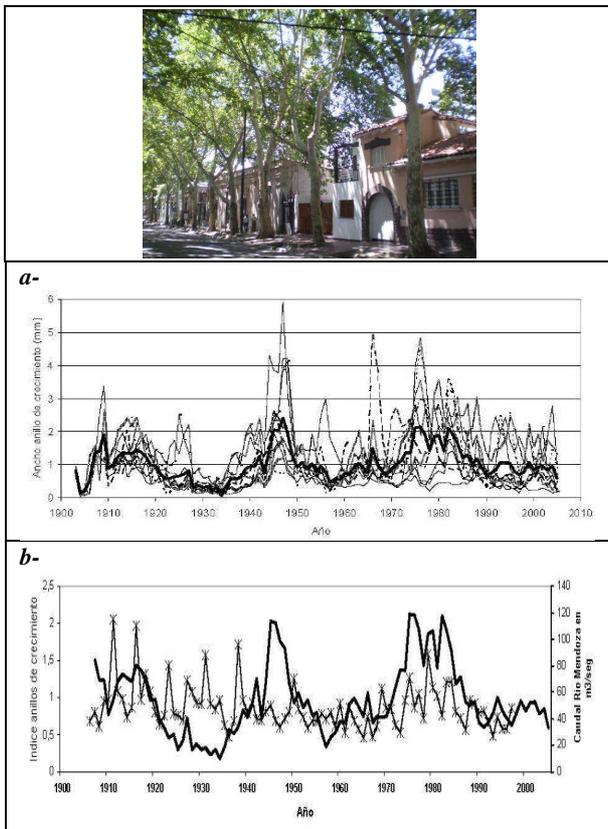


Fig. 8: a- Curvas de anillos de crecimiento correspondientes a los árboles de la subunidad/vereda SUR. b- Caudales del Río Mendoza (---*---) vs. Índice de crecimiento.

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos del tratamiento estadístico muestran un comportamiento diferencial según veredas (subunidad muestral). Se observa que el crecimiento es función del aporte hídrico, de diversas influencias debidas al manejo forestal (podas de conducción, poda de mantenimiento para la convivencia con los servicios de cableado aéreo, quema de hojas en la base del fuste) y de la orientación del canal vial como de la exposición solar de cada una de las subunidades muestrales.

La comparación entre subunidades afectadas por distintas prácticas de riego es útil para evaluar los niveles de resistencia de los árboles al estrés hídrico y para el diseño de planes más eficientes de gestión del arbolado urbano, dado que la mayor correlación se da para los sectores menos intervenidos por el manejo forestal.

Se observa una buena relación entre el crecimiento y el derrame anual del Río Mendoza. Ante escenarios futuros de falta de agua de riego es probable que estas respuestas del crecimiento afecten la sobrevivencia de los árboles evaluados.

La selección de especies forestales de mayor tolerancia a factores ambientales considerados limitantes al crecimiento es un desafío. Un mayor conocimiento sobre estos tópicos permitirá asegurar la permanencia de los árboles en la ciudad, preservando la calidad del ecosistema urbano.

Platanus hispanica es una especie sensible a la escasez hídrica y lo refleja en el crecimiento, particularmente en la variabilidad del ancho de sus anillos.

El análisis dendrocronológico aplicado a árboles de entornos urbanos, demuestra ser una metodología de diagnóstico efectiva y precisa para evaluar el estado vegetativo y la influencia de las variables ambientales en el crecimiento del bosque urbano.

5. FUTURAS INVESTIGACIONES

En etapas futuras se correlacionarán las cronologías de los ejemplares estudiados con los caudales efectivos entrantes a la ciudad que corresponden a los canales terciarios y cuaternarios derivados del Río Mendoza, para dar mayor precisión a los resultados obtenidos entre las dos variables consideradas: crecimiento y aporte hídrico efectivo.

Otras variables a contemplar son: demanda atmosférica/humedad relativa, precipitaciones y temperatura.

REFERENCIAS

- Acelrad, H. (1999). Sustentabilidad y ciudad. Revista Latinoamericana de Estudios Urbano Regionales EURE. N° 74: 36-46.
- Akbari H., Davis S., Dorsano S. Huang J. and Winert S. (1992). Cooling our Communities- US Environmental Protection Agency, Office of Policy Analysis, Climate Change Division.
- Barton, J. (2006). Sustentabilidad como planificación estratégica. Revista Eure (Vol. XXXII, N° 96), pp. 27-45. Santiago de Chile.
- Boyer, P. (1979). L'arbre, un des remèdes aux pollutions et nuisances urbaines. Ph. 3eme. Congres Mondial de

- l'Union Internationale des Associations D'Ingenieur Forestiers.
- CEC, (1990-1994-1996). Passive solar energy as a fuel. The Commission of the European Communities. Brussels
- Cook, E.R. & R.L. Holmes. (1984). Program ARSTAN User Manual. Laboratory of Tree Ring Research, University of Arizona, Tucson, USA.
- Correa, E.; de Rosa C. and Lesino, G. (2006). Impact of the urban design strategies on the urban climate in arid regions. The case of Mendoza's Metropolitan Area, in Argentina. "Living in Deserts: Is a sustainable urban design still possible in Arid and hot regions". Ghardaïa, Algeria.
- Holmes, R.L. (1983). Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree Ring Bulletin* 43: 69-78.
- IERAL,2005 – Indicadores de Electricidad, Gas y Agua (EGA).
http://www.bolsamza.com.ar/ieral/ieral_completa.htm
- Joss, K. (1987). Urban Dendrochronology. Proceedings of the International Symposium on Ecological Aspects of Tree-Ring Analysis. New York. Pp 426-429.
- Leffler, C. Y et al. (2004). Gas exchange and growth responses of the desert shrubs *Artemisia tridentata* and *Chrysothamnus nauseosus* to shallow- vs. deep-soil water in a glasshouse experiment, *Environmental and Experimental Botany* 51: 9–19.
- Le Houérou HN, Bingham RL, Skerbek W (1988) Relationship between the variability of primary production and the variability of annual precipitation in world arid lands. *Journal of Arid Environments* 15:1–18.
- Malagnoux, M.; Sène, E.; Atzmon, N. 2007. Bosques, árboles y agua en las tierras áridas: un equilibrio delicado. *Unasyuva* 229, Vol. 58: 24-29.
- Martinez, C.; Roig, F.; Cavagnaro, B.; Cantón, A. (2008). Arbolado urbano: impacto del estrés hídrico en el crecimiento de forestales jóvenes de uso común en ciudades áridas, Mendoza, Argentina. *Revista AVERMA*. Cap. 1, 33-36.
- Mattheck C., Bethge K. & West P.W. (1994) Breakage of hollow tree stems, *Trees, Struct Funct* 9:47–50
- Meadowcroft, J. (1999). "Planning for sustainable development: what can be learned from the critics?" Kenny, M. y J. Meadowcroft (eds.), *Planning sustainability*. London: Routledge, 12-38.
- Nowak, D. (2002). Understanding and Quantifying Urban Forest Structure, Functions and Value. 5th Canadian Urban Forest Conference. 7-9 October 2002. Region of York, Notario.
- Sterken, P. (2005). A Guide For Tree-stability Analysis" - ISBN: 9090193.