

RASGOS ANATÓMICOS ASOCIADOS AL ESTRÉS HÍDRICO EN CARBÓN VEGETAL ARQUEOLÓGICO, VALLE DE AMBATO (CATAMARCA), FINES DEL PRIMER MILENIO

María Bernarda Marconetto

CONICET. Museo de Antropología, Facultad de Filosofía y Humanidades, Universidad Nacional de Córdoba, Av. H. Yrigoyen 174, 5000 Córdoba; marconet@ffyh.unc.edu.ar

Abstract. Marconetto, M. B. 2009. Anatomical features associated with water deficiency on archaeological vegetal charcoal, Ambato Valley (Catamarca), end of the First millennium. *Darwiniana* 47(2): 247-259.

This paper proposes the observation of anatomical features associated with water deficiency in wood as paleoenvironmental indicator. The analysis was applied to charcoal recovered in late archaeological contexts of Aguada in Ambato Valley, Catamarca (Argentina). Based on the correlation between the anatomical structure of wood and the habitat, the observations were done on present-day and archaeological samples of *Geoffroea decorticans*. Results show arid conditions in the study area at the end of the first millennium.

Keywords. Abandonment processes, anatomical features, charcoal, Norwestern Argentina, paleoenvironment.

Resumen. Marconetto, M. B. 2009. Rasgos anatómicos asociados al estrés hídrico en carbón vegetal arqueológico, Valle de Ambato (Catamarca), fines del primer milenio. *Darwiniana* 47(2): 247-259.

El presente trabajo propone la observación de rasgos anatómicos ligados a deficiencia hídrica en leñosas como indicador paleoambiental. El análisis fue aplicado a carbón vegetal arqueológico recuperado en contextos finales de la ocupación Aguada del Valle de Ambato, Catamarca (Argentina). Sobre la base de la correlación entre la estructura anatómica de la madera y el tipo de hábitat, se realizaron observaciones en muestras actuales y arqueológicas de *Geoffroea decorticans*. Los resultados indican que condiciones más secas que las actuales debieron operar en el área de estudio a fines del Primer milenio de la era.

Palabras clave. Caracteres anatómicos, carbón, Noroeste argentino, paleoambiente, procesos de abandono.

INTRODUCCIÓN

El estudio del final de la ocupación de los sitios arqueológicos es un tema central para la Arqueología. Tal es el caso del Valle de Ambato, Catamarca (Argentina) que presenta en su registro arqueológico contextos materiales que sugieren un abandono no planificado, en el que diversos factores concurrentes pudieron intervenir (Laguens, 2006). Estos sucesos, se dataron en un rango de edades radiocarbónicas entre 950 y 1100 AD (Marconetto, 2007).

Una de las particularidades que presenta el

registro arqueológico del Valle de Ambato es una significativa abundancia de carbón, resultado tanto de los incendios que afectaron a los sitios, como a estructuras de combustión (Marconetto, 2008). Esta peculiaridad nos permitió aplicar una metodología que posibilita caracterizar las condiciones ambientales operantes en los últimos momentos de la ocupación de los sitios.

Ha sido ampliamente discutida la dificultad de emplear, en ciertos casos, la identificación taxonómica de carbón arqueológico como indicador paleoambiental, dado que las especies leñosas utilizadas son el producto de prácticas de selección por

parte de grupos humanos (Shackleton & Prins, 1992; Piqué i Huerta, 1999). Esto ocurre particularmente en contextos tales como los recuperados en el Valle de Ambato, en donde las asociaciones florísticas presentes en los conjuntos analizados han sido explicadas en relación con las prácticas sociales locales (Marconetto, 2003, 2008). No obstante, es posible generar datos paleoambientales a partir de la estructura anatómica de los restos recuperados, en lugar de centrar el interés en las asociaciones florísticas de los conjuntos de carbón identificado.

En la actualidad se dispone de una serie de técnicas que brindan marcos de referencia paleoambientales con distintos niveles de precisión tanto a escala regional como temporal. Sin embargo, la principal dificultad encontrada, en términos arqueológicos, es el hecho de tener que extrapolar datos de escala regional y temporal amplia a un área puntual de trabajo.

La identificación de especies vegetales carbonizadas, así como también los datos acerca del polen, permiten tener información acerca de las asociaciones florísticas existentes en determinado momento en un área. El problema que surge es que, especialmente en zonas áridas y semiáridas, las asociaciones florísticas suelen estar constituidas por especies con buena adaptación a problemas de estrés hídrico, por lo que su presencia en el registro no daría cuenta de fluctuaciones de baja intensidad, enmascarando variaciones. Si bien las mismas no afectan a estos taxones en particular, pueden actuar sobre cultivos y pasturas provocando un impacto sensible en la economía de poblaciones humanas locales con su consecuente correlato en el registro arqueológico.

Diversos análisis empleando diferentes tipos de datos -sedimentos lacustres, núcleos de hielo, polen- han demostrado que fluctuaciones de diversa intensidad tales como períodos de mayor humedad o de aridez, se sucedieron a lo largo del Holoceno afectando a los Andes meridionales (Cardich, 1980; Markgraff, 1985; Fernández et al., 1991; Thompson et al., 1994; Grosjean et al., 1997; Baied, 1999; Valero Garcés et al., 2000). Algunos autores señalan un período muy marcado de aridez para lo que llaman el post 1000 AD. Se marca esta fluctuación como un momento crítico que debió generar graves consecuencias para las poblaciones que ocupaban el área Andina meridional en ese

período (Kolata, 1993; Ortloff & Kolata, 1993). Es importante señalar que este momento coincide con el fin de la ocupación Tiwanaku en Bolivia. Para el Noroeste argentino, González (1998) plantea como hipótesis la posibilidad de que ciertas causas ambientales se vinculen con el fin de las ocupaciones Aguada, que de hecho en nuestra zona de investigación no registra fechados mas allá del 1200 AD (Marconetto, 2007). Sin embargo no se dispone hasta el momento de estudios paleoclimáticos para el área Valliserrana para contrastar esta hipótesis, por lo cual el análisis propuesto puede resultar una herramienta útil a nuestros objetivos.

Contextos arqueológicos de abandono en el Valle de Ambato

El registro arqueológico de los contextos finales de los sitios Aguada excavados en el Valle de Ambato presenta indicadores que sugieren un abandono brusco, caracterizado por la presencia de las estructuras de habitación colapsadas, techos caídos con sus estructuras de madera carbonizadas. Dicho evento generó la rotura de piezas, algunas de ellas aún con contenido de frutos y material orgánico, sumado a una distribución de objetos en áreas de actividades como si estuvieran en uso, tales como conjuntos de vasijas, morteros y manos, fogones sin limpiar (Laguens, 2006). Según las dataciones radiocarbónicas absolutas, estos eventos en distintos sitios habrían tenido lugar alrededor del año 1000 ± 100 AD (Gordillo, 2005; Marconetto, 2007), lo cual sugiere que puede tratarse de un episodio contemporáneo.

Las muestras analizadas para el presente trabajo proceden de Piedras Blancas; sin embargo, este tipo de contexto ha sido registrado en otros sitios, entre los que se destaca La Iglesia de los Indios (Gordillo, 2005; Marconetto & Gordillo, 2008) y Martínez 2 (Juez, 1991).

Anatomía del leño y condiciones ambientales

Existe una relación entre la estructura anatómica de la madera de una especie y las condiciones ambientales de su hábitat. La correlación entre estas variables ha sido planteada por diversos

autores (Baas et al., 1983; Baas & Carlquist, 1985; Bradley, 1999; Carlquist, 1977, 1988; Lindorf, 1994; León, 2005; Yaman, 2008; Zimmermann, 1983, entre otros).

La disposición de las células en el tejido leñoso es la resultante de dos fuerzas de selección contrapuestas: la eficiencia conductora del agua y la seguridad en la conducción (Moglia & López, 2001). En sistemas áridos y semiáridos, las plantas se adaptan a la conducción de agua bajo presión negativa. Se observa entonces, como respuesta en la anatomía, que los elementos de vaso decrecen en diámetro, aumentan en frecuencia y/o se agrupan a fin de evitar el bloqueo en la conducción y el consecuente colapso por embolias y cavitación (Carlquist, 1988; Lindorf, 1994; Moglia & López, 2001). Varias investigaciones han demostrado que ejemplares de una misma especie, creciendo bajo diferentes condiciones ambientales, presentan variaciones en su anatomía (Castro, 1994; Moglia & Gimenez, 1998; Villagra & Roig, 1998; Laskowski, 2000; Barros et al., 2006).

La observación de estas variaciones de los caracteres anatómicos ha sido realizada a escala sincrónica analizando especies de diversos puntos del planeta (Baas & Carlquist, 1985). Sin embargo, no se ha aplicado a escala diacrónica realizando las observaciones sobre material procedente de contextos arqueológicos. No obstante, existen trabajos de anatomía ecológica aplicados a la Paleobotánica (Poole, 1994; Brea et al., 2005) aunque se trata de escalas temporales muy diferentes a aquellas que interesan en un trabajo arqueológico. Algo semejante sucede con los datos obtenidos a partir de estudios dendrológicos, ya que los mismos tienen un nivel elevado de resolución temporal (Villalba et al., 2003; Argollo et al., 2004). Exceptuando las regiones con presencia de árboles muy longevos, no hay secuencias que abarquen momentos tan tempranos como los que interesan en este trabajo; a esto se suma la baja posibilidad de recuperar secuencias de anillos bien conservadas en contextos arqueológicos.

Una forma de analizar la correlación entre la anatomía del xilema y el tipo de hábitat, evaluando caracteres cuantitativos, es el Índice de vulnerabilidad, determinado por Carlquist (1977). La fórmula propuesta por este autor contempla dos variables: el tamaño de los vasos en relación con la eficiencia en la conducción de agua y el número de

vasos, carácter que se vincula con la seguridad para realizar dicha conducción. Los valores más bajos de este índice en un mismo taxón indican condiciones más secas y los más altos condiciones de mayor humedad (Laskowski, 2000).

Desde lo cualitativo un indicador de estrés hídrico es el agrupamiento de poros a fin de evitar el riesgo de bloqueo en la conducción (Carlquist, 1984). En algunas familias se identificó un incremento en el número de vasos agrupados, proporcional a la sequía registrada en el sitio de estudio (Carlquist, 1966 citado en Moglia & Jiménez, 1998).

Considerando que ciertos rasgos cualitativos y cuantitativos en especies leñosas permiten establecer la correlación entre anatomía del xilema y el tipo de hábitat, los mismos se relevaron en cortes transversales del xilema de ejemplares de *Geoffroea decorticans* (Gill ex Hook & Arn.) Burkart del Valle de Ambato correspondientes a las condiciones ambientales actuales y a los momentos finales de la ocupación Aguada. A su vez se analizaron rasgos en muestras control tomadas de ejemplares de *G. decorticans* que crecen en un región de marcada aridez.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material actual-Tejido leñoso sin carbonizar

Antes de comenzar a evaluar rasgos ligados a condiciones ambientales en material arqueológico, se requirió de una colección de ejemplares correspondientes a una situación climática conocida -la actual- con la que comparar el material arqueológico.

Durante el otoño austral, se tomaron muestras con barreno forestal en ejemplares de Chañar (*G. decorticans*) que crecen en las distintas unidades de vegetación planteadas por De la Orden & Quiroga (1997) para el Valle de Ambato. Estas unidades se ubican en el fondo de valle, piedemontes y vertientes de las Sierras de la Graciana al Este y Ambato al Oeste que presentan diversidad en sus asociaciones florísticas y diferencias en el régimen pluvial, con medias anuales de precipitación entre 488,4 mm y 755,5mm (De la Orden & Quiroga, 1997) (Fig. 1). Se trabajó en las unidades en

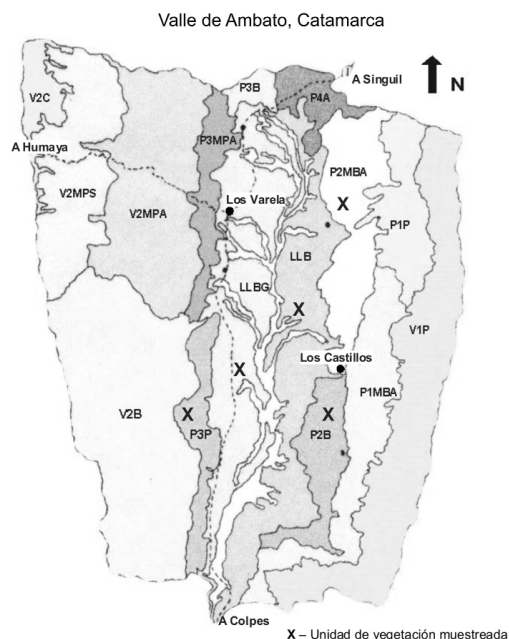


Fig. 1. Valle de Ambato, Catamarca. Unidades de vegetación planteadas por De la Orden & Quiroga (1997) en las que se tomaron muestras de material actual.

donde actualmente crecen ejemplares de *G. decorticans* denominadas: Llanura Boscosa (LLB), Llanura Bosque en Galería (LLBg), Piedemonte Occidental Inferior, Bosque con Arbustal (P2MBA), Piedemonte Occidental Inferior, Bosque Abierto (P2B) y Piedemonte Oriental, Pastizal con Arbustal (P3P). De estas unidades, la que presenta mayor nivel de humedad es P2MBA ubicada al NE del valle y la que presenta niveles más bajos es P3P al SO del mismo. Se muestrearon asimismo, ejemplares que crecen en condiciones de extrema aridez a fin de obtener muestras control en este tipo de situación pertenecientes a zonas cercanas a la localidades de San Martín y paraje El Quemado, al Sur de la Provincia de Catamarca (al N de las Salinas Grandes), cuyas precipitaciones alcanzan un máximo de 240 mm en época de lluvias (Dirección de Aguas de la Provincia de Catamarca) (Fig. 2).

La selección del taxón con el cual se trabajó responde al hecho de que las variables eco-anatómicas varían a nivel de especie y la madera carbonizada recuperada en contextos arqueológicos es en general factible de determinar a nivel de géne-

ro. Se seleccionó entonces un género recurrente en el registro arqueológico de nuestra área de investigación que tuviera una sola especie representada en la zona. El caso de *G. decorticans* cubría estas expectativas, si bien existe otra especie en Argentina, el "Manduvi-ra" (*Geoffroea striata* Morong.), árbol higrófilo que crece en los bosques húmedos al Este de Formosa y Chaco, Nordeste de Santa Fe y Noroeste de Corrientes (Giménez, 2004).

Las muestras se tomaron considerando variables tales como: edad, parte del ejemplar (rama o tronco), diámetro, estado sanitario, insolación, distancia al curso de agua, altitud y latitud, entre otras. Se barrenaron en total 56 ejemplares en distintas situaciones de crecimiento. Cabe destacar que los ejemplares sobre los que se realizó el muestreo no sufrieron daño al emplear esta metodología; el tejido leñoso se regeneró sin inconvenientes cicatrizando la marca de 5 mm de diámetro dejada por el barreno. Esto pudo constatarse unos meses más tarde en algunos de los árboles muestreados. Las muestras de barreno obtenidas son varillas de 5 mm de diámetro, semejantes a las empleadas en Dendrología en las que pueden distinguirse los anillos de crecimiento.

Se realizaron cortes con bisturí sobre los testigos extraídos con el barreno de modo que quedaran expuestos los anillos de crecimiento en corte transversal. Se observaron los rasgos anatómicos ligados al sistema de conducción con microscopio óptico de luz incidente. Se realizaron corridas de fotomicrografías a 100 X de aumento desde el sector externo del testigo, próximo a la corteza, hasta el centro. Para el presente análisis se seleccionó una muestra de 448 fotomicrografías sobre las que se realizaron las mediciones y la observación de rasgos cualitativos como el agrupamiento de vasos.

Con la ayuda de un "software" de morfometría, se realizaron mediciones sobre el área de 26770 células correspondientes a vasos, contando el número de dichos elementos por unidad de superficie. Se observó asimismo el tipo de agrupamiento de vasos (Wheeler et al., 1989).

Para evaluar el Índice de vulnerabilidad, se siguió la misma lógica de articulación de las variables ligadas a eficiencia y seguridad en la conducción propuesta por Carlquist (1977), aunque modificando el uso de algunos parámetros vinculados al programa de morfometría empleado (Motic Images Plus 2.0).

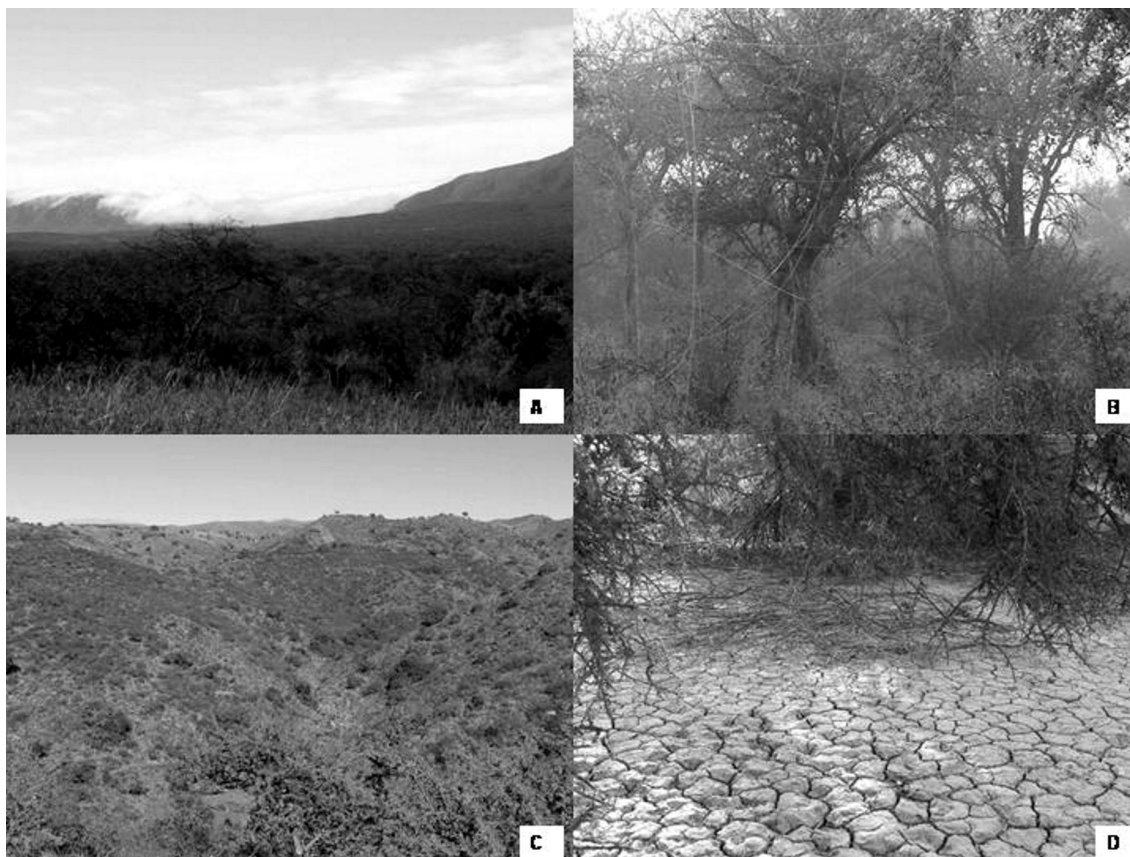


Fig. 2. Valle de Ambato, Catamarca. **A**, Piedemonte al NE, zona que registra mayor humedad por los vientos húmedos del E (P2MBA). **B**, fondo de valle, bosque en galería (LLBg) sobre Río de Los Puestos. **C**, vertiente occidental del valle, zona que registra la menor humedad (P3P). **D**, San Martín, zona de extracción de muestra control, condiciones de aridez.

Índice de vulnerabilidad:

$$IV = 10 \times (PAC \times AO) / NV$$

IV = Índice de Vulnerabilidad (modificado);
PAC = Porcentaje de Área destinada a la conducción (área de vasos); AO = Área observada; NV = Número de vasos; 10 = coeficiente.

Material actual-Tejido leñoso carbonizado

Dado que el escenario paleoambiental del Valle de Ambato se estima sobre la base del análisis de madera arqueológica carbonizada y partiendo de la idea de que la combustión afectaría los caracteres cuantitativos del tejido leñoso (Mc Guinness et al., 1971; Prior & Alvin, 1986; Prior & Gasson 1993;

Braadbaart & Poole, 2008), se seleccionó una submuestra para evaluar esta cuestión.

Los segmentos de las muestras de tejido leñoso fresco tomadas con el barreno fueron fotografiados y luego carbonizadas envueltas en papel aluminio en un fogón a cielo abierto. Se tomaron nuevas fotomicrografías del material esta vez carbonizado y se procedió a analizar las imágenes de las mismas células de la madera en ambos estados. Se optó por no trabajar con muestras promediadas sino rastrear rasgo por rasgo y evaluar las posibles variaciones. Para esto se realizaron mediciones sobre 997 células. Los efectos de la carbonización son diferentes dependiendo del taxón por lo cual se estimó conveniente un análisis particular de los caracteres del leño de *G. decorticans* empleado en este estudio.

Previo a este experimento, se consideró como

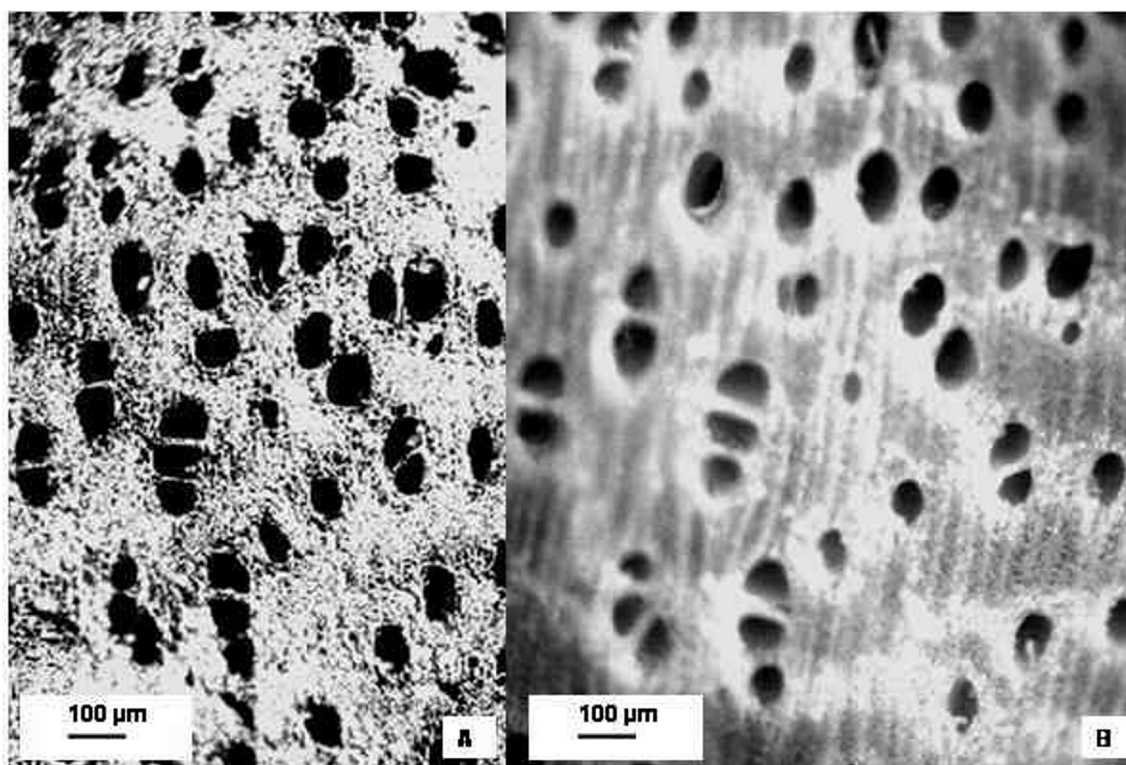


Fig. 3. Madera de *Geoffroea decorticans*, corte transversal. **A**, madera carbonizada. **B**, madera fresca. Se observa mayor cantidad de poros por unidad de superficie en material carbonizado.

hipótesis una potencial retracción en la superficie de los vasos. Se esperaba poder calcular el grado de retracción que experimentaría la superficie de los vasos luego de la combustión de modo de corregir así la fórmula empleada con el material actual no carbonizado. Se asumió que la carbonización afectaría sólo a una de las variables de la fórmula, el área de vasos, puesto que el número de vasos por unidad de superficie no se vería alterado. Sin embargo, al concluir la evaluación ocurría exactamente lo contrario.

La superficie de los poros de *G. decorticans* no se alteró en el caso del material estudiado, no obstante la carbonización actuó como factor de retracción sobre otras células (particularmente fibras) y, al contraerse el tejido intervascular, la variable alterada resultó ser el número de vasos por unidad de superficie (Fig. 3). Esto tiene un efecto sobre la fórmula del Índice de vulnerabilidad, puesto que la abundancia de vasos es un indicador ligado a la seguridad en la conducción y por ende a las condiciones de humedad imperantes durante el crecimiento del árbol.

Esta observación implicó entonces buscar un factor de corrección que permita comparar los datos obtenidos sobre madera actual en el valle de Ambato con los datos de material arqueológico carbonizado de la misma región. Con este fin se realizaron dos tipos de estimaciones:

1. Mediciones en áreas de tejido intervascular a partir de fotomicrografías correspondientes al material fresco y carbonizado. Se observó que al comparar el radio de dichas áreas, se conservaba el 81 % del tamaño original del tejido luego de la carbonización.

2. Mediciones en material fresco y carbonizado -sobre las mismas muestras en diferentes estados- y se aplicó la fórmula del Índice de vulnerabilidad. Sobre 997 mediciones, realizadas sobre 30 muestras diferentes, se observó que el índice en material carbonizado era menor que en el material fresco. Esto se debe a la mayor concentración de vasos en una misma unidad de superficie. La media de factores de corrección requeridos para equiparar el

material carbonizado con el fresco fue de 1,187 con un desvío estándar de 0,218.

Sobre esta base, se optó por aplicar un factor de corrección de 1,19 a las mediciones a realizar sobre material arqueológico carbonizado, a fin de que sea comparable con los valores actuales y su correlato de niveles de humedad.

IV (*G. decorticans* carbonizado) = $10 \times (\text{PAC} \times \text{AO} \times 1,19) / \text{NV}$

Material arqueológico carbonizado

Si bien en diversos contextos arqueológicos del Valle de Ambato abunda el carbón vegetal (Marconetto, 2003, 2005, 2008), se comenzó a aplicar el análisis propuesto sobre tejido xilemático correspondiente a los troncos carbonizados de *G. decorticans* que fueron empleados en la construcción del Recinto F, del sitio Piedras Blancas de la Estancia La Rinconada en el Departamento de Ambato, Catamarca (Marconetto & Gordillo, 2008).

Se seleccionó este material en particular, poniendo especial énfasis en los anillos externos puesto que serían los más próximos al evento de combustión y fin de la ocupación del sitio, fechado sobre dos muestras correspondientes a la enramada del techo incendiado en 1000 ± 70 AP y 920 ± 70 años radiocarbónicos AP (Marconetto, 2007). Se trata de 8 troncos de *G. decorticans* recuperados durante las excavaciones de los años 2004 y 2005, de los cuales se analizaron 73 muestras (fragmentos correspondientes a distintos anillos). Las mediciones en material arqueológico se hicieron sobre 3742 vasos.

El material actual coleccionado en el Departamento de Ambato, en las localidades de San Martín y El Quemado, Catamarca, así como también el material arqueológico analizado, se encuentran depositados en el Laboratorio de Arqueobotánica del Museo de Antropología de la Facultad de Filosofía y Humanidades, Universidad Nacional de Córdoba.

Material actual, Gf 1 a 76

Material arqueológico. PB Ch1, PB Ch 2, PB Ch 4, PB A 34, PB R36, PB 2936, PB S69, PB S59.

Tratamiento estadístico de los datos

Con el fin de establecer comparaciones en los valores medio del Índice de vulnerabilidad para las diferentes condiciones ambientales y debido a que los datos aportados por este índice no cumplen con el supuesto de normalidad de los residuos según la prueba de Shapiro Wilks ($r=0,96$; $p=0,001$), las comparaciones entre medias se efectuaron a través de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis a una vía de clasificación, siguiendo un modelo de efectos fijos con un arreglo unifactorial, con siete niveles (correspondientes a las 6 condiciones ambientales y la situación arqueológica) y en un diseño completamente aleatorio.

$y_{ij} = \mu + \zeta_i + \varepsilon_{ij}$; ($i=1$ a 7 ; $j=1$ a n muestras analizadas); y_{ij} = Es la j -ésima medición del Índice de vulnerabilidad bajo la i -ésima condición ambiental; μ = media general del Índice de vulnerabilidad; ζ_i = efecto de la i -ésima condición ambiental; ε_{ij} = término del error.

Asimismo, y a fin de evaluar las diferencias en los Índices de vulnerabilidad para los distintos ambientes, se establecieron comparaciones a "posteriori" de a pares entre las medias de los rangos del tratamiento. En el análisis de los datos se empleó el programa INFOSTAT (2002). El procedimiento usado para juzgar la significancia de las comparaciones múltiples es el descripto en Conover (1999).

RESULTADOS

Rasgos cualitativos

La descripción anatómica del leño de ejemplares actuales y arqueológicos de *G. decorticans* del Valle de Ambato se presenta en la Tabla 1. Si bien el trabajo se centró en el estudio realizado sobre caracteres observables en corte transversal, se añadieron a la descripción rasgos correspondientes a los cortes longitudinales que fueron tomados en cuenta en la determinación del material arqueológico (Marconetto & Gordillo, 2008).

En una primera evaluación del material se observan algunas variaciones interesantes entre el tejido leñoso actual y el arqueológico (Fig. 4) que apoyarían la hipótesis de que, condiciones de mayor aridez debieron operar en los momentos finales de la ocupación.

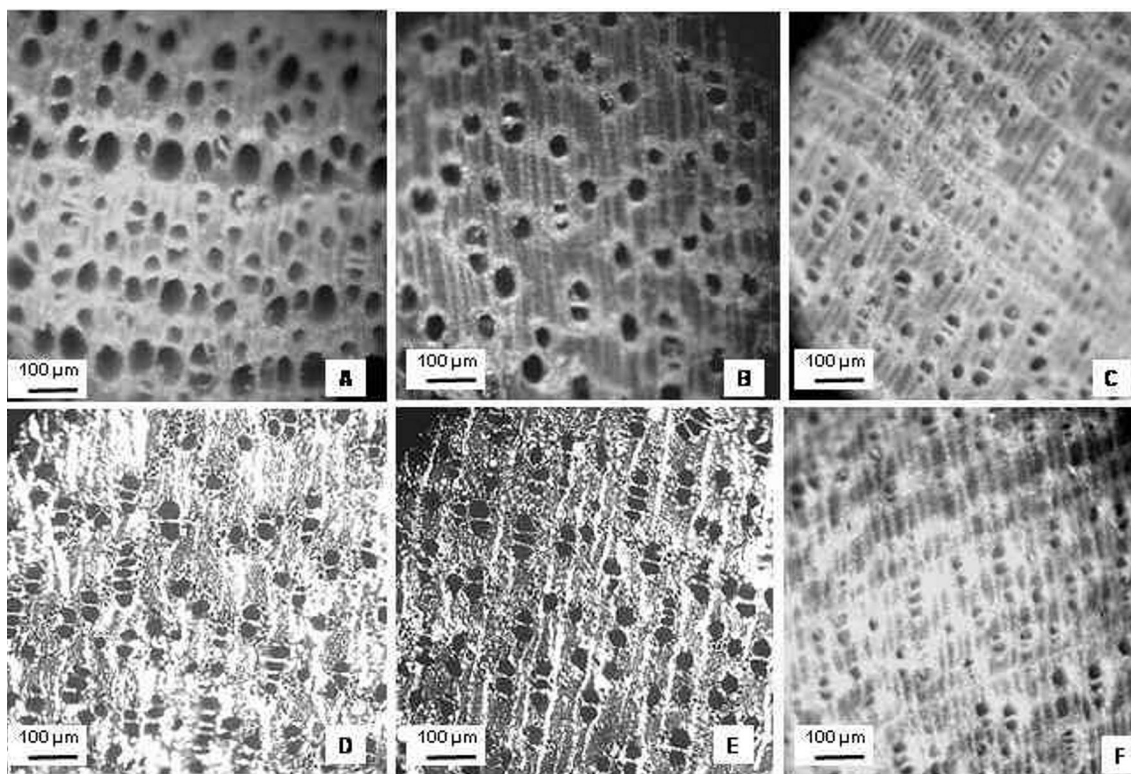


Fig. 4. Madera de *Geoffroea decorticans*, corte transversal. **A-B**, material actual procedente del Valle de Ambato (Catamarca), entre 488,4 y 755,5 mm de precipitaciones anuales. **C-F**, material actual procedente de localidades de San Martín y El Quemado (Catamarca), precipitación máxima 240 mm. **D-E**, material arqueológico, sitio Piedras Blancas, Dpto. Ambato (Catamarca).

Es destacable en las muestras arqueológicas observadas que los anillos de crecimiento se encuentran en algunos casos levemente demarcados o ausentes, lo cual podría estar indicando una estacionalidad menos marcada que en la actualidad. Asimismo, en cuanto al tipo de porosidad no se observa en el material arqueológico una diferencia muy marcada entre los vasos del leño primaveral y otoñal, como en el material actual coleccionado en la zona; esto podría asociarse con una estación lluviosa menos marcada. En el caso de los ejemplares arqueológicos, los poros son de contorno circular y elíptico y, si bien se observan solitarios, abundan los poros agrupados en series radiales de hasta 5 elementos. Esta es una diferencia sensible con respecto al material actual coleccionado en el Valle de Ambato, donde más del 70 % de los vasos son solitarios y al agruparse ocasionalmente, se presentan en series de 2 elementos. En el caso del material arqueológico observado los

vasos agrupados alcanzan el 50 % y las series radiales son de hasta 5 elementos.

Resultó a su vez llamativo el hecho de que los cortes realizados sobre muestras tomadas en localidades donde las precipitaciones son muy bajas (San Martín y El Quemado) presentaran también recurrencia en el agrupamiento de poros en series tangenciales de hasta 5 elementos. Este carácter se evidenció en todos los ejemplares muestreados en la zona árida, tanto jóvenes como añosos.

El aumento en la frecuencia y el agrupamiento de poros a fin de evitar el riesgo de bloqueo en la conducción han sido señalados por diversos autores. Por este motivo, es posible considerar que la observación de este rasgo en material arqueológico puede ser un indicador de una situación de deficiencia hídrica ocurrida hacia finales del primer milenio en nuestra área de investigación.

Tabla 1. Descripción anatómica del leño de *G. decorticans* actual y arqueológico procedente del Valle de Ambato, Catamarca.

Corte Transversal				Corte Longitudinal		
	Anillos	Porosidad	Arreglo de Vasos	Parénquima axial	C. L. Tangencial	C. L. Radial
<i>G. decorticans</i> Ejemplares actuales	Poco demarcados	Subcircular a Difusa	Solitarios 70 % Series radiales cortas (2 a 3 elementos) 30 %	Paratraqueal en estrechas bandas confluentes (2 a 6 células de alto). Ocasionalmente terminal en bandas de 1 a 2 elementos.	Sistema radial homogéneo. Radios uniseriados bajos (4 a 6 células de altura). Tendencia a la estratificación de radios.	Radios homocelulares, células procumbentes. Cristales de oxalato de calcio
<i>G. decorticans</i> Ejemplares arqueológicos	Poco demarcados o ausentes	Difusa a Subcircular	Series radiales cortas (2 a 5 elementos) 50 % Solitarios 50 %	Paratraqueal en estrechas bandas confluentes (2 a 6 células de alto). Ocasionalmente terminal en bandas de 1 a 2 elementos	Sistema radial homogéneo. Radios uniseriados bajos (4 a 6 células de altura). Tendencia a la estratificación de radios	Radios homocelulares, células procumbentes. Cristales de oxalato de calcio

Rasgos cuantitativos

Al comparar los resultados promediados del Índice de vulnerabilidad estimado en los ejemplares actuales coleccionados en el Departamento de Ambato, los de la zona control árida y el material arqueológico, se observa que en el material actual los valores fluctúan en relación con las condiciones de humedad de la zona en que fueron tomadas las muestras. Los promedios del índice varían entre 5,25 y 1,69. Por otra parte, los resultados de las mediciones efectuadas en material arqueológico, cuyas condiciones de crecimiento desconocemos, marcan una diferencia de -0,98 con respecto a P3P, la unidad de vegetación actual más árida del Ambato y de + 0,81 en relación con los ejemplares coleccionados en El Quemado y San Martín. El valor mínimo y el máximo de los índices tomados por muestra corresponden respectivamente a 0,66 (muestra paraje El Quemado, mayor sequía) y 9,89 (muestra P2MBA, mayor humedad). Este dato indica una alta variabilidad intraespecífica.

Luego del tratamiento estadístico de datos, en la Tabla 2, se evidencian diferencias significativas en el Índice de vulnerabilidad promedio en las diferentes condiciones ambientales representadas en las unidades de vegetación, según la prueba de Kruskal-Wallis ($p < 0,0001$) siendo significativamente menores los valores de Índices de vulnerabilidad de las especies que crecen en P3P, seguido de las especies localizadas en LLB. Asimismo, el Índice de vulnerabilidad de las especies que crecen en P2B no muestra diferencias significativas con respecto al de aquellas de LLBg y P2MBA. Los valores resultan consistentes con la pre-categorización realizada de las unidades ambientales del Valle de Ambato, ya que P3P, con el clima más seco y vegetación xerofítica, muestra un menor Índice de vulnerabilidad, asociado con la respuesta adaptativa de *G. decorticans* a la escasez de agua.

En el otro extremo del gradiente, P2MBA fue pre-categorizada como la unidad de vegetación de mayor exposición a la humedad, dada su proximidad

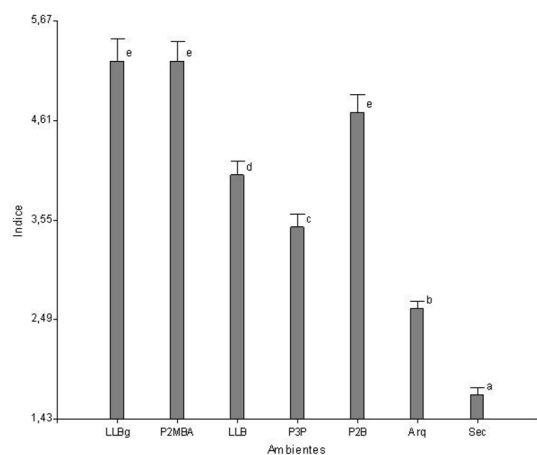


Fig. 5. Variaciones en el Índice de vulnerabilidad (media $\pm$ E.S.) de *G. decorticans* en diferentes unidades de vegetación, zona control seca (Sec) y material arqueológico (Arq).

dad a la región de las yungas. Este aspecto también se hizo evidente en la respuesta del Índice de vulnerabilidad, que adopta el máximo valor en los ejemplares que crecen en este ambiente.

En cuanto a la zona de extrema aridez (El Quemado y San Martín) se obtuvo un valor significativamente menor a todas las unidades de vegetación actuales del Valle de Ambato.

Finalmente los valores relevados para momentos prehispánicos en este Valle, puntualmente fines del primer milenio de la era, también arrojan valores significativamente diferentes a cualquier condición actual en el Valle de Ambato, aunque también presenta diferencias respecto a la zona seca de control (Fig. 5). Esto nos lleva a pensar que, si bien las condiciones de humedad en el Valle de Ambato debieron ser sensiblemente menores en el momento que nos ocupa, las mismas no alcanzaron el nivel de extrema aridez de la región tomada como control.

CONCLUSIONES

A partir de los estudios realizados, es posible afirmar que la técnica empleada es una buena herramienta para evaluar condiciones paleoambientales en contextos arqueológicos. En relación con el problema planteado -el fin de la ocupación

Aguada en el Valle de Ambato- los resultados han comenzado a aportar información sobre la situación ambiental en el momento del abandono.

Si bien el contexto general de abandono hace pensar en algún tipo de desastre o catástrofe, creemos que debemos analizar el final de las ocupaciones como un proceso y no un evento. Diversos factores ecológicos, económicos, políticos, sociales y demográficos, tanto endógenos como exógenos, pudieron operar y someter a los grupos humanos que habitaron en el Valle de Ambato hacia finales del primer milenio a una situación de vulnerabilidad, cuyo final conocemos como resultado, pero no como proceso.

En esta investigación acotamos la indagación a una hipótesis ligada al contexto paleoambiental. Entendemos las variables ambientales no como determinantes, sino como parte de una trama que puede poner a las poblaciones en una situación de fragilidad. Por este motivo, para lograr comprender los procesos que estamos estudiando, se considera necesario poner a prueba la hipótesis de una situación ambiental desfavorable.

Los resultados del presente trabajo posiblemente inviten a aceptarla. A partir de aquí resta analizar su rol ya sea como potencial disparador de una situación de estrés y vulnerabilidad social o como catalizador de conflictos o contradicciones preexistentes al interior de las poblaciones que ocuparon la región. Se destaca que las causas ligadas a lo ambiental no excluyen las dimensiones sociales, puesto que los grupos responden ante estas situaciones de manera diferente, dependiendo de variables culturales (Blaikie et al., 1996; Ensor et al., 2003).

Otra cuestión relevante es la naturaleza de los fuegos que afectaron la región a fines del primer milenio, cuya huella se observa en la mayoría de los contextos excavados (véase Marconetto & Gordillo, 2008). Si bien no se descartan posibles fuegos intencionales ligados tanto a potenciales conflictos como a prácticas sociales, ideológicas o simbólicas (Verthoeven, 2000), el vínculo entre sequías e incendios naturales ha sido tratado ampliamente en la bibliografía (Groesjean, et al., 1997; Whitlock, et al., 2003, entre otros) y es una línea sobre la que habrá que seguir indagando.

Asimismo, resta aplicar este tipo de análisis a restos de *G. decorticans* recuperados en otros contextos temporales (i. e. momentos más tempranos)

Tabla 2. Prueba de Kruskal-Wallis para el Índice de vulnerabilidad en siete situaciones analizadas.

Variable	Ambientes	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Índice	Arq	73	2,60	0,68	2,40	243,15	<0,0001
Índice	LLB	75	4,03	1,32	3,85		
Índice	LLBg	112	5,24	2,44	4,61		
Índice	P2B	67	4,70	1,58	4,44		
Índice	P2MBA	79	5,25	1,96	4,97		
Índice	P3P	65	3,48	1,13	3,46		
Índice	Sec		50	1,69	0,49	1,72	

Trat.	Medias	Ranks	
Sec	1,69	42,18	A
Arq	2,60	131,38	B
P3P	3,48	226,55	C
LLB	4,03	278,55	D
P2B	4,70	328,69	E
LLBg	5,24	343,93	E
P2MBA	5,24	355,97	E

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

del Valle de Ambato a fin de monitorear la existencia de fluctuaciones de humedad a lo largo de la ocupación.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue realizado con fondos del PICT 19/34558. El tratamiento estadístico fue realizado por el Dr. Gustavo J. Martínez, del Museo de Antropología (FFyH, UNC), a quien agradezco el haber dado sentido a una inmensa cantidad de datos. A Verónica Mors la colaboración en las mediciones, al Dr. Andrés Laguens y al resto de mis compañeros del equipo Ambato con quienes discutimos muchas de las ideas aquí vertidas. Asimismo, las sugerencias de los revisores.

BIBLIOGRAFÍA

- Argollo, J. C. Soliz & R. Villalba. 2004. Potencialidad dendrocronológica de *Polylepis tarapacana* en los Andes Centrales de Bolivia. *Ecología en Bolivia* 39(1): 5-24.
- Baas, P.; E. Werker & A. Fahn. 1983. Some ecological trends in vessel characters. *Iawa Bull.* 4: 141-160.
- Baas, P. & S. Carlquist. 1985. A comparison of the ecological wood anatomy of the floras of southern California and Israel. *Iawa Bull.* 6: 349-353.
- Baied, C. 1999. Distribución actual de matorrales altoandinos de *Polylepis* en los Andes centro-sur: Oscilaciones climáticas y el impacto de la actividad humana en el pasado, en C. Aschero, M. A. Korstanje & P. Vuoto (eds.), *Los tres reinos: prácticas de recolección en el cono sur de América*, pp. 129-139. Tucumán: Instituto de Arqueología y Museo, Universidad Nacional de Tucumán.
- Barros, C. F.; M. L. Marcon-Ferreira, C. Henriques Callado, H. Pinto Lima, M. Da Cunha, O. Marquete & C. Gonçalves Costa. 2006. Tendências ecológicas na anatomia da madeira de espécies da comunidade arbórea da reserva biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. *Rodriguésia* 57(3): 443-460.
- Blaikie, P.; T. Cannon, I. David & B. Wisner. 1996. *Vulnerabilidad: El entorno social, político y económico de los desastres*; Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina [on line]. <<http://www.desenredando.org>>. [Accessed November 2009].
- Braadbaart, F. & I. Poole. 2008. Morphological, chemical and physical changes during charcoalification of wood and its relevance to archaeological contexts. *Journal of Archaeological Science* 35: 2434-2445.
- Bradley, R. S. 1999. Dendroclimatology, en R. S. Bradley (ed.), *Paleoclimatology: Reconstructing climates of Quaternary*,

- pp. 397-436. International geophysics series (64). San Diego, USA: Academic Press.
- Brea, M.; S. Matheos, A. Zamuner & D. Gamuza. 2005. Análisis de los anillos de crecimiento del bosque fósil de Víctor Szlápeli, Terciario inferior del Chubut, Argentina. *Ameghiniana* 42(2): 407-418.
- Cardich, A. 1980. El fenómeno de las fluctuaciones de los límites superiores del cultivo en los Andes: su importancia. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* 14(1):7-31.
- Carlquist, S. 1977. Ecological factors in wood evolution: a floristic approach. *Am. Journ. Bot.* 64: 887-896.
- Carlquist, S. 1984. Vessel grouping in dicotyledon wood: significance and relationship to imperforate tracheary elements. *Aliso* 10(4): 505-525.
- Carlquist, S. 1988. *Comparative wood anatomy. Systematic, ecological and evolutionary aspects of dicotyledon wood*. Berlin: Springer series in wood science. Springer - Verlag.
- Castro, M. A. 1994. *Maderas argentinas de Prosopis*. Atlas anatómico. Buenos Aires: Presidencia de la Nación, Secretaría General.
- Conover, W.J. (1999). *Practical Nonparametric Statistics*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- De la Orden, A. & A. Quiroga. 1997. Fisiografía y vegetación de la Cuenca del Río Los Puestos, Departamento de Ambato, Catamarca. *Revista de Ciencia y Técnica* 4(4): 27-46.
- Ensor, B. E.; M. O. Ensor & G. W. De Vries. 2003. Hohokam Political Ecology and Vulnerability: Comments on Waters and Ravesloot. *American Antiquity* 68(1): 169-181.
- Fernández, J.; V. Markgraf, H. Panarello, M. Alberio, F. Angiolini, S. Valencio & M. Arriaga. 1991. Late Pleistocene/Early Holocene environments and climates, fauna, and human occupation in the Argentine Altiplano. *Geoarchaeology: An International Journal* 6(3): 251- 272.
- Giménez, A. M. 2004. Anatomía comparada del leño y la corteza de *Geoffroea striata* y *Geoffroea decorticans*. *Maderas y Bosques* 10(1): 55-68.
- González, A. R. 1998. *Arte Precolombino*. Cultura La Aguada. Arqueología y Diseños. Buenos Aires: Filmediciones Valero.
- Gordillo I. 2005. Dimensión temporal del sitio La Rinconada: Su interpretación y aportes a la historia del Período Medio, en S. Martín & M. E. Gonal-di (eds.), *La Cultura de La Aguada y sus Expresiones Regionales*, pp. 159-172. La Rioja: EUDELAR. Universidad Nacional de La Rioja.
- Groesjean, M.; L. Nuñez, I. Cartagena & B. Messerli. 1997. Mid-Holocene Climate and Culture Change in the Atacama Desert, Northern Chile. *Quaternary Research* 48: 239-246.
- Juez, M. S. 1991. Unidad arqueológica Rodeo Grande, Valle de Ambato: excavación en el sitio Martínez 2. *Publicaciones del C.I.F.F. y H. Arqueología* 46:87-110.
- Kolata, A. 1993. The Tiwanaku. *Portrait of an Andean Civilization*. Cambridge MA & Oxford UK: Ed Blakwell.
- Laguens, A. 2006. Continuidad y ruptura en procesos de diferenciación social en comunidades aldeanas del valle de Ambato, Catamarca, Argentina. *Chungara* 38(2): 211-222.
- Laskowski, L. E. 2000. Características anatómicas de la hoja y el tallo del "Semeruco" *Malpighia emarginata* DC. Cultivado en dos localidades del estado de Lara, Venezuela. *Bioagro* 12(2): 33-40.
- León, H. W. 2005. Anatomía ecológica del xilema secundario de un bosque seco tropical de Venezuela. *Acta Botánica Venezolánica* 28(2): 257 - 274.
- Lindorf, H. 1994. Eco-Anatomical wood features of species from a very dry tropical forest. *IAWA Journal* 15(4): 361-376.
- Marconetto, M. B. 2003. Análisis antracológico de los montículos de los sitios Piedras Blancas y El Altillio (Dto. de Ambato, Catamarca). *Cuadernos del INAPL* 20: 215 - 235.
- Marconetto, M. B. 2005. Recursos Forestales. Oferta y Disponibilidad en contextos Aguada, en S. Martín & M. E. Gonal-di (eds.), *La Cultura de la Aguada y sus Expresiones Regionales*, pp 183-198. La Rioja: EUDELAR - Universidad Nacional de La Rioja.
- Marconetto, M. B. 2007. Aportes de la Antracología a la cronología del valle de Ambato, en M. B. Marconetto, N. Oliszewski & M.P. Babot (eds.). *Paleoetnobotánica del Cono Sur: Estudios de casos y propuestas metodológicas*, pp. 197-219. Córdoba: Ferreyra Ediciones.
- Marconetto, M. B. 2008. Recursos Forestales y el proceso de diferenciación social en tiempos prehispánicos. Valle de Ambato, Catamarca. Oxford: BAR S 1785 *South America Archaeology Series* nro 3.
- Marconetto, M. B. & I. Gordillo. 2008. Los techos del vecino. Análisis antracológico de las estructuras de construcción de los sitios Piedras Blancas e Iglesia de los Indios. *Darwiniana* 46(2): 213-226.
- Mc Guinness, E. A.; S. A. Kandeel & P. S. Szopa. 1971. Some structural changes observed in the transformation of wood into charcoal. *Wood and Fiber* 3: 77-83.
- Markgraf, V. 1985. Paleoenvironmental history of the last 10000 years in Northwestern Argentina. *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie* 11-12: 1739-1749.
- Moglia, G. & A. M. Giménez. 1998. Rasgos Anatómicos Característicos del Hidrosistema de las Principales Especies Arbóreas de la Región Chaqueña Seca y Húmeda. *Rev. I.A. Sistemas y Recursos Forestales* 7: 53-71.
- Moglia, J. G. & C. R. López. 2001. Estrategia adaptativa del leño de *Aspidosperma quebracho blanco*. *Maderas y Bosques* 7(2): 13-25.
- Ortlöff, C. & A. Kolata. 1993. Climate and Collapse: Agro-ecological perspectives on the decline of Tiwanaku state. *Journal of Archaeological Science* 20: 195 - 221.
- Piqué i Huerta R. 1999. Producción y uso de combustible vegetal arqueológico: Una evaluación arqueológica. *Serie Treballs d'Etnoarqueologia* 3. Madrid: CSIC.
- Poole, I. 1994. "Twig"- Wood anatomical characters as palaeoecological indicators. *Review of Palaeobotany and Palynology* 81: 33-52.
- Prior, J. & K. L. Alvin. 1986. Structural changes on charring woods of *Dichrostachys* and *Salix* from Southern Africa: The effect of moisture content. *IAWA Bull.* 7(3): 243-250.
- Prior, J. & P. Gasson. 1993 Anatomical changes on charring six African hardwoods. *IAWA Journal* 14: 77-86.
- Shackelton, C. M. & F. Prins 1992. Charcoal analysis and the principle of least effort. A conceptual model. *Journal of Archaeological Science* 19: 631-637.
- Thompson, L.; M. Davis & E. Moseley-Thompson. 1994. Glacial records of global climate: A 1500 year tropical ice core record of climate. *Human Ecology* 22(1): 83-95.
- Valero Garcés, B.; A. Delgado Huertas, N. Ratto, A. Navas & L. Edwards. 2000. Paleohydrology of Andean Saline Lakes from Sedimentological and Isotopic Records, Northwestern Argentina. *Journal of Paleolimnology* 24(3): 343-359.
- Verhoeven, M. 2000. Death, fire and abandonment. Ritual

- practice at late Neolithic Tell Sabi Abyad, Syria. *Archaeological Dialogues* 7: 46-65.
- Villalba, R.; A. Lara, J. A. Boninsegna, M. Masiokas, S. Delgado, J. C. Aravena, F. A. Roig, A. Schmelter, A. Wolodarsky & A. Ripalta. 2003. Large-Scale Temperature Changes Across The Southern Andes: 20th-Century Variations In The Context Of The Past 400 Years. *Climatic Change* 59: 177- 232.
- Villagra, P. & F. Roig Juñent. 1997. Wood structure of *Prosopis alpataco* and *P. argentina* growing under different edaphic conditions. *LAWA Journal* 18(1): 37-51
- Wheeler, E. A.; P. Baas & P. Grason (eds.). 1989. List of microscopic features for hardwood identification. *LAWA Bull.* 10: 219-332
- Whitlock, C.; S. L. Shafer & J. Marlon. 2003. The role of climate and vegetation change in shaping past and future fire regimes in the northwestern US and the implication for ecosystem management. *Forest Ecology and Management* 178: 5-21.
- Yaman, B. 2008. Variation in quantitative vessel element features of *Juglans regia* wood in the western Black Sea region of Turkey. *Agrociencia* 42: 357-365.
- Zimmermann, M. H. 1983. *Xylem structure and the ascent sap*. Berlin: Springer-Verlag.