

Agraria

Revista
Científica
Facultad de Ciencias Agrarias



UNJu
Universidad
Nacional de Jujuy

Vol. IX N° 16 - Año 2015 - 2016

Autoridades
Universidad Nacional de Jujuy

Rector: **Lic. Rodolfo Alejandro Tecchi**
Vicerrector: **Lic. Jorge Eugenio Griot**

Secretaría de Extensión Universitaria:
Dra. Elena Belli

Facultad de Ciencias Agrarias:

Decano: **MSc. Ing. Agr. Mario César Bonillo**
Vicedecano: **Ing. Agr. Jorge Horacio Schimpf**
Sec. de Académica: **Esp. Ing. Agr. Jorge Martínez**
Sec. de Administración: **Ing. Agr. Rodolfo Aguado**
Sec. de Extensión y Difusión: **Ing. Agr. Valeria Hamity**
Sec. de Ciencia y Técnica: **MSc. Ing. Agr. Silvia del V. Abarza**

Comité Editor:

Dr. Osvaldo H. Ahumada
MSc. Ing. Agr. Noemí Bejarano
MSc. Ing. Agr. Claudia Gallardo

Edición y Diseño

D.G. Marina Schimpf



**Facultad
de Ciencias
Agrarias**
JUJUY - ARGENTINA

Agraria es producida por la
Facultad de Ciencias Agrarias
de la Universidad Nacional de Jujuy.
Alberdi 47 - CP: 4600 - San Salvador de Jujuy.

El presente volumen fue financiado
por la Facultad de Ciencias Agrarias.

*Queda hecho el depósito
que marce la ley*
ISSN 2362-4035
Año 2015 - 2016

Suscripciones y Canjes:

Asociación Cooperadora de la
Facultad de Ciencias Agrarias.
Universidad Nacional de Jujuy.
Alberdi 47 (4600) - S. S. de Jujuy.
scyt@fca.unju.edu.ar

**Agraria agradece a los siguientes investigadores el arbitraje
de los artículos publicados en este tomo:**

Dr. Juan Prause. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional
del Nordeste, Corrientes.

Dra. Silvina Susana Garralla. Centro de Ecología Aplicada del Litoral.
(CECOAL). Corrientes.

Dra. Claudia Luna. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional
del Nordeste, Corrientes.

Dra. Elsa Lattar. IBONE-UNNE-CONICET. Facultad de Ciencias Agrarias.
Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes.

Dr. Marcelo Benítez Ahrendts. Facultad de Ciencias Agrarias.
Universidad Nacional de Jujuy.

MsSc. Esp. Ing. Agr. Susana Alvarez. Facultad de Ciencias Agrarias.
Universidad Nacional de Jujuy.

MsSc. Ing. Agr. Noemí del Valle Bejarano Facultad de Ciencias Agrarias.
Universidad Nacional de Jujuy.

Microbiólogo Gustavo Ancasi. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad
Nacional de Jujuy.

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE PRECIPITACIÓN PARA JUJUY Y SALTA DURANTE LAS FASES DEL FENÓMENO DEL NIÑO – OSCILACIÓN DEL SUR (ENOS)

THE PROBABILITY OF OCCURRENCE OF RAINFALL IN JUJUY AND SALTA DURING EL NIÑO - SOUTHERN OSCILLATION (ENSO)' PHASES

Hurtado, R¹.; E. M. Zalazar²; M. R. Portal¹; M. Valdiviezo Corte¹; L. Spescha²; C. Moreno¹; H. Mayo¹
A. Riquelme Guzmán¹

RESUMEN

Se determina la probabilidad de ocurrencia de lluvias en la primavera y el verano, durante los eventos cálidos (EN), neutros (N) y fríos (EF), del fenómeno ENOS (El Niño-Oscilación del Sur) con datos mensuales de precipitación de 16 estaciones de la provincia de Jujuy y Salta pertenecientes a tres instituciones y con 30 años de datos como mínimo, hasta el año 2013. El índice de variabilidad climática utilizado para identificar las fases es el ONI, obtenido de la National Oceanic and Atmospheric Administration, la cual establece que valores de índice mayores o iguales a 0,5 corresponden a EN, menores o iguales a -0,5 corresponden a LN y los comprendidos entre ellos a N. Para cada mes de las estaciones mencionadas, de cada localidad y fase, se estiman terciles para los percentiles 33 y 66, obteniéndose las precipitaciones correspondientes; posteriormente se determina el porcentaje de veces en que la precipitación se encuentra dentro de cada tercil durante cada evento. Se observa un comportamiento bastante homogéneo de las estaciones analizadas durante la primavera. En los eventos LN las precipitaciones se presentan normal a inferior a lo normal y en los eventos EN y N, normal a superior a ella. Durante el verano, el comportamiento en las distintas fases es heterogéneo.

Palabras claves: ENOS, índices, precipitación mensual, Jujuy, Salta

SUMMARY

The probability of occurrence of rainfall in the spring and summer during warm events (EN), neutral (N) and cold (EF) of ENSO (El Niño-Southern Oscillation) is determined using monthly precipitation data of 16 stations in the province of Jujuy and Salta, from 3 institutions and with 30 years of data at a minimum, until 2013. The climate variability index used to identify the phases is the ONI, obtained from the National Oceanic and Atmospheric Administration, which establishes that greater values than or equal to 0.5 index correspond to EN, less than or equal to -0.5 correspond to LN and values included among them are N. For each month of the mentioned stations, and in each locality and phase are estimated terciles for percentiles 33 and 66, obtained the corresponding rainfall; then the percentage of times that the precipitation is

1-Cátedra de Agroclimatología. Facultad de Ciencias Agrarias, UNJu. San Salvador de Jujuy.

2-Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas, Facultad de Agronomía, UBA. Cap. Fed.

hurtado@fca.unju.edu.ar

within each event during each tertile is determined. During the spring a fairly homogeneous behavior of the analyzed stations is observed. In the LN events, the rainfall is presented normal to below normal and on events EN and N normal to above it. During the summer, the behavior in the different phases is heterogeneous.

Key words: ENSO, index, monthly precipitation, Jujuy, Salta

INTRODUCCIÓN

El fenómeno ENOS (El Niño-Oscilación del Sur) es una de las principales causas de la variabilidad interanual y estacional de las precipitaciones; se origina a partir de la retroalimentación dinámica y termodinámica entre la atmósfera y el océano, asociado con un ciclo cuasi periódico de 3 a 7 años de calentamiento (El Niño) y enfriamiento (La Niña) de la zona central oeste y oriental del Océano Pacífico.

La fase cálida del ENOS presenta temperatura de la superficie del mar (TSM) por encima de lo normal asociada a una mayor convección en el Pacífico ecuatorial central y oriental, y vientos alisios más débiles en los niveles bajos de la atmósfera a lo largo de la línea ecuatorial.

Los efectos son más fuertes durante el verano del hemisferio sur. Este evento por lo general comienza a desarrollarse a fines del invierno o comienzos de la primavera, alcanzando su máximo desarrollo en el verano. Este aumento de la temperatura del océano acrecienta la convección, y a su vez altera la corriente en chorro o Jet Subtropical (fuerte y estrecha corriente de aire concentrada a lo largo de un eje casi horizontal en la alta troposfera o en la estratosfera, caracterizada por una gran diferencia de velocidad o dirección vertical y horizontal del viento, los cuales viajan de oeste a este, en ambos hemisferios.). La corriente en chorro discurre normalmente a lo largo de miles de kilómetros, cientos de ancho y varios kilómetros de espesor (OMM, 1992). Esto se traduce en mayores precipitaciones en diferentes partes del mundo como, la región pampeana, sur de Brasil, sur de Estados Unidos, etc.

La fase fría del ENOS muestra TSM más bajas que lo normal en el Pacífico ecuatorial central y oriental, vientos alisios más intensos a bajo nivel a lo largo de la línea ecuatorial, desplazando la convección hacia el Pacífico occidental y una corriente de chorro sur menos intensa.

A su vez la fase ENOS caliente o El Niño (EN) presenta anomalías de presión a nivel del mar (APNM) por encima de lo normal en Indonesia y por debajo de lo normal en el Pacífico central y este tropical.

Bajo estas condiciones, la circulación de Walker se desplaza hacia el este con un movimiento de elevación anómalo sobre el Pacífico ecuatorial central y oriental, donde prevalecen temperaturas por encima de lo normal en la superficie del mar (TSM) y un movimiento de aire descendente hacia el oeste. La condición estándar de la circulación de Walker se refiere a la circulación este-oeste de la atmósfera sobre el Pacífico tropical, con ascenso de aire en las regiones más cálidas del océano (normalmente en el oeste), y descendente sobre las áreas oceánicas frías (normalmente en el este). Su fuerza fluctúa con las variaciones de la Oscilación del Sur. Consistentemente, los vientos del este del Pacífico ecuatorial se debilitan, la convección se ve reforzada en los centros ciclónicos tropicales al centro y este del Pacífico (Rasmusson y Arkin, 1985). La fase fría de ENOS o La Niña (LN) presenta patrones de anomalías opuestas (Kousky y Ropelewski, 1989).

Varias teorías conceptuales han surgido para explicar la oscilación del ENOS (Schopf y Suárez, 1988; Jin, 1997; Weisberg y Wang, 1997) y han proporcionado una amplia elucidación de su naturaleza cíclica (Wang, 2001).

La transición a la fase opuesta se produce a través del retraso en la respuesta de la atmósfera a la dinámica de ajuste del cambio de temperatura de los océanos. Estudios recientes (Ohba y Ueda, 2009; Ohba et al, 2010; Okumura y Deser, 2010; Okumura et al, 2011) han informado de la existencia de una respuesta no lineal de la atmósfera con la TSM lo cual provoca una asimetría en la duración de las fases del ENOS (Hoerling et al, 1997; Hoerling et al, 2002; Kang y Kug, 2002). La comprensión de la asimetría ENOS es importante para mejorar la habilidad de pronóstico estacional del clima para los modelos de circulación general acoplados (Ohba y Ueda, 2009).

El fenómeno ENOS también afecta el desplazamiento vertical de la termoclina la cual tiene mucha importancia en los procesos biológicos, físicos y químicos de la capa superior del océano. Normalmente las aguas del mar están estratificadas respecto a la temperatura, pero se identifican tres capas importantes en profundidad: la primera corresponde a la superficial y la caracteriza la homogeneidad de la temperatura debido a los movimientos de mezcla; la segunda es una zona de transición, con una disminución drástica de la temperatura del agua y recibe el nombre de termoclina (50 a 1000 metros de profundidad, dependiendo de la ubicación geográfica); la tercera es la zona de aguas profundas, con temperaturas frías. La profundización de la termoclina está en estrecha relación con las anomalías de la primera capa, de tal forma que a mayores anomalías, mayor profundización de la misma. En el fenómeno El Niño de 1997-1998 la termoclina en el Pacífico ecuatorial descendió a una profundidad de aproximadamente 200 metros anulando la surgencia de aguas profundas que fertilizan la región marina de las Costas Peruanas. En la fase opuesta, La Niña, asciende aumentando la surgencia de aguas profundas (Delcroix y Hénin, 1991).

Aunque el efecto primario se manifiesta sobre el Pacífico Tropical, la influencia que se observa a escala global ha sido atribuida a la teleconexión, que puede ser definida como la interacción o enlaces entre anomalías

climáticas de dos zonas o regiones distantes entre sí, lo que provoca cambios o alteraciones en los patrones de circulación de la atmósfera a gran escala. Esto demuestra la existencia de estructuras no estables que varían de acuerdo a patrones climáticos cíclicos.

La relación entre el ENOS y la precipitación ha sido motivo de estudio en distintas regiones del mundo, con el propósito de establecer pautas predictivas sobre el comportamiento climático para un aprovechamiento más eficaz en la temporada de cultivo (Phillips et al, 1998; Hurtado et al, 2003; Fernandez Long et al, 2011) Las fases extremas, cálidas (FC) y frías (FF) están asociadas a anomalías en las precipitaciones en muchas áreas del mundo. Las precipitaciones acumuladas durante los eventos LN y EN tienen diferente grado de probabilidad de ocurrencia, según la región y época del año. Ropeleswki & Halpert (1987), Kiladis & Diaz (1989), Grimm et al. (2000), Hurtado et al (2005) entre otros, han señalado que en el sudeste de Sudamérica durante EN se producen incrementos de las precipitaciones acumuladas entre noviembre y febrero, mientras que en los eventos LN las precipitaciones tienden a disminuir entre junio y diciembre. El Instituto Interamericano para la investigación del cambio global (IAI) en el informe final sobre el ENOS en Argentina (2004), describe que la mitad de desastres por inundaciones en el Noroeste Argentino (NOA), corresponden a años Neutros y la otra mitad se reparte entre FC y FF.

Actualmente muchos de los índices de variabilidad climática son pronosticados con varios meses de anticipación, por lo tanto identificar y cuantificar las veces en que la precipitación se mantiene dentro de cada tercil para cada fase del ENOS, brinda una herramienta de gran utilidad para ajustar la planificación de los manejos culturales y modificar las decisiones empresariales (Smith & Reynolds, 2003; Smith et al., 2008).

Las complejas interacciones entre el océano, la atmósfera y las masas de tierra adyacentes en los eventos ENOS, tienen consecuencias fuera de la región del Pacífico

tropical. La Niña en Australia, por lo general provoca pluviosidad superior a la media en regiones del este y norte del interior del país, e inclusive inundaciones. En África algunos autores (Nicholson y Kim, 1997; Camberlin et al, 2001; McHugh, 2006; Matarira, 1990; Kruger, 1999 y Reason y Jagadheesha, 2005), utilizando estudios de observación y/o modelado, presentaron pruebas donde la precipitación regional está indiscutiblemente ligada al fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS). Camberlin, et al (2001) declara que "El forzamiento del ENSO es prácticamente indiscutible en las regiones que bordean el Océano Índico (IO) de África ecuatorial a Sudáfrica".

El objetivo de este trabajo es determinar la probabilidad de ocurrencia de precipitaciones en la primavera y el verano para Jujuy y Salta durante eventos cálidos, neutros y fríos, de acuerdo al Índice ONI (Oceanic Niño Index) relacionado con la componente oceánica del fenómeno.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para este análisis se trabaja con datos de precipitación mensual de 16 estaciones pertenecientes al Servicio Meteorológico Nacional, al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria y a la Red Hidrológica Nacional. Las estadísticas si bien corresponden a diferentes períodos, consideran por lo menos 30 años de datos hasta el año 2013 (Figura 1). Se analizan los meses que tienen más de 25 días con observaciones y los periodos analizado en este trabajo son, septiembre a noviembre, considerados como primavera y de diciembre a febrero, como representativo del verano.

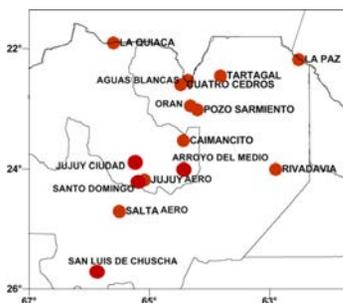


Figura 1: Ubicación estaciones pluviométricas.

El índice de variabilidad climática utilizado para identificar las fases del ENOS es el ONI (Oceanic Niño Index), que usa la componente oceánica, a través de las anomalías de la temperatura de la superficie del mar de la región Niño 3.4 (SST 3.4)(Figura 2), y se obtiene de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, 2014), el cual se encuentra estandarizado.

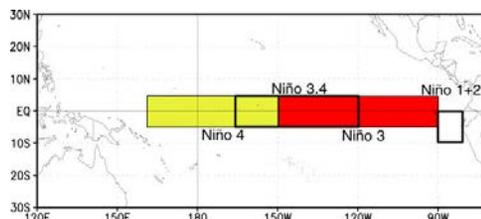


Figura 2: regiones de monitoreo de las temperatura de la superficie del mar.

Para cada mes de la serie se determina la fase del ENOS de acuerdo con el criterio establecido por la NOAA. Valores de índice mayores o iguales a 0,5 corresponden a **EN**, menores o iguales a -0,5 corresponden a **LN** y los comprendidos entre esos umbrales se consideran neutros **N**. Los mismos se utilizan para ubicar la precipitación mensual en cada evento.

Para cada mes del trimestre primavera y verano, de cada localidad y fase, se estiman terciles, obteniéndose las precipitaciones para los percentiles 33 y 66; posteriormente se determina el porcentaje de veces en que la precipitación se encuentra dentro de cada tercil, durante cada evento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 3 a muestra el porcentaje de veces en que las precipitaciones de primavera se encuentran dentro de cada tercil durante los eventos EN, según el índice ONI, para las localidades de Jujuy (Jujuy Aero, La Quiaca, Caimancito, Arroyo del Medio, Jujuy Ciudad y Santo Domingo) y Salta (Tartagal, Oran, Aguas Blancas, Rivadavia, Pilcomayo – La Paz, Salta Aero, Salta INTA, Pozo Sarmiento, San Luis de Chuscha y Cuatro Cedros). Se observa que todas las localidades de Jujuy, con excepción de la estación Jujuy Aero, muestran precipitaciones entre normal a superior a ellas.

Lo mismo ocurre para las localidades ubicadas en Salta, excepto San Luis de Chuscha situada al sur de la provincia en el Departamento de Cafayate y Rivadavia.

En el verano de los eventos cálidos (Figura 3 b), Caimancito, Arroyo del Medio y Jujuy Ciudad presentan probabilidades de precipitación entre normal a superior a lo normal en 79, 67 y 88 % respectivamente. Los porcentajes de la estación Santo Domingo muestran un comportamiento de la precipitación indiferente, ya que el 38% para este evento y esta época del año (EN y verano) se encuentra dentro del segundo tercil, y representa la misma probabilidad de ocurrencia en el tercer tercil que en el primero. En La Quiaca ocurre un proceso inverso, las precipitaciones se concentran en el primer y segundo tercil (72%). Jujuy Aero muestra un comportamiento no acorde a lo esperado (mayores precipitaciones en este evento) donde las mismas se encuentran concentradas en el primer y segundo tercil al igual que La Quiaca. En las estaciones ubicadas en Salta, se observa un comportamiento más homogéneo, ya que todas las localidades analizadas muestran que en el mayor porcentaje de veces las precipitaciones estarían, de acuerdo al índice ONI, entre normal a superior a ellas. Los porcentajes varían entre 85 a 69%, para Tartagal y Salta Aero, respectivamente.

Para los eventos fríos (LN), tanto para la provincia de Jujuy como Salta (Figura 4a), se observa un comportamiento similar en la primavera, donde la precipitación se encuentra entre normal a inferior a ella. En Jujuy los valores oscilan entre 76 % a 70% para Jujuy Ciudad y La Quiaca respectivamente. En Salta los porcentajes extremos de veces en que la precipitación se encuentra entre el primer y segundo tercil son de 83% y 69% respectivamente.

En el verano de los evento LN, (Figura 4b) se observa una gran heterogeneidad en el comportamiento de las precipitaciones en las localidades de ambas provincias. En Jujuy, las estaciones de Jujuy Aero, Ciudad, Caimancito y Arroyo del Medio presentan probabilidades

de que las lluvias se encuentren entre normal a inferior a ellas, mientras que La Quiaca muestra el proceso inverso. La estación de Santo Domingo se muestra invariable ante la ocurrencia de LN. En Salta las estaciones de Tartagal, Orán, Rivadavia y San Luis de Chuscha, muestran probabilidad de precipitación normal a inferior a ellas, en Aguas Blancas se observa una probabilidad de 37% que la precipitación se encuentre en el segundo tercil, pero un 32% para el primero y tercero, lo que muestra una incerteza de las probabilidades de las precipitaciones para esta estación y evento. Las estaciones de La Paz, Pozo Sarmiento y Salta Aero describen el proceso inverso ya que las precipitaciones para esta fase están entre normal a superior a ellas.

La primavera de los eventos Neutros (Figura 5a) muestra en todas las estaciones de las dos provincias que la probabilidad de precipitaciones serán normal a superior a lo normal.

En los veranos de los episodios Neutros, el comportamiento de las precipitaciones de las estaciones de Jujuy es disímil. En Jujuy Ciudad, Aero y Arroyo del Medio hay más porcentaje que se encuentren entre normal a superior a ellas (69, 85 y 100%, respectivamente), mientras que en Caimancito la probabilidad es inversa, o sea normal a inferior a lo normal. En cuanto a La Quiaca y Santo Domingo, muestran la misma probabilidad que la precipitación se encuentre en el primer o tercer tercil, lo que implica que la variabilidad de las precipitaciones de estas estaciones, no están influenciadas por la neutralidad de las temperaturas de la superficie del mar del Océano Pacífico Ecuatorial.

En Salta, las estaciones de Oran, Aguas Blancas, La Paz, Salta Aero y Pozo Sarmiento, muestran que las precipitaciones se ubican en el primer y segundo tercil, o sea serian normal a inferior a ellas. Cuatro Cedros es la única estación que muestra un comportamiento inverso con precipitaciones normales, en mayor porcentaje, a superior a ellas. Tartagal, Rivadavia y San Luis de Chuscha, presentan el

mismo comportamiento que La Quiaca y Santo Domingo, en Jujuy.

CONCLUSIONES

Las probabilidades de precipitación en primavera tienen un comportamiento más homogéneo que en verano en las diferentes fases del ENOS. En la fase cálida (EN) el mayor porcentaje de veces las lluvias se ubican en el segundo y tercer tercil, lo que implica probabilidades normales a superior a ellas, con excepción de San Luis de Chuscha (en el Departamento de Cafayate) y Rivadavia, con inversa probabilidad. En la fase fría (LN) todas las estaciones muestran probabilidad de ocurrencia de precipitación normal a inferior a lo normal. En la neutra, la probabilidad se asemeja a lo que sucedería con EN, ya que todas las estaciones presentan probabilidades de precipitación entre normal a superior a ellas.

En los veranos de las fases estudiadas se observa un comportamiento más disímil o heterogéneo. Durante EN, en Jujuy, tres localidades tienen probabilidades de precipitación entre normal a superior a ellas, La Quiaca y Jujuy Aero se comportan de forma inversa y la estación de Santo Domingo no muestra ninguna predominancia en que las lluvias están por encima o debajo de lo normal. Las estaciones en Salta presentan todas probabilidades de precipitación normal a superior a ellas.

En los veranos con eventos LN, en Jujuy las precipitaciones se ubican en el primer y segundo tercil en cuatro estaciones, La Quiaca en forma inversa y Santo Domingo sin respuesta a la fase. El comportamiento en la provincia de Salta es bien heterogéneo ya que en cuatro estaciones las lluvias están normales a debajo de ellas, tres se comportan en forma inversa y una indiferente al evento. Con referencia a la fase neutra, el comportamiento de la precipitación también es disímil. En Jujuy, los porcentajes de tres estaciones se encuentren entre normal a superior a ellas, dos reaccionan en forma inversa y una sin respuesta a esta fase. En Salta, 5 estaciones ubican las precipitaciones entre el primer y segundo tercil, una estación entre el segundo y

tercer tercil y tres sin porcentaje definido hacia los terciles extremos.

En consecuencia los meses considerados como primavera presentan para ambas provincias, una respuesta más uniforme a las fases del ENOS que los del verano.

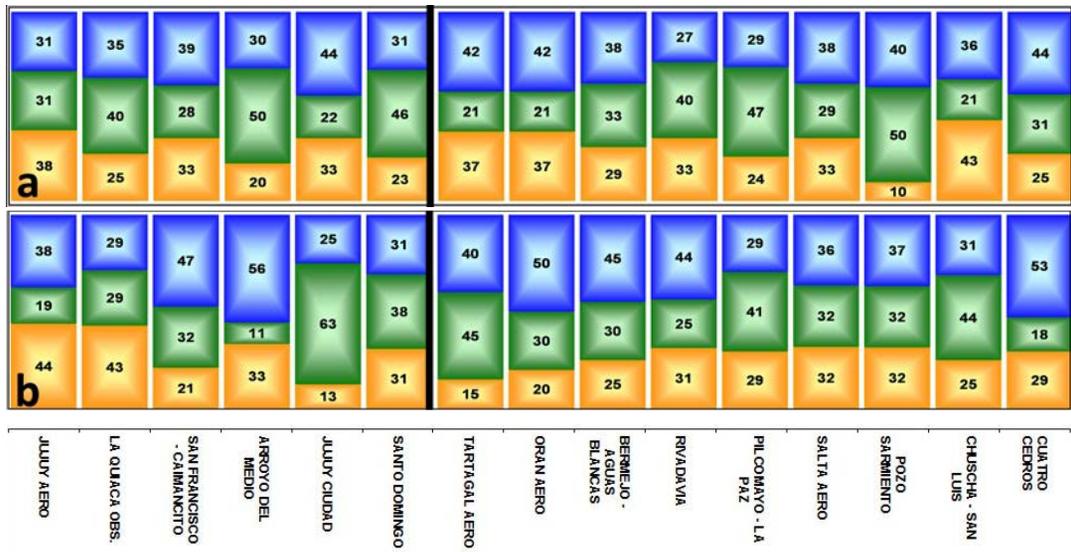


Figura 3: Porcentaje de veces en que las precipitaciones se encuentran en cada tercil. Azul, tercil superior; verde, tercil medio y naranja, tercil inferior; en la fase cálida (EN) para a) verano y b) primavera. El remarcado en negro separa localidades de Jujuy a la izquierda y Salta a la derecha.

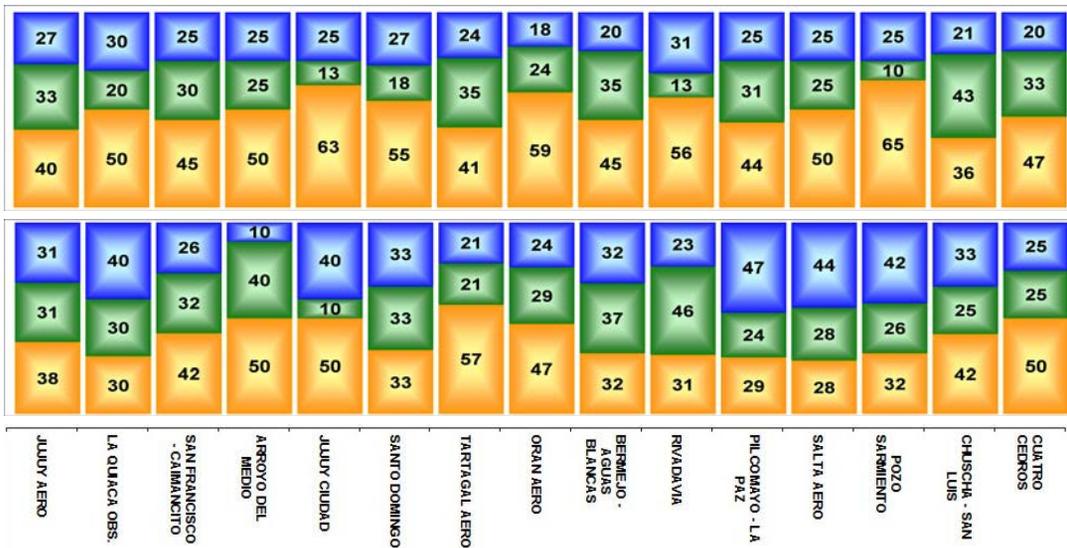


Figura 4: Porcentaje de veces en que las precipitaciones se encuentran en cada tercil. Azul, tercil superior; verde, tercil medio y naranja, tercil inferior; en la fase fría (LN) para a) verano y b) primavera. El remarcado en negro separa localidades de Jujuy a la izquierda y Salta a la derecha.

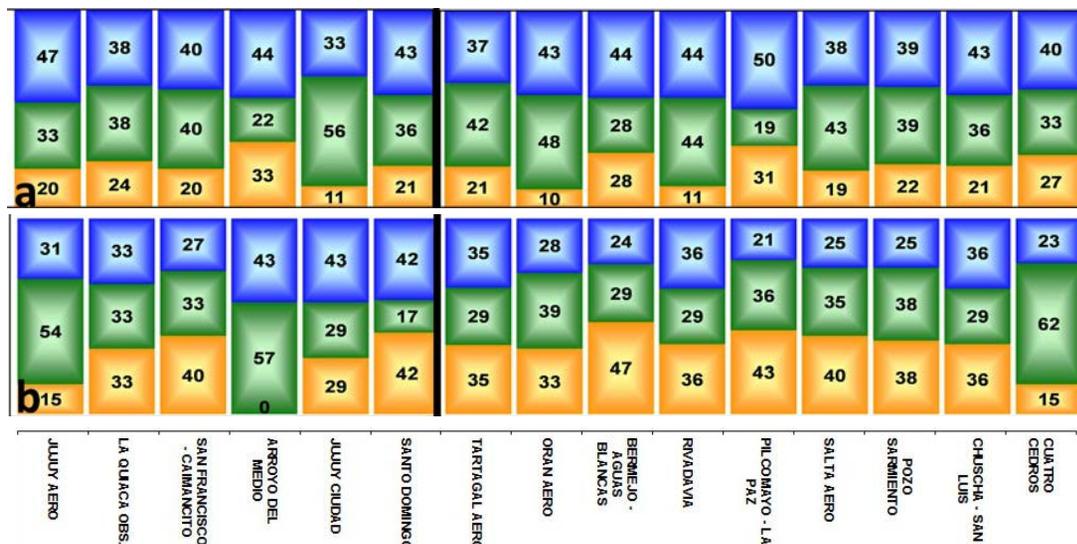


Figura 5: Porcentaje de veces en que las precipitaciones se encuentran en cada tercil. Azul, tercil superior; verde, tercil medio y naranja, tercil inferior; en la fase neutra (N) para a) verano y b) primavera. El remarcado en negro separa localidades de Jujuy a la izquierda y Salta a la derecha.

BIBLIOGRAFÍA

- Camberlin, P., S. Janicot and I. Pocard. 2001. Seasonality and atmospheric dynamics of the teleconnection between African rainfall and tropical sea-surface temperature: Atlantic vs. ENSO. QW&OLP. 973-1005.
- Delcroix, T., & C. Hénin. 1991. Seasonal and interannual variations of sea surface salinity in the tropical Pacific Ocean. J. Geophys. Res., 96, C12, 22, 135-22, 150.
- Fernandez Long M. E., L. Spescha, Hurtado R. y G. M. Murphy. 2011. Impacto del ENOS sobre los rendimientos de maíz en la Región Pampeana. Agriscientia Vol. XXVIII: 31-38.
- Grimm, A.M., Barros, V.R., Doyle, M.E. 2000. Climate variability in southern South America associated with El Niño and La Niña events. J Climate 13, 35–58.
- Hoerling, M. P., A. Kumar, and M. Zhong. 1997: El Niño, La Niña, and the nonlinearity of their teleconnections. J. Climate, 10, 1769-1786.
- Hoerling, M. P., and Kumar, A. (2002). Atmospheric response patterns associated with tropical forcing. J. Climate, 15, 2184-2203.
- Hurtado R, Spescha L, Fernandez Long M. y Murphy G. 2003. Evaluación del ENSO

- como predictor de de los rendimientos de maíz en la Región pampeana Argentina. Revista de la Facultad de Agronomía. UBA. 19(2):177-183. Buenos Aires. Argentina. ISSN 0325-9250.
- Hurtado R; Serio L., Spescha L; Fernandez Long M. y Murphy G. 2005. Análisis de la sensibilidad de distinto índices del ENSO para aplicar a los rendimientos de maíz en la región pampeana. Revista de la Facultad de Agronomía. UBA. 25(1):53-60. Buenos Aires. Argentina. ISSN 0325-9250.
- IAI. 2004. Centro de estudios sociales y ambientales. Informe final. ENSO-Argentina. Gestión de riesgos de desastre. ENOS en América Latina. 13 pag.
- Jin, F. F. 1997a. An equatorial ocean recharge paradigm for ENSO. Part I: Conceptual model. J. Atmos. Sci., 54, 811-829.
- Kang I-S, Kug J-S. 2002. El Niño and La Niña sea surface temperature anomalies: asymmetry characteristics associated with their wind stress anomalies. J Geophys Res 107(D19):4372.
- Kiladis, G. N., and H. F. Diaz, 1989: Global climatic anomalies associated with extremes in the Southern Oscillation. J. Climate, 2, 1069–1090.

- Kousky VE y Ropelewski CF. 1989. Extremes in the Southern oscillation and their relationship to precipitation anomalies with emphasis on the South American region. *Revista Brasileira de Meteorologia* 4: 351–363.
- Kruger AC. 1999. The influence of the decadal scale variability of summer rainfall on the impact of El Niño and La Niña events of South Africa. *International Journal of Climatology* 19: 59–68.
- Matarira CH. 1990. Drought over Zimbabwe in a regional and global context. *International Journal of Climatology* 10: 609–625.
- McHugh M. J. 2006. Impact of south Pacific circulation variability of east African rainfall. *International Journal of Climatology* 26:505–521.
- Nicholson, S. E. and Kim, J. 1997. The relationship of the El Niño Southern Oscillation to African rainfall, *Int. J. Climatol.*, 17, 117–135.
- NOAA, 2014.
<http://www.cdc.noaa.gov/ClimateIndicesClimateIndices:Monthly Atmospheric and Ocean Time Series>
- Ohba, M., and H. Ueda, 2009: Role of nonlinear atmospheric response to SST on the asymmetric transition process of ENSO. *J. Climate*, 22, 177-192.
- Ohba, M., and H. Ueda. 2009. Role of nonlinear atmospheric response to SST on the asymmetric transition process of ENSO. *J. Climate*, 22, 177-192.
- Ohba, M., D. Nohara, and H. Ueda. 2010. Simulation of asymmetric ENSO transition in WCRP CMIP3 multi-model experiments. *J. Climate*, in press.
- Okumura, Y. M., and C. Deser. 2010. Asymmetry in the Duration of El Niño and La Niña. *J. Clim.*, 23, 5826-5843, doi:10.1175/2010JCLI3592.1.
- Okumura, Yuko M., Masamichi Ohba, Clara Deser, Hiroaki Ueda. 2011. A Proposed Mechanism for the Asymmetric Duration of El Niño and La Niña. *J. Climate*, 24, 3822-3829, doi:10.1175/2011JCLI3999.1
- OMM (Organización Meteorológica Mundial). 1992. *Vocabulario Meteorológico Internacional*. Publicación WMO. N182. 342 págs.
- Phillips, J.G., M.A. Cane, and C. Rosenzweig. 1998. ENSO, seasonal rainfall patterns and simulated maize yield variability in Zimbabwe. *Agric. For. Meteorol.* 90:39-50.
- RASMUSSEN, E.M. and ARKIN, P.A. 1985. Interannual climate variability associated with the El Niño/Southern Oscillation. In: J.C.J. Ni houl (Editor), *Coupled Ocean-Atmosphere Models*. (Elsevier Oceanography Series, 40) Elsevier, Amsterdam, pp. 697-725.
- Reason C. J. and Jagadheesha D. 2005. A model investigation of recent ENSO impacts over southern Africa. *Meteorology and Atmospheric Physics* 89: 181–205.
- Ropelewski, C. H., and S. Halpert, 1987: Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.*, 115, 1606–1626.
- Schopf P. S. and Suarez, M. J. 1988. A delayed action oscillator for ENSO. *J. Atmos. Sci.* 45, 3283-3287.
- Smith T. M. and Reynolds R. W. 2003. Extended reconstruction of global sea surface temperatures based on COADS data (1854–1997). *Journal of Climate* 16: 1495–1510.
- Smith, T.M., Reynolds, R.W., Peterson, T.C., and Lawrimore, J., 2008: Improvements to NOAA's historical merged land-ocean surface temperature analysis (1880-2006), *Journal of Climate*, 21: 2283-2296.
- Wang, C. 2001. A unified oscillator model for the El Niño-Southern Oscillation. *J. Climate*, 14, 98-115.
- Weisberg, R. H., and Wang, C. 1997. A western Pacific oscillator paradigm for the El Niño/Southern Oscillation. *Geophys. Res. Lett.*, 24, 779-782.

INFERENCIAS SOBRE EL PALEOAMBIENTE EN EL SITIO POZO DE LA CHOLA, REGIÓN SUBANDINA DE JUJUY (2000-1500 AÑOS AP), A PARTIR DEL ANÁLISIS DE MACRORESTOS VEGETALES

INFERENCES PALAEOENVIRONMENT ON THE POZO DE LA CHOLA SITE, SUB-ANDEAN REGION OF JUJUY PROVINCE (2000-1500 YEAR BP) BASED ON AN ANALYSIS OF THE MACROREMAINS

Ramos R.S.¹; G. Ortiz²; A. Alavar³

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo la identificación taxonómica de carbones y carporestos silvestres arqueológicos procedentes del sitio Pozo de la Chola. Este se encuentra localizado en la región del piedemonte de la provincia de Jujuy. Fitogeográficamente se ubica en una franja ecotonal entre la provincia fitogeográfica Chaqueña (Distrito Chaqueño Occidental), donde predomina un clima subtropical serrano; y la provincia fitogeográfica de las Yungas. Los grupos humanos dejaron improntas del entorno ambiental donde vivieron a través del uso de diversas especies silvestres, tanto combustibles como posiblemente comestibles. El fin último es inferir el paleoambiente para el período comprendido entre los 2000-1500 años AP a partir de la asociación florística resultante de éste estudio. A través del método de extracción de zaranda húmeda y seca, los diversos carporestos fueron recuperados de todos los niveles de excavación del área completa ocupada por el sitio arqueológico. El material antracológico se recuperó directamente en planta, se aplicó el método de fractura para obtener los tres planos tradicionales de observación (sección transversal, longitudinal radial y longitudinal tangencial) microscópicas de 34 muestras con un promedio de 19 fragmentos de carbones por muestra. Una vez descriptos los caracteres diagnósticos por comparación con muestras actuales se realizó la identificación taxonómica. Los resultados indican, hasta al momento, la cercanía al sitio de tres unidades florísticas con elementos vinculados al Chaco chaqueño húmedo, Chaco seco a serrano y un ambiente ribereño.

Palabras clave: Chaco Serrano, carbones arqueológicos, carporestos, paleoambiente, Noroeste Argentino

SUMMARY

This aims study taxonomic identification of charcoals, seeds and fruits archaeological from Pozo de la Chola archaeological site. Phytogeographically is located in a transition area between Chaco phytogeographical province (Western Chaco District), where a Serrano subtropical climate prevails, and the Yungas province. In the piedmont region of the Jujuy province. Through the use of fuel and edible species, the human groups environmental left prints of

1- Centro de Investigaciones Científicas y Transferencia de Tecnología a la Producción (CICyTTP-CONICET), Dr. Matteri y España SN, E3105BWA, Diamante, Entre Ríos, Argentina. Email: laresole@hotmail.com

2- CISOR-CONICET-FHyCS. UNJu

3- CREA-FHyCS-UNJu

environment where they lived. Another aim of this contribution is infer the paleoenvironment in the period between 2000-1500 year BP from the resulting floristic association. Through the extraction method of wet and dry sieve, the various carporests were recovered from all levels of excavation of the area occupied by the archaeological site. The anthracological samples were recovered directly in floor. The 34 samples of charcoals were identified by examining freshly fractured surfaces (cross, radial and tangential sections) using reflected light. Diagnostic features are described and by compared to current species taxonomic identification is made. That suggests, up to the time, the proximity to the site of three floristic units with elements linked to: Humid Chaco, Chaco dry to-Serrano and a coastal environment.

Key words: Chaco Serrano, archaeological charcoals, seeds and fruits remains, paleoenvironment, Northwest Argentina

INTRODUCCIÓN

El sitio arqueológico Pozo de la Chola se encuentra emplazado en el piedemonte de las estribaciones montañosas del Noroeste de Argentina ($24^{\circ}06'56''S$ $64^{\circ}42'59''O$) en el valle del río San Francisco. Comprende un amplio valle fluvial perteneciente a la cuenca del Paraná-Plata (Fig. 1). Se trata de un sitio unicomponente con una ocupación humana que se extiende durante 4 siglos sobre la base de los fechados radiocarbónicos realizados hasta el presente. Pertenece al denominado período Formativo del Noroeste de Argentina. A partir de su componente cerámico especialmente, ha sido adscripto a la denominada "Tradición San Francisco" (sensu Dougherty 1975). Se han recuperado hasta el momento restos humanos, abundante material cerámico, lítico y artefactos de metal, entre otros. Además, restos carpológico, semillas y se han realizado análisis para microrrestos (fitolitos y almidones) en sedimentos y artefactos (Zucol y Colobig, 2010; Ortiz y Heit, 2012; Ortiz y Galván, 2013; Ortiz y Nieva, 2014; Ortiz, 2015). La presencia de tumbas está documentada desde los inicios de la ocupación. El ritual mortuorio para alguno de los individuos inhumados incluye cremación en la fosa de entierro (Ortiz y Nieva, 2014). Se ha excavado, además, una estructura de combustión fija (horno) en el sector A.

Fitogeográficamente el fondo del valle se ubica en la provincia fitogeográfica Chaqueña (Distrito Chaqueño Occidental) donde

predomina un clima subtropical serrano. Sin embargo, lo bordea sectores de la provincia fitogeográfica de las Yungas (Cabrera, 1976).

Se caracteriza por poseer elevadas temperaturas y abundantes precipitaciones estivales que fluctúan entre 100 y 300 mm (Cabrera y Willink, 1973). Con una altitud promedio de 650 msnm, la vegetación actual en los alrededores del sitio presenta una diversidad de especies forestales y herbáceas propias de un ecotono representado por la formación de bosque chaqueño. Entre ellas especies como: *Schinopsis balansae* Engl. "quebracho colorado" y *Aspidosperma quebracho blanco* Schldl "quebracho blanco", asociadas a *Caesalpinia paraguariensis* (Parodi) Burkart "guayacán", *Gleditsia amorphoides* (Griseb). Taubert "espina corona", *Astronium balansae* Engl. "urunday", *Ruprechtia laxiflora* Meisn. "ivirá pitá", *Patagonula americana* L. "guayabí", *Pisonia zapallo* Griseb. var *zapallo* "zapallo caspi", *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos "lapacho negro" y *Prosopis kuntzei* Harms "Itín"; árboles de menor porte como *Zizyphus mistol* Griseb. "mistol", *Prosopis alba* Griseb. "algarrobo blanco", *Prosopis nigra* Griseb. "algarrobo negro", *Chloroleucon tenuiflorum* (Benth.) Barneby & Grimes "tatané", *Acacia caven* Mol. "espinillo", *Geoffroea decorticans* (Gill. Ex Hook. y Arn.) Burkart "chañar" y *Celtis* sp. Burkart. Arbustos como *Prosopis ruscifolia* Griseb. "vinal", *Acacia praecox* Griseb. "garabato negro", *Castela coccinea* Griseb. "granadillo", *Aloysia gratissima* Griseb.

var gratissima “cedrón del monte”, *Acacia aroma* Hook. y Arn. “tusca”, *Prosopis affinis* Spreng. “ñandubay”, *Acanthosyris falcata* Griseb. “sacha pera”, entre las más destacables de las especies (Cabrera, 1976).

El proyecto de Ordenamiento Territorial del ILE (UCAR) brindó un listado de especies botánicas que se extienden en un área de 36 km² alrededor del sitio arqueológico, entre ellas: *Acanthosyris falcate*, *P. nigra*, *Z. mistol*, *Capparis tweediana* (Eichler) Iltis y Cornejo, *Celtis sp.*, *Schinopsis balansae*, *Schinus molle*, *A. aroma*, *Ceiba sp.* y *Geoffroea decorticans*. Sobre los márgenes de los ríos informan la presencia de bosques de sauces criollos (*Salix humboldtiana* L.).

Los grupos humanos dejaron improntas del entorno ambiental donde vivieron a través

del uso de las diversas especies vegetales. A partir de la identificación taxonómica de especies leñosas y arbustivas, ocultas en el registro de carbones, semillas y restos carpológicos procedentes del sitio arqueológico Pozo de la Chola, se analiza una aproximación al paleoambiente de aquella ventana temporal. Representa uno de los primeros estudios de macrorrestos vegetales del período formativo (2000-1500 años AP) para la provincia de Jujuy y sus resultados permitirán, a futuro, evaluar el grado de cambio del paisaje y el ambiente en el sector oriental de la provincia.

En efecto inmediato, los datos obtenidos, a su vez, permiten reconocer las plantas que componen el registro arqueobotánico del sitio; y proveen nuevos datos para interpretaciones más amplias de los contextos que lo integran.

MATERIALES Y MÉTODOS

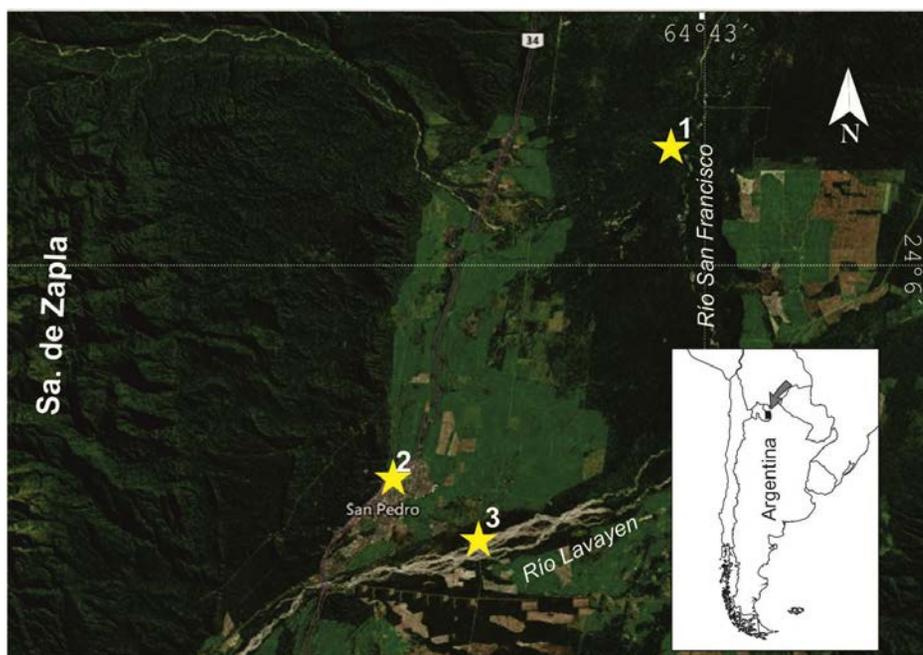


Figura 1: Ubicación geográfica del sitio arqueológico 1. Pozo de la Chola, 2. San Pedro, 3. Finca Torino (modificado de imagen Google earth).

El área excavada sistemáticamente abarca hasta el momento 108 m². Fue dividida en dos sectores: sector A, interpretado como un lugar de multi-actividades que incluyen consumo, descarte y posiblemente

preparación de alimentos; y el sector B, lugar exclusivo de inhumación. Además se planteó un diseño de sondeos sistemáticos en una grilla ortogonal cubriendo la superficie total estimada del sitio. Los hallazgos fueron

registrados cada 10 cm y se obtuvo una muestra para ser tamizada mediante el método de zaranda húmeda en los niveles excavados (se tamizaron un total de 274 litros de sedimento). También se utilizó zaranda seca, a los efectos de recuperar la mayor cantidad de vestigios (incluyendo fauna y restos vegetales). La información fue procesada con programas de información geográfica (SIG) a los efectos de evaluar distintos tipos de distribuciones de los materiales recuperados (cerámica, lítico, macrorrestos vegetales, restos arqueofaunísticos, etc.). Sobre la base de los datos obtenidos con este procedimiento se estimó que el área total ocupada en el sector preservado del sitio es de 2,5 ha.

El conjunto de muestras antracológicas fueron colectadas por una de los autores (G.O.). Los carbones se recuperaron utilizando tres procedimientos de recolección; colecta manual directa, zaranda seca y zaranda húmeda. La escala espacial de recolección incluye contextos micros entre ellos fogones, hornos y fosa de inhumación, es decir se analizaron muestras de diferentes contextos de depositación. Otras dos muestras provienen del interior de sendas estructuras de combustión (hornos) de los sitios Finca Torino (FT) y San Pedro (SP), ambos ubicados, al igual que Pozo de la Chola, en el sector del fondo de valle (Fig. 1).

El conjunto más grande de las muestras leñosas analizadas corresponde a carbones dispersos y a un evento de inhumación (cremación funeraria), recuperados por medio de la aplicación de la técnica de zaranda en seco y zaranda húmeda.

Un conjunto de muestras proceden de fogones, estos consisten en concentraciones asociadas a sedimentos termoalterados, en algunos casos no delimitados espacialmente por medio de paredes o estructuras, y otras fueron colectadas de un gran fogón en cubeta con una potencia de 80 cm.

Las concentraciones de carbones en piso fueron mapeadas y colectadas manualmente in situ y etiquetadas en forma separada del resto de los carbones del nivel,

sector o estructura que los contenía.

El sector muestreado fue aquel que presentaba mayor cantidad de carbones (UPA), aunque también fueron incorporados los recuperados del sector B. Los carbones analizados por sector y por nivel, se presenta en la Tabla 1, donde se detallan además las muestras usadas para los fechados.

Los carbones se estudiaron por fractura en los tres planos característicos (corte transversal, longitudinal radial y longitudinal tangencial) y se siguieron los criterios del International Association of Wood Anatomists (IAWA Committee 1989) para las determinaciones de los caracteres anatómicos. Para la asignación taxonómica de los restos carbonizados se utilizaron claves, atlas y descripciones anatómicas (Cozzo, 1950, 1951; Metcalfe y Chalk, 1950; Tortorelli, 1956, 1963; Tuset, 1963; Tuset y Duran, 1970; IAWA Committee, 1989; Cardoso Marchiori, 1992; Roth y Gimenez, 1997, 2006; Carlquist, 2001; Pacheco Marín, 2005).

A través de la web fueron utilizadas las bases de datos de Richter y Dallwitz (2000) y la InsideWood database (InsideWood, 2004 en adelante). Las microfotografías fueron tomadas con un microscopio estereoscópico Nikon SMZ-1000 y una cámara digital Nikon Coolpix S4.

Los procesos fisicoquímicos producto de la termoalteración modifican parte de la morfología cuantitativa de la madera, sin embargo, mantienen intactos los caracteres cualitativos (Rivera y Fernández, 1997-1998). Estos caracteres son usados para la identificación taxonómica del material carbonizado, entre los que se destacan anillos de crecimiento, porosidad, placas de perforación, tipo de puntuaciones intervasculares, disposición y contorno de los elementos de vasos, tipo de parénquima axial y tipo de radios (Couvert, 1970; Garibotti, 1998; Pearsall, 2000; Marconetto, 2002; Marconetto y otros, 2007).

Las inferencias paleofitogeográficas y

y paleoambientales fueron establecidas mediante el método del análogo moderno o pariente actual más cercano (NLR o Nearest Living Relative) propuesto por Mosbrugger (1999), el cual se considera una herramienta importante para el análisis paleoecológico, paleoclimático y paleogeográfico de las asociaciones de macrorrestos (como carbones). Este método se basa en el supuesto que las inferencias climáticas o ecológicas de un taxón (o un conjunto de taxones fósiles) es similar al de su pariente vivo más cercano.

En relación a los restos carpológicos, estos fueron recuperados mediante una estrategia de muestreo sistemático abarcando todos los estratos fértiles de la superficie total estimada del sitio (Ortiz, 2015). Fueron obtenidos por medio de la técnica de flotación, zaranda en seco y colecta manual in situ. En cuanto a su estado de preservación fue variado, encontrándose macrorrestos enteros y otros fragmentados. La identificación de especies se realizó mediante la observación a ojo desnudo y en lupa binocular utilizando las colecciones de referencia del laboratorio Yungas del CREA, FHyCs de la UNJu y manuales con descripciones anatómicas (Legname, 1982; Cabrera, 1993; Burkart, 1943).

Los carbones fueron depositados en el Laboratorio FHYCS-UNJu, bajo el acrónimo C-PCH N° X, C-SP N° X y C-FTN° X.

Procedencia de las muestras de carbones

Hornos: se trata de estructuras semi-subterráneas realizadas en tierra cocida conocidas en la literatura arqueológica de Argentina con el nombre de “botijas, hornillos u hornos campana”. Para la región del valle de San Francisco, una primera mención al respecto aparece en Dougherty (1975), quien describe un horno de forma ovoide, localizado en las barrancas del arroyo El Quemado asociado con materiales cerámicos de estilo “San Francisco”. Con el avance de las investigaciones en la región y áreas aledañas, nuevos hallazgos han sido reportados

(Echenique y Kulemeyer, 2003; Ortiz, 2003; Soria y otros, 2000). En algunos casos se trata de grandes estructuras subterráneas, excavadas directamente en tierra, cuyas dimensiones oscilan entre los 60-70 cm de altura por 60 cm de diámetro máximo. Existen otras construcciones más pequeñas que no superan los 40 cm de altura y entre 30 a 60 cm de diámetro. El interior suele contener grandes cantidades de carbón y cenizas, y en un caso se encontraron restos humanos articulados (Ortiz, 2007). Las paredes de estos receptáculos son en general de un espesor considerable (8 cm promedio), de color oxidante, y frágiles al contacto. Suelen tener bocas de oxigenación secundarias que habrían permitido una mejor combustión. Estos dispositivos han sido interpretados como una búsqueda de mayor abastecimiento calórico y con ello de la optimización durante el proceso de combustión del material a incinerar (Martin, 2006). Dos muestras de carbones recuperadas del interior de dos hornos fueron analizadas para determinación de especie.

Entierro: se trata del entierro primario en fosa de un individuo infantil, colocado en posición decúbito dorsal extendido que fue sometido a la exposición del fuego como parte de un complejo ritual funerario (Ortiz y Nieva, 2014). Se encontraron numerosos fragmentos de carbones macroscópicos alrededor del cráneo, en el sedimento que rellenó la bóveda craneana y en el sedimento encima del esqueleto. Sobre la base de la escasa cantidad y pequeño tamaño de los carbones, su distribución alrededor, debajo y encima del cuerpo, y la presencia irregular de las manchas oscuras sobre los huesos en diferentes lugares, proponemos que el individuo fue colocado en la fosa, cubierto por ramas, y una vez encendido el fuego la tumba permaneció abierta hasta que el evento de quema hubiera concluido. Se recuperaron numerosas muestras de carbones pequeños utilizando zaranda seca y húmeda de los sedimentos asociados con la inhumación además de la colecta manual de los carbones macroscópicos. Las muestras analizadas corresponden tanto a aquellos colectados a mano como a los recuperados mediante flotación.

Evento de quema de un árbol en pie: se excavaron los restos de lo que fuera un árbol cortado y quemado en pie, ubicado en el sector B. Se realizó un fechado sobre una sección de esta muestra.

Fogones

Fogón en cubeta: se analizaron tres muestras tomadas en diferentes niveles de la cubeta; 20 cm, 60 cm y la última colectada en la base (1,23 m). De la segunda, se seleccionó un fragmento para ser enviado a datar. Sobre la base de la potencia del fogón, se presupone su utilización a cielo abierto. Es interesante destacar, que en su interior se recuperaron huesos humanos quemados correspondientes a un NMI (número mínimo de individuo) de 4 individuos (un adulto, un juvenil y dos infantiles) conjuntamente con restos óseos de fauna y algunos fragmentos de cerámica. En el caso del adulto se trata de huesos de ambos pies, desarticulados y dispuestos a diferentes niveles dentro de la estructura del fogón. Los huesos de los infantiles corresponden a dos mandíbulas y un fragmento de clavícula, y el juvenil se encuentra representado por un cúbito y fragmentos de calota. Todos están quemados (Ortiz y Nieva, 2014). El fechado obtenido indica una antigüedad estadísticamente comparable con otro fechado obtenido sobre un piso con desechos de basura de facto asociado posiblemente a actividades domésticas a una profundidad de 70 cm y a una distancia lineal de 3,5 m del fogón.

Fogones difusos: se analizaron muestras procedentes de tres eventos de quema interpretados como fogones difusos localizados sobre los pisos de la UPA. Se trata de pequeñas lentes carbonosas con abundantes cenizas y en un caso los carbones estaban asociados a un sedimento rubificado con presencia de huesos de fauna quemada. El color del sedimento indica que la temperatura alcanzada fue muy alta.

Carbones dispersos: restos dispersos de carbones de pequeño tamaño fueron registrados en todo el sector A, y se interpretan como desechos de limpieza de fogones y/o

dispersiones post-depositacionales. Proviene de diferentes sectores de excavación asociados a pisos o rellenos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A medida que las plantas crecen van adaptándose a las condiciones ambientales en su entorno. El objetivo principal es el desarrollo de sus condiciones óptimas de subsistencia. Se entiende por condiciones óptimas a aquellas en la que la precipitación y la temperatura ejercen presión para restringir el comportamiento, desarrollo, adaptabilidad y permanencia en el tiempo. En términos ecológicos existen plantas euri-valentes y esteno-valentes es decir con una gran amplitud ecológica y/o típicas de un ambiente preciso, respectivamente (Diodora, 2004). La distribución de las especies está limitada por un factor particular en el ambiente que influye en su capacidad para sobrevivir o reproducirse adecuadamente. Partiendo del supuesto, que las exigencias climáticas de las especies leñosas del período en estudio (2000-1500 años AP) son similares a las de sus parientes actuales, se estima las asociaciones florísticas y las condiciones ambientales en los diferentes niveles estratigráficos del sitio arqueológico Pozo de la Chola a través del registro de carbones y restos carpológicos.

Se analizaron en total 34 muestra de carbones con un promedio de 19 carbones por muestra (ver tabla 1). De estos se identificó el 97,05 % (n= 33 muestras de carbones). En el sector A de donde provienen la mayor cantidad de muestras, se identificaron un total de 20 géneros; *Acacia*, *Anadenanthera*, *Chloroleucon*, *Microlobius*, *Parapiptadenia*, *Piptadenia*, *Prosopis* (Mimosoideae); *Cercidium*, *Gleditsia*, *Pterogyne* (Caesalpinioideae); *Amburana*, *Geoffroea* (Papilionoideae); *Astronium*, *Loxopterygium*, *Schinopsis* (Anacardiaceae); *Aspidosperma* (Apocynaceae); *Allophylus* (Sapindaceae); *Maclura* (Moraceae); *Salix* (Salicaceae); *Phyllostylon* (Ulmaceae) (Tabla 1 y 2).

| Muestra | UP | cuadrícula | nivel | Familia | Genero | Especie relacionada | Preferencia ambiental | Prof. | Densidad kg/m ³ | Hábito |
|----------|----|--------------|-------|-----------------|-----------------------|---|-----------------------|--------|----------------------------|---------------------|
| C-PCH 1 | A | 7/6-7/7 | V III | Mimosoideae | <i>Acacia</i> | <i>Acacia visco</i> | BS, BH | 0,90 m | 1015 | perenne |
| C-PCH 2 | A | 5/6- | IV | Mimosoideae | <i>Acacia</i> | <i>Acacia visco</i> | BS, BH | 0,70 m | 1015 | perenne |
| C-FT 3 | | SONDEO 1 | | Mimosoideae | <i>Acacia</i> | <i>Acacia caven</i> | BS | | 1015 | deciduo |
| C-PCH 4 | A | 4/7 perfil E | IV | Mimosoideae | <i>Parapiptadenia</i> | <i>Parapiptadenia sp</i> | BS, BH | 1,05 m | 900 | perenne |
| C-PCH 5 | A | 4/16- | II | Mimosoideae | <i>Piptadenia</i> | <i>P. viridiflora</i> | BS, BH | 0,40 m | 1020 | perenne |
| C-PCH 6 | B | 3/3- | I | Mimosoideae | <i>Prosopis</i> | Afin a <i>P. nigra</i> | BS | 0,20 m | 900 | deciduo |
| C-PCH 7 | B | 3/5-4/5 | I | Mimosoideae | <i>Prosopis</i> | <i>Prosopis sp</i> | BS | 0,30 m | 900 | deciduo |
| C-PCH 8 | A | 6/6- | VI | Mimosoideae | <i>Prosopis</i> | <i>Prosopis sp.</i> | BS | 0,90 m | 650 | deciduo |
| C-PCH 9 | A | 6/7- | VI | Mimosoideae | <i>Microlobius</i> | <i>M. foetidus subsp. paraguayensis</i> | BS, BH | 0,90 m | 780 | semideciduo |
| C-PCH 10 | A | 6/7- | V | Mimosoideae | <i>Chloroleucon</i> | <i>C. tenuiflorum</i> | BS, BH | 0,80 m | 540 | perenne |
| C-PCH 11 | A | 7/15- | III | Mimosoideae | <i>Anadenanthera</i> | <i>A. colubrina</i> | BS, BH | 0,80 m | 1020 | perenne |
| C-PCH 12 | A | 6/6- | VI | Mimosoideae | <i>Anadenanthera</i> | <i>A. colubrina</i> | BS, BH | 0,90 m | 1020 | perenne |
| C-PCH 13 | A | 7/6-7/7 | III | Mimosoideae | <i>Anadenanthera</i> | <i>A. colubrina</i> | BS, BH | 0,40 m | 1020 | perenne |
| C-PCH 14 | A | 7/6 7/7 | VIII | Caesalpinoideae | <i>Pterogyne</i> | <i>Pterogyne nitens</i> | BS, BH | 0,90 m | 820 | perenne |
| C-PCH 15 | A | 7/6 7/7 | VII | Caesalpinoideae | <i>Gleditsia</i> | <i>Gleditsia amorphoides</i> | BS, BH | 0,90 m | 870 | perenne |
| C-PCH 16 | A | 7/6 7/7 | VIII | Caesalpinoideae | <i>Gleditsia</i> | <i>Gleditsia amorphoides</i> | BS, BH | 0,80 m | 870 | perenne |
| C-PCH 17 | A | 6/7- | V | Caesalpinoideae | <i>Gleditsia</i> | <i>Gleditsia amorphoides</i> | BS, BH | 0,80 m | 870 | perenne |
| C-PCH 18 | A | 4/15- | IV | Caesalpinoideae | <i>Cercidium</i> | <i>C. australe</i> y <i>C. andicola</i> | BS, BH | 0,90 m | 560 | semideciduo |
| C-PCH 19 | A | 3/8- | III | Caesalpinoideae | <i>Cercidium</i> | <i>C. australe</i> , <i>C. praecox</i> , <i>C. andicola</i> | BS, BH | 0,20 m | 560 | semideciduo |
| C-PCH 20 | A | 7/6 7/7- | VII | Caesalpinoideae | <i>Cercidium</i> | <i>C. praecox</i> | BS, BH | 0,80 m | 560 | semideciduo |
| C-PCH 21 | A | 6/6- | IV | Papilionoideae | <i>Amburana</i> | <i>Amburana cearensis</i> | BS, BH | 0,80 m | 600 | perenne/deciduo |
| C-PCH 22 | A | 6/6 6/7 | VI | Papilionoideae | <i>Amburana</i> | <i>Amburana cearensis</i> | BS, BH | 0,90 m | 600 | perenne/deciduo |
| C-PCH 23 | A | 5/12- | IV | Papilionoideae | <i>Amburana</i> | <i>Amburana cearensis</i> | BS, BH | 0,60 m | 600 | perenne/deciduo |
| C-PCH 24 | A | 7/6 7/7 | VIII | Papilionoideae | <i>Amburana</i> | <i>Amburana cearensis</i> | BH, BS | 0,90 m | 600 | perenne/deciduo |
| C-PCH 25 | A | 4/6- | III | Papilionoideae | <i>Geoffroea</i> | <i>Geoffroea decorticans</i> | BS | 0,50 m | 635 | perenne/semideciduo |
| C-PCH 26 | A | 6/6- | VI | Anacardiaceae | <i>Astronium</i> | <i>Astronium urundeuva</i> | BH | 0,90 m | 1180 | semideciduo |
| C-PCH 27 | A | 3/8- | VII | Anacardiaceae | <i>Schinopsis</i> | <i>S. lorentzii</i> , <i>S. balansae</i> | BH, BS | 0,60 m | 1180 | perenne |
| C-PCH 28 | A | 6/14- | III | Anacardiaceae | <i>Loxopterygium</i> | <i>Loxopterygium sp</i> | BS | 0,80 m | 1100 | perenne |
| C-PCH 29 | A | 4/5- | III | Apocynaceae | <i>Aspidosperma</i> | <i>A. quebracho-blanco</i> | BS | 0,50 m | 920 | perenne |
| C-PCH 30 | A | 6/7- | VI | Sapindaceae | <i>Allophylus</i> | <i>A. pauciflorus</i> y <i>A. edulis</i> | BH, BR | 0,90 m | 60 | perenne |
| C-PCH 31 | A | 3/8- | V | Salicaceae | <i>Salix</i> | <i>Salix sp</i> | BR | 1,23 m | 480 | deciduo |
| C-PCH 32 | A | 6/6-6/7 | VI | Ulmaceae | <i>Phyllostylon</i> | <i>Phyllostylon rhamnoides</i> | BH, BS | 0,90 m | 900 | perenne |
| C-PCH 33 | A | 5/3- | IV | Moraceae | <i>Maclura</i> | <i>Maclura tinctoria</i> | BH, BS | 0,70 m | 1015 | perenne |
| C-SP 34 | | recuperado | | Moraceae | <i>Maclura</i> | <i>Maclura tinctoria</i> | BH, BS | | 1015 | perenne |

Tabla 1. Registro general de muestras antracológicas del sitio Pozo de la Chola, San Pedro y Finca Torino. Referencia: preferencia ambiental BR= bosques ripários; BH = bosques húmedos; BS = bosques secos

Del conteo total de muestras analizadas el 73% corresponde a Fabaceae. Estas se caracterizan por tener un buen poder calórico y suelen ser aptas para el uso de combustible. Se debe a las características de esta clase de maderas, las cuales poseen porcentajes más elevados de fibras en comparación con parénquima axial en su estructura a nivel de xilema secundario (Carlquist, 2001). Además, sus densidades son indicios del poder calórico, pues a mayor densidad mayor es el poder calórico de una especie en particular; la masa de un leño es directamente proporcional a la densidad y al poder calórico (Quirino y otros, 2004). De las especies identificadas en el registro arqueológico, 7 de ellas corresponden a especies con altos valores de densidad (> 1000 Kg/m³); y otras 6, con valores por encima

de los 800 Kg/m³ (Atencia, 2003) (ver tabla 1).

En relación a los restos carpológicos, se recuperaron más de 1000 elementos, todos pertenecientes a especies silvestres. El 89% han sido taxonómicamente identificado (fig. 2) y solo el 11% no tienen aún identificación específica. Numerosas muestras evidencian señales de alteraciones tafonómicas y antropogénicas (carbonización).

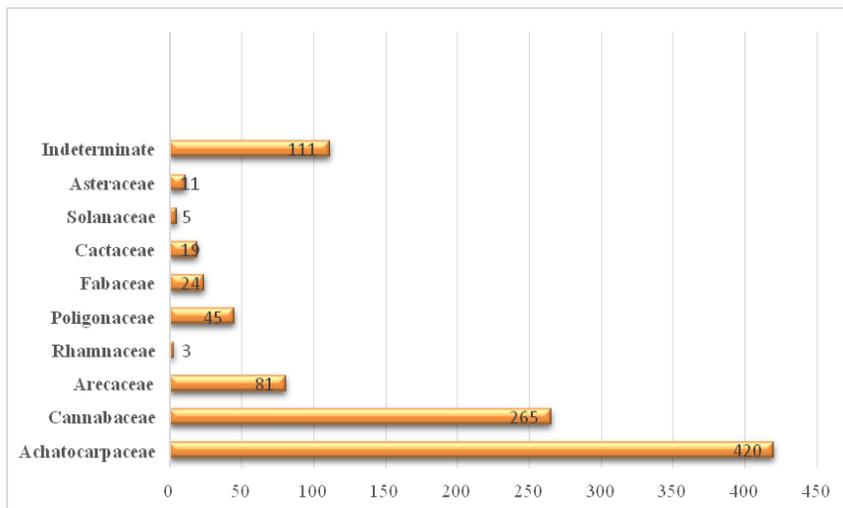


Figura 2. Número total de individuos por Familias identificadas a partir del registro de semillas y frutos arqueológicos del sitio Pozo de la Chola.

Distribución actual en Argentina de los taxones identificados

Microlobius foetidus subsp. paraguensis (Benth.) M. Sousa & G. Andrade (relacionada con C-PCH 9) es una especie perenne que se distribuye en la franja tropical y subtropical de América desde México hasta el norte de Argentina, principalmente en las provincias del Chaco y Formosa. Según Tortorelli (1956) se distribuye junto a *Tabebuia nodosa* (Griseb.) Griseb., *Diplokeleba floribunda* N.E. Br., *Astronium balansae*, *Aspidosperma triternatum* N. Rojas, *Peltophorum dubium*, *Crataeva tapia* L., *Handroanthus impetiginosus* (Mart. Ex DC.) Standl., *Gleditsia amarphoides* y *Caesalpinia paraguariensis*.

Acacia caven (relacionado con C-FT 3) especie nativa de Sudamérica y decidua se distribuye extensamente en el norte, centro y este de Argentina, principalmente en el noreste y en el parque Chaqueño (Tortorelli, 1956). El registro de información de Biodiversidad de Parques Nacionales registraron presencia de *Acacia caven* en Buenos Aires, Catamarca, Chaco, Córdoba, Corrientes, Entre Ríos, Formosa, Jujuy, Salta, La Rioja, Mendoza, Misiones, San Juan, San Luis, Santa Fe, Santiago del Estero y Tucumán.

Acacia visco Griseb. (relacionado con C-PCH 1, 2) es una especie perenne a semideciduo. En Bolivia se la encuentra a altitudes de 1500-3000 msnm en Argentina es autóctona en las provincias de Salta, Jujuy, Tucumán, Catamarca, La Rioja, San Juan, Santiago del Estero, Córdoba y San Luis (Tortorelli, 1956).

Parapiptadenia afin a P. excelsa (relacionada con C-PCH 4) es un taxón perenne con distribución típica en las Yungas o Selva tucumano-boliviana, su hábitat no supera los 800 msnm (Tortorelli, 1956; Cabrera, 1976; Easdale, 2006), mientras que la Flora Argentina informa presencia de la especie en el sector de selva montana en Catamarca en alturas de 2600 msnm.

Piptadenia viridiflora (Kunth) Benth. (relacionado con C-PCH 5) es una especie perenne presentes en el este de las provincias de Salta y Jujuy, dentro del área de Yungas o Selva tucumano-boliviana (Prado, 1995).

Prosopis sp. L. (relacionado con C-PCH 6, 7 del sector B, y C-PCH 8 del sector A) particularmente *P. nigra* es una especie típica de Sudamérica, habita la ecorregión del Gran Chaco, principalmente la zona de transición entre el Chaco Húmedo y el Chaco del

del Sudeste, abarcando Argentina, Bolivia, Paraguay y Uruguay (Tortorelli, 1956; Castro, 1994; Palacios y Brizuela, 2005).

Chloroleucon tenuiflorum (relacionada con C-PCH 10) es una especie perenne y nativa de Chaco, Formosa, Misiones, Corrientes, Jujuy, Salta, Santa Fe y Tucumán (Brown y Grau, 1993).

Anadenanthera colubrina (Vell.) Bren. (relacionado con C-PCH 11, 12, 13) es una especie semidecídua a perenne y nativa de los bosques estacionales de Bolivia, Brasil, Ecuador, Paraguay, Perú y Argentina. En esta última crece en las provincias de Catamarca, Chaco, Córdoba, Corrientes, Entre Ríos, Formosa, Jujuy, Misiones, Salta, Santiago del Estero y Tucumán. Tortorelli (1956) registró presencia de la especie en la selva tucumano-boliviana o en la provincia fitogeográfica de las Yungas a orillas de los ríos Pescado, Iruya, Bermejo, Tarija y en las serranías orientales salteñas en el sector de piedemonte.

Cercidium praecox ssp. praecox (relacionada con C-PCH 18, 19, 20) es una especie caducifolia y nativa que crece en bosques xerófilos. En Argentina se distribuye en las provincias de Catamarca, Chaco, Córdoba, Formosa, Jujuy, Salta, Santiago del Estero, Santa Fe, San Luis, La Pampa y Tucumán (Chalukian y otros, 2005).

Gleditsia amorphoides (relacionado con C-PCH 15, 16, 17) especie perenne. El taxón se distribuye en Bolivia, Paraguay, noroeste de Uruguay y en algunas provincias de Argentina (Entre Ríos, Jujuy, Salta, Formosa, Chaco, Misiones, Corrientes y Entre Ríos). Es común en montes o bosques abiertos y serranías (Ragonese, 1982; Burkart y otros, 1999). Tortorelli (1956) también destaca su presencia en las zonas húmedas del Parque Chaqueño y en Misiones forma parte del estrato arbóreo medio.

Amburana cearensis (Allemao) A.C.Sm. (relacionado con C-PCH 21, 22, 23, 24) es una especie perenne que se distribuye en las provincias de Salta y Jujuy (en la provincia fitogeográfica de las Yungas) y en Países

límitrofes como Brasil y Paraguay. Tortorelli (1956) la registro al oeste de Orán en la Provincia de Salta y en las orillas del río Bermejo (22°30').

Geoffroea decorticans (relacionado con C-PCH 25) es una especie semidecídua en áreas con estacionalidad marcada (como la provincia fitogeográfica Chaqueña) y perenne en zonas más húmedas como la provincias fitogeográfica Paranaense. Es muy difundida en provincias argentinas como Jujuy hasta Río Negro, inclusive la provincia de Neuquén. Tortorelli (1956) registró su presencia en la formación Tucumano-boliviano (en Orán) y Parque chaqueño.

Pterogyne nitens Tul. (relacionado con C-PCH 14) es un árbol heliófilo de áreas abiertas y bordes de caminos. Pionero en suelo arenoso, en áreas degradadas, quebradas, bosques y montes ribereños entre 300-1200 msnm. Se distribuye en algunas áreas de Sudamérica como Brasil, Paraguay, Uruguay y en las provincias de Chaco, Corrientes, Entre Ríos, Formosa, Jujuy, Misiones, Salta, Tucumán en Argentina (Tortorelli, 1956).

Aspidosperma quebracho blanco (relacionado con C-PCH 29) es una especie de hábito arbóreo, perenne y nativa. Es común de determinadas zonas de Sudamérica como Bolivia, Paraguay, Uruguay, norte y centro de Argentina (Jujuy, Salta, Catamarca, Tucumán, La Rioja, San Juan, Córdoba, San Luis, Formosa, Chaco, Santiago del Estero, Santa Fe, Entre Ríos), principalmente en la provincia fitogeográfica Chaqueña, y forma ecotono con la provincia fitogeográfica del Espinal.

Allophylus edulis (St. Hil.) Radlk (relacionado con C-PCH 30) árbol o arbusto perenne, se distribuyen en Brasil, Paraguay, sur de Bolivia, Uruguay y en algunas provincias de Argentina. Tortorelli (1956) documentó su presencia en la Selva Misionera y en las Selvas marginales del Río Paraná, también a orillas de los ríos y arroyos de las provincias de Jujuy, Salta y Tucumán. En el noroeste argentino habita hasta alturas de 1650 msnm.

Phyllostylon rhamnoides (J.Poiss.) Taub. (relacionado con C-PCH 32) denominado comúnmente “palo amarillo” o “cuta”, es una especie arbórea de la familia Ulmaceae, perenne y nativa de Sudamérica. En Argentina se distribuyen en la provincia fitogeográfica Paranaense y en la provincia fitogeográfica de las Yungas o Tucumano-boliviana (Tortorelli, 1956; Cabrera, 1976). El sistema de información de biodiversidad de Parques nacionales registró la presencia de la especie en las siguientes provincias Chaco, Corriente, Formosa, Jujuy, Salta, Santa Fe, Tucumán (Digilio y Legname, 1966).

Astronium urundeuva (Fr. All.) Engl. (relacionado con C-PCH 26) es una especie nativa semi-decídua, distribuida en el área tropical de Brasil y Paraguay. En Argentina, se distribuye en las provincias de Salta, Jujuy y Chaco; en áreas norteñas de la cuenca del río Paraguay y en el Chaco es común en los bosques altos; prefiere suelos arenosos, bien drenado, formando parte del estrato superior del bosque alto (Tortorelli, 1956).

Schinopsis lorentzii “quebracho-colorado” (relacionado con C-PCH 27) es una especie arbórea nativa de Sudamérica, muy apreciado por su madera. Es perenne y se distribuye en las provincias de Catamarca, Chaco, Córdoba, Formosa, Salta, Jujuy, La Rioja, Santiago del Estero, Santa Fe y Tucumán. Abarcando las formaciones florísticas del parque chaqueño, del Monte y de las Yungas (sensu Cabrera 1976) o en la formación tucumano-boliviano (Tortorelli, 1956).

Loxopterygium grisebachii Hieron. (relacionado con C-PCH 28) es un taxón perenne y nativo de Bolivia y Argentina. Se distribuye en las provincias de Jujuy, Salta y Tucumán. Es una especie de hábito arbóreo y perteneciente a la familia Anacardiaceae. Tortorelli (1956) la observo en el bosque pedemontano húmedo, entre los 400-700 msnm, al norte de la provincia de Salta.

Salix humboldtiana L. (relacionado con C-PCH 31) es una especie caducifolia o decidua. Es frecuente en orillas de ríos, esteros, canales y terrenos húmedos. Se

encuentra desde el nivel del mar hasta los 2600 msnm. En la Argentina se distribuyen en las provincias de Bs. As., Catamarca, Chaco, Chubut, Córdoba, Corriente, Entre Ríos, Formosa, Jujuy, La Pampa, Neuquén, Ríos Negro, Salta, Santiago del Estero, Santa Fe, San Juan y Tucumán (Tortorelli, 1956).

Maclura tinctoria (relacionado con C-PCH 33 y C-SP 34) es una especie perenne de las áreas húmedas y semi-húmedas del Noreste de Argentina, incluyendo las provincias de Jujuy, Salta, Chaco, Formosa, Misiones y Corrientes.

La información previa avala la presencia de los análogos modernos de las muestras antracológicas en el área de estudio, con algunas excepciones menores. Una de las especies identificadas a nivel antracológico, no fueron relevadas en la vegetación actual de las inmediaciones del sitio arqueológico. Se trata de carbones de cebil (*Anadenanthera colubrina*), mora amarilla (*Maclura tinctoria*) y roble criollo (*Amburana cearensis*). El Cebil es mencionado con fechas muy tempranas asociado a contextos cazadores-recolectores del NOA, vinculado a la función fumitoria en pipas (Arenas, 1992; Lema y otros, 2015). Aunque no crece actualmente cerca del sitio arqueológico, se encuentran bosques de esta especie a una distancia inferior a 15 km. En los sitios de tradición “San Francisco”, es frecuente el hallazgo de pipas de cerámica con diseños antropomorfos, y se ha constatado la utilización de semillas de cebil en el interior de estos artefactos conjuntamente con otras especies vegetales (Quiroz y otros, 2012; Lema y otros, 2015). Una partida a mayor distancia para coleccionar determinado recurso como pueden ser los frutos de este árbol, pudo implicar que también se aprovechara la madera, realizando el transporte de ramas hasta el sitio. Un leño carbonizado de esta especie localizado cerca del horno en la UPA, pudo haber sido usado para realizar la combustión en esa estructura.

Al analizar las muestras por estrato se observan asociaciones florísticas que no se alejan de características similares a bosques húmedos y semi-húmedos,

y presencia de especies que proliferan en ambientes xéricos (tabla 2).

| Profundidad (cm) | <i>Loxopterygium</i> | <i>Schinopsis</i> | <i>Astronium</i> | <i>Amburana</i> | <i>Geoffroea</i> | <i>Cercidium</i> | <i>Gleditsia</i> | <i>Pterogyne</i> | <i>Anadenanthera</i> | <i>Chloroleucon</i> | <i>Microlobius</i> | <i>Prosopis</i> | <i>Piptadenia</i> | <i>Parapiptadenia</i> | <i>Acacia</i> | <i>Aspidosperma</i> | <i>Allophylus</i> | <i>Salix</i> | <i>Phyllostylon</i> | <i>Maclura</i> | Datación (AP) | |
|------------------|----------------------|-------------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------------------|---------------------|--------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|---------------|---------------------|-------------------|--------------|---------------------|----------------|---------------|-------------|
| 20 | | | | | | ■ | | | | | | ■ | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1040± 50 |
| 40 | | | | | | | | | ■ | | | | ■ | | | | | | | | | |
| 50 | | | | | ■ | | | | | | | | | | | ■ | | | | | | |
| 60 | | ■ | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2030± 50 |
| 70 | | | | | | | | | | | | | | | ■ | | | | | ■ | | |
| 80 | ■ | | | ■ | | ■ | ■ | | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | 2030± 80 |
| 90 | | | ■ | ■ | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | ■ | | ■ | | ■ | | | 2000± 80 |
| 1m ± | | | | | | | | | | | | | ■ | | | | ■ | | | | | |

Tabla 2. Registro de carbones arqueológicos identificados taxonómicamente y recuperados en diferentes niveles estratigráficos dentro del sitio Pozo de la Chola

En el estrato con una profundidad de entre un metro y 1,23 m se registró presencia de *Parapiptadenia* y *Salix*, ello alude a un ambiente húmedo, pues constituyen actualmente bosques húmedos en referencia a la primera (es decir a *Parapiptadenia*) y ambientes ribereños en la segunda.

A 90 cm de profundidad se observa una gran diversidad de taxones. El análisis de carbones en este estrato es superior, sin duda es una de las causas que responden a ésta diversidad. Sin embargo, la asociación florística identificada, hasta el momento coincide, con la flora actual en el área de estudio.

En el estrato de 80 cm de profundidad se incorporan al listado de especies para el sitio a, *Loxopterygium* y *Chloroleucon*, actualmente presentes en el área de estudio. En este nivel también se registro endocarpo de *Celtis tala* (Fig. 2).

A 70 cm de profundidad de la secuencia estratigráfica se evidencia la presencia de *Maclura*, un taxón típico de áreas húmedas con estacionalidad poco marcadas. A este nivel también se registra presencia de semilla

de *Prosopis* afín a *P. alba* y de *Acacia* afín a *A. aroma*. Esta asociación de taxa es común en el entorno actual del sitio arqueológico y forman parte de la flora de la provincia fitogeográfica Chaqueña. Se registro además semillas afines a las familias Solanaceae y Capparidaceae, su preservación evito una identificación más específica.

En el estrato de 60 cm de profundidad se observó presencia de *Amburana* y *Schinopsis*, esta asociación de taxones es actualmente común en los bosques sub-húmedos del Cerrado (Spichiger y Mascherpa, 2011). Dentro de las especies de *Schinopsis* que se encuentran en el área de estudio, *S. lorentzii* posee una tolerancia más amplia para adaptarse a ambientes xéricos, mientras que *S. balansae* es común encontrarlo en ambiente húmedos al igual que *Amburana cearensis*.

En el nivel de 50 cm de profundidad se identificó a *Aspidosperma quebracho blanco* y *Geoffroea decorticans*, esta asociación es común de la provincia fitogeográfica Chaqueña en particular en

el distrito fitogeográfico Chaqueño Occidental y en el distrito fitogeográfico Chaqueño Serrano (Cabrera, 1976) y el distrito Chaqueño Oriental (Arambarri y otros, 2012). *Fruto de Geoffroea decorticans* también se ha registrado a 30 cm. de profundidad, lo cual sugiere su presencia casi constante en el área de estudio en el tiempo en análisis.

La presencia casi constante de los taxones *Prosopis*, *Cercidium* y *Anadenanthera* en la secuencia estratigráfica presupone un apreciado uso como combustible, ritual y fumatorio de los mismos.

La diversidad de especies forestales identificadas en los pisos de ocupación, indicaría a su vez un acceso relativamente estable a ejemplares del bosque local y una estrategia de aprovisionamiento y uso sin selección de especies particulares. Donde la selección de recurso con fines combustibles se debe a la disponibilidad más que a la valoración de las propiedades físico-químicas de las mismas.

En relación al registro de carporestos, las especies *Celtis tala* y *Achatocarpus praecox* (Fig. 2), se encuentran bien representada, y además son componentes vigentes de la vegetación actual circundante. Poseen una abundancia de 43% para *Achatocarpus praecox* sobre el total de la muestra colectada de los pisos y estratos fértiles, mientras que *Celtis* representa el 27% de este registro. Actualmente en el área de estudio tanto *Celtis* y *A. praecox* son reconocidas como elementos usados como combustible. Sin embargo su registro en carbones no se identifico hasta el momento.

Si comparamos los resultados de los análisis de carporestos con los antracológicos, se observa, que los taxa mayormente representados como

combustibles no poseen registro de utilidad como alimentos, y a la inversa. Por ejemplo, frutos de *Celtis* y Palmas se registran a nivel carpológico pero están ausentes en el registro antracológico.

En análisis previos, se realizaron inferencias ambientales a través de la presencia de determinados fitolitos en sedimentos que conforman el sitio. Estos resultados proponen presencia de comunidades vegetales mega y mesotérmica que habitarían en condiciones húmedas con presencia de componentes gramínoideas de ruta metabólica tanto C3 como C4. Por lo tanto, la vegetación estarían constituido por un pastizal abierto con palmares asociados y cuerpos de agua lénticos, circundado por un bosque húmedo y elementos resistentes a ambientes con estacionalidad marcada (Zucol y Colobig, 2010).

Comentarios finales

En relación al uso de los recursos florísticos naturales, la vivencia de generación tras generación de los grupos humanos moldeó los saberes que hasta hoy se mantienen, y otros que fueron disipándose en el tiempo. El conocimiento incorporado llegó a ser tan profundo como para reconocer las propiedades intrínsecas de cada especie que integraron sus entornos. Sin embargo, la decisión de selección depende en última instancia de muchas variables (acceso, distancia, tamaño, etc.). En ambientes forestales, donde a menudo se encuentra fácilmente disponible el recurso de la madera, las opciones pueden estar determinadas por el discernimiento de las propiedades de una especie en particular. Por lo tanto, la madera utilizada para fines específicos debe haberse seleccionado de una variedad de especies disponibles. En este estudio de caso, de acuerdo con el registro

de carbones y de restos de frutos y semillas, es posible establecer algunas semejanzas entre la composición taxonómica identificada y la formación vegetal que predomina en la región.

En efecto, los resultados indican, hasta al momento, la cercanía al sitio de tres unidades florísticas con elementos vinculados al Chaco húmedo, Chaco seco a serrano y un ambiente ribereño.

La abundancia relativa de gramíneas y micro-carbones en todas las muestras sedimentológicas, apunta hacia un ambiente con alto impacto antrópico, manifiesto en una sub-representación del bosque nativo, al menos, en aquellos sectores con mayor densidad de restos arqueológicos.

Si bien la información generada es de carácter preliminar, y específica para el sitio, los resultados son promisorios para reconstruir diferentes aspectos de la interacción humana pasada con los recursos vegetales y su entorno ecológico a nivel local y regional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Administración de Parques Nacionales. Sistema de Información de Biodiversidad. www.sib.gov.ar

- Arambarri A., C. Monti, N. Bayón, M. Hernández, M. C. Novoal y M. Colares. 2012. Eco-anatomía Foliar de Arbustos y Árboles del Distrito Chaqueño Oriental de la Argentina. *Bonplandia* 21(1): 5-26.

- Arenas P. 1992. El "cebil" o el "árbol de la ciencia del bien y del mal". *Parodiana* 7: 101-114.

- Atencia M.E. 2003. Densidad de maderas (Kg/m³) ordenadas por nombre científico. INTI-CITEMA. Buenos Aires.

- Brown A.D. y H.R.Grau. 1993. La naturaleza y el hombre en las selvas de montaña. Sociedad Alemana de

Cooperación Técnica (GTZ).

- Burkart A. 1943. Las leguminosas argentinas, silvestres y cultivadas (No. 582.736 BUR). Acme Agency, soc. de resp. Ltda.

- Burkart R., N.O. Bárbaro, R.O. Sánchez y D.A. Gómez. 1999. Ecorregiones de la Argentina. Administración de Parques Nacionales, Buenos Aires.

- Cabrera A.L. 1976. Regiones Fitogeográficas Argentinas. En: Enciclopedia argentina de agricultura y jardinería. Tomo II. Fascículo 1. ACME, Buenos Aires.

- Cabrera A.L. 1993. Flora de la provincia de Jujuy: República Argentina (Vol. 13). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

- Cabrera A.L. y A. Willink. 1973. Biogeografía de América Latina. Monografía 13. Serie de Biología. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Washington DC. EEUU. 120 pp.

- Castro M.A. 1994. Maderas argentinas de Prosopis. Atlas anatómico (Algarrobos, vinal, calden, itin y otros). Secretaria General de la Presidencia de la Nación. Gráfica Sur. 101 pp.

- Carlquist S. 2001. Comparative Wood Anatomy. Systematic, Ecological, and Evolutionary Aspects of Dicotyledon Wood. Springer Series in Wood Science, Springer. 448 pp.

- Cardoso Marchiori J.N. 1992. Anatomia da madeira e casca do espinilho, *Acacia caven* (Mol.) Mol. *Ciência Florestal* 2: 27-47.

- Chalukian S.C., A. Belaus, M.S. de Bustos y M. Saravia. 2005. Plan de Manejo Parque Nacional Copo. Versión Preliminar. Proyecto de Conservación de la Biodiversidad APN/GEF/BIRF. Delegación Regional Noroeste. APN. 153 pp.

- Couvert M. 1970. Etude des charbons prehistoriques. Preparation des

coupes minces et analyse des structures. Travaux Du Centre de recherches. Anthropologiques Préhistoriques et Ethnographiques 5: 5-88.

- Cozzo D. 1950. Anatomía del leno secundario de las leguminosas Papilionoideas Argentinas silvestres y cultivadas. Instituto Nacional de Investigaciones de las Ciencias Naturales y Museo Argentino Bernardino Rivadavia, Ciencias Botánicas 1: 223-361.

- Cozzo D. 1951. Anatomía del leno secundario de las leguminosas Mimosoideas y Cesalpinoideas Argentinas silvestres y cultivadas. Instituto Nacional de Investigaciones de las Ciencias Naturales y Museo Argentino Bernardino Rivadavia, Ciencias Botánicas 2: 63-146.

- Digilio A.P.L. y P.R. Legname. 1966. Los árboles indígenas de la provincia de Tucumán. Opera Lilloana 15: 1-107. Tucumán, Argentina.

- Diodora C. 2004. Ciencias da Terra e Meioambientais. Mc Graw Hill. ISBN 84-481-4199-7

- Dougherty B. 1975 Nuevos aportes para el conocimiento del Complejo Arqueológico San Francisco (sector septentrional de la región de las selvas occidentales argentinas, subárea del noroeste argentino). PhD Thesis, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de la Plata, Argentina, Unpublished.

- Easdale T.A. 2006. Comparative morphologies and life histories amongst montane tree species in north-western Argentina. Tesis Doctoral. Universidad de Wales-Bangor. UK. 187 pp.

- Echenique M. y J. Kulemeyer. 2003. La excavación arqueológica de una "mancha blanca", el sector M43C en el sitio Moralito, departamento San Pedro, provincia de Jujuy, República Argentina. In: Ortiz MG, Ventura B (eds.) La mitad verde del mundo andino. Investigaciones arqueológicas en la vertiente oriental de los Andes y las tierras bajas de Bolivia y

Argentina. CREA, Universidad Nacional de Jujuy, San Salvador de Jujuy. pp 92-132

- Garibotti I.A. 1998. Análisis de la estructura anatómica de carbones arqueológicos de sitios Incaicos (ca. 1480e1530 D.C.) del Valle de Uspallata (Mendoza, Argentina). Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica 33: (3-4), 195-205.

- IAWA Committee. 1989. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. IAWA Bulletin n.s. 10: 219-332.

- Inside Wood (2004) Published on the Internet. <http://insidewood.lib.ncsu.edu/search> [April 20, 2016]

- Legname P.R. 1982. Árboles indígenas del noroeste argentino (Salta, Jujuy, Tucumán, Santiago del Estero y Catamarca). Opera Lilloana, 34, 1-226.

- Lema V., D. Andreoni, A. Capparelli, G. Ortiz, R. Spano, M. Quesada y F. Zorzi. 2015 Protocolos y avances en el estudio de residuos de pipas arqueológicas de argentina. Aportes para el entendimiento de metodologías actuales y prácticas pasadas. Estudios Atacameños N° 51: 77-97.

- Marconetto M.B. 2002. Análisis de los vestigios de combustión de los sitios Alero Don Santiago y Campo Moncada. In: Pérez de Micou C (ed.) Plantas y cazadores en Patagonia, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires. pp. 33-53.

- Marconetto M.B., P. Babot y N. O l i s z e w s k i (e d s .) . 2 0 0 7 . Paleoetnobotánica del Cono Sur: Estudios de casos y propuestas metodológicas. Ferreyra Editor, Córdoba. 220 pp.

- Martin S. 2006. Cremaciones, crematorios y ritos precolombinos. Arqueología de la muerte en Catuna y los llanos de la Rioja, Argentina. Universidad Nacional de La Rioja. Museo de Ciencias Naturales. La Rioja Eudelar.

- Metcalfe C.R. y L. Chalk. 1950.

Anatomy of the Dicotyledons 1 Vol. Clarendon Press, Oxford.

- Mosbrugger V. 1999. The nearest living relative method. In: Jones, TP, Rowe, NP (eds.), Fossil Plants and Spores Modern Techniques. The Geological Society, London. pp.261-265.

- Ortiz M.G. 2003. Estado actual del conocimiento del denominado complejo o tradición cultural San Francisco, a 100 años de su descubrimiento. In: Ortiz MG, Ventura B (eds.) La mitad verde del mundo andino. Investigaciones arqueológicas en la vertiente oriental de los Andes y las tierras bajas de Bolivia y Argentina. CREA, Universidad Nacional de Jujuy, San Salvador de Jujuy. pp 23-71

- Ortiz M.G. 2007. La evolución del uso del espacio en las tierras bajas jujeñas (subárea del río San Francisco). PhD Thesis, Facultad de Filosofía y Humanidades. Universidad Nacional de Córdoba. Unpublished.

- Ortiz M.G. 2015. Sitios residenciales de ocupación prolongada en la región pedemontana del NOA. Tradiciones locales y vínculos extra-regionales. Paper presented at the Workshop Tierras bajas. II jornadas de Antropología, Historia y Arqueología, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 14-15 of Octubre de 2015.

- Ortiz G. y C. Heit. 2012. Consumo y economía en los grupos pedemontanos tempranos de la cuenca del San Francisco (Jujuy, Argentina). En P. Babot, F. Pazzarelli, y M. Marschoff (eds.): Las manos en la masa. Arqueologías y antropologías de la alimentación en Suramérica. Imprenta Corintios 13. Córdoba. 627-643.

- Ortiz G. y V.K. Galván. 2013. El consumo como vía para comprender economías mixtas. Su aplicación al sur del valle de San Francisco, región pedemontana de Jujuy (Argentina). Trabajo presentado en el taller La Montaña Tropical Sur-Central y las zonas

adyacentes: Desarrollos Políticos Regionales, Intercambio Inter-regional e Interacción Cultural, Sucre, Bolivia.

- Ortiz M.G. y L. Nieva. 2014. Rituales y memorias del pasado. Prácticas funerarias en la región del río San Francisco, Jujuy, Argentina. In: Seldes V., Gheggi M.S. (eds.) Antropología biológica y estudios del comportamiento mortuario de los pueblos prehispánicos del noroeste argentino Fundación de Historia Natural Félix de Azara. Buenos Aires. pp. 149-174.

- Pacheco Marin G.E. 2005. Evaluación del proceso de carbonización y calidad del carbón de Acacia caven (Mol.) Mol. Producido en los hornos de barro. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile, 59 pp. (Inedito).

- Palacios R.A. y M.M. Brizuela. 2005. Fabaceae, parte 13 subfamilia II. Mimosoideae, parte 4 Tribu VI. Mimoseae, parte B. Prosopis L. A.M Anton & F.O. Zuloaga. 92: 3-25.

- Pearsall D.M. 2000. Paleoethnobotany. A handbook of procedures. Academia Press, San Diego. 700 pp.

- Prado D.E. 1995. Selva pedemontana: contexto regional y lista florística de un ecosistema en peligro. Pp. 19-52. En: Brown, A.D. y H.R. Grau (Eds.). Investigación, conservación y desarrollo en selvas subtropicales de montaña. Proyecto de Desarrollo Forestal, LIEY, Tucumán, Argentina. 270 pp.

- Quirino W.F., A. Teixeira do Vale; A. Abreu de Andrade, V.L. Silva Abreu y A.C. dos Santos zevedo. 2004. Poder Calorífico Da Madeira E De Resíduos Lignocelulósicos. Biomassa & Energia 1(2): 173-182.

- Quiroz L., C. Belmar, M. Planella, R. Mera y D. Munita. 2012. Estudio de microfósiles de residuos adheridos en pipas cerámicas del sitio Villa JMC-1 Labranza, región de la Araucanía. Magallania 40(1): 249-261.

- Ragonese A.M. 1982. Presencia de estomas paralelocíticos en el género *Mora* (Leguminosae-Caesalpinioideae). *Darwiniana* 24: 69-74.
- Richter H.G. y M.J. Dallwitz. 2000. Commercial Timbers: Descriptions, Illustrations, Identification and Information Retrieval. <http://www.biodiversity.uno.edu/delta/> (accessed on 18.04.16).
- Rivera S.M. y V.M. Fernández. 1997-1998. Identificación de material leñoso y otros vestigios macrovegetales arqueológicos de la cueva Epullen Grande, provincia de Neuquén. Algunos aspectos metodológicos y culturales. *Paleoetnológica* 9: 33-48.
- Roth I. y A.M. Gimenez. 1997. Argentine Chaco Forest. Dendrology, tree structure, and economic use. 1- The Semid-arid Chaco. *Encyclopedia of Plant Anatomy*. Gerbruder Borntraeger, Berlin. 180 pp.
- Roth I. y A.M. Gimenez. 2006. Argentine Chaco Forests. Dendrology, tree structure, and economic use. 2. The Humid Chaco, *Encyclopedia of Plant Anatomy*. Gerbruder Borntraeger, Berlin. 204 pp.
- Spichiger R. y J.-M. Mascherpa. 2011. Flora del Paraguay. Claves de identificación para las familias de Angiospermas de Paraguay. *Missouri Botanical Garden*. 249 pgs. ISSN 1661-1837
- Soria S., C. Vitry, M. Santoni, E. Mulvany, F. Viveros, A. Mercado y M. Mamaní. 2000. El patrimonio arqueológico frente a las obras de trazado lineal. Caso Gasoducto y CTCC. Salta Termoandes S.A. (Cobos, Gral. Güemes, Salta). *Cuadernos* 18:11-123. Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales, Universidad Nacional de Jujuy.
- Tortorelli L.A. 1956. Maderas y Bosques Argentinos. Editorial ACME, S.A.C.I., Buenos Aires.
- Tortorelli L.A. 1963. Glosario de términos usados en anatomía de maderas. *Revista de Investigación Forestal* 4: 3-32.
- Tuset R. 1963. Descripción y clave macroscópica de maderas indígenas del Uruguay. Maldonado, Uruguay. *Silvicultura* 19: 5-57.
- Tuset R. y F. Duran. 1970. Descripción y clave macroscópica de maderas comerciales en Uruguay. Facultad de Agronomía, Universidad de la República *Boletín* 114: 1-63.
- Zucol A.F. y M.M. Colobig. 2010. Análisis de presencia de micro-restos en fragmentos de cerámica de la localidad arqueológica Pozo de la Chola, Jujuy, Argentina. *Informes del Laboratorio de Paleobotánica* 19 (CICYTTP-Diamante), 17 pgs.

CRECIMIENTO DE *PTEROGYNE NITENS* (TIPA COLORADA) EN PLANTACIONES EN MACIZO BAJO DISTINTOS TIPOS DE RIEGO Y FERTILIZACIONES.

GROWTH OF *PTEROGYNE NITENS* IN PLANTATIONS UNDER TYPES OF IRRIGATION AND FERTILIZATION

Humano, C. A.¹; J. M. Solis²; A. G. Durán²

RESUMEN

En la provincia de Jujuy la actividad forestal esta en recesión debido a la disminución de las existencias maderables. De la investigación se ha observado que existen especies nativas con actitud forestal destinada a obtener madera de calidad, por ej. *Pterogyne nitens* (tipa colorada). El objetivo de este trabajo es evaluar el crecimiento de *P. nitens* en distintas situaciones de riego y fertilización. En 2011 se instaló una parcela de medición con un diseño en bloques distribuidos al azar con esquema factorial de 2x3 (Con riego-Sin riego)x(Testigo-Urea-Lombricomposto), cada tratamiento tiene 5 repeticiones y está conformado por 9 individuos. Las variables dendrométricas medidas son el diámetro altura al cuello (DAC) y la altura total (AT). Luego de 3 años de medición se analizaron los datos con un test no paramétrico Kruskal-Wallis ($\alpha=0,05$), se observó que no existen diferencias significativas en el crecimiento entre los tratamientos con riego sobre los sin riego. En el bloque con riego, los tratamientos fertilizados con urea mostraron mayores crecimientos sobre los restantes. Se concluye que la adaptabilidad de esta especie a la plantación en macizo es adecuada, se recomienda el riego y la fertilización con urea para favorecer la implantación, y el crecimiento de los individuos.

Palabras claves: Madera, plantación, riego, fertilización

SUMMARY

In the province of Jujuy the forestry activity is in recession due to the decline in timber stock. The investigation has shown that there are native species with forestry approach aimed at achieving quality wood, eg. *Pterogyne nitens*. The aim of this study was to evaluate the growth of *P. nitens* in situations other than irrigation and fertilization. In 2011 a plot measurement was installed in a randomized blocks design with 2x3 factorial scheme (with irrigation - No irrigation) x (Control - Urea - Worm compost). The measured variables are dendrometric diameter neck height (DAC) and total height (AT). After 3 years of measurement data is analyzed from an Kruskal-Wallis test ($\alpha = 0.05$) and observed no significant differences in growth between treatments without irrigation on irrigation. In block irrigated, fertilized with urea treatments showed

1- Servicio Forestal. Facultad Ciencias Agrarias-UNJU- Alberdi 47. CP 4600. Jujuy. Argentina
cahumano@yahoo.com

2- Alumnos Ingeniería Agronómica FCA-UNJU.

greater growth on the remaining. We conclude that the adaptability of this species for planting in solid is adequate irrigation and fertilization with urea and individuals is recommended.

Key words: Wood, planting, irrigation, fertilization

INTRODUCCIÓN

La selva de las Yungas ha sido por décadas la proveedora de maderas de alta calidad, debido a su extensión y las especies de alto valor maderable que componen su estructura forestal (SDSyPA, 2001). La demanda de madera de especies forestales tradicionales de las Yungas, tales como *Cedrela balansae* (cedro), *Tabebuia impetiginosa* (lapacho) y *Myroxylon peruiferum* (quina), va en aumento dada la situación económica actual con mercados favorables para la exportación y, a la vez, por el incremento del consumo interno debido a la disminución de importaciones de países vecinos (Bolivia, Paraguay y Brasil) (Minetti, 2006). La transformación actual de la Selva Pedemontana, provoca que las áreas remanentes presenten un fuerte proceso de simplificación estructural insuficiente para asegurar la persistencia de su biodiversidad a largo plazo (Brown y Malizia, 2004). Los aprovechamientos forestales se basan en cortas selectivas, que no son acompañadas por tratamientos silvícolas que garanticen la recuperación y preservación de la capacidad productiva del bosque (Brown y otros, 2005).

Una medida importante de mitigación para contribuir a salvaguardar el futuro de las existencias maderables de las Yungas, es la reforestación a través de enriquecimientos o macizos con fines comerciales, con especies nativas de valor comercial, aliviando la presión sobre las formaciones nativas (Lamprecht, 1990; Mármol, 1995; Del Castillo, 2005; Minetti, 2006). En ese sentido una serie de experiencias se han desarrollado durante

la última década, combinando distintas especies, densidades y tareas de mantenimiento (Horlent y Monteverde, 2006; Del Castillo y otros, 2006). Estas experiencias generan la opción de que las plantaciones forestales con especies nativas sean una alternativa productiva, frente a plantaciones con especies exóticas de rápido crecimiento e incluso frente a cultivos agrícolas como la soja. Adicionalmente podrían cumplir la función de restaurar antiguas áreas de bosque en sitios ambientalmente estratégicos, como márgenes de ríos o corredores para la fauna, que permitan reconectar áreas actualmente disjuntas. El desarrollo de plantaciones MDL (Mecanismo de Desarrollo Limpio) que generan recursos adicionales a partir de la comercialización de bonos de carbono, podría ser asimismo una herramienta financiera importante para generar un cambio de paradigma productivo en el desarrollo económico de la región (Brown y Pacheco, 2006).

La plantación experimental de Valle Morado, en el Departamento de Orán, Provincia de Salta, perteneciente a la Fundación ProYungas (Blundo y Malizia, 2008) y las plantaciones experimentales de la Estación Experimental-INTA-Yuto, en Ledesma, en la Provincia de Jujuy (Del Castillo, 2005a), han aportado información sobre el desarrollo de plantaciones en macizo con especies nativas, lo que ha generado alternativas de producción de maderas valiosas en plantaciones comerciales. De la misma manera otras especies menos conocidas comienzan a desempeñar un papel importante sustituyendo a las tradicionales (SAyDS, 2005). Un ejemplo de esto es el

Anadenanthera colubrina var. *cebil* (cebil colorado), el cual ha sido utilizado tradicionalmente en construcciones rurales. Recientemente se han exportado cantidades pequeñas a los mercados europeos y de Norteamérica como pisos de exterior (decking), duplicando y triplicando el valor por pie cuadrado maderero (Romano, 2007).

De la investigación se ha observado que existen especies nativas con excelentes condiciones para ser realizadas en plantaciones en macizo con el fin de obtener madera de calidad, como por ej. *Pterogine nitens* (tipa colorada) y *Tipuana tipu* (tipa blanca), donde se puede valorar su adaptabilidad a zonas semiáridas (700 mm de precipitación). La madera de *P. nitens* posee un alto valor comercial por sus cualidades físico-mecánicas y un hermoso veteado; se destaca principalmente por el color y el diseño semejante a la caoba. Utilizada en pisos tarugados, parquets, mueblería, ebanistería, carpintería en general, chapas para placas y compensados, marcos de puertas y ventanas, estanterías (Tortorelli, 1956). Pero solo existen pequeños ensayos de crecimiento de estas especies no mayores a media hectárea, de fácil manejo y control (Balducci y otros, 2009).

El desafío es generar a partir de plantaciones en macizo con especies nativas de alto valor forestal con tecnología aplicada, como riego por goteo, fertilizaciones y manejo de distanciamiento; un sistema silvicultural de producción y manejo, de alta rentabilidad y corto periodo de retorno de capital, que pueda insertarse como un nuevo sistema productivo, que ayudaría a generar reservas forestales de madera nativa, destinada al mercado de consumo, disminuyendo la presión sobre el bosque nativo, ayudando a preservar sus bienes y servicios. El objetivo de este trabajo es

evaluar el crecimiento (dap y altura total) de *P. nitens* en distintas situaciones de riego y fertilización en pos de aplicar tecnología para favorecer su incremento diametral y reducir su turno de corta (30 años).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de trabajo

El ensayo se instaló en el Campo Experimental “Dr. Emilio Navea” (24° 21’ 8” S 65° 11’ 28” O); perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias-Universidad Nacional de Jujuy. Distante a 25 km de la ciudad de S.S. de Jujuy, situado a 900 msnm, con una temperatura promedio anual de 18 °C y un régimen de precipitaciones monzónico con 650 mm anuales (Buitrago, 2002). Condiciones que caracterizan al lugar con un clima semiárido (Braun, 2000). Los suelos en estudio corresponde a la serie Loma Atravesada ubicada en Área III: Palpalá – Cañadón, con textura franco arcilloso, PH ácido y valores de materia orgánica superior al 5% (POP, 2012). La vegetación característica es el Bosque xerofítico (Braun, 2000), donde las especies arbóreas predominantes son *Aspidosperma quebracho blanco*, *Caesalpinia paraguayensis*, *A. colubrina*, *Parapiptadenia excelsa* y *Schinopsis lorentzii*.

Instalación del ensayo

El ensayo se instaló en agosto del año 2011, corresponde a una parcela de medición permanente de individuos de *P. nitens* (tipa colorada) que posee un diseño de bloques distribuidos al azar, con 2 bloques con 3 tratamiento cada uno. Cada tratamiento consta de 9 individuos y con cinco repeticiones por tratamiento. Los individuos de tipa colorada poseen igual edad con una altura total aproximada de 0,50 m y el marco de plantación es de 2,5 m entre línea y 2,5 m entre plantas. El diseño experimental es un Diseño

El Modelo matemático empleado es:

$$x_{ij} = \mu + r_i + f_j + (r f)_{ij} + e_{ij}$$

donde:

- x_{ij} = es la i-ésima observación del i-ésimo nivel del factor a y del j-ésimo nivel del factor b.
- μ = media general obtenida en el ensayo.
- r_i = efecto del i-ésimo nivel del factor r.
- $i = 1, 2$. (con riego, sin riego)
- f_j = efecto del j-ésimo nivel del factor f.
- $j = 1, 2, 3$. (testigo,
- $(r f)_{ij}$ = efecto de la interacción r d, en los niveles i, j.
- e_{ij} = error experimental asociado a la observación x_{ij} .

siendo:

- r = *factor riego* (Sin riego, Con riego)
- f = *factor fertilización* (Testigo, Urea y Lombricompuesto)

Aplicación del riego y fertilizaciones

La aplicación del riego cada año fue a partir del aumento de las temperaturas anuales, superior a 12° C, siendo estimativamente a partir del mes de agosto.

Se aplicó una dotación 5 l/h por planta, con una frecuencia de 7 días hasta el inicio de las lluvias en el mes de diciembre. En tanto la fertilización se aplica promediando la época de lluvias es decir en el mes de enero, siendo una aplicación de 100 grs. de urea (Inorgánico) y 200 grs. de lombricompuesto (Orgánico).

Toma de datos y análisis estadístico

Luego de dos periodos de crecimiento (2013-2014) posteriores a la plantación del ensayo, a cada individuo una vez en cada periodo, se le midió el diámetro altura al cuello (DAC) y la altura total del plantín (AT) en cm y la sanidad. Se analizaron las diferencias de crecimiento diametral y de altura total (Variables respuesta) entre el testigo (sin riego-sin fertilización) y los distintos tratamientos (riego y fertilización-variable predictoras), mediante el análisis no paramétrico (Test de Kruskal-Wallis, $\alpha=0,05$).

RESULTADOS

Las variables dendrométricas manifestaron un incremento desde la plantación (2012), siendo mayores en el último año de crecimiento (2014) (Tabla1).

Tabla 1. Datos promedios (± desviación estándar) de las variables dendrométricas de los tratamientos en las distintas mediciones.

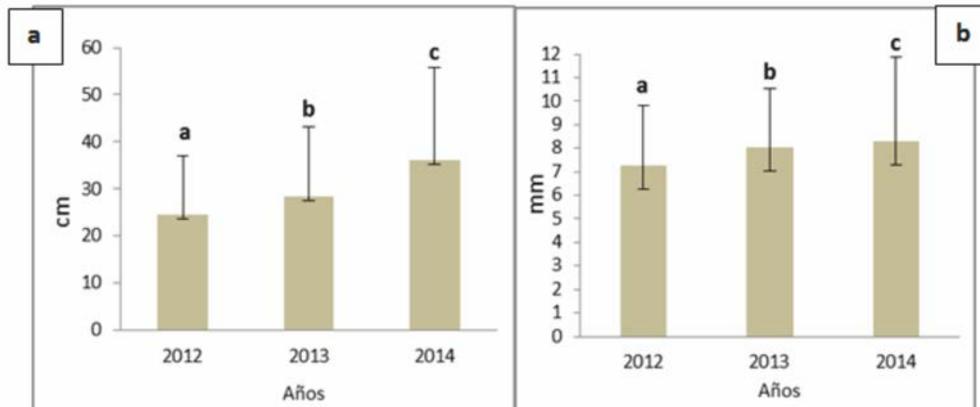
| Medición | Fertilización | Riego | | | |
|--------------|-----------------|-----------|---------|-----------|---------|
| | | Sin | | Con | |
| | | AT | DAC | AT | DAC |
| 1° (2012) | Testigo | 16,0±7,5 | 4,5±1,3 | 13,9±5,8 | 4,7±1,1 |
| | Lombricompuesto | 16,3±8,3 | 5,0±1,2 | 12,9±3,8 | 4,5±0,8 |
| | Urea | 16,2±7,9 | 5,0±1,3 | 13,2±4,1 | 4,5±1,0 |
| 2° (2013) | Testigo | 17,0±9,3 | 5,5±1,8 | 19,6±10,0 | 5,7±1,9 |
| | Lombricompuesto | 18,5±9,3 | 5,7±1,7 | 20,5±12,9 | 6,2±2,0 |
| | Urea | 24,6±15,9 | 6,2±3,3 | 31,1±18,5 | 7,0±3,3 |
| 3° (2014) | Testigo | 24,6±12,4 | 7,3±2,5 | 27,6±17,3 | 6,8±3,1 |
| | Lombricompuesto | 28,3±14,9 | 8,0±2,5 | 27,5±11,2 | 6,5±,5 |
| | Urea | 36,1±19,8 | 8,3±3,6 | 34,8±19,2 | 7,6±3,0 |

AT: altura total del plantín expresada en cm. DAC: altura diámetro al cuello expresada en mm.

Existen diferencias entre los años de medición de ambas variables, observándose incrementos promedios de 7,5 cm y 1,3 mm para

la AT y DAC respectivamente. Además se manifestaron incrementos mayores en el último año (Figura 1).

Figura 1.- Comparación de medias. a.-AT expresada en cm (valor promedio \pm desviación estándar) y b.- DAC expresada en mm (valor promedio \pm desviación estándar), entre los distintos años de medición.



Prueba no paramétrica de comparaciones múltiples de Kruskal-Wallis. Medias: valor de media aritmética \pm la desviación estándar. H: estadístico calculado, p: grado de significación estadística ($p < 0,0001$), letras distintas indica diferencias estadísticamente significativas.

Considerando los valores del último ciclo de crecimiento se observaron diferencias significativas entre los tratamientos con y sin

riego solamente en el crecimiento del DAC (Tabla 2), manifestándose aún la ventaja de la aplicación del riego.

Tabla 2. Comparación de AT y DAC entre los tratamientos con y sin riego.

| Riego | AT | DAC |
|-------|-------------------|-----------------|
| SIN | 29,7 \pm 16,6 a | 7,9 \pm 0,3 a |
| CON | 30,0 \pm 21,8 a | 6,8 \pm 0,3 b |
| p | <0,0001 | |

AT: Altura total (valor promedio \pm desviación estándar). DAC: diámetro altura al cuello (valor promedio \pm desviación estándar).

Prueba no paramétrica de comparaciones múltiples de Kruskal-Wallis. Medias: valor de media aritmética \pm la desviación estándar. H: estadístico calculado, p: grado de significación estadística ($p < 0,0001$), letras distintas indica diferencias estadísticamente significativas.

Los datos demuestran solamente diferencias significativas del crecimiento del

DAC fertilizado con lombricompost y con riego (Tabla 3).

Tabla 3. Comparación de HT y DAC según el tipo de fertilización entre tipo de riego.

| | Riego | Fertilización | | |
|-----|---------|---------------|-----------------|-------------|
| | | Testigo | Lombricompuesto | Urea |
| HT | Sin | 24,6±12,4 a | 28,3±14,9 a | 36,1±19,8 a |
| | Con | 27,6±17,3 a | 27,5±27,2 a | 34,8±19,2 a |
| DAC | Sin | 7,3±2,5 a | 8,0±3,5 a | 8,3±3,6 a |
| | Con | 6,8±3,1 a | 6,5±2,5 b | 7,6±3,0 a |
| p | >0,0001 | | | |

HT: Altura total (valor promedio \pm desviación estándar). DAC: diámetro altura al cuello (valor promedio \pm desviación estándar).

Prueba no paramétrica de comparaciones múltiples de Kruskal-Wallis. Medias: valor de media aritmética \pm la desviación estándar. H: estadístico calculado, p: grado de significación estadística ($p < 0,0001$), letras distintas indica diferencias estadísticamente significativas.

DISCUSIÓN

La aplicación de fertilizantes nitrogenados inorgánicos (Urea-NPK) en plantaciones de especies arbóreas exóticas es una técnica probada y eficiente para favorecer la instalación y productividad de los rodales (Álvarez y otros, 1999), en cambio los ensayos de fertilización inorgánicos en especies nativas poseen resultados disímiles mostrando favorecer el crecimiento y la supervivencia (Román y otros, 2007) y en otros no demuestran diferencias favorables para el crecimiento (Covarrubias, 2003); con respecto a la aplicación en plantación de fertilizantes orgánicos su aplicación es poco frecuente. La rápida asimilación del nitrógeno inorgánico ha favorecido el crecimiento en AT de los individuos, comparado con los otros tratamientos. Una situación más promocionada es la aplicación de riego en la implantación y desarrollo de plantaciones en especies exóticas (Riu y otros, 2006) y en especies nativas (Del Castillo, 2005b). Tanto en las especies exóticas (álamos, sauces) y nativas de rápido crecimiento (Cedro) el riego es efectivo en el crecimiento, en caso de una especie de zona semiárida de lento crecimiento como *P. nitens*, la disponibilidad de agua no se ha manifestado en un mayor crecimiento en el DAC o AT, este hecho se puede deber aún mecanismo fisiológico de adaptación al estrés hídrico (Lauenstein y otros, 2007), el cual podría impedir que el riego

se manifieste como un mayor crecimiento de los individuos sobre aquellos que no son tratados con este recurso. No obstante el riego es fundamental para la instalación y sobrevivencia de plantaciones con especies nativas en zonas semiáridas (Del Castillo, 2005b; Lauenstein y otros, 2007).

CONCLUSIONES

La aplicación de riego favorece la instalación y sobrevivencia de los individuos.

Al 3º año de plantación no se observa influencia de la aplicación del riego sobre el crecimiento del AT y DAC.

La aplicación de urea favorece el crecimiento de la AT y DAC, independientemente del riego.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez M. J., Rodríguez S. y Suarez D. F. 1999. Mejoramiento de la productividad de plantaciones de *Pinus radiata* D. Don, a través de un método racional de fertilización. Bosque 20(1): 23-36.
- Balducci, E.D., Arturi, M. F., Goya, J. F. y Brown, A. D. 2009. Potencial de Plantaciones Forestales en el Pedemontana de las Yungas. Fundación ProYungas. Ediciones del Subtropico. Argentina.
- Blundo, C. y Malizia, L. R. 2008. Impacto del aprovechamiento forestal en la estructura y diversidad de la Selva

Pedemontana. Pp. 21 en Brown, A. D., Blendinger, P y Lomáscolo, T. Ecología, historia natural y conservación de la Selva Pedemontana de las Yungas Australes. Ediciones del Subtrópico. En prensa.

- Brown, A. D. y Malizia, L.R. 2004. Las Selvas Pedemontanas de las Yungas: en el umbral de la extinción. Revista Ciencia Hoy, 14: 52-63.

- Brown A. D., Pacheco S., Lomáscolo, T. y Malizia, L. 2005. Situación Ambiental en los Bosques Andinos Yungueños. 21 p. Inédito.

- Brown, A. D. y Pacheco, S. E. 2006. Importancia del género *Cedrela* en la conservación y desarrollo sustentable de las Yungas australes. Pp: 9-18 en Pacheco, S. y Brown, A (eds.) Ecología y producción de cedro (género *Cedrela*) en las Yungas australes. Ediciones del Subtropico. Argentina.

- Covarrubias, P. A. 2003. Ensayos de fertilización para el establecimiento de palma Chilena (*Jubea chilensis* (Mol.) Baillon). Tesis de grado-Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales-Universidad de Chile. Santiago. Chile.

- Del Castillo, E. M. a. 2005. Selva de Yungas del NOA (Jujuy, Salta, Tucumán). Recuperación ambiental y productiva. 1º Ed. INTA. Jujuy, Argentina.

- Del Castillo, E. M. b. 2005. Arboricultura de Especies Forestales de Alto Valor, con la utilización de riego presurizado. IDIA XXI. 5 (8) p:122-124.

- Del Castillo, E.M.; M.A. Zapater y M. Norma Gil. 2006. Resultados comparativos de plantaciones experimentales de *Cedrela balansae* en INTA - Yuto, Jujuy. Pp. 179-192 en Pacheco, S. y Brown, A Ecología y producción de Cedro (género *Cedrela*). Ediciones del Subtropico. Argentina.

- Horlent, M. y D. Monteverde. 2006. Crecimiento de *Cedrela balansae* en la plantación experimental de Valle Morado. Pp. 171-178 en Pacheco, S. y Brown, A. (eds.) Ecología y producción de Cedro (género *Cedrela*). Argentina.

- Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los trópicos. Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas. GTZ. Alemania.

- Lauenstein D., Melchiorre M y A.Verga. 2007. Respuestas de los algarrobos al estrés

hídrico. IDIA XXI 5. P: 216-220.

- Mármol, L.A. 1995. Enriquecimiento forestal de Selva degradada en las Yungas de Yuto (Prov. De Jujuy). Pp. 85-92 en Brown, D. A. y Grau, H. R. (eds.) Investigación, conservación y desarrollo en Selvas Subtropicales de Montaña. Tucumán, Argentina.

- Minetti, J.M. 2006. Aprovechamiento forestal de cedro en las Yungas de Argentina. pp. 143-154 Pacheco, S. y Brown, A. (eds.) Ecología y producción de cedro (género *Cedrela*) en las Yungas australes. Ediciones del Subtropico, Argentina.

- Plan de Ordenamiento Predial Severino (POP). 2012. Del Campo Experimental "Dr. Emilio Navea" facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Jujuy. Secretaria de gestión Ambiental. Jujuy. Inédito.

- Riu, N.E.; Bustamante, J.; Zuluaga, J.; Settepani, V. y Agüero, M. (2006) "Comparación del crecimiento de álamos con riego por goteo y riego superficial". Jornadas de Salicáceas, Bs.As. Argentina.

- Román F., Levy S., Perales H., Ramírez N., Douterlungne D. y S. López. 2007. Establecimiento de seis especies arbóreas nativas en un pastizal degradado en la Selva Lacandona, Chiapas, México. Ecología Aplicada 6 (1,2). 8 p.

- Romano, N. 2007. Diferencias entre composición y estructura forestal en dos sitios de Selva de montaña en Salta, Argentina. Tesina de grado. Universidad Nacional de Salta. Salta, Argentina.

- Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental (SDSyPA) (2001). Seminario Nacional "Normativa de Promoción para el Desarrollo Sustentable de las Masas Forestales Nativas". Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas. Argentina.

- Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS). 2005. Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos. Informe Regional Selva Tucumano Boliviana. Proyecto bosques nativos y áreas protegidas. Préstamo BIRF 4085-AR. Argentina.

Tortorelli, L.A. 1956. Maderas y Bosques Argentinos. Acme Agency Press, Buenos Aires, Argentina.

TASAS POBLACIONALES DE LAS ESPECIES ARBÓREAS COMPONENTES DE UN RODAL DE LA SELVA PEDEMONTANA DE YUNGAS, JUJUY, ARGENTINA

POPULATION RATES OF TREE SPECIES COMPONENTS OF A STAND OF THE PEDEMONTANA FOREST OF YUNGAS, JUJUY, ARGENTINA

Humano, C. A. ¹

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue calcular las tasas poblacionales (mortalidad, permanencia, tránsito y reclutamiento) por clase diamétrica de las especies arbóreas características de un rodal de la Selva pedemontana de Yungas, con el propósito de que las mismas sean aplicadas en la formulación de planes de manejo forestal. Para ello se remidieron 8 parcelas de medición permanentes de una dimensión de 500 x 20 m. En las parcelas a cada individuo se le midió el diámetro normal, la altura total y la altura de fuste; y se estimaron la sanidad y la vitalidad. Las tasas se calcularon como la diferencia porcentual entre el número de individuos en el periodo de 5 años. Se determino que la mortalidad de los individuos disminuye en las clases diamtricas mayores en tanto el tránsito de individuos es mayor en las clases intermedias.

Palabras claves: tasas poblacionales, mortalidad, clase diamétrica

SUMMARY

The aim of this study was to estimate the population rates (mortality , stay , transit and recruitment) by diameter class , the characteristic tree species components of a stand of the pedemontana Forest of Yungas, in order that they are applied in the formulation forest management plans. For this 8 plots permanent measurement of a dimension of 500 x 20 m. On plots each individual is measured normal diameter , total height and height of the shaft ; and health and vitality were estimated. The rates were calculated as the percentage difference between the number of individuals in the period of 5 years. It was determined that mortality decreases in older individuals diameter classes in both the transit of individuals it is higher in the intermediate classes.

Key words : population rates , mortality , diameter class

INTRODUCCIÓN

La investigación forestal ha dedicado muchos esfuerzos en desarrollar modelos que permiten prever el crecimiento y la producción de los bosques (Newton, 2007). Los modelos de simulación de bosques describen su crecimiento y dinámica ayudando a predecir los efectos que puede tener una intervención silvícola sobre las características futuras del bosque (Abellanas y otros, 2004). Se han utilizado modelos para predecir el crecimiento y rendimiento de los bosques, y para administrar y comprender sus procesos demográficos y de sucesión (Brienen y otros, 2003). La información necesaria para la construcción de modelos de dinámica forestal proviene de sucesivas mediciones realizadas en árboles individuales marcados dentro de parcelas permanentes (Newton, 2007). El monitoreo de parcelas permanentes sobre el crecimiento y la producción de las masas forestales, resulta fundamental para la construcción de modelos de crecimiento y de dinámica poblacional, ya que representan la verdadera evolución de las poblaciones arbóreas componentes de las masas estudiadas (Gadow y otros, 1999). Dicha información además es esencial para ser utilizada en el momento de tomar decisiones de ordenación forestal respecto a ciclos de corta, diámetros mínimos de corta y volúmenes de corta (Contreras y otros, 1999).

El estudio de la dinámica forestal se fundamenta en la descripción de la estructura y composición de una determinada superficie de bosque y en el análisis de los cambios que experimenta en el tiempo producidos por disturbios naturales o antrópicos (Rozas, 2001). Específicamente las tasas poblacionales pueden ser usados para identificar aquellos estadios del ciclo de vida de una población vegetal, que son los más limitantes en el crecimiento poblacional y ayudar a focalizar esfuerzos de manejo en la conservación de la población (Gibson, 2002).

Las Selvas subtropicales de montaña del NO de Argentina constituyen unas de las áreas de mayor diversidad vegetal y animal del país (Brown y Malizia, 2004). En ella, la corta selectiva de individuos comerciales sin

planificación fue la principal causa de su degradación (Johns, 1992). Esta situación ha provocado un empobrecimiento de los rodales aprovechados siendo indispensable, para revertir esta situación, utilizar técnicas de manejo que aseguren la sustentabilidad sobre la base de la dinámica natural de las especies (Bava y López Bernal, 2006).

Una inadecuada gestión de los recursos forestales y el uso criterios inapropiados de aprovechamiento sustentable, sumado a la presión de la ganadería extensiva y la caza de subsistencia, están contribuyendo a la degradación y pérdida del valor productivo de estos ecosistemas. En relación con su estado de protección, la Selva Pedemontana presenta una situación actual endeble y claramente insuficiente para asegurar la persistencia de su biodiversidad a largo plazo, a pesar de esfuerzos recientes para revertir esta tendencia (Brown y otros, 2001).

El mal uso del bosque puede alterar la capacidad de su recuperación natural cambiando significativamente su estructura y la composición de especies reduciendo la productividad forestal y pérdida de la biodiversidad (Torres Rojo, 2000). Por ello objetivo de este trabajo es determinar las tasas poblacionales de las especies arbóreas de un rodal característico de la Selva pedemontana de Yungas, para ser usadas en la formulación de planes de manejo forestal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

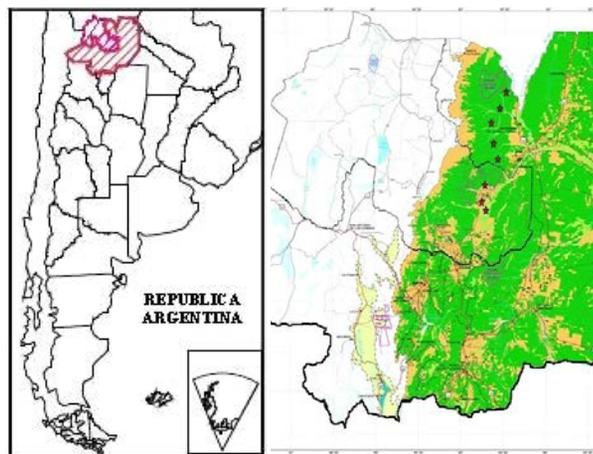
La Selva Pedemontana es el piso altitudinal más bajo de las Yungas, se encuentra entre los 400 m a 650 m snm, posee el mayor interés forestal por la presencia de especies de mayor valor comercial como el *Cedrela balansae* C. DC. (cedro), *Pterogine nitens* Tulasne. (tipa colorada), *Amburana cearensis* A. C. Smith (roble criollo), *Myroxylon peruiferum* L. F. (quina), *Astronium urundeuva* Engl. (urundel), *Handroanthus impetiginosus* (Mart ex D.C.) Standl. (lapacho rosado), *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. Et Steud.

(afata), siendo estas las más importantes económicamente (Del Castillo, 2005; Minetti, 2006). Esta Selva constituye un 'relicto biogeográfico' con un papel ecológico fundamental sirviendo de refugio de aproximadamente unas 200 especies de aves (20% de las aves argentinas) y aproximadamente 97 especies de mamíferos (27% de los mamíferos argentinos). Es el hábitat de al menos 278 especies de plantas leñosas (árboles, arbustos y lianas). Solo de árboles encontramos 104 especies, de las cuales 40 (38%) son exclusivas del sector Norte de las Yungas argentinas (Provincias de Salta y Jujuy). La Selva de Yungas constituye una de las áreas con mayor riqueza específica exclusiva de la Argentina (Brown y Malizia, 2004), categorizada por la UNESCO en 2002 como 'Reserva de la Biosfera', transformándose con sus 1,3 millones de hectáreas, en la reserva de este tipo más extensa y biodiversa de nuestro país (Malizia y otros, 2006).

Ubicación de las parcelas de medición permanente

Se trabajó en 8 parcelas de medición permanente (PMP) instaladas en el año 2003, que corresponden a parcelas de la Red Subtropical de Parcelas Permanentes (RedSPP) de la Fundación ProYungas (Blundo y Malizia, 2008). La localización de la PMP fue definida mediante la interpretación de mapas de vegetación e imagen de satélite, además se tomó en cuenta su accesibilidad y estado de conservación (Malizia y otros, 2006; Blundo y Malizia 2008). Se encuentran distribuidas a lo largo del gradiente latitudinal que abarca la Selva Pedemontana de las Yungas, 22° a 28° de latitud sur, en el rango altitudinal de 400 a 800 msnm, que de acuerdo a la clasificación por pisos altitudinales (SRNyDS, 1998; Brown y otros, 2002),

abarcaban una superficie de 1500 km². La ubicación de las parcelas corresponde a los departamentos de Ledesma en la Provincia de Jujuy y Orán en la Provincia de Salta (Mapa 1).



Mapa 1.- Ubicación de la Selva de Yungas en Argentina y de las parcelas de medición permanente (Fuente, Ordenamiento territorial Provincia de Jujuy, 2007).

METODOLOGÍA

Obtención de los datos

Los datos utilizados en este estudio fueron obtenidos de 8 parcelas de medición permanente instaladas en el año 2003. En el año 2008 se realizó la remediación de las mismas. Tratándose de sitios permanentes de muestreo la precisión de los estimadores es alta. Alrededor del área de parcelas, los bordes tenían las mismas características de bosque, para evitar los efectos de borde. Para el análisis realizado en este trabajo, se tomaron aquellas parcelas que corresponden al distrito de Selva Pedemontana. Las parcelas miden 20 x 500 m, corregidas por pendiente para cubrir 1 ha (Condit, 1998). Cada parcela de 1 ha, está subdividida en 25 subparcelas de 20 x 20 m, correspondiendo a 25 cuadrantes numerados de 1 a 25 en dirección Norte.

En cada parcela de 1 ha (10000 m²) se estableció una faja central de 4 m de ancho, donde se midió la regeneración natural, en una superficie de 2000 m² (Gentry, 1995) (Figura 1).

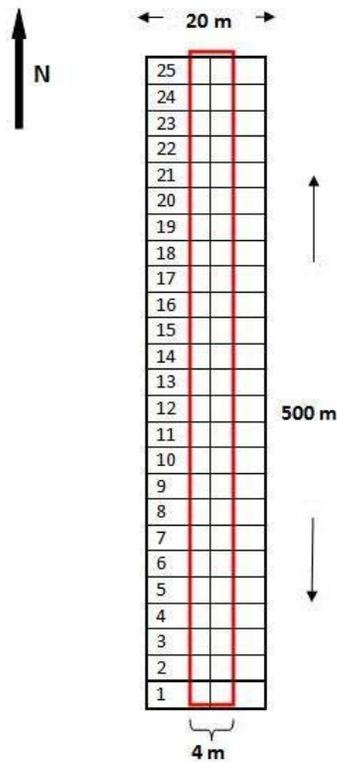


Figura 1. Parcela de medición permanente.

En cada parcela de 1ha, se identificaron todos los individuos de DAP (diámetro altura al pecho) iguales o mayores a 10 cm y a cada uno se le determinó:

1-*Especie*: identificada por el nombre científico en campo y/o gabinete mediante el uso de bibliografía, adecuada para la Provincia fitogeográfica de Yungas (Digilio y Legname, 1966).

2-*Ubicación de los árboles*: determinada por la subparcela en donde se encuentra el individuo.

3-*Diámetro a la altura del pecho (DAP)*: medido a 1,3 m de altura por encima del suelo, medido con cinta dendrométrica. Las mediciones fueron registradas al milímetro.

4-*Altura total (Ht)*: del árbol, siendo la distancia desde el nivel del suelo hasta el ápice del árbol.

5-*Altura de fuste (Hf)*: tomada desde la base del tronco hasta el inicio de la copa. Altura total y la altura de fuste se midió mediante un dispositivo de medición (Hipsómetro Blume-Leiss), siempre teniendo en cuenta que la vegetación permitió lecturas directas. En los

casos en que el follaje denso hizo imposible cubrir las mediciones directas, Ht y Hf fueron estimadas por la inspección visual, con referencia a una altura conocida, que se midió previamente. Las mediciones se registraron al metro.

6-*Posición sociológica*: se usó la clasificación más aplicada en el ámbito forestal apreciada de acuerdo a la posición de la copa (Oliver y Larson, 1996).

7- *Dominante (D)*: cuando la copa del árbol se extiende sobre el nivel de la canopia general y no tiene restricciones físicas hacia arriba.

- *Codominante (C)*: cuando la copa del árbol forma parte de la canopia forestal y está un poco apretada por la copa de otros árboles adyacentes.

- *Intermedio (I)*: cuando el árbol es más corto, pero su copa se extiende hasta la canopia del bosque, la cual está compuesta por la copa de los árboles dominantes y codominantes.

- *Oprimido (O)*: cuando la copa del árbol está por debajo del nivel de la canopia forestal y posee impedimento físico hacia arriba.

7- *Vitalidad de la copa*: apreciada por la forma y espesura de la copa, color del follaje, sanidad general. Se clasificó en tres grados: 1 = muy buena, lozana, fuerte; 2 = normal; 3 = raquítica, insuficiente, con ramas muertas.

8- *Tendencia de desarrollo*: apreciada por las posibilidades de evolucionar con respecto a los árboles vecinos. Se clasificó en, 1 = con posibilidades de sobresalir, ejemplares jóvenes, robustos, con espacio y que no han alcanzado la plenitud del desarrollo; 2 = permanecerá invariable por mucho tiempo, ejemplares que han alcanzado la plenitud de desarrollo; 3 = descendente, deteriorados por sobre madurez, enfermedad u opresión. También se incluyeron individuos pequeños y jóvenes, oprimidos y quebrados.

Análisis de los Datos

Se trabajó con las incorporaciones, mortalidad y movimientos de los individuos, entre las distintas clases diamétricas, en el período de tiempo entre la primera medición (2003) y la remediación (2008) de los individuos (Odgen, 1981).

a. Incorporaciones

Con los datos obtenidos de regeneración, se determinó la masa (nº de individuos) que se incorpora a la clase diamétrica inferior (Ingresos) y la que egresa (Mortalidad) en el período considerado entre cada remediación (5 años). A partir del análisis de anillos de crecimiento se ajustaron ecuaciones logísticas para estimar el tiempo que demanda el ingreso a la primer clase diamétrica (10 cm) de la regeneración de la especie de valor forestal de rápido y lento crecimiento. Este estudio se realizó sobre las especies que marcan anillos de crecimiento como *C. balansae* (cedro orán), *A. colubrina* (cebil colorado) y *A. urundeuva* (urundel) (Tortorelli, 1956).

Para estimar la mortalidad que probablemente ocurrirá entre los individuos que se incorporan a la primera clase diamétrica, se definió un índice de condición de los ingresos (CI), cuyo valor indica la probabilidad de que el individuo muera durante el período, o se retrase su crecimiento, por un deficiente estado sanitario o por un impedimento en su desarrollo vertical (Araujo, 2005). Para determinar este valor, el referido índice es el resultado de la suma de los valores de vitalidad, tendencia de desarrollo y estado sanitario, cuya expresión es:

$$CI = Vi + TD + ES$$

Donde:

CI: Condición de los ingresos.

Vi: Vitalidad.

TD: Tendencia de desarrollo.

ES: Estado sanitario.

En el inventario de la regeneración natural, las variables que entran en el CI son variables de grado que pueden tener el valor 1 (mejor condición), 2 (condición media), 3 (mala). Cuando CI = 9, indica que el individuo se encuentra en la condición más desfavorable y se asume que probablemente morirá durante el período. En consecuencia todos los pies con CI = 9 o próximo a 9, tienen la probabilidad de morir durante el período.

A partir de la sumatoria de los individuos señalados como probables de morir, se determinó el porcentaje anual de mortalidad de la masa incorporada que se espera para el período considerado.

$$TAM (\%) = \frac{N_{im}}{N_c \times n} \times 100$$

Donde:

TAM: Tanto anual de mortalidad probable de masa incorporada.

Nim: N° de individuos con CI = 9 o próximo a 9.

Nc: N° de individuos de la clase diamétrica.

n: Años del período

Deducida la mortalidad de las incorporaciones a la primera clase diamétrica se estimó el porcentaje anual de promoción de ingresos (TAI), definidos por la siguiente expresión:

$$TAI (\%) = \frac{N_i}{N_i \times n} \times 100$$

Donde:

TAI: Tanto anual de ingresos en la primera clase.

N : N° de individuos que ingresan en la clase con CI < 9.

N : N° de individuos de la primera clase diamétrica.

n; Años del período.

b. Mortalidad del estrato arbóreo

La mortalidad se determinó a partir de un índice en función de la especie, la posición sociológica y de la clase diamétrica a la que pertenece, con el cual se obtendrá la tasa de mortalidad anual por especie o por grupo de especies de valor forestal o sin valor forestal (Araujo, 2005).

La estimación de la mortalidad probable para el estrato arbóreo se definió mediante un índice de condición de los árboles (CA), que sirvió para determinar cuáles son los individuos que probablemente morirán durante el período de crecimiento. Cuando el valor de CA del individuo es mayor que nueve (CA > 9), se considera como probable de morir en el

período. La expresión de este índice es:

$$CA = PS + TD + VC$$

Donde:

CA: Condición del individuo arbóreo.

PS: Posición sociológica.

TD: Tendencia desarrollo.

VC: Vitalidad de la copa.

Se trata de un índice determinado a partir de variables de grado que pueden asumir el valor 1, 2 o 3, siendo el mayor valor numérico la expresión del peor estado, o condición, en la variable considerada. Por lo tanto un individuo que se clasifique con PS = 3, E = 3 y CD = 3, es candidato a morir durante el período. Sucesivas remediciones en las parcelas permanentes permitirán una estimación más aproximada.

El cálculo del índice permitió expresar la mortalidad en porcentaje anual, calculado por la expresión:

$$TAM (\%) = \frac{N_{am}}{N_c * n} \times 100$$

Donde:

TAM: Tanto anual de árboles muertos en la clase diamétrica.

Nam: N° de individuos que morirán en la clase (CA 9);

Nc: N° de individuos de la clase diamétrica;

n: Años del período.

A partir del cálculo del incremento periódico por clase diamétrica y la probabilidad de mortalidad de los individuos en cada clase se estimó el tiempo y proporción de individuos de una clase que avancen a la siguiente clase diamétrica (Tasa de tránsito) y los que se mantienen en la misma clase diamétrica (Tasa de permanencia).

RESULTADOS

a. Incorporaciones

La estimación de las incorporaciones a la primera clase diamétrica es una información necesaria para evaluar las posibilidades que tiene el bosque para una producción sostenida y estimar su resiliencia. Se hizo una estimación de las mismas para distintos grupos de especies arbóreas según la rapidez de su crecimiento diamétrico, para el período de crecimiento de 25 años proyectado.

Con el recuento de anillos de crecimiento de individuos de *C. balansae* y *A. colubrina*, con 10 cm de DAP, se ajustó una ecuación de los incrementos acumulados para estimar el tiempo que demoran las especies de rápido crecimiento en alcanzar los 10 cm de diámetro, en el caso de especies de lento crecimiento se hizo el recuento de anillos de *A. urundeuva*. En la figura 2, se observa los Incrementos medios acumulados (IMAs) obtenidos del recuento de los anillos de crecimiento.

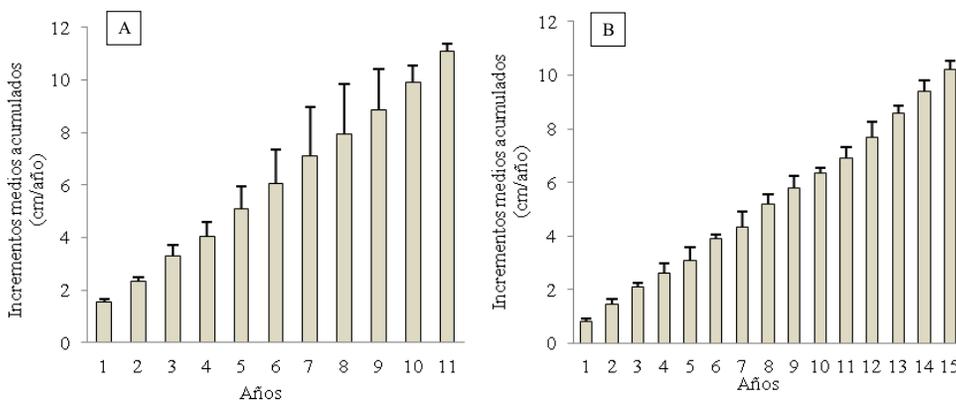


Figura 2. Incrementos medios acumulados \pm desviación estándar de la regeneración. A.- especies rápido crecimiento. B.- especies lento crecimiento.

La ecuación que mejor se ajusta a la dispersión de los incrementos medios anuales acumulados para el caso de las especies de

rápido crecimiento es la ecuación de crecimiento de Gompertz y para las de lento crecimiento la de Richards.

Ecuación de Gompertz $Y = 15,42 \times \exp^{(-3,34 \times \exp^{(-0,21 \times \exp^{(X \times X)})})}$ $R^2 = 99 \%$

Ecuación de Richards $Y = 28,15 \times (1 + -1,01 \times \exp^{(-0,09 \times X)})$ $R^2 = 99 \%$

Donde Y es años y X es el DAP (Incrementos medios acumulados. cm/años)

Con la ecuación obtenida se pudo estimar que la regeneración de un individuo de una especie de rápido crecimiento con iluminación total sobre su copa, demanda 10,2 años para obtener 10 cm de DAP y poder ingresar a la primera clase diamétrica, en cambio una especie de lento crecimiento tardará 19 años en lograr ingresar a la primer clase diamétrica.

Con los datos de inventario se estimó que la tasa anual de mortalidad (TAM) y la tasa anual de ingreso de la regeneración (TAI) en el período considerado (5 años) son de 15 y 17 % respectivamente.

Con los datos anteriormente obtenidos se estimó los años en que la regeneración natural de las especies de valor, en un lapso de

25 años, ingresan a la primera clase diamétrica (10-20 cm DAP) (Cuadro 1). Al aplicar la ecuación de crecimiento y la TAM se observa que los individuos de la regeneración natural, que en el año 2003, pertenecían a la Clase III comienzan a ingresar en la primera clase diamétrica a partir del año 2008.

Los individuos de la regeneración natural que se encontraban en la categoría de tamaño III en el año 2003 (los que medían más de 2 m de altura y con registro de DAP) ingresaron a la primer clase diamétrica en el año 2008; y los individuos de clase III en el año 2008 ingresarán en el año 2013, y así sucesivamente en una dinámica ideal sin disturbios que generen cambios estructurales.

| Especie | Años | | | | | |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 2003 | 2008 | 2013 | 2018 | 2023 | 2028 |
| <i>A. colubrina</i> | 11 | 5 | 10 | 7 | 7 | 6 |
| <i>A. Urundeuva</i> | 5 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| <i>C. multiflorum</i> | 8 | 4 | 4 | 5 | 3 | 2 |
| <i>C. balansae</i> | 4 | 2 | 2 | 7 | 2 | 2 |
| <i>C. trichotoma</i> | 5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| <i>M. peruiferum</i> | 5 | 3 | 2 | 6 | 2 | 2 |
| <i>P. excelsa</i> | 6 | 4 | 3 | 4 | 3 | 2 |
| <i>P. rhamnoides</i> | 9 | 5 | 4 | 9 | 7 | 5 |
| <i>T. impetiginosa</i> | 4 | 3 | 2 | 4 | 2 | 1 |
| Total | 57 | 29 | 31 | 47 | 31 | 24 |

Cuadro 1. Estimación de la masa incorporada (ind./ ha) cada 5 años de las especies de mayor valor forestal.

b. Mortalidad y Supervivencia del estrato arbóreo

En forma análoga a la estimación de la mortalidad probable de los ingresos, también para el estrato arbóreo se definió un índice de condición de los árboles (CA), que sirvió para determinar cuáles son los árboles que probablemente morirán durante el período de

crecimiento de 25 años, seleccionados cuando el valor de CA del individuo es mayor que nueve (CA > 9), por cada clase diamétrica (Cuadro 2). Se observa que los individuos Oprimidos poseen mayores posibilidades de morir y a mayor tamaño del individuo existen menores posibilidades de morir.

| Clases diamétricas (cm) | Ind/ha con posibilidades de morir | Ind/ha por clase | |
|-------------------------|-----------------------------------|------------------|--------------|
| | | diamétrica | % Mortalidad |
| =10<20 | 141 | 323 | 8,73 |
| =20<30 | 13 | 95 | 2,78 |
| =30<40 | 2 | 46 | 0,71 |
| =40<50 | 0 | 26 | 0,10 |
| =50<60 | 0 | 13 | 0,00 |
| =60<70 | 0 | 6 | 0,44 |
| =70<80 | 0 | 3 | 0,00 |
| =80<90 | 0 | 2 | 0,00 |
| 90 a + | 0 | 0 | 0,00 |

Cuadro 2. Tasa de mortalidad (%) por clase diamétrica.

Al considerar la dinámica poblacional de todas las especies, la mortalidad de individuos es mayor en los Oprimidos y de menor tamaño. En los Codominantes y

Dominantes de mayor tamaño, la mortalidad se debe a disturbios naturales o antrópicos (Cuadro 3).

| Posición sociológica | Clases diamétricas | | | | | | | |
|----------------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| | =10<20 | =20<30 | =30<40 | =40<50 | =50<60 | =60<70 | =70<80 | =80 a + |
| Oprimido | 15,95 | 17,97 | 27,78 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Intermedio | 13,57 | 9,36 | 10,45 | 17,65 | 20,00 | 28,57 | 0,00 | 0,00 |
| Codominante | 6,73 | 6,91 | 7,11 | 2,44 | 6,56 | 4,76 | 10,00 | 0,00 |
| Dominante | 0,00 | 7,41 | 0,00 | 6,67 | 5,41 | 17,39 | 6,25 | 0,00 |

Cuadro 3. Tasa de mortalidad (%) de los individuos por clase diamétrica y posición sociológica.

Con los datos de Cuadro 3, se pudo obtener el gráfico de mortalidad (%) de las especies de valor forestal por clase diamétrica en cada posición sociológica. La supervivencia (S) se calculó como 1 menos la mortalidad ($S = 1 - \text{Mortalidad}$), con esta relación se obtiene el

gráfico de supervivencia (Figura 3). La supervivencia es mayor en los individuos Codominantes y Dominantes y en general en los individuos con mayor tamaño.

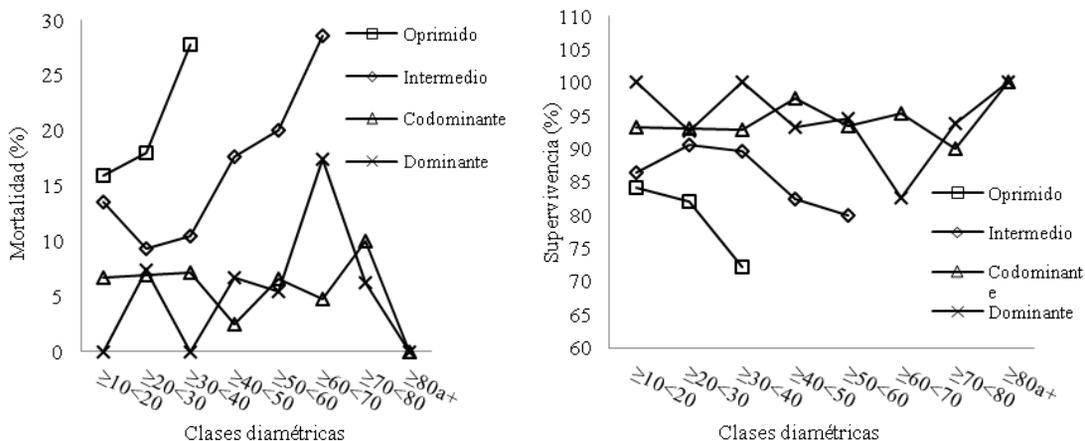


Figura 3. Tasas de mortalidad (%) y supervivencia (%) de los individuos por clase diamétrica y posición sociológica.

De igual forma se estimaron las tasas de mortalidad y supervivencia de las especies de mayor valor forestal (Cuadro 4). La mortalidad se acentúa en los estratos inferiores y a medida

que es mayor el tamaño de los individuos disminuye.

| Posición sociológica | Clases diamétricas | | | | | | | |
|----------------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| | ≥10<20 | ≥20<30 | ≥30<40 | ≥40<50 | ≥50<60 | ≥60<70 | ≥70<80 | ≥80 a + |
| Oprimidos | 12,9 | 13,0 | 33,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Intermedios | 4,5 | 1,0 | 8,7 | 20,0 | 66,7 | 33,3 | 0,0 | 0,0 |
| Codominantes | 4,3 | 4,0 | 4,7 | 1,0 | 5,0 | 0,0 | 16,7 | 0,0 |
| Dominantes | 0,0 | 4,5 | 0,0 | 5,4 | 8,3 | 15,4 | 0,0 | 0,0 |

Cuadro 4. Tasa de mortalidad (%) de individuos por clase diamétrica y posición sociológica de las especies de mayor valor forestal.

En los estratos superiores la mortalidad es muy baja y por ende alta supervivencia (Figura 4).

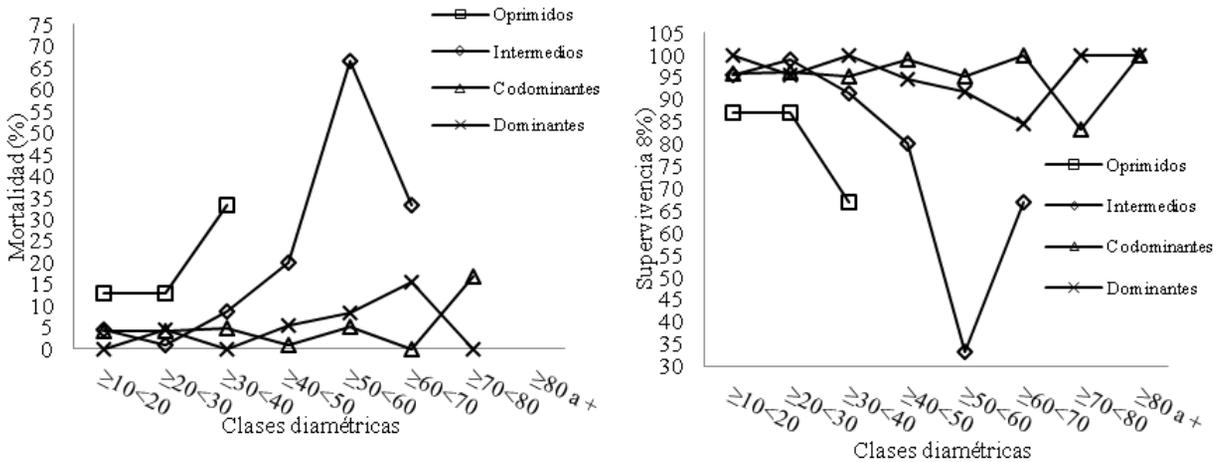


Figura 4. Tasas de mortalidad (%) y supervivencia (%) de los individuos por clase diamétrica y posición sociológica de las especies de valor forestal.

c. Tránsito de individuos entre clases diamétricas

La mayor proporción de individuos permanecen en la misma clase diamétrica en el período de 5 años (Cuadro 5).

| | | Clases diamétricas | | | | | | | | |
|--------------------|--|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Tasas (%) | | ≥10<20 | ≥20<30 | ≥30<40 | ≥40<50 | ≥50<60 | ≥60<70 | ≥70<80 | ≥80<90 | ≥90 a + |
| Mortalidad | | 14,4 | 9,9 | 8,5 | 6,8 | 8,0 | 13,5 | 7,7 | 0,0 | 0,0 |
| Permanencia | | 43,6 | 43,0 | 44,0 | 46,1 | 45,3 | 43,8 | 41,5 | 44,0 | 50,0 |
| Tránsito | | 5,7 | 12,0 | 10,9 | 6,8 | 8,0 | 6,3 | 17,2 | 17,6 | 0,0 |

Cuadro 5. Tasas tránsito (%) de los individuos según clases diamétricas.

Al considerar el tamaño de los individuos la mortalidad tiene una leve tendencia a disminuir al aumentar el tamaño de estos, y en caso opuesto el tránsito de individuos a la clase diamétrica siguiente, aumenta a medida que aumenta el tamaño del individuo (Figura 5).

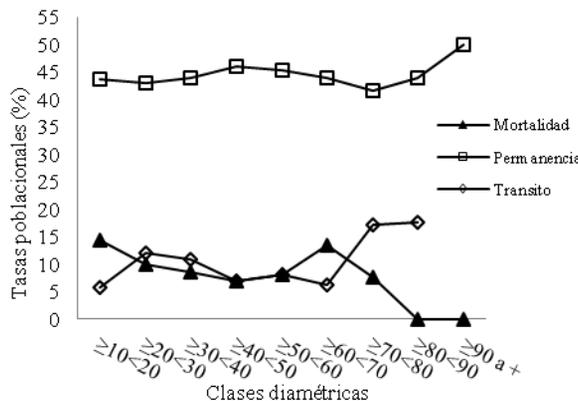


Figura 5. Tasas poblacionales (%) de los individuos según clases diamétricas.

Se generó un modelo donde se represente la estructura y dinámica de la comunidad de individuos. Las cajas representan las distintas clases de tamaño y las flechas las relaciones posibles entre ellas. A partir de la $\geq 40 < 50$ clase diamétrica los individuos pueden proveer semilla, que una

vez germinadas serán la regeneración posible de ingresar a la clase diamétrica inferior (TI). En el modelo se visualizan las tasas vitales de la dinámica forestal, permanencia (TP) en cada clase diamétrica, tránsito (TT) y mortalidad (TM) de individuos, en el período considerado de 5 años.

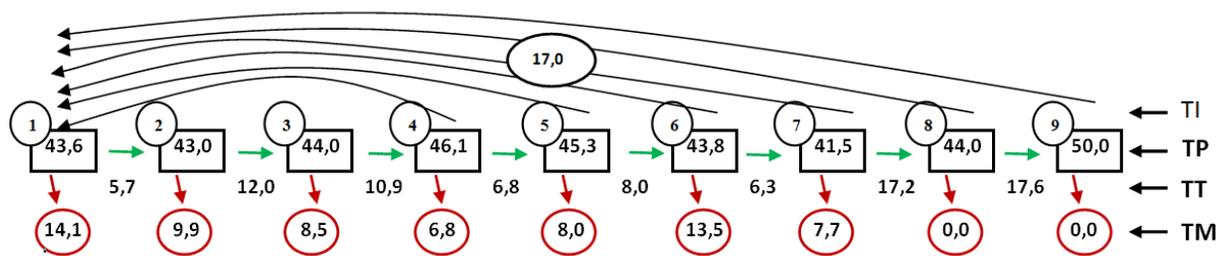


Figura 6. Modelo de estructura, dinámica y tasas poblacionales (%) de las poblaciones de individuos.

Para una mejor interpretación del esquema las clases diamétricas se visualizan en número donde 1: $\geq 10 < 20$, 2: $\geq 20 < 30$, 3: $\geq 30 < 40$, 4: $\geq 40 < 50$, 5: $\geq 50 < 60$, 6: $\geq 60 < 70$, 7: $\geq 70 < 80$, 8: $\geq 80 < 90$ y 9: ≥ 90 a +.

TI: tasa porcentual de individuos que ingresan a la primer clase diamétrica, **TP:** tasa porcentual de individuos que permanecen en la misma clase diamétrica; **TT:** tasa porcentual de

individuos de una clase que transita a la próxima clase diamétrica y **TM:** tasa porcentual de individuos que mueren en cada clase diamétrica.

Es importante estimar el efecto de la luz en el pasaje de los individuos (Tasa de tránsito) a la clase diamétrica siguiente en todas las clases (Cuadro 6).

| Posición sociológica | Clases diamétricas | | | | | | | | |
|----------------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| | =10<20 | =20<30 | =30<40 | =40<50 | =50<60 | =60<70 | =70<80 | =80<90 | =90 a + |
| Oprimido | 1,57 | 1,87 | 7,14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Intermedio | 7,44 | 8,10 | 4,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Codominante | 22,40 | 19,37 | 14,78 | 9,09 | 6,56 | 9,09 | 25,00 | 23,08 | 0,00 |
| Dominante | 25,00 | 30,56 | 11,36 | 6,67 | 12,50 | 5,00 | 11,76 | 0,00 | 0,00 |

Tasa de tránsito (%): tasa porcentual de los individuos de una clase diamétrica que pasan a la próxima.

Cuadro 6. Tasas de tránsito (%) de los individuos a la clase diamétrica siguiente en cada estrato social.

Se puede observar que los estratos inferiores tienen un patrón definido, en el que disminuye el pasaje de individuos a medida que aumenta su tamaño. En los estratos superiores el pasaje de los individuos disminuye hasta las clases $\geq 50 < 60$ y $\geq 40 < 50$ en los estratos Codominante y Dominante respectivamente. A partir de dichas clases

existe una leve tendencia a aumentar el pasaje de individuos, manifestándose una influencia del tamaño de los individuos y la captación de luz en la copa. (Figura 7).

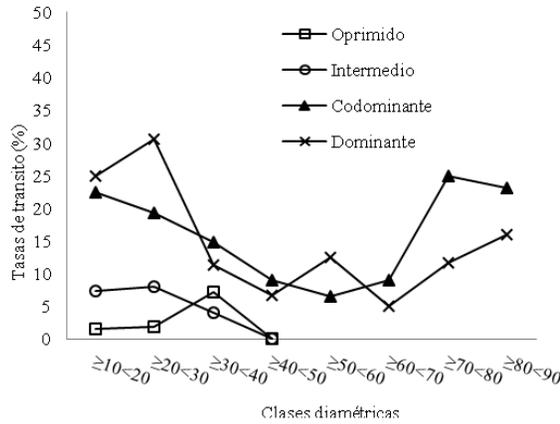


Figura 7. Tasas de tránsito (%) de los individuos por clases diamétricas y posición sociológica.

Otro factor importante a considerar es la competencia expresada como el área basal de los ind./ha presente en cada clase diamétrica. La disminución en el pasaje de individuos en los estratos superiores coincide con los mayores valores del área basal total. Cuando el área basal disminuye se observa un aumento del pasaje de individuos, lo que ocurre en las clases diamétricas mayores. En la Figura 8 se observa que el área basal disminuye a medida que aumenta la clase de tamaño de los individuos, debido a la menor abundancia de individuos.

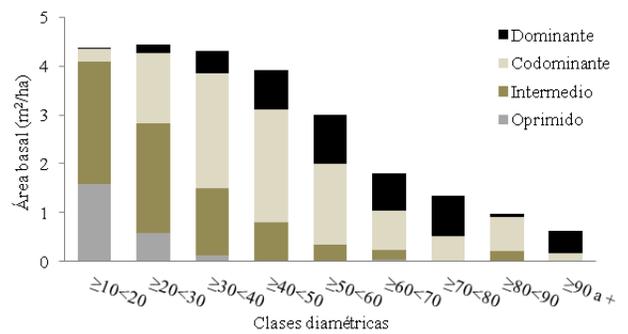


Figura 8. Área basal (m²/ha) por clase diamétrica y posición sociológica.

Si tomamos el área basal correspondiente a cada uno de los 25 cuadrantes (réplicas) en que se divide cada parcela, y se cuenta la cantidad de individuos Codominantes y Dominantes que avanzan a la clase diamétrica siguiente (tasa de tránsito), existe mayor pasaje de individuos a menor ocupación del sitio (m²/ha) (Figura 9). Esta situación puede explicar la influencia de la competencia en el tránsito de individuos en los estratos superiores, donde en el crecimiento diamétrico influyen la capacidad de captar luz y la competencia existente en el rodal.

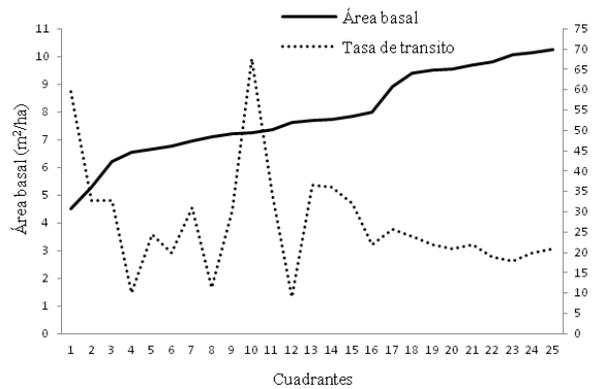


Figura 9. Influencia de la ocupación del sitio (Área basal- m²/ha-) sobre el pasaje de individuos a la clase diamétrica superior (%) del estrato superior.

Si tenemos en cuenta solamente las especies de valor forestal, en los estratos superiores, las tasas de tránsito de individuos

entre las clases diamétricas, se comportan de una forma similar. (Cuadro 7).

| Posición sociológica | Clases diamétricas | | | | | | | |
|----------------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| | =10<20 | =20<30 | =30<40 | =40<50 | =50<60 | =60<70 | =70<80 | =80 a + |
| Oprimidos | 2,14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Intermedios | 5,37 | 1,91 | 0,59 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Codominantes | 3,83 | 7,21 | 4,56 | 1,76 | 0,40 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| Dominantes | 0,79 | 7,41 | 3,85 | 2,34 | 2,34 | 0,79 | 0,79 | 0,00 |

Cuadro 7. Tasas de tránsito (%) de los individuos a la clase diamétrica siguiente en cada estrato social de las especies de valor.

Los estratos inferiores tienen un patrón definido, en el que disminuye el pasaje de individuos a medida que aumenta el tamaño del individuo, y los estratos superiores tienen un aumento en el pasaje de los individuos en las clases diamétricas superiores que coincide con la disminución del área basal.

El crecimiento diamétrico y el tránsito de las especies está influenciado por la capacidad de captar luz y la competencia intra e interespecífica.

DISCUSIÓN

Existen posibilidades de incorporaciones de nuevos individuos de las especies de mayor valor forestal en forma sostenida en el período considerado, con mayor abundancia y elevadas existencias de regeneración en las clases I y II como *P rhamnoides*, *C. multiflorum* y *M. peruiferum*. En el caso de las especies restantes, se ven favorecidas por la baja Tasa de mortalidad (1 %) y la elevada Tasa de ingresos (17 %), pero se está muy lejos de los 4.000 ind./ha de regeneración de *A. quebracho blanco* y *S. lorentzii* propuesto para el Bosque Chaqueño semiárido (Araujo, 2005).

La mortalidad de 1 % es aceptable para bosques subtropicales, ya que bosques tropicales de la Amazonía, con mayor dinámica poblacional es del 2 % (Poorter y otros, 2001).

La baja mortalidad (1%) en referencia a la elevada tasa de ingresos (17%) nos plantea la situación de una numerosa regeneración de especies umbrófilas a la espera de un claro para crecer e ingresar a la primera clase diamétrica (Poorter, 2001). El ingreso de

regeneración de especies heliófilas en estos sistemas climácicos, debe ser provocada por los disturbios naturales. En nuestro caso podrían ser los deslizamientos de montaña; y los disturbios antrópicos, siendo el más recurrente la tala (floreo) ilegal de los mejores individuos (Brown y Pacheco, 2006; Blundo y Malizia, 2009).

En tal sentido, una de las premisas de la ordenación forestal es lograr la producción sostenida a perpetuidad, partiendo de la base que la extracción no supere el crecimiento del bosque (Gasparri y Goya, 2006). Con los datos de incorporación y las existencias de individuos en el rodal (Ver Composición y Estructura forestal) se puede estimar la vulnerabilidad y la baja resiliencia de especies como *C. balansae*, *M. peruiferum* y *A. cearensis*, que son las especies más apreciadas (Minetti, 2006).

De acuerdo a las tasas de mortalidad y supervivencia obtenidas para el total de individuos, se estima que la mortalidad disminuye a medida que aumenta el tamaño del individuo (mayor clase diamétrica). En las poblaciones arbóreas, los estadios juveniles en general poseen una alta mortalidad, crecimiento escaso y nula reproducción, y los estadios adultos poseen una baja mortalidad, mayor crecimiento y son reproductivos (Batis-ta, 2006). En el caso de la mortalidad según la ubicación vertical de los individuos, esta es menor en los estratos superiores y mayor en los estratos inferiores debido a que el rodal evoluciona, creando una diferenciación en el tamaño y posición de las copas. Los árboles con copas dominantes las expanden ocupando el espacio de crecimiento de los árboles dominados, estos últimos se debilitan y en un

tiempo se hacen más susceptibles a plagas y enfermedades siendo más proclives a morir (Oliver y Larson, 1996).

La dinámica de una población arbórea depende fuertemente de su estructura y la posición sociológica de los individuos. Un factor limitante para las plantas es el escaso nivel de energía radiante que llega a los estratos bajos del sotobosque. La luz disponible para la fotosíntesis se reduce a un mínimo y muchas plantas no pueden crecer. Sin embargo, para la mayoría de las plantas leñosas, la única posibilidad de establecerse exitosamente y crecer se da cuando se abre un claro en el dosel que permite que más energía lumínica alcance los niveles bajos dentro de la comunidad (Vásquez y Orozco, 1992). Esta dependencia a la cantidad de luz influye en el aumento de la tasa de mortalidad en los estratos inferiores y garantiza la supervivencia de los individuos que se encuentran y puedan llegar al dosel del bosque. Se puede corroborar que la luz es el factor más limitante para el crecimiento de los árboles y por ende el manejo de este recurso posibilitará estimular la dinámica poblacional del sistema (Poorter y otros, 2001). La luz como factor ambiental también se la ha tenido muy en cuenta como regulador de la regeneración y el crecimiento (Lamprecht, 1990).

La mortalidad disminuye a medida que aumenta el área basal del rodal, quizás se genera una mayor estabilidad a partir de las relaciones intra e interespecíficas entre los individuos cuando aumenta la ocupación. En tal sentido se ha evidenciado que la tala selectiva de individuos contribuye a que perdure una elevada tasa de mortalidad varios años después de las intervenciones, por eliminar las relaciones antes mencionadas y por quitar la estabilidad o apoyo de las copas entre los individuos (Nebel y otros, 2001).

Nebel y otros, (2001) encontraron una tendencia a disminuir el pasaje de individuos a las próximas clases diamétricas (Tránsito), en relación al aumento del área basal del sitio. En los estratos inferiores, el pasaje de individuos disminuye a medida que aumenta el tamaño del individuo. En los estratos superiores existe

una disminución en el pasaje de los individuos hasta las clases diamétricas de $\geq 30 < 40$ y $\geq 40 < 50$ cm, en los individuos Codominantes y Dominantes respectivamente. A partir de ellas el pasaje presenta un leve aumento que se debe a la disminución del área basal existente a partir de esas clases diamétricas. La mayor captación de luz por parte de los estratos superiores provoca que al disminuir la competencia expresada en el área basal del sitio, aumenta el crecimiento y por ende el tránsito de individuos (Gasparrí y Goya, 2006). Es decir los individuos que reciben mayor cantidad de luz en sus copas poseen mayor crecimiento que aquellos que reciben menor cantidad de luz (Poorter y otros, 2001).

Las especies de valor forestal tienen un comportamiento similar al total de las especies, pues los individuos Dominantes y Codominantes disminuyen sus tasas de tránsito en las clases diamétricas superiores.

CONCLUSIONES

La dinámica del bosque climácico está determinada por la formación de claros que generan cambios en las condiciones de la intensidad de luz que ingresa al perfil vertical y al sotobosque.

El factor más limitante y determinante en la dinámica del bosque es la luz, más que el tamaño del individuo y la ocupación del sitio.

La mortalidad disminuye en los individuos de mayor tamaño y que reciben mayor cantidad de luz en su copa.

Las mayores tasas de tránsito o pasaje se evidencian en los individuos de las clases diamétricas intermedias o en aquellos que se encuentran en estratos sociales superiores con mejores condiciones de captar luz en sus copas.

Los resultados apoyan el hecho que los bosques subtropicales son menos diversos y dinámicos que los bosques húmedos tropicales, por lo que en su manejo debe considerarse su fragilidad y los problemas que tienen para la regeneración de las especies heliófilas en particular.

BIBLIOGRAFÍA

- Abellanas, B., Abellanas, M. y Vilas, C. 2007. "VOREST: Metalización de bosques mediante diagramas de Voronoi", Actas de los XII Encuentros de Geometría Computacional, Universidad de Valladolid, España. pp. 8.
- Araujo, P.A. 2005. Bases para la gestión sostenible de Bosques en Regeneración del Chaco Semiárido. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. España.
- Batista, W.B. 2006. Dinámica de poblaciones. Pp. 29-47 en Van Esso, M. (ed.), Ecología, Enseñanza con un Enfoque Novedoso. Editorial Facultad de Agronomía. Novedades Educativas. Buenos Aires.
- Blundo, C. y Malizia, L. R. 2008. Impacto del aprovechamiento forestal en la estructura y diversidad de la Selva Pedemontana. Pp. 21 en Brown, A. D., Blendinger, P y Lomáscolo, T. Ecología, historia natural y conservación de la Selva Pedemontana de las Yungas Australes. Ediciones del Subtrópico. En prensa.
- Blundo, C., Malizia, L. R. y Pacheco, S. 2009. Red de Parcelas Permanentes en la Alta Cuenca del Río Bermejo: Diversidad, Uso y Conservación del Bosque. Actas XII Congreso Forestal Mundial. Bs. As., Argentina. pp. 110.
- Brienen, R., Zuldema, P. y Gómez, J. 2003. Recuperación del Volumen de madera bajo diferentes ciclos de corta: resultados de simulaciones para seis especies maderables en el norte de Bolivia. Programa Manejo de Bosques de la Amazonia Boliviana. Informe técnico nº 9. Riberalta. Beni, Bolivia.
- Brown, A.D.; H.R. Grau; L.R. Malizia y A. Grau. 2001. Los Bosques Nublados de la Argentina. Pp. 623-659 en Kappelle, M y Brown, A. D. (eds.) Bosques Nublados de Latinoamérica. Editorial INBIO. Costa Rica.
- Brown, A. D., Grau, A.; Lomáscolo, T. y Gasparri, N. I. 2002. Una estrategia de conservación para las Selvas subtropicales de montaña (Yungas) de Argentina. Revista Ecotropicos, 15: 147-159.
- Brown, A. D. y Malizia, L.R. 2004. Las Selvas Pedemontanas de las Yungas: en el umbral de la extinción. Revista Ciencia Hoy, 14: 52-63.
- Condit, R. 1998. Field guide for tropical forest census plots: methods and results from Barro Colorado Island, Panama and a comparison with other plots. Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- Contreras F., Leaño, C, Licona, J. C., Dauber, E., Gunnar, L., Hager, N. y Caba, C. 1999. Guía para la Instalación y Evaluación de Parcelas Permanentes de Muestra. Bolfor. Santa Cruz, Bolivia.
- Del Castillo, E. M. 2005. Selva de Yungas del NOA (Jujuy, Salta, Tucumán). Recuperación ambiental y productiva. 1º Ed. INTA. Jujuy, Argentina.
- Digilio, A.P. y Legname, P.R. 1966. Los árboles indígenas de la Provincia de Tucumán. Opera Lilloana 15. Tucumán, Argentina.
- Gadow, K.V., Rojo, A., Álvarez González, J. G. y Rodríguez, R.. 1999. Ensayos de crecimiento. Parcelas permanentes, temporales y de intervalo. Revista Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales, 1: 299-310.
- Gasparri, N.I. y J. F. Goya. 2006. Modelos de crecimiento de Cedrela lilloi en el sector norte de las Yungas argentinas. Pp. 105-116 en Pacheco, S. y Brown, A. (eds.) Ecología y producción de Cedro (género Cedrela). Ediciones del Subtrópico. Argentina.
- Gentry, A. H. 1995. Patrones de diversidad y composición florística en los bosques de las montañas Neotropicales. Pp. 85-123 en Kappelle, M. y Brown, A. D. Bosques Nublados de Latinoamérica.. Editorial INBio, Costa Rica.
- Johns, R.J. 1992. The influence of deforestation and selective logging operations on plant diversity in Papua New Guinea. Pp. 56-62 en Withmore, T.C. y Sayers, J. A. (eds.) Tropical deforestation and species extinction. Chapman and Hall and the World Conservation Union. USA.
- Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los trópicos. Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas. GTZ. Alemania.
- Malizia L.R., Blundo, C. y Pacheco, S. 2006. Diversidad, estructura y distribución de bosques con cedro en el noroeste de Argentina y sur de Bolivia. p.: 83-103 en Pacheco, S. y Brown, A. (eds.) Ecología y producción de cedro (género Cedrela) en las Yungas australes. Ediciones del Subtrópico. Argentina.

- Minetti, J.M. 2006. Aprovechamiento forestal de cedro en las Yungas de Argentina. pp. 143-154 Pacheco, S. y Brown, A. (eds.) Ecología y producción de cedro (género *Cedrela*) en las Yungas australes. Ediciones del Subtropico, Argentina.

- Nebel G., L. P. Kvist, J. K. Vanclay y H. Vidaurre. 2001. Forest dynamics in flood plain forests in the Peruvian Amazon: effects of disturbance and implications for management. *Forest Ecology and Management* 150: 79-92.

- Newton, A. C. 2007. *Forest Ecology and Conservation*. Oxford University Press. Oxford. GB.

- Oliver, C.D. y B.C. Larson. 1996. *Forest stand dynamics*. Wiley. New York. USA.

Ogden, J. 1981. Dendrochronological studies and the determination of tree ages in the Australian Tropics. *Journal of Biogeography* 8: 405-420.

- Poorter L., Boot R., Hayashida-Oliver Y., Leigue J., Pena-Claros M. y Zuidema P.A. 2001. Estructura y dinámica de un bosque húmedo tropical en el norte de la amazonía boliviana. PROMAB, Informe Técnico No.2. Riberalta, Bolivia.

- Rozas V., 2001, Dinámica forestal y tendencias sucesionales en un bosque maduro de roble y haya de la zona central de la Cornisa Cantábrica. *Ecología* 15, 179-211.

- Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable (SRNyDS). 1998. Estudio Integral de la Selva Tucumano Boliviana. Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas. Préstamo BIRF N° 4085-AR. Gerencia Técnica Bosques Nativos, Dirección de Bosques. Argentina.

- Torres Rojo, J. M. 2000. Sostenibilidad del volumen de cosecha calculado con el método mejicano de ordenación de montes. Toluca. México. *Revista Maderas y Bosques* 6 (2): 57-72.

- Tortorelli, L.A. 1956. *Maderas y Bosques Argentinos*. Acme Agency Press, Buenos Aires, Argentina.

APORTES SOBRE LA CAPACIDAD GERMINATIVA DE *CEDRELA BALANSAE* C.DC.

CONTRIBUTIONS ON GERMINATIVE CAPACITY OF *CEDRELA BALANSAE* C.DC.

Gerónimo, G.¹; A. Rivera²; M. Serrano³

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue establecer la capacidad germinativa de semillas de *Cedrela balansae*, conservadas en condiciones ambientales, en diferentes períodos de almacenamiento, determinando Energía Germinativa (EG) y Poder Germinativo (PG). La recolección de frutos se realizó en Caimancito (Provincia de Jujuy). La siembra se hizo en sustrato papel. Se llevó a cámara de germinación a 26° C +/-1° y fotoperíodo de 12 horas de luz. Los conteos se realizaron a los 7 y 28 días, según normas ISTA. Las variables evaluadas fueron EG y PG, considerando como tratamientos los períodos de almacenamiento (T₁:30; T₂:120; T₃:270 días). Los resultados, no muestran diferencias significativas entre los tratamientos para las variables evaluadas, con un nivel de significación del 0,05 ($\alpha= 0,05$). Después de nueve meses de su recolección, las semillas no pierden su capacidad germinativa.

Palabras clave: *Cedrela balansae*, poder germinativo, germinación, ensayos en semillas.

SUMMARY

The objective of the seeds testing was to establish the germination of seeds of *Cedrela balansae* kept in environmental conditions at different periods of storage, determining Germination Energy (GE) and Germinating Power (GP). Fruit collection was held in Caimancito (Province of Jujuy). The sowing was done on paper substrate and then carried to germination chamber at 26° C +/-1° and photoperiod of 12 hours light. Counts were conducted at 7 and 28 days, according to ISTA rules. The variables evaluated were GE y GP, regarding as treatments different periods of storage (T₁:30; T₂:120; T₃: 270 days). The results show no significant difference between the treatments for the variables evaluated, with a significance level of 0.05 ($\alpha= 0,05$). After nine months of collection, seeds did not lose their germination capacity.

Key words: *Cedrela balansae*, germination power, germination, seeds testing.

Laboratorio de Análisis de Calidad de Semillas. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Jujuy,
Alberdi 47 (4600) S. S. de Jujuy

1- mirian1388@yahoo.com.ar

2- adela_ing@yahoo.com.ar

3-miriamsserrano@yahoo.com.ar

INTRODUCCIÓN

Los cedros son especies forestales de gran importancia en América Latina. Sus usos principales son para carpintería en general: muebles finos, aberturas, puertas, ventanas, y otros (Minetti, 2006). Su madera es muy vistosa, perfumada y fácil de trabajar (Zorrilla, 2006). González (1976), afirma que da buenos resultados en el cepillado, torneado, tallado y lijado, además de mostrar buenas propiedades en el clavado, atornillado, encolado y acabado. Características que han determinado que haya sido intensamente aprovechada.

Los cedros integran el género *Cedrela* P. Browne, perteneciente a la familia botánica *Meliaceae*. En Argentina *C. odorata* L. (cedro mexicano) y *C. fissilis* Vell. (cedro misionero), están presentes en el NEA; *C. angustifolia* DC. (cedro coya), *C. balansae* C. DC. (cedro orán) y *C. saltensis* Zapater & del Castillo (cedro rosado), se encuentran en el NOA (Zapater y otros, 2003; Grau y otros, 2006), dentro de la Selva Subtropical de Salta y Jujuy, en diferentes pisos altitudinales (Del Castillo y otros, 2005). *C. balansae*, particularmente, se halla en sectores de selva pedemontana, entre los 300 y 700 m s.n.m., habiendo sido afectados sus niveles de diversidad genética, por el aprovechamiento forestal intenso (Soldati y otros, 2010). Se requiere contar con información sobre las condiciones de colecta y almacenamiento, para orientar un adecuado manejo de semillas, punto de partida de las actividades básicas que comprende un programa forestal (González, 1991).

Investigaciones realizadas para *C. odorata* informan, que la viabilidad de sus semillas disminuye rápidamente después de un mes bajo condiciones ambientales. Se reportan semillas que a cuatro meses

de colectadas pueden perder hasta el 60 % de viabilidad, pero almacenadas adecuadamente se conservan por varios meses (Mendez, 2000; Morales Ortiz y Herrera Tuz, 2011). Según Mendez (2000), las semillas de *C. odorata* almacenadas en bolsas de polietileno a 5°C de temperatura y 7% de humedad, mantienen un porcentaje de germinación de 50 a 60%, después de dos años.

Para *C. balansae*, Del Castillo y otros (2003) afirman, que a doce meses de colección, se obtuvieron valores de Energía Germinativa de 22-29 % y de Poder Germinativo de 88-94 %. Es escasa la información disponible respecto de la viabilidad de las semillas de ésta especie en distintos períodos y condiciones de almacenamiento. El presente trabajo contribuirá a ampliar el conocimiento, respecto a una de las especies arbóreas nativas más importantes para la economía de la región.

Objetivo:

Determinar la capacidad germinativa de semillas de *C. balansae* conservadas en condiciones ambientales en diferentes períodos de almacenamiento, a partir de la evaluación de:

- Emisión de raíces a los 7 días de la siembra, cuantificando su valor porcentual (Energía Germinativa o 1^{er} conteo, según el INASE).
- Poder Germinativo (PG o 2^{do} conteo, según el INASE) a los 28 días de la siembra, estableciendo el porcentaje de plántulas normales, plántulas anormales, semillas duras, frescas y muertas, según normas ISTA.

MATERIALES Y MÉTODOS

La recolección de frutos y semillas se realizó durante el mes de agosto, en la localidad de Caimancito (427 m s.n.m.), departamento Ledesma, Provincia de Jujuy. Se registró el peso promedio de frutos y semillas y

se cuantificó el número promedio de semillas vanas (Figura N° 1). Se guardaron en bolsas de papel y se almacenaron a temperatura ambiente, considerando tres diferentes períodos de almacenamiento: 30, 120 y 270 días.

Transcurrido cada período de almacenamiento se tomaron lotes de 50 semillas y se sembraron sobre sustrato papel, utilizando el método entre papel (ISTA 2003). Antes de la siembra, las semillas fueron desinfectadas con hipoclorito de sodio al 0,5 % (1/3 de hipoclorito y 2/3 de agua) en inmersión durante un minuto, para eliminar posibles patógenos presentes. Se llevó a cámara de germinación, a temperatura constante de 26° C

+/- 1°, y fotoperíodo de 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad. Para el presente ensayo se consideró lo citado en Reglas ISTA (2003) para el género *Cedrela*, que indica 7 días para el primer conteo y 28 días para el segundo conteo (Figura N° 2).

Se utilizó un DCA (Diseño Completamente Aleatorizado) considerando como tratamientos los tres períodos distintos de almacenamiento y como variables, la Energía Germinativa (EG) y el Poder Germinativo (PG). Las medias aritméticas de los tratamientos se compararon con el test de Tukey, con un nivel designificación del 0,05 ($\alpha=0,05$). Para efectuar el análisis se utilizó el programa InfoStat (2014).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla N° 1: Peso (gr) de frutos y semillas, y número de semillas por fruto.

| Peso del fruto (gr.) | N° total de semillas por fruto | % de semillas vanas por fruto | Peso de 1000 semillas (gr) |
|----------------------|--------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 4,432 | 51 | 47,6 % | 27,371 |



Figura N° 1: Frutos y semillas de cedro orán

Tabla N° 2: Energía Germinativa y Poder Germinativo expresado en valores porcentuales promedio, para los distintos períodos de almacenaje

| Periodo de almacenamiento | Primer Conteo (EG) | Segundo Conteo (PG) |
|---------------------------|--------------------|---------------------|
| 30 días | 98,8 | 97,3 |
| 120 días | 97,3 | 95,7 |
| 270 días | 97,3 | 95,3 |



Figura N° 2: Cama de siembra y plántulas normales

Tabla N° 3: Porcentaje de plántulas normales (PN), anormales (PA), semillas duras (SD), frescas (SF) y muertas (SM) para los tres tratamientos

| Período de Almacenamiento | PN | PA | SD | SF | SM |
|---------------------------|------|-----|-----|------|------|
| 30 días | 97,3 | 1,2 | 0,5 | 0,75 | 0,25 |
| 120 días | 95,7 | 2,3 | 0 | 1 | 1 |
| 270 días | 95,3 | 3,2 | 0 | 0,5 | 1 |



Figura N° 3: Plántulas anormales (II5, I1)



Figura N° 4: Plántulas anormales(I1, II1)

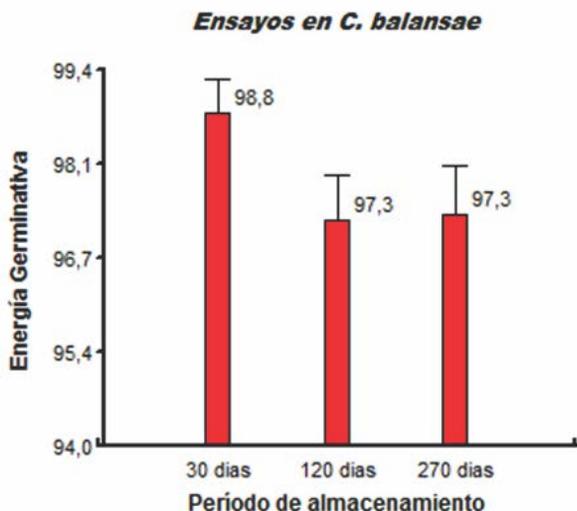


Gráfico Nº 1: Energía Germinativa de semillas de cedro Orán en valores porcentuales

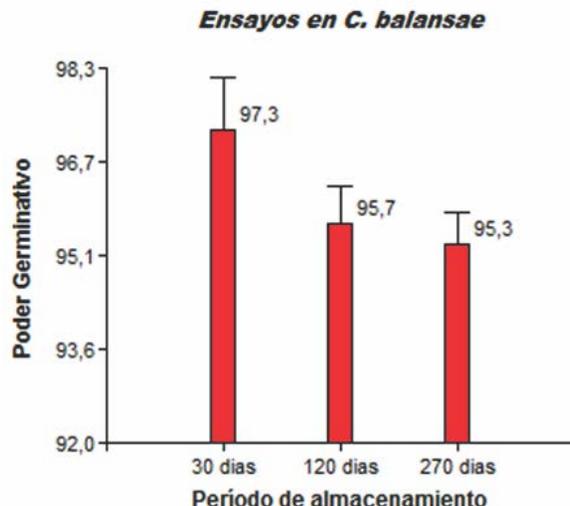


Gráfico Nº 2: Poder Germinativo de semillas de cedro Orán en valores porcentuales

No se evidencian diferencias significativas entre los tratamientos para cada una de las variables evaluadas, con un nivel de significación del 0,05 ($\alpha = 0,05$). Los ensayos arrojaron un coeficiente de variabilidad (CV) del 2,1% y 1,8%, para Energía Germinativa y Poder Germinativo, respectivamente.

Las semillas sembradas a los 30, 120 y 270 días después de cosechadas, han superado medias del 95% para ambas variables. Esto difiere con los antecedentes bibliográficos consultados, que indican, para *C. odorata*, una rápida disminución de la viabilidad de las semillas conservadas a temperatura ambiente (Mendez, 2000; Morales Ortiz y Herrera Tuz, 2011). Distinto a lo observado en semillas recién colectadas de la misma especie, que presentan una viabilidad del 80% y porcentajes de germinación del 85% a 95% (Mendez, 2000). Por su parte, Del Castillo y otros (2003), encuentran valores muy bajos de porcentaje de germinación (22-29%) en *C. balansae*, diferencias que podrían corresponder a la utilización de otros métodos de siembra. Con respecto a PG, los valores encontrados son similares a los hallados por Del Castillo y otros (2003), quienes señalan para poder germinativo porcentajes de 88 a 94%.

CONCLUSIONES

Las semillas de *C. balansae*, mantienen su capacidad de germinar y generar plántulas normales; luego de nueve meses de su recolección y almacenadas en condiciones ambientales.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración de la Ing. Agr. Marta Leaño por sus valiosos aportes en la realización del análisis estadístico de los datos en el presente trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Del Castillo, E., M. Zapater, N. Gil, & N. Del Castillo. 2003. Investigaciones botánicas y silvícolas sobre *Cedrela* (Meliaceae) en Argentina. En: XII Congreso Forestal Mundial. Quebec. Canadá (pp. 1-7).
- Del Castillo, E. M., M. A. Zapater, M. N. Gil, & Yuto, E. D. C. T. I. 2005. Distribución, Ecología y Silvicultura de los Cedros en la Selva Subtropical de Salta y Jujuy. En: Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Corrientes, Argentina.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2014. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

URL <http://www.infostat.com.ar>

- González, G. E. 1976. Propiedades de la madera de algunas Meliáceas de la América Tropical. En: Proceedings First Symposium on Integrated Control of *Hypsipyla*, IICA-CTEI (CATIE). Turrialba, Costa Rica.

- González, E. 1991. Recolección y germinación de semillas de 26 especies arbóreas del bosque húmedo tropical. *Rev. Biol. Trop.* 39(1), 47-51.

- Grau, A., M. A. Zapater & R. A. Neumann. 2006. Botánica y distribución del género *Cedrela* en el noroeste de Argentina. En: *Ecología y Producción de cedro (género Cedrela) en las Yungas australes*. Pp. 19-30. Silvia Pacheco y Alejandro Brown, (Eds.). LIEY-UNT y Fundación ProYungas, Yerba Buena, Tucumán, Argentina.

- International Rules for Seed Testing. Edition. 2003. International Seed Testing Association (ISTA).

- Méndez, J. M. 2000. Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina (No. 41). CATIE. Costa Rica.

- Minetti, J. M. 2006. Aprovechamiento forestal de cedro en las Yungas de Argentina. En: *Ecología y Producción de cedro (género Cedrela) en las Yungas australes*, Pp. 143-154. Silvia Pacheco y Alejandro Brown, (Eds.). LIEY-UNT y Fundación ProYungas, Yerba Buena, Tucumán, Argentina.

- Morales Ortiz, E. R., L.G. Herrera Tuz, 2011. Cedro (*Cedrela odorata* L.). Protocolo para su colecta, beneficio y almacenaje. Comisión Nacional Forestal. Estado de Yucatán. México.

- Soldati, M. C., L. F. Fornes, M. Van Zonneveld, & N. Zelener, 2010. Diversidad genética molecular de *Cedrela balansae* [Meliaceae] en las Yungas [Selva Tucumano-Boliviana] del Noroeste Argentino. En: Congreso Latinoamericano de Conservación de la Biodiversidad. 1. Congreso Argentino de Conservación de la Biodiversidad. San Miguel de Tucumán, Argentina.

- Zapater, M. A., E. M. Del Castillo & T. D. Pennington. 2004. El género *Cedrela* en Argentina. *Darwiniana*. 42(1-4): 347-356.

- Zorrilla, A. 2006. Mercados para la madera de cedro. En: *Ecología y Producción de cedro (género Cedrela) en las Yungas*

australes. Pp. 199-207. Silvia Pacheco y Alejandro Brown, (Eds.). LIEY-UNT y Fundación ProYungas, Yerba Buena, Tucumán, Argentina.

HONGOS ASOCIADOS A HORMIGUEROS

FUNGI ASSOCIATED TO ANT NESTS

Benítez Ahrendts, M. R.; M. Tejerina; A. Durán; L. Carrillo

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue aislar e identificar el hongo cultivado por hormigas podadoras de la tribu *Attini* para su alimentación, así como los basidiomas desarrollados sobre un hormiguero abandonado.

Se obtuvieron cultivos de un miembro de la familia *Lepiotaceae* que forma gongilidios in vivo e in vitro y fue identificado como *Leucocoprinus gongylophorus*, aunque en el laboratorio no se pudieron obtener cuerpos fructíferos.

Los basidiomas surgidos de un hormiguero abandonado fueron identificados como *Chlorophyllum molybdites*. Por otra parte, se observaron hormigas introduciendo trozos de *Coprinus disseminatus* en su nido.

Palabras clave: hormigas podadoras, *Leucocoprinus gongylophorus*, *Chlorophyllum molybdites*, *Coprinellus disseminatus*

SUMMARY

The objective of the study was to isolate and identify the fungus cultivated by attine ants for their food, as well as the basidiomas developed on an abandoned ant hill.

Cultures of a member of the family *Lepiotaceae* forming in vitro and in vivo gongilidios were obtained and it was identified as *Leucocoprinus gongylophorus* although in the laboratory could not get fruiting bodies.

The basidiomas arising from an abandoned ant hill were identified as *Chlorophyllum molybdites*. It was observed that some ants were inserting pieces of *Coprinellus disseminatus* in their hill.

Key words: ants, *Leucocoprinus gongylophorus*, *Chlorophyllum molybdites*, *Coprinus disseminatus*

INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente se considera a la fungicultura practicada por las hormigas como análoga de la agricultura humana. El material que llevan a sus hormigueros es variable y depende de las especies de plantas, convenientes para sus fines, que están disponibles en la vecindad. Las reinas inician la huerta de un nuevo hormiguero con pequeños bocados del hongo acarreados desde su nido natal (Camargo y otros, 2006).

Diferentes hormigas tienen distinto tipo de huertas con diversos hongos y bacterias mutualistas. Las hormigas no permiten la formación de los basidiomas y éstos se desarrollan en los hormigueros abandonados y los cultivos puros del hongo (Mueller, 2002). Sin embargo, en algunas ocasiones se observaron estructuras sexuales dentro de los hormigueros activos (Vo y otros, 2009). Pagnocca y otros (2001) comprobaron la similitud genética entre los basidiomas formados sobre algunos nidos y el micelio estéril aislado de los mismos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se obtuvo el micelio de un hormiguero en el depto. El Carmen, provincia de Jujuy (figura 1). Se hicieron preparados con azul-lactofenol que se observaron al microscopio. Se cultivó, por agotamiento, sobre placas de agar extracto de malta al 2% y agar Sabouraud 4% que se incubaron a 25°C, dentro de una bolsa plástica para evitar la desecación, durante 4 semanas (Estrada y otros, 2014). Se observó la macro y micromorfología.

Se recolectaron e identificaron los basidiomas desarrollados sobre un hormiguero abandonado en San Pablo, depto. M. Belgrano, prov. de Jujuy. Además, se identificó un hongo transportado por hormigas hacia su nido (figura 5).

RESULTADOS

El micelio obtenido en un hormiguero de miembros del género *Acromyrmex*, presentaba micelio color blanco, tabicado, e hifas con ápice dilatado. Las mismas características se observaron sobre el medio

de cultivo (figura 2). No se pudieron obtener basidiomas en el laboratorio. Se identificó como *Leucocoprinus gongylophorus* (A. Møller) Heim. de acuerdo a Fisher y otros (1994).

Por otra parte, las características de los cuerpos fructíferos (figuras 2 y 3) obtenidos del hormiguero abandonado por hormigas podadoras eran las siguientes: basidioma gregario; píleo de 6 a 22 cm, globoso a convexo, luego aplanado; epicutis pardo, roto en escamas sobre un subcutis blanco, estructura tricodérmica con hifas cilíndricas comprimidas; estípite de 1-2 x 7-13 cm, recto o ligeramente curvado, bulboso y blanquecino; anillo membranoso, blanquecino, persistente; laminillas libres, anchas, apretadas, color blanco luego verde pálido y finalmente gris verdoso; basidios tetraspóricos; quilocistidios presentes; esporas de 8-11 x 6-8 µm, elipsoidales, pared gruesa y lisa, poro germinativo apical, dextrinoides; esporada verde claro. Estos basidiomas fueron identificados como *Chlorophyllum molybdites* (G. Mey.) Masee.

El hongo transportado por hormigas negras que se introducían en su hormiguero fue identificado como *Coprinellus disseminatus* (Pers. ex Fries) J. E. Lange (figura 5), cuyas características son: gregario, píleo convexo color ceniza con el centro beige del cual surgen surcos radiales, pie blanco sin anillo, laminillas adnatas y subdistantes, esporada negruzca, esporas elipsoidales de 9 x 6 µm.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

Los hongos cultivados por algunas hormigas de la tribu Attini y las termitas se caracterizan por la formación de gongilidios, pero otras especies mantienen hongos sin tales estructuras. Las especies fúngicas asociadas a los géneros *Atta* y *Acromyrmex* son miembros del grupo *Leucoagaricus* Locq. ex Singer / *Leucocoprinus* Pat. perteneciente a la familia *Lepiotaceae* (Mueller, 2002). Otro miembro de esta familia, *Chlorophyllum rhacodes* (Vittad.) Vellinga, también fue encontrado en hormigueros (Sagara 1992).

Las hormigas podadoras observadas

pertenecen al género *Acromyrmex* de la tribu *Attini* y cultivan *Leucocoprinus gongylophorus*. Por otra parte, el hongo desarrollado sobre el hormiguero abandonado era *Chlorophyllum molybdites*.

Algunas especies de *Coprinellus* producen metabolitos bioactivos (Zenkova y otros, 2003). La observación de hormigas trasladando trozos del píleo de *Coprinellus disseminatus* demuestra que las interrelaciones entre las mismas y los basidiomicetos son muy amplias.

BIBLIOGRAFÍA

- Camargo RS, Forti LC, Lopes JFS, Nagamoto NS. 2006. Studies on leaf-cutting ants, *Acromyrmex* spp. (Formicidae, Attini): Behavior, reproduction and control. Recent Res. Devel. Entomol. 5 (ISBN: 81-7736-246-1), 21pp.
- Estrada C, Rojas EI, Wcislo WT, Van Bael SA. 2014. Fungal endophyte effects on leaf chemistry alter the in vitro growth rates of leaf-cutting ants' fungal mutualist, *Leucocoprinus gongylophorus*. Fungal Ecology 8: 37-45.
- Fisher PJ, Stradling DJ, Pegler DN. 1994. *Leucoagaricus basidiomata* from a live nest of the leaf-cutting ant *Atta cephalotes*. Mycological Research 98 (8): 884-888.
- Mueller UG. 2002. Ant versus fungus versus mutualism: ant-cultivar conflict and the deconstruction of the attine ant-fungus symbiosis. The American Naturalist 160 (supplement): S67-S98.
- Pagnocca FC, Bacci M, Fungaro MH, Bueno OC, Hebling MJ, Sant'anna A, Capelari M. 2001. RAPD analysis of the sexual state and sterile mycelium of the fungus cultivated by the leaf-cutting ant *Acromyrmex hispidus fallax*. Mycological Research 105 (2): 173-176.
- Sagara N. 1992. The occurrence of *Macrolepiota rhacodes* on wood ant nests in England and on the ground in Oregon. Trans. Mycol. Soc. Japan 33: 487-496.
- Vo TL, Mueller UG, Mikheyev AS. 2009. Free-living fungal symbionts (Lepiotaceae) of fungus-growing ants (Attini: Formicidae). Mycologia 101: 206-210.
- Zenkova VA, Efremenkova OV, Ershova EY, Tolstych IV, Dudnik YV. 2003. Antimicrobial activity of mushrooms from the genus *Coprinus*. International Journal of Medicinal Mushrooms 5 (1): 37-42.



Figura 1. Micelio obtenido durante la excavación de un hormiguero de *Acromyrmex* en el depto. El Carmen, Provincia de Jujuy.



Figura 2. Aspecto del primocultivo del micelio obtenido del hormiguero x1000.



Figura 3. Basidiomas jóvenes de *Chlorophyllum molybdites*



Figura 4. Basidiomas maduros de *Chlorophyllum molybdites* desarrollados sobre un hormiguero abandonado en San Pablo, depto. M. Belgrano, prov. de Jujuy.



Figura 5. *Coprinellus disseminatus*, cuyos trozos eran introducidos por hormigas negras en su nido.

INOCULACION MULTIPLE EN UN CULTIVO DE POROTO BLANCO (*PHASEOLUS VULGARIS* L.) var 10

MULTIPLE INOCULATION IN COMMON-BEAN (*PHASEOLUS VULGARIS* L.) var 10

Zankar, G.; S. del V. Abarza; R. Boccardo; F. Altamirano

RESUMEN

Los efectos de un inoculo múltiple fueron evaluados sobre parámetros del crecimiento y de la nodulación en un cultivo de poroto blanco (*Ph. Vulgaris*) var. 10. Se utilizó un rizobio y cinco cepas PGPR con diversidad funcional como producción de AIA, sideróforos, solubilización de fósforo y CB. Sobre un DBCA con tres repeticiones se establecieron dos tratamientos (T1 - T2) y un testigo. T1 recibió cinco cepas de PGPR y T2 las PGPR más un rizobio aislado de la rizósfera de un cultivo de poroto. Se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en T2 con respecto a T0 y T1 en los parámetros de crecimiento evaluados. La nodulación, tanto en número como peso de nódulos, fue superior en T0. Los resultados indican que los dos tipos de inóculos se comportan de manera diferente, lo que demuestra que la capacidad de promoción de las PGPR depende no sólo de cada especie sino también de la relación que se establece en el consorcio microbiano.

Palabras clave: inóculo múltiple- *Phaseolus vulgaris* – promoción del crecimiento vegetal - Quorum sensing

SUMMARY

The effects of multiple *inoculum* on nodulation and growth parameters of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) var. 10 was investigated. A rhizobium and five PGPR's strains characterized by their capacity to produce AIA and siderophores, solubilize phosphates and biocontrol ability, were used in this assay. Treatments T0, T1 and T2 were arranged in a complete randomized block design with three replications. T1 received five PGPR's strains while T2 was inoculated with PGPR and the rhizobium. For the measured growth parameters T2 showed statistically higher values ($p \leq 0,05$) compared to treatments T1 and T0. The number and weight of nodules were higher in T0. Results indicate that both *inocula* act in different ways. The promotion of plant growth by PGPR depends not only on bacterial species but also on the established relationships within the microbial consortium.

Key words: multiple inoculum- *Phaseolus vulgaris*- Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) - Quorum sensing

INTRODUCCIÓN

Las bacterias PGPR son capaces de promover el crecimiento de las plantas a través de diferentes mecanismos. Mucho se ha estudiado sobre los efectos individuales de estas bacterias sobre las plantas, sin embargo la posibilidad de utilizar consorcios con PGPR es una tecnología poco desarrollada y los beneficios que esta aporta parecen ser mayores en comparación con la inoculación simple. Las interacciones entre cepas PGPR podrían potenciar algunos aspectos beneficiosos de su fisiología (Bashan, 1998) como también la resistencia al estrés abiótico (Guiñazu *et al.*, 2009; Zankar *et al.*, 2013). Kibbewhite *et al.* (2015) destacan que la diversidad microbiana y los procesos en el suelo son llevados a cabo por “consorcios microbianos”, cuya característica principal es la diversidad funcional más que la de grupos taxonómicos quedando las funciones individuales traslapadas, hecho de gran importancia para la estabilidad y resiliencia del ecosistema suelo.

El diálogo molecular entre bacterias, que permite iniciar una respuesta coordinada en una densidad de población, es un mecanismo regulatorio genético llamado quorum-sensing (QS) (Juhas *et al.*, 2006). Este proceso regula múltiples funciones cooperativas como la producción extracelular de proteasas, sideróforos, exopolisacáridos, antibióticos y biosurfactantes (Miller & Bassler, 2001). El QS permite a las bacterias monitorear el ambiente de otra bacteria y alterar el comportamiento de una población en respuesta a cambios en el número y/o especies presentes en una comunidad (Waters & Bassler, 2005). La regulación del QS en *Pseudomonas* es un proceso altamente complejo que puede servir a determinadas especies para adaptarse a un ambiente particular (Venturi, 2006). Qaseem *et al.*, (2010) sugieren que los metabolitos de algunas leguminosas interactúan activamente con el QS y podrían modular sus funciones asociadas entre plantas y bacterias. Entre los microorganismos que promueven la nodulación se citan a bacterias del género *Pseudomonas*, *Azospirillum* y *Bacillus* entre otras (LI & Alexander, 1990).

La rizósfera es la zona de mayor densidad y actividad microbiana donde ocurren los procesos de intercambio entre la planta, los microorganismos y el suelo, procesos involucrados en la adquisición de nutrientes o señalización molecular (Sorensen & Nibroe, 2006). Osorio Vega (2007) destaca que las condiciones físico-químicas que predominan en la rizósfera son útiles para interpretar el rol que juegan los microorganismos sobre la disponibilidad de los nutrientes del suelo.

Los autores del presente trabajo se encuentran abocados a la selección de cepas nativas con capacidad PGPR, a partir del guano y productos compostados (Altamirano *et al.*, 2005), para ser aplicadas en diversos cultivos de la región y estudiar las respuestas en función de las características del suelo (Altamirano *et al.*, 2011).

El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto promotor de un inoculo múltiple sobre parámetros del crecimiento y de la nodulación en un cultivo de poroto blanco (*Ph. Vulgaris*) var. 10.

MATERIALES Y MÉTODO

El ensayo se realizó en el campo experimental de la Facultad de Cs. Agrarias de la UNJu, ubicado en la localidad de Severino (Depto. El Carmen), en condiciones de secano. Las características del suelo corresponden a las de un argiustol vértico arcilloso de la Serie Loma Atravesada (Tabla 1).

Tabla 1: Propiedades físico-químicas del suelo del sitio de estudio. Clase textural (USDA), pH actual, C_{org.} (carbono orgánico), N_t (nitrógeno total), P_{ext.} (fósforo extractable) y Ce (conductividad eléctrica).

| Clase textural | pH (1:2,5) | C _{org.} (%) | N _t (%) | P _{ext.} (mg. kg ⁻¹) | Ce (ds.cm ⁻¹) |
|----------------|------------|-----------------------|--------------------|---|---------------------------|
| Fa → Fal | 6,86 | 1,28 | 0,11 | 7,10 | 0,103 |

Se emplearon cepas PGPR identificadas como H8 del género *Bacillus* y H13- H19- 51B- 63RC del género *Pseudomonas*, todas con propiedades para solubilizar fósforo, producir AIA, sideróforos y capacidad de biocontrol

(CB). También se utilizó en el inoculo múltiple un rizobio (Rph) solubilizador de fósforo aislado de nódulos de un cultivo local de *Ph. vulgaris*. Las cepas fueron reactivadas y cultivadas en caldo nutritivo durante 48-72 hs. hasta alcanzar la fase exponencial. Las semillas fueron inoculadas antes de la siembra ($0,5 \text{ ml. } 100 \text{ g}^{-1}$).

Sobre un diseño en bloques aleatorizados (DBCA) se plantearon dos tratamientos (T1 y T2) y el testigo (T0) con 3 repeticiones cada uno. El inóculo en T1 estuvo conformado por las cinco cepas PGPR mientras que T2 recibió el mismo inóculo mixto más el Rph. Los

parámetros de crecimiento evaluados fueron peso fresco (PFA) y seco de parte aérea (PSA) y de raíces (PFR y PSR, respectivamente), longitud de raíces (Newman, 1966), número de nódulos y peso fresco (PFN) y seco (PSN) de nódulos. Los datos se analizaron mediante ANOVA y Test de Tuckey ($p \leq 0,05$).

Cuando el cultivo alcanzó el estado R5 (Figura 1) se extrajeron 10 plantas de cada repetición por tratamiento para evaluar número y peso de nódulos, peso fresco y seco de parte aérea y radical y longitud de raíces.



Figura 1: tratamientos T0, T1 y T2 en R5

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El mayor número de nódulos y de masa nodular se observó en T0 y T1, mostrando diferencias significativas ($p \leq 0,05$) con T2. Si

bien en este último se inoculó la cepa de rizobio, el número de nódulos fue menor (Figura 2) aunque de mayor tamaño.

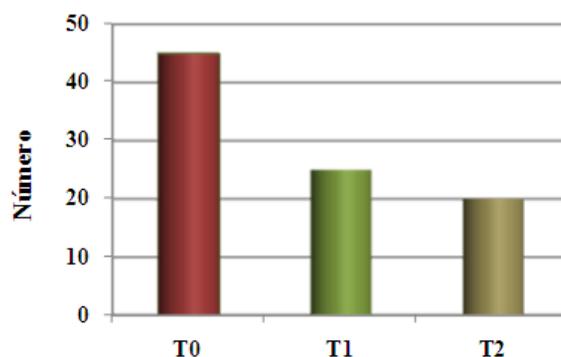


Figura 2: Número promedio de nódulos por tratamiento

La evaluación del peso fresco y seco de nódulos se muestra en la figura 3. En todos los tratamientos los nódulos fueron eficientes.

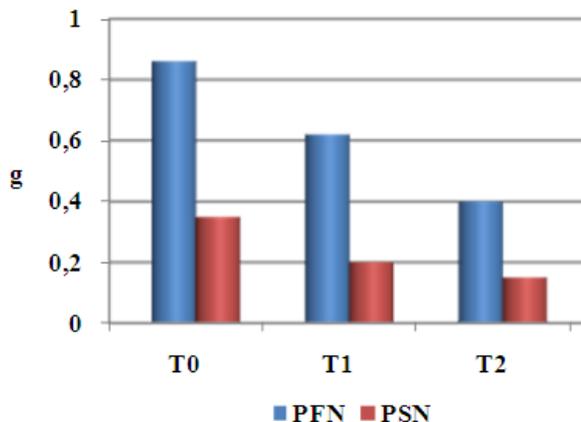


Figura 3: Promedio peso fresco (PFN) y seco (PSN) de nódulos por tratamiento

Los parámetros de crecimiento PFR, PSR, PFA y PSA en el tratamiento T2 fueron significativamente superiores ($p \leq 0,05$) respecto a T0 y T1 (Figuras 4 y 5).

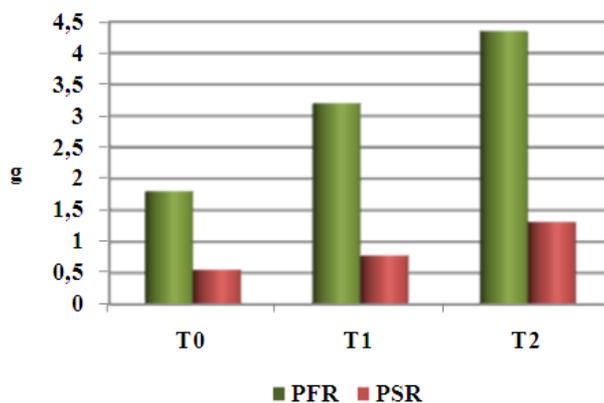


Figura 4: Promedio peso fresco (PFR) y seco (PSR) de raíz por tratamiento

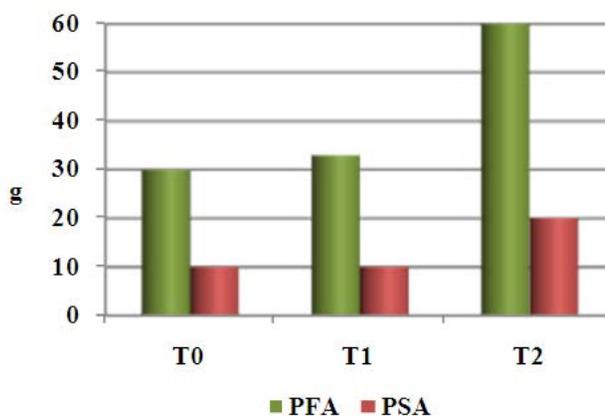


Figura 5: Promedio de peso fresco (PFA) y seco aéreo (PSA) por tratamiento

En cuanto a la longitud de raíces los valores observados en T2 fueron mayores

(Figura 6) mostrando diferencias significativas ($p \leq 0,05$) respecto a T1 y T0.

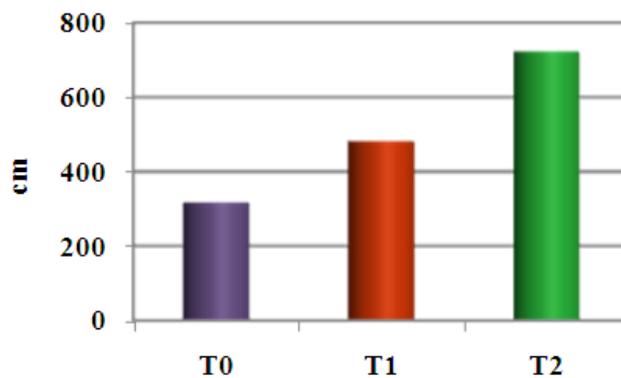


Figura 6: Longitud promedio de raíces por tratamiento

Para todos los parámetros medidos, excepto en la nodulación, los resultados muestran diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los tratamientos T0-T1 con respecto a T2, destacándose en este último un mayor efecto promotor de las PGPR inoculadas. De acuerdo a las investigaciones de Miller & Bassler (2001) y Waters & Bassler (2005) los resultados obtenidos sugieren que la cepa de rizobio introducida fue un elemento clave en la modulación del QS del consorcio microbiano establecido en la rizósfera, dando como resultado el mayor efecto promotor observado en los parámetros del crecimiento vegetativo.

La nodulación, tanto en número como peso de nódulos, fue más favorable en T0 lo que permite inferir que los rizobios nativos fueron más competitivos que la cepa de rizobio introducida, situación que no se observó en T2. Estos resultados plantean tres situaciones posibles: a) que el rizobio introducido haya alterado el QS en la población de rizobios nativos lo que se tradujo en una menor nodulación (Waters & Bassler 2005); b) que los metabolitos de la leguminosa interactuaron con el QS modulando el dialogo planta-bacteria, como lo sugieren Qaseem et al 2010 y c) que las *Pseudomonas* hayan alterado el comportamiento del rizobio introducido afectando el proceso de nodulación (Venturi, 2006).

Los efectos múltiples de un consorcio bacteriano también son informados por Zankar et al. (2013) cuando observaron que en un

cultivo de maíz, además de los efectos de promoción del crecimiento, había un efecto de resistencia al estrés hídrico. Otros factores importantes para interpretar el rol de los microorganismos son la disponibilidad de nutrientes y las condiciones físico-químicas en la rizósfera (Osorio Vega, 2007 y Altamirano et al., 2011).

CONCLUSIÓN

La inoculación múltiple tuvo efectos positivos sobre los parámetros de crecimiento evaluados en raíz y parte aérea, destacándose el tratamiento T2 que incluía a la cepa de rizobio. Sin embargo, no se observó el mismo efecto sobre la nodulación que se manifestó en forma diferencial en los tratamientos.

La capacidad de promoción de las bacterias PGPR depende no sólo de cada especie sino también de la relación que se establece en el consorcio microbiano, ya que una cepa puede cambiar el dialogo molecular y, en consecuencia, la intensidad del efecto promotor.

Los avances científicos logrados en los últimos años sobre la diversidad funcional de las PGPR permiten una mejor interpretación de las interacciones a nivel de la rizósfera aunque aún es necesario continuar con las investigaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- Altamirano, F.E.; S. del V. Abarza; L.

Cazón. 2005. Zea mays Response to the inoculation with phosphate solubilizing bacteria. *Biocell*, Vol. 29 (1): 66.

- Altamirano F.; G. Zankar; R. Boccardo; S. Zapata y C. Puca Saavedra. 2011. Inoculación mixta con rizobacterias en el cultivo de poroto. Segunda Jornada sobre Ciencias del Suelo del NOA para estudiantes y jóvenes profesionales. *Biología en Agronomía*, Volumen 1, No2. UNCa. Secretaría de Ciencia y Tecnología - Ed. Científica Universitaria.

- Bashan, Y. 1998. Inoculation of plant growth-promoting bacteria for use in agriculture. *Biotech. Adv.* 16:729-770.

- Guñazu, L.; J. Andres; M. Del Papa; M. Pistorio; S. Rosas. 2009. Response of alfalfa (*Medicago sativa* L.) to single and mixed inoculation with phosphate-solubilizing bacteria and *Sinorhizobium meliloti*. *Biol. Fertil Soils* 46: 185-190.

- Juhas. M; L. Eberl; B. Tümmeler. 2006. Quorum Sensing: the power of cooperation in the world of *Pseudomonas*. *FEMS Microbiol Rev.* Mar; 30(2); 274-91.

- Kibbewhite, M.; K. Ritz; M. Swift. 2015. Soil health in agricultural systems. *Philosophical transactions of the Royal Society B. Biological sciences* 363 (1492): 685-701.

- Li, D.M. & M. Alexander. 1990. Factors affecting co-inoculation with antibiotic-producing bacteria to enhance rhizobial colonization and nodulation. *Plant and Soil*. December 1990. Volume 129, Issue 2, pp 195-201.

- Martínez, M. A., S. del V. Abarza; G. del C Zankar.; C. Puca Saavedra; F. Altamirano y J. Britos. Comportamiento del poroto negro (*Phaseolus vulgaris*) inoculado con un biofertilizante, en los Valles Templados de Jujuy. VI Congreso Iberoamericano de Ambiente y Calidad de Vida y 7º Congreso de Ambiente y Calidad de Vida. En: El reto del desarrollo sostenible. Estrategias y Acciones. Diálogos y Propuestas. Ed. 2014. Línea Científica. 1a ed. Universidad Nacional de Catamarca, p 585.

- Miller, M.B. & B.L. Bassler. 2001. Quorum sensing in bacteria. *Annu. Rev. Microbiol* 55:165-199.

- Newman, E.I. 1966. A method of estimating the total length of root in a sample. *J. appl. Ecol.* 3. Pp 139-145.

- Osorio Vega, N.W. 2007. A review on beneficial effects of Rhizosphere Bacteria on Soil Nutrient Availability and Plant Nutrient Uptake. *Rev. Fac. Nat. Agr. Medellín*. Vol 60 N°1, pp 3621-3621.

- Qaseem, F.; M. Zahin; M.S. Ahmad Khan; I. Ahmad. 2010. Modulation of quorum sensing controlled behavior of bacteria by growing seedling, seed and seedling extracts of leguminous. *Indian J. Microbiol.* 50: 238-242

- Sorensen, S. & O. Nibroe. 2006. Reporter genes in bacterial inoculants can monitor life conditions and functions in soil In: P Nannipieri & K Smalla K (eds) *Nucleic Acid and Proteins in Soil*. Springer, Heidelberg, pp 375-395.

- Venturi, V. 2006. Regulation of quorum sensing in *Pseudomonas*. *FEMS Microbiol Rev* 30, 274–291.

- Waters, M.C. & B. Bassler. 2005. Quorum sensing: cell-to-cell communication in bacteria. Department of Molecular Biology, Princeton University, Princeton, New Jersey-*Annu.Rev.Cell DEV.Biol.*21:319-46

- Zankar, G.; R. Boccardo; S. del V. Abarza; F. Altamirano; J. Britos y C. Puca Saavedra. 2013. Respuesta del maíz a la inoculación con rizobacterias bajo condiciones de stress hídrico. *Actas IX Reunión nacional Científico Técnica de Biología de Suelos y I Congreso Nacional de Biología Molecular de Suelos*. Ed. UNSe, Santiago del Estero. Pp 20-22.

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y FUNCIONAL DE ALMIDONES DE DIFERENTES VARIEDADES DE PAPAS ANDINAS

FUNCTIONAL AND MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF STARCHES OF DIFFERENT VARIETIES OF ANDEAN POTATOES

Greimasqui, I. de los A.; N. E. Domínguez; S. R. Calliope; N. Sammán

RESUMEN

Las papas andinas son originarias de América del Sur y base de la alimentación de las poblaciones del altiplano y valles de alturas. La biodiversidad de las papas andinas está en peligro porque los productores solo pueden comercializar las variedades que presentan alto rendimiento agronómico. El objetivo del trabajo fue encontrar una aplicación industrial mediante el estudio de las propiedades funcionales de sus almidones. Se extrajo almidón de 23 variedades genéticas o 23 genotipos y se realizó el estudio de las características morfológicas de tamaño y forma y el análisis de las propiedades funcionales de Índice de absorción de agua (IAA), Índice de solubilidad en agua (ISA), Turbidez y Sinéresis. Los resultados indicaron alto contenido de amilosa (25-38 g/100g almidón), valores de IAA normales (2,5-5,0%), la transmitancia fue superior al 30% (geles transparentes) y solo una de las variedades presentó baja sinéresis (<6%). El análisis de cluster determinó 4 grupos, uno de ellos estuvo caracterizado por elevado IAA y se pueden recomendar para la elaboración de snack, bebidas y papillas, otro con alto contenido de amilosa y amilopectina, recomendado para productos extruidos, fritos y de panificación respectivamente, y el grupo con elevado porcentaje de sinéresis para alimentos que requieran apariencia fresca en refrigeración.

Palabras clave: papa andina, almidones, propiedades funcionales.

SUMMARY

Andean potatoes are originated in South America and basis of the population's diet of the altiplano and height valleys. The biodiversity of the Andean potatoes is in danger because the producers can only sell varieties which show high agronomic performance. The objective of this work was to find an industrial application through the study of the functional properties of their starches. Starch was extracted from 23 genetic varieties or 23 genotypes, and the study of the morphological characteristics of size and shape and the analysis of the functional properties of water absorption index (IAA), index of solubility in water (ISA), turbidity and syneresis were made. The results indicated high amylose content (25-38 g/100g starch), normal values of IAA (2.5-5,0%), the transmittance was superior to 30% (transparent gels) and only one of the varieties presented low sinéresis (<6%). The cluster analysis determined 4

groups, one of them was characterized by high IAA and may be recommended for the elaboration of snack, drinks and baby foods, another with high content of amylose and amylopectin, recommended for extruded products, fried and baked goods respectively, and the group with high percentage of syneresis for foods that require fresh appearance in refrigeration.

Key words: Andean potato, starches, functional properties.

INTRODUCCIÓN

Las papas andinas son originarias de América del Sur y base de la alimentación de las poblaciones del altiplano y valles de alturas (Tapia y Fries, 2007; Arbizu y Tapia, 2013). En la provincia de Jujuy, la zona de mayor producción es la Quebrada de Humahuaca, por lo que se desarrollan sólo en altura. Entre la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Jujuy, el INTA y la Cooperativa de Productores de Quebrada y Valles (CAUQUEVA) se realizó un trabajo conjunto para el estudio de las papas andinas; se sembraron variedades recuperadas del noroeste argentino y conservadas en el banco de germoplasma del INTA Balcarce, durante tres campañas consecutivas.

El componente principal de los tubérculos es el almidón (Della Valle y otros, 2008). Es una mezcla de dos polisacáridos, la amilosa que es una molécula lineal y la amilopectina la cual es ramificada (BaduiDergal, 2006; Peñaranda Contreras y otros, 2008). El almidón nativo se encuentra en forma de gránulos integrados por capas concéntricas de amilosa y amilopectina distribuidas radialmente. Esta estructura se pierde una vez que los gránulos alcanzan la gelatinización (Hoover, 2001). Tanto la amilosa como la amilopectina y su organización molecular determinan la funcionalidad del almidón (Kaur y otros, 2002) y por consiguiente influyen de manera determinante en las propiedades sensoriales y reológicas de los alimentos, principalmente mediante su capacidad de hidratación y gelatinización (Badui Dergal, 2006).

Durante la gelatinización las moléculas de almidón se separan mientras los granos

absorben agua y se hinchan. A medida que absorbe agua, la viscosidad se incrementa hasta un punto donde el estado granular del almidón se pierde, se produce una masa amorfa y junto con el agua termina formando un gel (Alavi, 2003; Lamberti y otros, 2004). Durante el almacenamiento en frío, la reorganización de las moléculas en el gel dan como resultado la exudación de agua, proceso conocido como sinéresis (Sodhi y Singh, 2005). La temperatura de gelatinización, la energía necesaria para que ocurra este proceso y la cinética de sinéresis son propiedades fundamentales de los almidones. Además la claridad del gel es un indicativo del grado de transparencia de las pastas y está directamente relacionada con la tendencia a la retrogradación de los almidones. En general, las pastas de almidón de papa son claras o transparentes (Singh y Singh, 2001).

Por lo tanto para incrementar y mantener la producción de las papas andinas y así conservar la biodiversidad, el objetivo de este trabajo fue estudiar las propiedades tecnofuncionales de los almidones de cada variedad genética para sugerir posibles aplicaciones tecnológicas en la industria alimentaria.

MATERIALES Y MÉTODOS

Papas andinas

Se trabajó con 23 variedades genéticas de papas andinas sembradas en la localidad de Hornillos, Maimará en campos del IPAF NOA a 2500 metros sobre el nivel del mar. Las variedades genéticas fueron provistas por el Banco de Germoplasma del INTA Balcarce y la codificación utilizada es la que utiliza generalmente el citado Banco.

Extracción del almidón de papa

Se aplicó el método de Singh y Singh (2001) que consistió en maceración por 24 horas en bisulfito de sodio (1,2 g/l), filtración en tela y decantación durante 24 h. Se filtró y lavó con una alícuota de alcohol. Se secó a 30°C hasta peso constante.

Características morfológicas del gránulo de almidón

Para la caracterización micrográfica se empleó un microscopio óptico (Olympus CX 41 RF). Se preparó suspensiones de 0,025g/5ml. Se llevó a portaobjeto. Las imágenes se tomaron a 40X de aumento. Se determinó forma y birrefringencia.

Relación amilosa/amilopectina

Se determinó el contenido de amilosa total y aparente por el método colorimétrico de Juliano y otros (1981). El contenido de amilopectina se determinó por diferencia. Se dispersó el almidón en Hidróxido de Sodio 1N. Se llevó a volumen con agua destilada (5ml). La concentración de amilosa se determinó por espectrofotometría (620nm) utilizando solución de Iodo (0,2 g de Iodo en Iodato de Potasio 2g/l) frente a patrones con concentración de amilosa conocida.

Índice de absorción de agua (IAA) e índice de solubilidad (ISA)

Se determinaron usando el método de Reddy y otros (2015). Se pesó 0,1 g de la muestra, se agregó 10 mL de agua destilada y se calentó en un baño de agua a 60°C durante 30 minutos con mezclado constante. Las muestras se centrifugaron a 1600 rpm durante 10 minutos. El sobrenadante se separó, se secó y se pesó. Los cálculos se llevaron a cabo con las siguientes ecuaciones:

$$\% IAA = \frac{P_{GEL}}{P_M - P_{AS}} * 100 \quad \% ISA = \frac{P_{AS}}{P_M} * 2 * 100$$

P_M: Peso de la muestra [g]

P_{AS}: Peso del almidón solubilizado [g]

P_{gel}: Peso de almidón + agua [g]

Turbidez

La turbidez de los 5 almidones seleccionados (representantes de cada uno de

los grupos) se determinó por el método propuesto por Singh y Singh (2001). Se preparó una suspensión acuosa de 0,12g/6ml, se calentó en baño de agua hirviendo durante 1 h con agitación constante. Las muestras a temperatura ambiente se almacenaron durante 6 días a 4°C en refrigerador. La turbidez se determinó cada 24 h midiendo transmitancia a 640 nm con un fotocolorímetro (Andali Digital).

Sinéresis

Se determinó por el método modificado de Sodhi y Singh (2005). Se preparó una suspensión de almidón 1g/20ml. Se calentó a 90°C durante 30 min, seguido por enfriamiento rápido a temperatura ambiente. Las muestras se almacenaron durante 7, 14, 21 y 28 días a 4°C. Se centrifugó a 5000 rpm durante 15 min. La sinéresis se midió como % de agua liberada respecto al peso de almidón seco.

Análisis Estadístico

Para el estudio de las semejanzas y diferencias de caracteres cuantitativos de las variables de índice de absorción de agua, contenido de amilosa y amilopectina y porcentaje de sinéresis de los almidones se emplearon técnicas del análisis multivariado, análisis de Cluster, aplicando el software estadístico Infostat versión 2012. Ello permitió identificar, agrupar y seleccionar almidones de papa con cualidades similares para la industria alimentaria. (Di Rienzo y col., 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características morfológicas del gránulo

En la figura 1 se observan tres genotipos característicos con tamaño de gránulos grande, mediano y pequeño. El genotipo 25 muestra gránulos pequeños y de forma redonda, mientras que los genotipos de tamaño mediano, como el 1, se encuentra entre la forma redonda-ovoide. Finalmente el genotipo 3 muestra gránulos de mayor tamaño y de forma ovoide. La relación entre el tamaño de gránulo y su forma (gránulos pequeños con forma circular y gránulos de mayor tamaño con

forma elíptica u ovoide) coinciden con lo informado por (Hoover, 2002) para variedades

de papas y (Mishra y Rai, 2006) para variedades de papas y maíz.

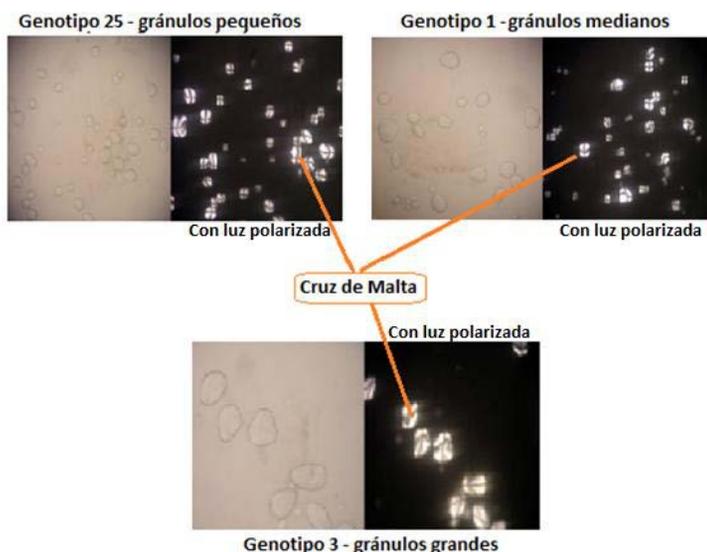


Figura 1. Fotografías de gránulos de almidón de papas andinas (40X)

También se observa que la cruz de malta se ubica en el centro para gránulos pequeños y es excéntrica en gránulos grandes elípticos u ovoides concordando con lo citado por Kaur y otros (2002) para tres cultivares de papas. Se comprueba también que los gránulos se encuentran en forma nativa, en la cual amilosa y amilopectina se disponen en una estructura cristalina, organizada radialmente birrefringente (Fennema, 2000).

Relación amilosa/amilopectina

En la figura 2 se observa que el contenido de amilosa para los distintos genotipos

estudiados, se encuentran en un rango de 18,20 a 37,55 g/ 100g almidón. Las diferencias observadas se deben a las condiciones climáticas, el tipo de suelo, genotipo y la distribución del tamaño del granulo (Singh Sodhi y Singh, 2003). El genotipo 62 presenta el mayor contenido de amilosa siendo susceptible a la retrogradación y en consecuencia a presentar sinéresis, mientras que el genotipo 42 al presentar un menor contenido de amilosa, es fácilmente dispersado pudiendo ser utilizado en sistemas viscosos (cremas, salsas).

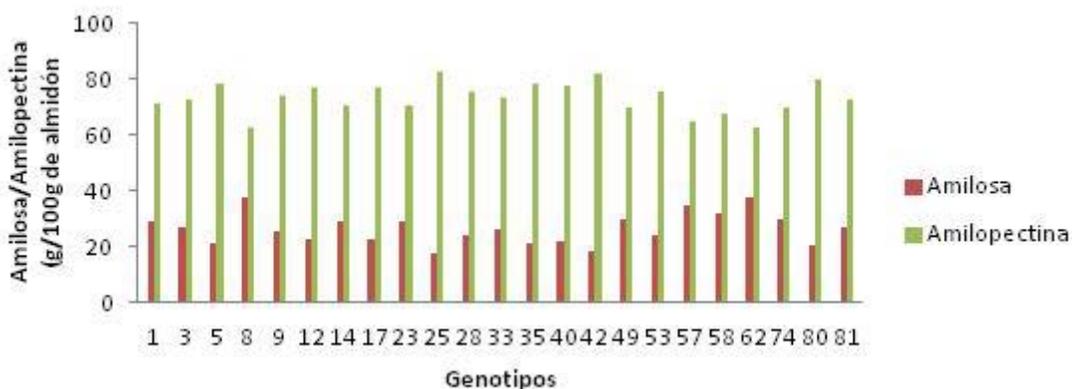


Figura 2. Relación Amilosa/Amilopectina del almidón de papa andina

Índice de absorción de agua (IAA) e Índice de solubilidad (ISA)

La figura 3 muestra las propiedades funcionales de los almidones IAA y ISA, las cuales se ven afectadas por el contenido de amilosa y el tamaño del granulo (Kaur y otros, 2002). Los genotipos 33 y 74 presentan mayor valor de IAA, efecto relacionado con su menor contenido de amilosa, ya que la amilopectina presenta mayor absorción de agua. Por otro lado el menor IAA del genotipo 42, a pesar de su bajo contenido en amilosa, se explica en el

tamaño pequeño de gránulos, lo que obliga a una mayor compactación de la amilosa y amilopectina impidiendo la absorción de agua.

Se puede apreciar que los ISA de los genotipos 12, 17, 40, 42, 57, 74 y 80 son elevados debido al alto contenido en amilopectina posibilitando la absorción de agua y la mayor lixiviación de los componentes solubles aumentando el ISA (Kumoro y otros, 2012).

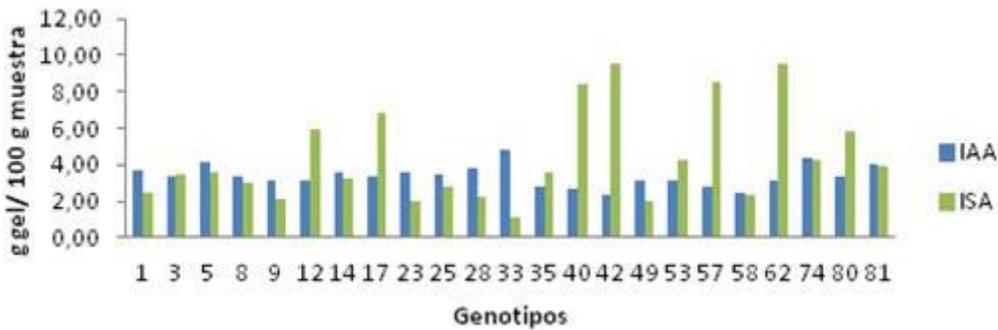


Figura 3. Índice de Absorción de Agua (IAA) e Índice de Solubilidad en Agua (ISA) de almidones de papa andinas

Turbidez

La turbidez de los geles de almidón también está relacionada con su contenido de amilosa. En la figura 4 se puede observar que en los 5 genotipos estudiados (representantes de cada uno de los grupos) porcentaje de

transmitancia (%T) inicial es mayor al 30% por lo tanto estos geles son claros y transparentes pudiendo ser utilizados en procesos tales como preparación de mermeladas, gelatinas y productos de confitería (Hernández y otros, 2008).

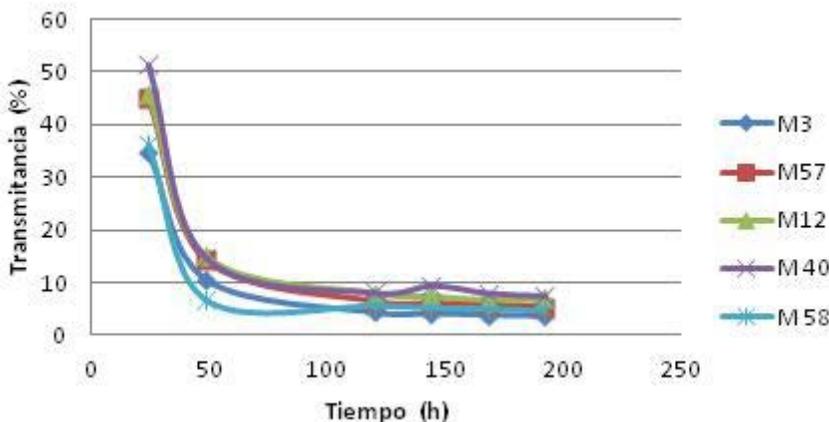


Figura 4. Transmitancia de los almidones de los 5 genotipos estudiados

Debido a su bajo contenido en amilosa y alto IAA son fácilmente dispersados por lo que aumenta su claridad (Betancur y Novelo, 2005). El almidón del genotipo 40 muestra el mayor %T, debido posiblemente a su menor contenido de amilosa. La transmitancia de las pastas de todos los almidones estudiados disminuyó progresivamente durante el almacenamiento, esta disminución fue más pronunciada durante las primeras 48 horas.

Sinéresis

En la figura 5 se puede observar que el porcentaje (%) de sinéresis fue aumentando progresivamente durante el almacenamiento a 4°C, superando el 25% en el caso del genotipo 57. Estos resultados son similares a los reportados por Singh y otros (2005) para almidones de papa de Nueva Zelanda.

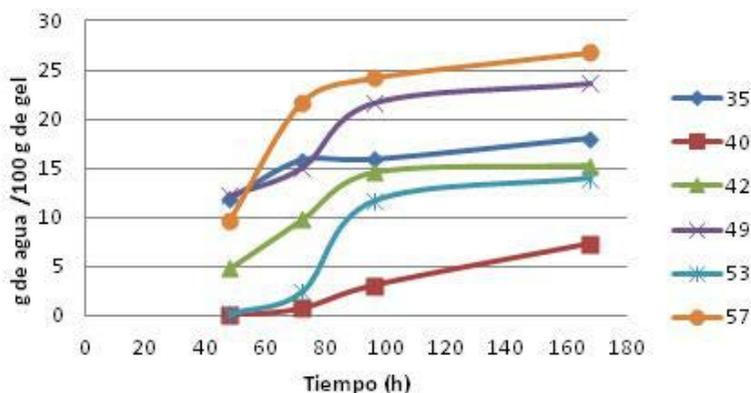


Figura 5. Sinéresis de muestras de geles de almidón

Se puede apreciar que el gel del genotipo 49 presenta mayor liberación inicial de agua, debido probablemente al elevado contenido de amilosa. Podría ser utilizado en alimentos que requieren ser almacenados en refrigeración y necesitan cierta exudación de humedad para adquirir una apariencia fresca (flanes).

El más estable fue el gel del genotipo 40 que con el tiempo no liberó mucha agua debido a su menor contenido de amilosa y por lo tanto

podría utilizarse en rellenos de pasteles entre otros usos.

Análisis Estadístico

Análisis de Cluster

En la tabla 1 se muestra el análisis de Cluster en el cual se determinaron 4 grupos con características similares que podrían tener aplicaciones industriales comunes.

| GRUPOS | CARACTERISTICAS | USOS PROBABLES |
|--------|---|--|
| 1 | Elevado índice de absorción de agua (IAA) y bajo porcentaje de Sinéresis. | Snack, bebidas y papillas para lactantes. |
| 2 | Alto contenido de amilosa | Extruidos, fritos, postres lácteos, geles opacos. |
| 3 | Elevado porcentaje de sinéresis y bajo contenido de amilopectina | Alimentos que requieran apariencia fresca en refrigeración |
| 4 | Alto contenido de amilopectina | Industria panificadora evitando la retrogradación, haciendo que los productos tengan más estabilidad y suavidad. |

Tabla 1. Grupos de almidones nativos, resultados de sus características y posibles usos

Grupo 1: lo integraron los genotipos 1, 28, 33, 74 y 81, donde el índice de absorción de agua (IAA) promedio fue de 4,15 %. Estos almidones son de buena calidad según lo propuesto por la FAO, 2007 y es deseable que posean un alto IAA (Hevia y otros, 2001).

Grupo 2: Incluye los genotipos 57 y 62, en ellos el promedio para el contenido de amilosa fue 36,24%, y por lo tanto presentan bajo índice de absorción de agua dando lugar a geles opacos.

Grupo 3: Conformados por los genotipos 3, 5, 8, 9, 14, 23, 49 y 58 de sinéresis alta, con un promedio de 33,14% y un bajo contenido de amilopectina, por lo que estos almidones presentan mayor humedad y necesitan cierta liberación de la misma.

Grupo 4: Incluye los genotipos 12, 80, 35, 53, 25, 17, 40 y 41 que presentaron alto contenido de amilopectina, con un promedio de 78,78% y bajo porcentaje de sinéresis, dando lugar a geles estables.

CONCLUSIONES

De la caracterización morfológica de los almidones extraídos se puede concluir que los gránulos son de mayor tamaño que los de cereales y son fáciles de obtener y purificar.

La mayoría de los almidones estudiados presentaron alto contenido de amilosa. Sin embargo los genotipos 5, 25, 35 y 42, contienen baja cantidad de amilosa por lo cual originan geles más firmes, con menor tendencia a la retrogradación, mayor turbiedad y baja sinéresis.

El análisis de Cluster permitió separar los genotipos estudiados en 4 grupos y sugerir posibles usos y aplicaciones en la industria alimentaria.

El conocimiento de las diferencias en la morfología y propiedades funcionales de los almidones de papas andinas permiten la utilización de las diferentes variedades tanto como materiales nativos aptos para desarrollar productos naturales, lo cual responde a las tendencias del mercado actual, como también para desarrollar alimentos procesados para distintas aplicaciones en la industria alimentaria.

Este conocimiento ayudará a la planifica-

ción de estrategias que contribuyan a reducir la pérdida de biodiversidad, mejorando la seguridad alimentaria y la nutrición.

BIBLIOGRAFIA

- Alavi, S. 2003. Starch research over the years. Food Research International. Vol. 36(4). 307-308.

- Arbizu, C. y Tapia, M. 2013. La Agricultura Andina. Tubérculos andinos. (Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú). http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdr_om/contenido/libro09/cap3_3.htm#autoconsulta:Febrero.2013.

- BaduiDergal, S. 2006. Química de los alimentos. 4ta Edición. Pearson Education. México D.F.

- Betancur, A. y Novelo, C. 2005. Chemical and functional properties of Phaseolus lunatus and Manihot esculenta starch blends. Starch/Starke. Vol. 57(9). 431-441.

- Della-Valle, D.; L,Bello-Perez.; R,González-Soto.; J,Solorza-Feria y G,Arámbula-Villa. 2008. Efecto del tiempo de reacción en la acetilación de almidón de plátano; Revista Mexicana de Ingeniería Química. Vol. 7(3). 283-291.

- Di Rienzo, J.; F,Casanoves.; M,Balzarini.; L, Gonzalez.; M,Tablada y C, Robledo. 2015. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. En:<http://www.infostat.com.ar> Consulta: Diciembre 2015.

- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2007. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Boletín de servicios agrícola de la FAO. Roma.

- Fennema, O. 2000. Química de los alimentos. 2da Edición. Editorial Acirbia. Zaragoza España.

- Hernández, M.; J, Torruco.; L, Chel y D, Betancur. 2008. Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. Ciencia y tecnología de Alimentos. Vol. 28(3). 718-726.

- Hevia F.R.; M, Wilckens.; M, Berti y R, Badilla. 2001. Características del almidón y contenido de proteína de quínoa (Chenopodium quinoa W.) cultivada bajo diferentes niveles de nitrógeno en Chillán. Agro sur. Vol.

20 (1). 42-50.

- Hoover, R. 2001. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches. A review, *Carboh. polym.* Vol. 45(3). 253-267.

- Hoover, R. 2002. Effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of tuber and root starches. *Carboh. Polym.* Vol. 49(4). 425-437.

- Juliano, B.; C, Perez.; A, Blakeney.; D, Castillot.; N, Kongseeree.; B, Laingnelet.; E, Lapis.; V, Murty y B, Webb. 1981. International cooperative testing on the amylose content of milled rice. *Starch/Staerke.* 33(5). 157-162.

- Kaur.L.; N, Singh y N, Singh Sodhi. 2002. Some properties of potatoes and their starches II. Morphological, thermal and rheological properties of starches". *Food Chemistry.* Vol. 79(2). 183- 192.

- Kumoro, A.C.; D.S, Retnowati y C.S, Budiayati. 2012. Water Solubility, Swelling and Gelatinization Properties of Raw and Ginger Oil Modified Gadung (*Dioscoreahispida* Dennst) Flour. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology.* Vol. 4(17). 2854-2860.

- Lamberti, M.; A, Geiselmann.; B, Conde-Petit y F, Escher. 2004. Starch transformation and structure development in production and reconstitution of potato flakes. *LWT-Food Science and Technology.* Vol. 37(4). 417-427.

- Mishra, S. y Rai, T. 2006. Morphology and functional properties of corn, potato and tapioca starches. *FoodHydrocolloids.* Vol. 20(5). 557-566.

- Peñaranda-Contreras, O.; J, Perilla-Perilla y N, Algecira-Enciso. 2008. Revisión de la modificación química del almidón con ácidos Orgánicos. *Revista Ingeniería e Investigación.* Vol. 28(3). 47-52.

- Reddy, C.K.; S, Haripriya y P.V, Vidya. 2015. Morphology, physico-chemical and functional characteristics of starches from different banana cultivars. *Journal Food Science and Technology.* Vol. 52(11). 7289 – 7296.

- Singh Sodhi, N. y Singh, N. 2003. Morphological, thermal and rheological properties of starches separated from rice cultivars grown in India. *Food Chemistry.* Vol. 80(1). 99–108.

- Singh, J. y Singh, N. 2001. Studies on the morphological, thermal and rheological properties of starch separated from some Indian potato cultivars. *Food Chemistry.* Vol. 75(1). 67-77.

- Singh, J.; O.J, McCarthy y H, Singh. 2005. Physico-chemical and morphological characteristics of New Zealand Taewa (Maori potato) starches. *Science Direct.* Vol. 64(4). 569-581.

- Sodhi, N.S. y Singh, N. 2005. Characteristics of acetylated starches prepared using starches separated from different rice cultivars. *Journal of Food Engineering.* Vol. 70(1). 117-127.

- Tapia, M. y Fries, A. 2007. Guía de campo de los cultivos andinos. FAO y ANPE. Lima, Perú.

BIOFISICOQUÍMICA DE LA PROTEINEMIA Y ALBUMINEMIA EN UN LOTE DE CAPRINOS CON HIPERPLASIA DE LA GLÁNDULA TIROIDES DE LA LOCALIDAD DE CHORRILLOS

PROTEINEMIA AND ALBUMINEMIA BIOFISICO-CHEMISTRY IN A GOATS LOT WITH HYPERPLASIA OF THE THYROID GLAND FROM CHORRILLOS AREA

De Vega, F.; E. Abalos; J. Marín; N. Carrizo

RESUMEN

Se determinó la concentración de las proteínas totales y albuminemia en un lote de caprinos hembra de 3 años de edad, los que presentaban un cuadro de hipotiroidismo carencial, con el objetivo de establecer si existían alteraciones referidas a la biosíntesis de las proteínas totales y albúmina, debido a dicha patología. Sobre un total de 47 caprinos se realizaron extracciones de sangre. En los sueros extraídos, en período basal, se determinaron las concentraciones de las proteínas totales por la técnica de Biuret y la albúmina por la reacción de bromo cresolsulfonftaleína. Los valores medios con su desviación estándar de las proteínas totales, sobre el total de las muestras dieron 6,61 ± 0,48 g% y la albúmina 3,22 ± 0,33 g %. De la correlación de las proteínas totales y la albuminemia puede observarse, que la derivada de la concentración de proteínas totales y de la albúmina en función del número de animales es una constante tendiendo a cero. Lo que nos demuestra una total integridad a nivel hepático de la biosíntesis de las proteínas y a su vez la albúmina tiene una concentración óptima para regular la presión oncótica a nivel sanguíneo. Todo esto nos demuestra un cuadro de hipotiroidismo compensatorio por primera vez enunciado en un lote de caprinos.

Palabras clave: proteinograma, caprinos, Jujuy

SUMMARY

Total protein and albuminemia concentration were determined in female goats lot of age 3. Those animals presented a deficiency hypothyroidism symptom. In order to establish the possible relation between the total protein biosynthesis and albumin alterations, due to this pathology. Blood draws from a total of 47 and sera were collected at baselin and conducted to determine total protein concentrations by the Biuret technique and albumin bromo cresolsulfonftaleína reaction. Mean values with standard deviation of total proteins were 6,610,48 g%, total albumin 3,220,33 g%. Correlation between total proteins and albuminemia can be observed. The derivative concentration of total protein and albumin was according to the number of animals with constant tending to zero. Which shows an overall integrity of at hepatic level protein biosynthesis and albumin has an optimal concentration for regulate oncotic pressure to blood level. All this shows us a picture of compensatory hypothyroidism first statement in a goats lot.

Key words: proteinograma, goats, Jujuy.

INTRODUCCIÓN

Se ha realizado el presente trabajo en un lote de caprinos, de la localidad de Chorrillos Jujuy, con hiperplasia de la glándula tiroides, para determinar si en función de los valores medios obtenidos de las distintas fracciones proteicas, separadas por electroforesis, y sus proteínas totales, al ser correlacionadas con los valores normales obtenidos en caprinos de la zona de la Quebrada (de Vega, 1997b; de Vega y otros, 2007; de Vega, y otros 2013), ver si existen diferencias o guardan su normalidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras de sangre de los 47 caprinos hembra de la localidad de Chorrillos Jujuy, se tomaron en periodo basal y sobre los sueros obtenidos, se dosaron las proteínas totales por la reacción del Biuret y la albumina por la reacción de bromo cresolsulfonftaleina (BCF) cuya cinética de la reacción fue estudiada en detalle por el autor (de Vega, 1997a; de Vega, 1998). Sobre un pool de los 47 sueros, que fue formado tomando cantidades iguales de cada uno, se realizo la separación electroforética en medio soporte cellogel, el buffer empleado fue de Michaelis de pH 8,6 y fuerza iónica de 0,125; el voltaje aplicado fue de 140 volts con una densidad de corriente de 0,7 Amper por centímetro con un tiempo de corrida de 3 horas, el colorante utilizado fue el rojo ponceau. Cada una de las fracciones separadas fueron eluidas y luego medidas espectrofotométricamente. Para más detalles sobre los métodos ver referencias de otros trabajos del autor (Irfan, 1967; Gras, 1967; de Vega y Resina, 1997; de Vega y otros 2007, de Vega y otros 2013) Las movilidades electroforéticas de las muestras de suero fueron comparadas con un suero humano tomado como referencia. A partir del mismo pudieron ubicarse las distintas fracciones correspondientes a la mezcla de suero de caprinos (de Vega y otros 2009)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla N°1 se detallan los valores individuales de las proteínas totales en g% y la albumina en gr%, a partir de los mismos se calcula el valor medio con su desviación

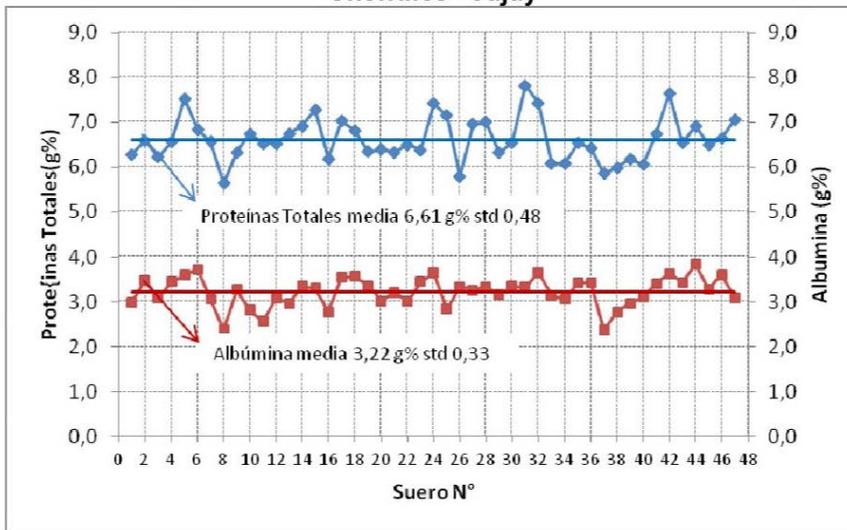
estándar, acusando los siguientes datos: proteínas totales 6,61±0,48g%; albumina 3,22±0,33g%.

| Suero | Proteínas Totales | Albumina | Suero | Proteínas Totales | Albumina |
|-------|-------------------|----------|--------------|-------------------|-------------|
| Nº | g% | g% | Nº | g% | g% |
| 1 | 6,28 | 2,99 | 26 | 5,79 | 3,33 |
| 2 | 6,59 | 3,49 | 27 | 6,95 | 3,26 |
| 3 | 6,22 | 3,07 | 28 | 7,00 | 3,34 |
| 4 | 6,57 | 3,45 | 29 | 6,32 | 3,15 |
| 5 | 7,52 | 3,59 | 30 | 6,54 | 3,35 |
| 6 | 6,84 | 3,73 | 31 | 7,81 | 3,32 |
| 7 | 6,57 | 3,06 | 32 | 7,43 | 3,65 |
| 8 | 5,63 | 2,38 | 33 | 6,08 | 3,14 |
| 9 | 6,33 | 3,28 | 34 | 6,07 | 3,05 |
| 10 | 6,75 | 2,81 | 35 | 6,54 | 3,41 |
| 11 | 6,52 | 2,56 | 36 | 6,43 | 3,44 |
| 12 | 6,53 | 3,08 | 37 | 5,85 | 2,37 |
| 13 | 6,74 | 2,97 | 38 | 5,99 | 2,77 |
| 14 | 6,91 | 3,35 | 39 | 6,19 | 2,97 |
| 15 | 7,27 | 3,30 | 40 | 6,06 | 3,11 |
| 16 | 6,19 | 2,77 | 41 | 6,74 | 3,41 |
| 17 | 7,03 | 3,54 | 42 | 7,65 | 3,63 |
| 18 | 6,82 | 3,57 | 43 | 6,54 | 3,43 |
| 19 | 6,34 | 3,36 | 44 | 6,91 | 3,83 |
| 20 | 6,39 | 3,02 | 45 | 6,50 | 3,28 |
| 21 | 6,33 | 3,21 | 46 | 6,63 | 3,60 |
| 22 | 6,50 | 3,01 | 47 | 7,06 | 3,10 |
| 23 | 6,38 | 3,45 | Media | 6,61 | 3,22 |
| 24 | 7,41 | 3,64 | STD | 0,48 | 0,33 |
| 25 | 7,15 | 2,84 | | | |

Tabla 1: Miliequivalentes totales, proteínas totales y albumina en sueros de caprinos criollos, Chorrillos Jujuy

En el grafico N°1 se correlacionan biofisicoquímicamente las proteínas totales y la albumina de los caprinos. No observándose hipoalbuminemias o hipoproteinemias y viceversa referidas al valor medio, lo que hace descartar enfermedades hepáticas o nefróticas en el lote de animales estudiados. La relación albumina globulina dio 1,108 lo que confirma lo postulado anteriormente.

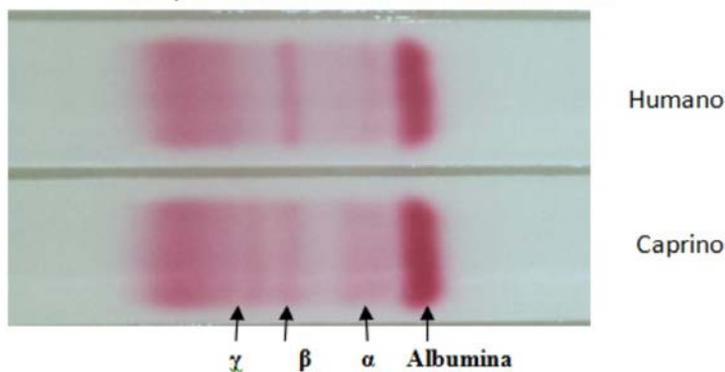
Gráfico N°1: Correlación biofísicoquímica proteínas totales y albumina en caprinos Chorrillos - Jujuy



En la figura N°1 se observa en detalle la corrida electroforética del pool de la mezcla de los 47 sueros de caprinos comparada frente a un suero humano, los porcentajes de las distintas fracciones relativos y absolutos dieron: albumina 55,7%, globulina α 8,25%, Globulina β 9,24%, Globulina γ 26,8% y

albumina 3,69 g%, globulina α 0,546g%, Globulina β 0,62 g%, Globulina γ 1,77 g% respectivamente, que guardan total uniformidad con otros trabajos realizados en caprinos por el autor en las zonas de quebrada, puna y valle (de Vega, 1997b; de Vega y Resina, 1997; de Vega y otros 2013)

Figura N° 1. Corrida electroforética de suero caprino comparada frente a la de suero humano



CONCLUSIONES

Se han determinado sobre el lote de 47 caprinos de la localidad Chorrillos Jujuy, con hiperplasia de la glándula tiroides, las proteínas totales los valores medios con su desviación estándar de las proteínas totales y la albumina que acusaron los siguientes datos: proteínas totales 6,61 0,48 g% y la albúmina 3,22 0,33 g %.

De la correlación biofísicoquímica de las proteínas y la albumina en función del número de animales se observó una total relación cinética entre la proteinemia y la albuminemia lo que confirma una total uniformidad en la biosíntesis de las proteínas plasmáticas.

Los valores de los % relativos y absolutos del proteinograma nos revelan también una integridad normal a nivel hepático y los valores

medios obtenidos fueron:

Albumina 55,7%, globulina α 8,25%, Globulina β 9,24%, Globulina γ 26,8% y albumina 3,69 g%, globulina α 0,546g%, Globulina β 0,62 g%, Globulina γ 1,77 g%

Tienen total similitud con los múltiples trabajos realizados por el autor y colaboradores en distintos lotes de caprinos de la provincia de Jujuy (de Vega, 1997b; de Vega y Resina, 1997; de Vega y otros 2007; de Vega y otros, 2013).

Los distintos valores de las proteínas totales, la albuminemia y los porcentajes relativos y absolutos del electroferograma, obtenidos sobre las distintas muestras de sueros sanguíneos de caprinos de la localidad de Chorrillos, con hiperplasia de la glándula tiroidea, enfermedad carencial hipotiroidismo, y que están dentro de los valores normales, nos confirman un cuadro compensatorio en el ecosistema, lo que abre un camino interesante para proseguir la línea de trabajo en otras zonas de la provincia de Jujuy.

BIBLIOGRAFÍA

- De Vega, F. 1997a. "Perfiles Metabólicos en Bovinos, Ovinos y Caprinos Criollos de la Provincia de Jujuy". Red de Editoriales de Universidades Nacionales. San Salvador de Jujuy. Jujuy. Argentina. I.S.B.N. 950-721-089-X

- De Vega, F. 1997b. "Electroferogramas proteicos en caprinos de Chucalezna (Quebrada de Humahuaca) – Jujuy". Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana. Buenos Aires. Vol XXXI. Pág. 361. Federación Bioquímica de la provincia de Buenos Aires

- De Vega, F.; Resina, M. 1997. Diciembre. "Proteinogramas Normales en Caprinos, La Almona, Zona de los Valles, Jujuy. Revista Xuxuy". Año 1 - N° 3. Pág. 32-38. Talleres Gráficos de la Universidad Nacional de Jujuy. Diciembre. ISSN 0329-3769

- De Vega, F. 1998. "Dosaje de Albúmina Absoluta Determinada por Vía Electroforética y la Valorada frente a Bromo Cresolsulfon Ftaleína (BCF) ". Revista Agraria. Vol. II, N° 2. Pág. 69-74.

- De Vega, F.; Lobo, M.; Abalos, E.; Gonzales, E. 2007. Biofísicoquímica del

proteínograma de cabras criollas del departamento de Tumbaya - provincia de Jujuy. Revista Científica de la Facultad de Ciencias Agrarias. Pág.118. ISSN 0328-8080.

- De Vega, F.; Marín, J. 2009. Biofísicoquímica de la proteinemia total en humanos y otros vertebrados. Avances en la Producción Vegetal y Animal del NOA. Sexta Reunión de Producción Vegetal y Cuarta de Producción Animal del NOA. ISBN 978-950-554-603-9. Pág. 263-267.

- De Vega, F.; Abalos, E.; Sossa Valdez, F.; Figueroa, M. 2012. "Biofísicoquímica del proteínograma en vicuñas de la puna-Abra Pampa- Jujuy". Actas VIII Jornadas de Ciencia y Tecnología de Facultades de Ingeniería del NOA. ISSN 1853-7871. (CD-ROM).

- De Vega, Fermín; Ábalos, Eva; Sajama, Javier; Figueroa, Marcelo I. 2013. Biofísicoquímica del Proteínograma en un lote de Caprinos - Volcán - Provincia de Jujuy. Memorias Primer Congreso Argentino de Producción Caprina. Serie: Estudios sobre el ambiente y el territorio. N°9. Pág. 253-257. ISSN 1853-3647.

- Gras, J. 1967. Proteínas plasmáticas. Físicoquímica. Metabolismo. Fisiopatología y clínica de las proteínas extracelulares. Editorial JIMS. 3era ed. Barcelona.

- Irfan, M. 1967. The electrophoretic pattern of serum proteins in normal animals. Research in Veterinary Science, 8(2), 137.

ANÁLISIS DE LA EFICACIA ACARICIDA DE LA FLUMETRINA PARA EL CONTROL DE *VARROA DESTRUCTOR* EN COLMENAS DE *APIS MELLIFERA* L (HYMENOPTERA: APIDAE) EN UN COLMENAR DEL PARTIDO DE LA PLATA. BUENOS AIRES.

ACARICIDE EFFECTIVENESS ANALYSIS OF FLUMETHRIN TO CONTROL *VARROA DESTRUCTOR* IN COLONIES OF *APIS MELLIFERA* L (HYMENOPTERA: APIDAE) LOCATED AT LA PLATA. BUENOS AIRES.

Pérez, R¹; D. Leveratto¹; R. Campomar Farias¹; J. Biginelli¹; J. Marcangeli²

RESUMEN

La varroosis es una enfermedad parasitaria de las abejas melíferas *Apis mellifera* L. producida por el ácaro *Varroa destructor*. Se han realizado diversos estudios a nivel mundial para obtener un método de control efectivo. Una de las formas de controlar la varroosis es mediante la aplicación de acaricidas sintéticos. En este trabajo, se realiza una prueba de eficacia del principio activo Flumetrina. Se seleccionaron 15 colmenas tipo Langstroth de abejas *A. mellifera* infestadas por el ácaro *V. destructor*, divididas en 2 grupos: 5 colonias grupo tratado y 10 colonias grupo testigo sin tratar. El tratamiento para el control post cosecha se realizó con el acaricida Flumetrina, mientras que el Amitraz fue utilizado como choque. Las colmenas del grupo testigo solo recibieron el tratamiento de choque. El análisis estadístico utilizando fue el test de Student, con un nivel de significación del 5%. La media de la eficacia de la Flumetrina fue 65,1 +/- 16,8 (rango 57,43-50,57) siendo la del grupo control de 11,1 +/- 2,3. La efectividad acaricida encontrada fue baja. El presente estudio, deja planteada la necesidad de continuar realizando investigaciones referidas a la eficacia de productos acaricidas autorizados para uso en apicultura en la Argentina.

Palabras clave: Varroosis. Acaricidas. Efectividad. Flumetrina

SUMMARY

Varroosis is a parasitical disease of honeybee colonies (*Apis mellifera*) caused by the mite *Varroa destructor* (Anderson y Trueman, 2000). To control this mite, several synthetic acaricides are used with different results. The aim of this work is to evaluate acaricide effectiveness of Flumethrin. 15 Langstroth *Apis mellifera* colonies naturally infested by the mite were used divided into 2 groups: 5 colonies treated with Flumethrin and 10 colonies as control group. Amitraz was used as shock treatment. Flumethrin effectiveness was 65,1 +/- 16,8 (range 57,43-50,57), significative different from control group (11,1 +/- 2,3; $p \leq 0.05$). These results show a low and not effective acaricide effectiveness to control the mite. Present study suggests that more studies of acaricide products to be used in beekeeping in Argentina are needed.

Key words: Varroosis. Acaricide. Effectiveness. Flumethrin.

1-Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales UNLP, zooamg@unlp.agro.edu.ar, jujelp@gmail.com

2- Centro de Investigación en Abejas Sociales (CIAS) Facultad de Ciencias Exactas y Naturales UNMDP, jamarca@mdp.edu.ar

INTRODUCCIÓN

La varroosis es una enfermedad parasitaria de las abejas melíferas *Apis mellifera* L producida por el ácaro *Varroa destructor* (Anderson y Trueman, 2000). En Argentina fue detectado por primera vez en el año 1976 en colmenas de Laguna Blanca, en la provincia de Formosa y desde entonces se ha diseminado por todo el territorio nacional, produciendo mortandad de colonias y dificultad en su control. El ciclo biológico del ácaro en su etapa adulta se divide en dos fases, la forética y la reproductiva. En la forética el ácaro parasita sobre el cuerpo de la abeja adulta. En reproductiva, los ácaros se introducen en el interior de las celdas con cría operculada, razón por la cual también se la llama fase oculta (Froylán y otros, 2011). Una hembra de varroa fecundada puede poner hasta 5 huevos en las celdas de obreras y hasta 7 en las de zánganos. Desde la aparición de esta enfermedad, se han realizado diversos estudios a nivel mundial con el fin de obtener un método de control efectivo. La finalidad es poder regular el crecimiento poblacional del ácaro para llevarlo a niveles aceptables, que no perjudiquen la productividad ni la supervivencia de la colonia de abejas melíferas. Una de las formas de controlar la varroosis es el uso de acaricidas sintéticos que representa el método de mayor preferencia por los apicultores debido a su elevada eficacia y practicidad en la aplicación (Damiani y Marcangeli, 2006).

Un producto es apto para el control cuando su eficacia es superior al 85%, pudiendo lograr una reducción en la población de ácaros que asegure la supervivencia de las colonias de abejas (Colin y Faucon, 1984). Investigadores del Laboratorio de Artrópodos de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata, confirmaron en 2009 la existencia de ácaros resistentes al acaricida Cumafós. A pesar de que estas determinaciones fueron realizadas para la zona de Entre Ríos no se descartaría la posibilidad de que se presente el mismo fenómeno en otras zonas del país (Maggi y otros, 2009). También fue reportado el primer caso de resistencia comprobada al

acaricida Amitraz en Santa Fe (Maggi y otros, 2010). Actualmente se continúan los estudios sobre posibles resistencias a los distintos productos acaricidas en zonas de producción apícola de Argentina.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la eficacia acaricida de la Flumetrina en un colmenar ubicado en el partido de La Plata.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en el apiario didáctico y de experimentación del Curso Producción Animal I de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata durante los meses de marzo a julio 2014. Este colmenar sigue un calendario de tratamientos terapéuticos estacionales, realizándose monitoreos constantes y tratamientos en post cosecha de cada temporada, cuando la carga del ácaro lo justifique. Se seleccionaron 15 colmenas tipo Langstroth de abejas *A. mellifera* infestadas naturalmente por el ácaro *V. destructor*. Las colmenas se dividieron en dos grupos: 5 grupo tratadas y 10 grupo testigo sin tratar. Se realizó el tratamiento para el control post cosecha en las 5 colmenas seleccionadas con el acaricida Flumetrina de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Este tratamiento consiste en la inclusión entre los panales de cría de tiras plásticas embebidas con el producto que aseguran una liberación controlada y continua. Por un período de 45 días, se realizó el conteo de los ácaros caídos en el piso trampa. Este consiste en un bastidor de madera con una malla metálica de 2 mm y por debajo, una bandeja de papel forrado en material plástico. (Fotografía 1). Al piso estándar de la colmena se le cambió el sentido de la plancha de vuelo, para facilitar la extracción de la bandeja. El conjunto se colocó entre el piso estándar de la colmena y la cámara de cría. De esta manera se aseguró la recolección de los ácaros caídos sobre la bandeja, sin que las abejas pudieran retirarlos (Marcangeli, 1999).

Al finalizar este período se retiraron de las colmenas las tiras de Flumetrina y se realizó el tratamiento de choque con el acaricida Amitraz. Como en el caso anterior se aplicó según recomendaciones del laboratorio

elaborador y se recolectaron muestras semanales para el conteo. La Flumetrina es un piretroide del Tipo II y la composición estudiada fue 0,36 g. Su modo de acción consiste en mantener abiertos los canales de sodio en las membranas de las neuronas. Esto hace que las neuronas produzcan descargas repetitivas y causen parálisis. Afectan al sistema nervioso periférico y central de los ácaros. El tratamiento de choque se realizó con Amitraz formulado con 6,25g %/tira. Es un compuesto perteneciente a la familia química de las amidinas que actúa a nivel del sistema nervioso de los ácaros, inhibiendo la enzima monoaminaoxidasa. Esta enzima es responsable de la degradación de los neurotransmisores serotonina y norepinefrina, pero al estar inhibida, se produce la acumulación de estos neurotransmisores y los organismos afectados quedan paralizados y mueren (Eguaras y Ruffinengo 2006).

Las colmenas del grupo testigo solo recibieron el tratamiento de choque, por lo que los conteos realizados antes del choque corresponden sólo a los ácaros caídos por muerte natural.

La eficacia se calculó dividiendo el número de ácaros caídos por Flumetrina sobre el número de ácaros caídos por Flumetrina y Amitraz, multiplicados por 100. Se realizó el análisis estadístico utilizando el test de Student para determinar si existían diferencias significativas entre los grupos control y testigo en relación a la eficacia. El nivel de significación utilizado fue del 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Apiario en donde se efectuó el presente estudio realiza anualmente rotaciones de principios activos con el objetivo de evaluar la eficacia de productos acaricidas autorizados para el control de varroosis. Durante el año 2012 en post cosecha, se evaluó la eficacia del Amitraz 4,13g la cual fue de 91,59 +/- 6,41 rango (83,08-99,36), registrándose diferencias significativas frente al grupo testigo ($p < 0,05$) (Pérez y otros, 2013). En esa oportunidad el tratamiento de choque se realizó con Flumetrina 0,36g. Durante el año 2013 la inundación ocurrida en la ciudad de La

Plata, el día 2 de abril del citado año, causó la pérdida del colmenar didáctico y de experimentación, razón por la cual, el ensayo correspondiente al tratamiento post cosecha para determinar la eficacia acaricida de la Flumetrina 0,36g no pudo ser completado. Estudios realizados en temporadas anteriores indican una efectividad de Flumetrina superior a la encontrada en el presente ensayo, a saber, una efectividad media de 73,51% +/-11,06 (Pérez y otros, 2009), mientras que otro estudio marca una efectividad de 67,14% +/-15,6 (Pérez y otros, 2011).

Durante el período de análisis de este trabajo se recolectaron un total de 6.435 ácaros mediante la utilización del piso trampa, discriminados en 4.410 luego de la aplicación de la Flumetrina y 2.024 finalizando el choque con Amitraz (Figura 1). La media de la eficacia de la Flumetrina fue 65,1 +/- 16,8 (rango 57,43-50,57) siendo la del grupo control de 11,1 +/- 2,3 (Tablas 1 y 2).

El éxito de un tratamiento acaricida no está condicionado estrictamente por el uso del mismo que contempla la posología, la forma de aplicación y tiempo de duración. Hay que considerar las variables que influyen directamente sobre el vigor de la colonia como son el Manejo Integrado del Colmenar y las condiciones climáticas. La alta prevalencia parasitaria, casos de resistencia confirmados y otros en avanzada etapa de estudio, sumado esto a el impacto de la transhumancia, el pillaje y la deriva, además de la pérdida de efectividad acaricida de los productos en el mercado, ameritan una pronta acción al respecto.

CONCLUSIONES

La efectividad acaricida encontrada fue baja. Esto pudo obedecer a una serie de variables relacionadas tanto al principio activo utilizado como a las condiciones climáticas y de vigor de las colonias. Además se deberá considerar el riesgo de que pudiera presentarse resistencia a la Flumetrina en el apiario de investigación Siguiendo las pautas técnicas recomendadas sobre época de tratamiento, elección del acaricida a utilizar, rotación del principio activo, monitoreos antes, durante y después de la aplicación de los

tratamientos medicamentosos en las colmenas, la utilización de productos orgánicos y los tratamientos zonales coordinados en conjunto con las Buenas Prácticas de Manejo, permitirá el control de esta enfermedad a fin de que no afecten la productividad de las colmenas. En nuestro país no existen suficientes estudios publicados sobre la efectividad acaricida de las diferentes formulaciones comerciales autorizadas para su uso en apicultura. Tampoco figura la efectividad del producto en el marbete diseñado por el laboratorio que lo formula. Esto dificulta el análisis de la variación o no de la efectividad en las distintas zonas de producción en años consecutivos. El presente estudio, deja planteada la necesidad de continuar realizando investigaciones referidas a la eficacia de productos acaricidas de uso oficial con periodicidad, considerando el Manejo Integrado del Colmenar y las investigaciones referidas a la posible resistencia al principio activo estudiado. De esta manera se obtendrían resultados que podrían ser aplicados al sector apícola en todas las regiones productivas de la República Argentina.

BIBLIOGRAFÍA

- Anderson D.L. y Trueman J.W.H. 2000. *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) is more than one species. *Experimental and Applied Acarology* 24: 165-189.
- Colin, M. y Faucon, J. 1984. El tratamiento de la varroosis con aerosol caliente. *Vida apícola*, 12: 29-31.
- Damiani N. y Marcangeli J. 2006. Control del parásito *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) en colmenas de la abeja mellífera (Hymenoptera: Apidae) mediante la aplicación de la técnica del entrapado. *Rev. Sociedad Entomológica Argentina* 65 (1-2): 33-42.
- Eguaras, M. y Ruffinengo, S. 2006. Estrategias para el control de varroa. Editorial Martin. Mar del Plata. 128 pp.
- Froylán Martínez M.C. J., Alcalá Escamilla M.C., Itzel, K., Leal Hernández M, Vivas Rodríguez M.C., Martínez Aguilera, J.A. y Edna, M.E. 2011. Prevención de Varroosis y Suplementación. Manual de Capacitación. Instituto Nacional De Investigaciones Forestales Agrícolas Y Pecuarias, Centro Nacional De Investigación Disciplinaria En Microbiología Animal Cuajimalpa, D. F. Folleto técnico N°6. ISBN: 978-607-425-555-3.
- Maggi M., Ruffinengo S., Damiani N., Sardella N. y Eguaras E. 2009. First detection of *Varroa destructor* resistance to coumaphos in Argentina. *Exp Appl Acarol* 47:317-320.
- Maggi M., Ruffinengo S., Negri P. y Eguaras M. J. 2010. *Parasitology Research*. Resistance phenomena to amitraz from populations of the ectoparasitic mite *Varroa destructor* of Argentina. Volumen 10, Issue 05, pp 1189-1192.
- Marcangeli J. 1999. Análisis comparativo de dos métodos utilizados para determinar el tamaño poblacional de *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) en colmenas de *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) en el sudeste de la Provincia de Buenos Aires. *Revista Sociedad Entomológica Argentina*. 58 (3-4): 173-178.
- Perez, R.; Leveratto, D.; Marcangeli J. 2009. Evaluación de la Flumetrina en tiras de liberación continua para el control del ácaro *Varroa destructor* en colmenas de *Apis mellifera* L. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana Suplemento nro. 1* 1-190- ISSN 1851-7064, pp 99.
- Pérez, R., Leveratto, D., Marcangeli J. 2011 Evaluación de la eficacia de la Flumetrina en el control de la varroatoosis en *Apis mellifera* mediante la aplicación de tiras de liberación controlada. XII Jornadas de Divulgación Técnico-Científicas. Jornada Nacional de Divulgación Técnico-Científicas. Facultades de Ciencias Veterinarias UNL-UNR. ISSN 1667-9326. pp 333.
- Pérez, R., Leveratto D., Rolnec, D., Marcangeli, J. 2013. Field evaluation Amitraz applied in strips for slow release control of the mite *Varroa destructor* in honeybee colonies of *Apis mellifera* L. *Biocell* 37 (2) A 35-A79 ISSN 03277-9545 Co10. A42.



Fotografía 1: Piso trampa. En la imagen se puede observar la malla metálica superior, la bandeja con papel forrado para el conteo y por debajo el piso estándar de la colmena.

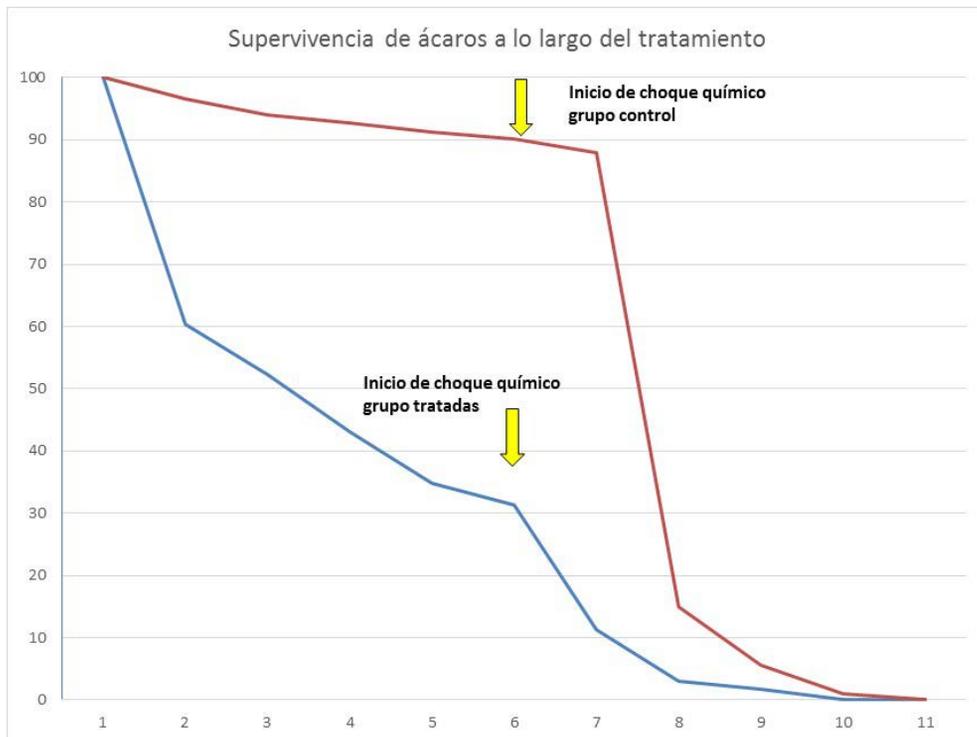


Figura 1: Eje de ordenadas refiere al porcentaje de supervivencia de ácaros en colonias tratadas con Flumetrina y colonias control a lo largo del período de estudio. Las flechas indican el fin del tratamiento y el comienzo del choque químico con el fin de obtener los ácaros que sobrevivieron al tratamiento efectuado. El eje de abscisas corresponde a semanas de tratamiento.

| Colmena | Ácaros muertos semanalmente por Flumetrina | | | | | | Ácaros muertos semanalmente por el choque de Amitraz | | | | | Total ácaros | Eficacia |
|--------------|--|--------------|--------------|------------|-------------|------------|--|--------------|-------------|-------------|------------|--------------|-------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Total | 1 | 2 | 3 | 4 | Total | | |
| 1 | 510 | 68 | 12 | 44 | 46 | 680 | 440 | 40 | 8 | 16 | 504 | 1184 | 57,4 |
| 2 | 1020 | 152 | 350 | 156 | 36 | 1714 | 46 | 2 | 0 | 4 | 52 | 1766 | 97,1 |
| 3 | 412 | 197 | 95 | 88 | 82 | 874 | 280 | 114 | 22 | 19 | 435 | 1309 | 66,7 |
| 4 | 422 | 95 | 61 | 60 | 16 | 654 | 320 | 171 | 16 | 50 | 557 | 1211 | 54 |
| 5 | 180 | 15 | 69 | 192 | 32 | 488 | 204 | 202 | 42 | 29 | 477 | 965 | 50,5 |
| Suma | 2544 | 527 | 587 | 540 | 212 | 4410 | 1290 | 529 | 88 | 118 | 2025 | 6435 | 325,8 |
| Media | 508,8 | 105,4 | 117,4 | 108 | 42,4 | 882 | 258 | 105,8 | 17,6 | 23,6 | 405 | 1287 | 65,1 |
| SD | 277,9 | 63,6 | 119,3 | 56,8 | 22,1 | 433,6 | 130,6 | 75,7 | 14,2 | 15,4 | 180,8 | 264,5 | 16,8 |

Tabla 1. Cantidad de ácaros muertos recolectados semanalmente en las colmenas tratadas con Flumetrina, número de ácaros muertos recolectados por el choque con Amitraz y Eficacia del tratamiento efectuado.

| Colmena | Total ácaros muertos por flumetrina | Total ácaros muertos por choque | Número total de ácaros recolectados | Eficacia |
|--------------|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|--------------|
| 1 | 336 | 1820 | 2156 | 15,5 |
| 2 | 196 | 1792 | 1988 | 9,8 |
| 3 | 176 | 2002 | 2178 | 8,1 |
| 4 | 158 | 1936 | 2094 | 7,5 |
| 5 | 208 | 1960 | 2168 | 9,6 |
| 6 | 230 | 1928 | 2158 | 10,6 |
| 7 | 256 | 1974 | 2230 | 11,4 |
| 8 | 278 | 2026 | 2304 | 12,1 |
| 9 | 302 | 1850 | 2152 | 14,1 |
| 10 | 270 | 1928 | 2198 | 12,2 |
| Suma | 2.410 | 19.216 | 21.626 | 111.185 |
| Media | 241 | 1.921,6 | 2.162,6 | 11,11 |
| SD | 54,3 | 73,5 | 78,37 | 2,3 |

Tabla 2. Cantidad de ácaros recolectados muertos en las colmenas testigo a lo largo del tratamiento y obtenidos luego del tratamiento de choque.

DETERMINACIÓN DE RESIDUOS DE CARBOFURAN EN APIOS CULTIVADOS EN LA REGIÓN DE LA QUEBRADA DE HUMAHUACA, PROVINCIA DE JUJUY, ARGENTINA

DETERMINATION OF CARBOFURAN RESIDUES IN CELERY GROWN IN THE REGION OF QUEBRADA, PROVINCE OF JUJUY

Wierna, N.¹; A. Ruggeri¹; A. Escalera¹; J. Tschambler¹; G. Bovi Mitre¹

RESUMEN

El Carbofuran es un plaguicida sistémico utilizado como insecticida, acaricida y nematocida de amplio espectro, clasificado como altamente tóxico, por inhalación e ingestión y moderadamente tóxico por absorción dérmica. El efecto principal de la intoxicación es por inhibición reversible de la acetilcolinesterasa.

El objetivo del trabajo fue determinar residuos de Carbofuran en plantas de apio, cultivadas en la Quebrada de Humahuaca.

Se trabajó en tres parcelas de la provincia de Jujuy. Se siguió un plan de muestreo en transectos múltiples paralelos en zigzag. Se analizaron 20 muestras por duplicado obtenidas en cuatro muestreos.

Se extrajo el Carbofuran con acetonitrilo. Se sometió a reextracción en fase sólida, se cuantificó mediante Cromatografía Líquida de Alta Performance con arreglo de diodos (CLAP-UVD). λ : 205nm, LD=0,006 mg/L, LC=0,02 mg/L y recuperación del método: 92%.

Se detectaron valores de residuos del plaguicida desde 0,41 a 2 mg/Kg, en el 17,5% de las muestras analizadas. En el 82,5% restante no se detectaron residuos de Carbofuran.

En Argentina no se establece un valor de Límite Máximo de Residuos (LMR) de Carbofuran en apio, y su uso está prohibido en perales y manzanos.

Los datos obtenidos muestran la necesidad de implementar programas de vigilancia y monitoreo de residuos de plaguicidas en alimentos y nuevas estrategias de producción que permitan el uso racional de plaguicidas.

Palabras clave: Carbofuran; Apio; Residuos; Jujuy

SUMMARY

Carbofuran is a systemic pesticide used as an insecticide, acaricide and nematocide broad spectrum, classified as highly toxic by inhalation and ingestion and moderately toxic by skin absorption. The main effect of the poisoning is by reversible inhibition of acetylcholinesterase.

The objective was to determine carbofuran residues in apios plants, grown in the Quebrada of Humahuaca.

It worked in three areas of the province of Jujuy. A sampling plan was

followed in parallel multiple zigzag transects. 20 duplicate samples obtained four samples were analyzed.

Carbofuran was extracted with acetonitrile. She underwent stripping solid phase was quantitated by High Performance Liquid Chromatography with diode array (HPLC-UVD). λ : 205 nm, LD = 0,006 mg/L, LC = 0,02 mg/L and recovery method: 92%.

Pesticide residue values were detected from 0,41 to 2 mg/Kg, 17,5% of the analyzed samples. In the remaining 82,5 % they did not Carbofuran residues were detected.

In Argentina a value of Maximun Residue Limit (MRL) for carbofuran in apios is recorded, its use is prohibited in pear and apple trees.

The data obtained show the need to implement monitoring programs and monitoring of pesticide residues in foods and new production strategies that allow the rational use of pesticides.

Key words: Carbofuran; Apio; Residues; Jujuy

INTRODUCCIÓN

En la Quebrada de Humahuaca de la Provincia de Jujuy, la producción hortícola representa un alto porcentaje de la producción agropecuaria. La mayoría de los habitantes de esta región se dedican a la agricultura. En estos sistemas de producción hortícola, un punto crítico lo constituye el uso de plaguicidas, que al igual que en todos los países en desarrollo se usan extensivamente. De aquí la necesidad de conocer los valores de residuos de dichos tóxicos, ya que uno de los principales problemas a los que se enfrenta la población es la presencia de residuos de plaguicidas en los productos agrícolas de consumo humano (Murcia y Stashenko 2008; Damalas y Eleftherohorinos 2011).

Los plaguicidas empleados indiscriminadamente, dependiendo de la toxicidad y el tiempo de permanencia, representan un riesgo potencial a los consumidores y al ambiente, incluyendo a los suelos y al agua (Ramírez Milla, 2009). En consideración de los efectos adversos que puede ocasionar la aplicación continua e indiscriminada de los plaguicidas, y teniendo en cuenta que se usan para el control de las diferentes plagas, se hace necesario el desarrollo de metodologías que permitan valorar estas sustancias en suelos, aguas y alimentos, y de esta forma, evaluar el impacto potencial sobre organismos que no constituyen

objetivo (Valencia y otros, 2010).

El Carbofuran (2,3-dihidro-2,2-dimetilbenzofuran-7il-metilcarbamato), es un plaguicida N-metilcarbamato (N-MC), sistémico, es decir que la planta lo absorbe a través del follaje o las raíces, y desde allí lo distribuye al resto de los órganos (principalmente tallos y hojas) donde se alcanzan las mayores concentraciones del mismo. Se utiliza como insecticida, acaricida y nematocida de amplio espectro contra diversas plagas foliares observadas en frutas, verduras y cultivos forestales (Kazemi y otros, 2009; Gammon y otros, 2012).

Se comercializa en distintas formulaciones con los nombres de Carbofurán 10 G, Carbofuran, Curaterr 10% GR, Curater, Furadan 10 G, Furadán 4 F, Furadan, Fursem, Carbofed, Carbogroz, Cropsa. El Furadan 10 G tiene en su marbete un tiempo de carencia de 65 días para hortalizas.

Este plaguicida tiene baja adsorción en el suelo, variando su tiempo de vida medio entre varios días y más de 3 meses (Hickox y Denton, 2000). Se degrada principalmente por acción microbológica, generando dióxido de carbono (RAP-AI, 2008).

Este N-MC afecta la función del sistema nervioso inhibiendo reversiblemente la acetilcolinesterasa en humanos y animales, se metaboliza en hígado y se excreta por la orina

(Valencia y otros, 2010), es considerado un plaguicida neurotóxico. Se ha demostrado, además, que es un potencial disruptor endocrino (Barry y otros, 2011)

La Organización Mundial de la Salud (OMS) clasifica al carbofurano en el grupo identificado como 1B, lo que significa "altamente peligroso". Sin embargo, en el caso de ingestión en forma directa o de residuos existentes en alimentos, es "extremadamente tóxico" (RAP-AL, 2008).

En la Unión Europea, por decisión de la Comisión de las Comunidades Europeas adoptada el 13 de junio de 2007, se decidió cancelar las autorizaciones de comercialización y uso de los productos que contienen Carbofuran debido a los efectos provocados en la salud humana y el ambiente. En diciembre de 2008 se cumplió el plazo para el retiro total en el mercado europeo de los productos a base de este agrotóxico. La Environmental Protector Agency (EPA) tomó la decisión en el año 2006 de cancelar el registro del Carbofuran y en enero de 2008 presentó un borrador de notificación de aviso de cancelación de registro.

El Carbofuran también tiene restricciones en Argentina, el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria permite su aplicación en cultivos, salvo en perales y manzanos (SENASA, Res. 256/03). En la provincia de Corrientes está prohibido el uso de Carbofuran en la producción de frutas y hortalizas desde marzo del año 2013 (Resolución Ministerial 1246/12).

En la provincia de Jujuy, (Argentina), en los años 1996 y 2000, se realizaron relevamientos con la intención de conocer el grado de toxicidad de los plaguicidas usados con mayor frecuencia en las prácticas agrícolas (Bovi Mitre y otros, 1996). En el año 2001 los insecticidas más tóxicos utilizados correspondían al 60 % del total y una década después el porcentaje se elevó al 78%, evidenciándose, además, la ausencia de buenas prácticas agrícolas (Maidana Iriarte y otros, 2011). Se estimó que en el ambiente (suelo, agua, aire) existe una importante concentración y movilización de estos agroquímicos con el consecuente riesgo para

los sistemas biológicos, inclusive el hombre. Es así, que la permanencia de algunos plaguicidas en el suelo constituye una seria amenaza para la salud ambiental (Wierna y otros, 2001). En la quebrada de Humahuaca, se encontró que el 75% de los productores utilizan Carbofuran y se realizaron evaluaciones ecotoxicológicas para medir su impacto en organismos benéficos y evaluar el impacto de este agrotóxico en el ambiente (Mormina y otras, 2012).

Camino Sánchez y otros (2011) mencionan que la presencia de residuos de plaguicidas en los alimentos es una preocupación significativa para los consumidores, debido a los posibles efectos adversos para la salud a largo plazo.

Objetivo

El objetivo del trabajo fue determinar residuos de Carbofuran en plantas de apio (*Apium graveolens*) cultivadas en zonas de la quebrada de la provincia de Jujuy, (Argentina).

MATERIALES Y MÉTODO

Material

Se analizaron apios, de la variedad *Apium graveolens*.

Para la recolección de las muestras se eligieron tres parcelas cultivadas con apios.

Se utilizó un diseño experimental basado en un muestreo en transectos múltiples paralelos en zigzag siguiendo el siguiente esquema (Protocolo de muestreo de suelos, 2009).

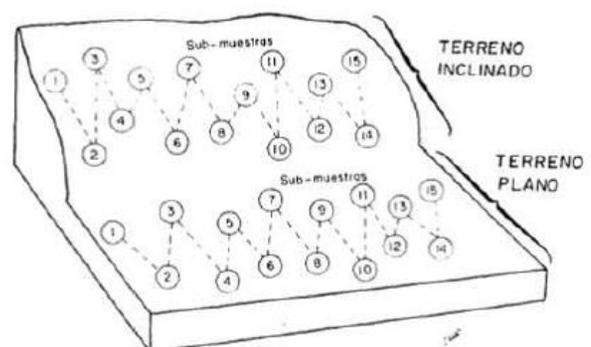


Figura 1: Muestreo en transectos múltiples

Se recogieron las muestras en el período de cosecha de la hortaliza (mayo-junio).

Se realizaron cuatro muestreos. Se procesaron 5 muestras (1, 2, 3, 4 y 5) por duplicado en cada oportunidad.

Los tres primeros, se realizaron en parcelas del productor A y el cuarto muestreo en el productor B.

MÉTODO QUÍMICO

Reactivos y Equipos

Se utilizó un patrón de Carbofuran, Pestanal-Sigma Aldrich (99,9%). Los solventes utilizados fueron de grado HPLC (Metanol, Acetonitrilo, Diclorometano).

La cuantificación se llevó a cabo mediante Cromatografía Líquida de Alta Performance con detector UV. Se utilizó un equipo Waters, con detector de arreglo de diodos y una columna cromatográfica C18 (5 µm).

Procesamiento de la muestra

Se seleccionaron tres ramas de la planta de apio, una del centro, una del medio y una última periférica. Se picaron tallos y hojas y se procedió al cuarteo de la muestra, y se pesó 25 g para realizar la técnica analítica.

El Carbofuran de las muestras se extrajo con acetonitrilo en un erlenmeyer, se filtró con papel de filtro y se recogió el filtrado en un matraz que contenía cloruro de sodio. Se agitó en un shaker, se tomó una alícuota y se llevó a sequedad bajo corriente de nitrógeno. Se reconstituyó con metanol/diclorometano (1/99, v/v), en un vaso de precipitado. Se preparan los cartuchos de la cámara para la Extracción en Fase Sólida (SPE) con una mezcla de metanol/diclorometano y luego se pasó la muestra. Los extractos recogidos se llevaron a sequedad bajo corriente de nitrógeno y se reconstituyeron en metanol. Se cuantificó por CLAP-UVD. Las condiciones en que se realizaron las corridas cromatográficas fueron: flujo 1 mL/min, fase móvil metanol/agua (1/1), longitud de onda 205 nm (Ministry of Agriculture of China, 2004).

METODOLOGÍA

La curva de calibración se construyó con patrones de Carbofuran en las siguientes concentraciones: 2,34; 4,68; 9,37; 18,75 y 37,5 mg/L respectivamente. El coeficiente de correlación para la curva de calibración (R2) fue de 0,998. Los límites, de detección (LD) y de cuantificación (LC) fueron de 0,006 mg/L y 0,02 mg/L, respectivamente. El porcentaje de recuperación fue del 92%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de las concentraciones de Carbofuran en apio se presentan en la Tabla 1.

| Muestreo (Productor) | Muestra | Carbofuran mg/Kg |
|----------------------|---------|------------------|
| Primero (A) | 1-1' | 0,41- ≤ LC |
| | 2-2' | ≤ LC |
| | 3-3' | ≤ LC |
| | 4-4' | ≤ LC |
| | 5-5' | ≤ LC |
| Segundo (A) | 1-1' | ≤ LC |
| | 2-2' | ≤ LC |
| | 3-3' | ≤ LC |
| | 4-4' | ≤ LC |
| | 5-5' | ≤ LC |
| Tercero (A) | 1-1' | ≤ LC |
| | 2-2' | ≤ LC |
| | 3-3' | ≤ LC |
| | 4-4' | ≤ LC |
| | 5-5' | ≤ LC |
| Cuarto (B) | 1-1' | ≤ LC |
| | 2 | 0,61 |
| | 2' | 0,50 |
| | 3-3' | ≤ LC |
| | 4 | 1,79 |
| | 4' | 1,80 |
| | 5 | 2,00 |
| | 5' | 1,96 |

Tabla 1: Concentración de Carbofuran en apios.

Se detectaron residuos de Carbofuran sólo en el primero y cuarto muestreo.

En el 17,5% de las muestras se detectaron valores de residuos del plaguicida entre: 0,41 y 2,00 mg/Kg. En el 82,5% de las muestras analizadas no se detectaron residuos de Carbofuran.

Los valores más altos de concentraciones de Carbofuran fueron encontrados en las muestras del productor B, quien realiza sus prácticas agrícolas a su criterio.

De las 15 muestras analizadas del productor A sólo una contiene residuos de Carbofuran. Esta producción está supervisada por ingenieros agrónomos, quienes recomiendan un uso adecuado de agroquímicos.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en la década del noventa, informa los siguientes valores de residuos de Carbofuran en distintas matrices: cáscaras de arroz 0,02 mg/Kg, pimientos morrones 0,35 mg/Kg, zanahorias y cebollas verdes valores inferiores a 0,25 mg/Kg, en hojas de remolachas menores a 0,01 mg/Kg y en papas menores a 0,05 mg/Kg (FAO, consultado 10/10/15). Los valores encontrados en el presente trabajo superan ampliamente a los informados por la FAO hace más de 20 años. No se pueden comparar los resultados de este trabajo con investigaciones recientes de organismos tales como la FAO, la Agencia de Protección al Medio Ambiente (EPA) entre otros, ya que no se encuentran datos actuales del Furadán en hortalizas y esto es seguramente consecuencia de su prohibición de uso.

Recientemente (Benítez-Díaz y otros, 2015) en Venezuela detectaron residuos de Carbofuran en cáscaras y la porción interna de papas en concentraciones de 1,4 y 1,13 mg/Kg, respectivamente. Estos datos son discutidos ampliamente por los autores, quienes remarcan la preocupación por este hallazgo dado que el plaguicida en cuestión es considerado un disruptor endócrino. Los valores de Carbofuran en las hortalizas jujeñas son superiores a los antes citados, lo cual advierte del riesgo en la población expuesta a estos tóxicos alimentarios.

La legislación Argentina no establece un Límites Máximos de Residuos (LMR) de Carbofuran en apios pero sí permite su aplicación en diversos cultivos. Los LMR para este plaguicida no se actualizan desde el año 2003. La última actualización sobre prohibición y restricción en el uso de plaguicidas se realizó

en el año 2012 y no se mencionan datos sobre los LMR, por lo que se consideran sólo los proporcionados por las disposiciones de la OMS, EPA y Unión Europea (EU). En el Diario oficial de la EU (2015) se recomienda fijar los LMR para el Carbofuran en valores inferiores al Límite de Detección (LD) actual de 0,002 mg/Kg para tallos jóvenes frescos entre los que se encuentra el apio, ya que valores más elevados podrían dar lugar a una ingesta de los consumidores que supere la dosis aguda de referencia que para el carbofuran es de 0,00015 mg/Kg de peso corporal (EU Pesticide database, 2009).

CONCLUSIÓN

Con los resultados obtenidos se concluye que la producción agrícola de apio en la Quebrada de Humahuaca contiene residuos de Carbofurán en concentraciones preocupantes cuando la práctica agrícola no es asesorada y supervisada por técnicos agrónomos

RECOMENDACIONES

Los datos obtenidos muestran la necesidad de implementar programas de vigilancia y monitoreo de residuos de plaguicidas en alimentos y nuevos mecanismos de producción que permitan el uso racional de los mismos. Un cambio hacia una práctica agrícola sostenible, basada en el manejo integral de plagas aumentaría la calidad del producto y la calidad de la dieta del consumidor final, y minimizaría la exposición a este plaguicida.

Se recomienda hacer determinaciones de residuos de Carbofurán en otros productos de consumo masivo para poder realizar cálculos de ingesta diaria y hacer una evaluación de riesgo al que están expuestos los consumidores. Además estos datos podrían contribuir en los procesos de regulación de los residuos de este plaguicida y establecer límites en la legislación argentina para garantizar la inocuidad de los alimentos en relación a este tóxico.

La inacción del sistema regulatorio argentino queda demostrada con los resultados obtenidos, evidenciando el uso

excesivo de este tóxico y su permanencia ya que no alcanza a ser eliminado por el metabolismo de la planta.

BIBLIOGRAFÍA

- Barry K H, Koutros S, Bemdt S I, Andreotti G, Hoppin J A, Sandler D P y otros, 2011. Genetic Variation in Base Excision Repair Pathway Genes, Pesticide Exposure, and Prostate Cancer Risk. *Environmental Health Perspectives*, 119(12): 1726--1732.
- Benítez- Díaz, P.; Miranda-Contreras, L.; Molina-Morales, Y.; Sánchez-Gil, B. y Balza-Quintero, A. 2015. Residuos de plaguicidas en la cáscara e interior de la papa (*Solanum tuberosum* L.). Proveniente de una región agrícola del estado Mérida, Venezuela. *Bioagro* 27 (1):27-36.
- Bovi Mitre, G., Ruggeri, M., Singh, J. - Uso de plaguicidas en la provincia de Jujuy- III Jornadas científico-técnico de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNJu- 1996
- Camino-Sánchez F. J.; Zafra-Gómez, A.; Oliver-Rodríguez, B.; Ballesteros, O.; Navalón, A.; Crovetto, G. y Vilchez, J. L. 2011. UNE-EN ISO/IEC 17025:2005 accredited method for the determination of 121 pesticide residues in fruits and vegetables by gas chromatography tandem mass spectrometry. *J. Food Compos. Anal.* 24, 427-440.
- Damalas, C. y Eleftherohorinos, I. 2011. Pesticide exposure, safety issues and risk assessment indicators. *Int. J. Environ. Res. Public. Health* 8 (5):1402-1419.
- Diario de la Unión Europea (EU). 2015. Reglamento de la Unión Europea 2015/399 que modifica el reglamento N° 396/2005 respecto a los LMR del Carbofuran.
- EU Pesticides database. 2009: Recuperado de : <http://ec.europa.eu/food/plant/pesticide/eu-pesticidesdatabase/public/?event=activesubstance.detail&language=EN&selectedID=1082.16/11/16>
- FAO (s.f). Carbofuran. Recuperado de: http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/JMPR/Evaluation97/carbofu2.PDF.10/10/15.
- Gammon D W, Liu Z W, Becker J M. 2012. Carbofuran occupational dermal toxicity, exposure and risk assessment. *Pest Management Science*, 68(3): 362–370.
- Hickox, W.H. y Denton, J.E. 2000. Public Health Goals for Chemicals in Drinking Waters. Carbofuran. California Environmental Protection Agency and Office of Environmental Health Hazard Assessment. 30 pg.
- Kazemi H V, Anderson S H, Goynes K W, Gantzer C J. 2009. Aldicarb and Carbofuran transport in a Hapludalf influenced by differential antecedent soil water content and irrigation delay. *Chemosphere*, 74(2): 265–273.
- Khin, L. y Somporn Chantara. 2007. Optimization Method for Determination of Carbofuran and carboxin residues in cabbages by SPE and HPLC - UV. *ChiangMaiJournalScience*. 34 (2): 227-234.
- Maidana Iriarte, S.; Wierna, N.R.; Bonillo, M.; Bovi Mitre, M.G.; “Análisis comparativo de la toxicidad de agroquímicos utilizados en Jujuy” V congreso Latinoamericano de Ecología, Jujuy, Argentina, 15 al 19 de octubre de 2001 (exposición oral)
- Ministry of Agriculture of China. 2004. Recuperado de : <http://www.waters.com/webassets/cms/library/docs/720002598en.pdf.10/10/15>.
- Mormina M.; Romero A.; Álvarez S.; Bovi M. “Evaluación in vitro de la viabilidad y producción conidial de cepas autóctonas de *Trichoderma* spp en presencia del insecticida Furadan” Primer Congreso Nacional de Estudiantes de Ingeniería en Biotecnología, Antofagasta, Chile, 17 al 19 de Octubre de 2012.
- Murcia, Alix Marcela, Stashenko, Elena. 2008. Determinación de plaguicidas organofosforados en vegetales producidos en Colombia. *Revista AGRO SUR* 36 (2) 71-81.
- Protocolo de muestreo de suelos. 2009. Proyecto “Environmental Radionuclides as Indicators of Land Degradation in Latin American, Caribbean and Antarctic Ecosystems”, RLA 5/051 (ARCAL C). Versión 1.0. Recuperado de: arcal.unsl.edu.ar/documentos/Protocolo%20de%20muestreo%20ver%202.doc.10/10/15.
- Ramírez Milla, L. G. 2009. Determinación de pesticidas en vegetales mediante cromatografía de gases-espectrometría de masa/masa (GC-MS/MS). Tesis doctoral. México.
- Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina (RAP-AL).

2008. Oficina de Comunicaciones y Administración. Recuperado de: http://www.rap-al.org/articulos_files/Carbofurano_Enlace_83.pdf. 18/12/15.

- Resolución Ministerial 1246/12, publicada en el Boletín oficial N° 26353 del 18 de enero de 2013. Recuperado de: <http://clubecoguardianes-657.webnode.es/news/prohiben-en-corrientes-el-uso-de-aldicarb-y-carbofuran-en-la-produccion-de-frutas-y-hortalizas/>. 11/11/15

- Resolución Senasa 256/03. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. Buenos Aires, 23 de junio 2003.

- SENASA (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria). 1998. Límites máximos de residuos de plaguicidas. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación.

- Valencia L., Y. A.; Potosí R., S. F.; Valencia Ch., E. M. y Bravo R., I. 2010. Validación de una metodología para la determinación de Carbofuran en suelos mediante cromatografía de alta eficiencia con detección ultravioleta (CLAR-UV). *Rev.Colomb.Quim.*39 (3): 359-370.

- Wierna, N.; Maidana Iriarte, S.; Bonillo, M. y Bovi Mitre, M. 2001. Estudio Comparativo de los plaguicidas más usados en Jujuy, Argentina, en los últimos diez años. *Evaluación Ambiental. Revista AIDIS, Ingeniería Sanitaria y Ambiental.* 57:76-80.

REVISIÓN DE LAS ASOCIACIONES FITOLÍTICAS DE ESPECIES DE PANICOIDEAE (POACEAE) DEL CHACO ORIENTAL ARGENTINO

REVIEW OF PHYTOLITH ASSEMBLAGES OF PANICOIDEAE (POACEAE) SPECIES OF THE ORIENTAL CHACO, ARGENTINA

Contreras, S.¹; A. Zucol²; A. Lutz¹

RESUMEN

La vegetación de la Región del Chaco Oriental se caracteriza por un ambiente heterogéneo, donde se mezclan comunidades arbóreas con distintos, pastizales, palmares y humedales. Las especies de Poaceae, sobre todo las de la Subfamilia Panicoideae, son uno de los componentes más importantes de las comunidades vegetales tanto en número como en abundancia. En general, las Poaceae acumulan sílice con características morfológicas que los diferencian de otras plantas. Los estudios morfométricos de fitolitos han demostrado ser de gran utilidad para la identificación de ciertas especies de Poaceae. Por lo que la información brindada por sus asociaciones fitolíticas puede aportar información para futuros estudios sobre la caracterización fitolítica de las comunidades vegetales de la Región Chaqueña. En este trabajo, se seleccionaron cuatro especies de Panicoideae (*Echinochloa colona* (L.) Link, *Elionurus muticus* (Spreng.) Kuntze, *Eriochloa montevidensis* Griseb. y *Setaria lachnea* (Nees) Kunth), que caracterizan a esta Región. En ellas, se observó un predominio de morfotipos con forma de halterios, halterios plurilobados y cruces que son diagnósticas de la Subfamilia Panicoideae y otros elementos aislados especialmente las formas elongadas, aguzadas, abanicos y poliédricos. También, un gran número de elementos articulados fueron hallados, siendo elementos de la epidermis foliar los más abundantes.

Palabras claves: Poaceae, Fitolitos, Región Chaqueña

SUMMARY

The vegetation of the Eastern Chaco Region is characterized by a heterogeneous environment, where trees communities are mixed with different grasslands, palm groves and wetlands. The Poaceae species, especially Subfamily Panicoideae species, are one of the most important components of the vegetal communities in both number and abundance. In general, grasses accumulate silica with morphological characteristics that differentiate them from other plants. Morphometric studies of phytoliths provide vital information for the identification of certain species of Poaceae. Therefore, the information obtained from their phytolith assemblages can provide information for future studies on

1-Centro de Ecología Aplicada del Litoral (CECOAL-CONICET-UNNE). Ruta 5, km 2.5. W3400. Corrientes, Argentina.
sailcontreras11@gmail.com

2- Centro de Investigaciones Científicas y Transferencia de Tecnología a la Producción (CICYTTP-CONICET), Dr. Matteri y España SN, E3105BWA Diamante, Entre Ríos, Argentina.

the phytolith characterization of chaquenian plant communities. In this paper, four species of Panicoideae (*Echinochloa colona* (L.) Link, *Elionurus muticus* (Spreng.) Kuntze, *Eriochloa montevidensis* Griseb. and *Setaria lachnea* (Nees) Kunth), that characterize this region were selected. In them, a predominance of morphotypes with bilobates, polylobates and crosses forms, that are diagnostic of the Subfamily Panicoideae, were observed together with other isolated elements especially elongated, pointed, fan, and polyhedral forms. Also, a large number of articulated elements were found, being elements of the leaf epidermis the most abundant.

Key words: Poaceae, Phytoliths, Chaquenian Region

INTRODUCCIÓN

Los silicofitolitos son cuerpos minerales tridimensionales que pueden tener una morfología irregular o regular. Se depositan como sílice amorfo sólido ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) durante la vida de las plantas y precipitan dentro y entre sus células en los diferentes órganos (tallos, hojas e inflorescencias) (Zucol y Brea, 2005; Hodson y otros, 2008). Se encuentran en ciertas familias de Pteridófitas, Gimnospermas y Angiospermas, siendo algunas familias de Monocotiledóneas (como Poaceae, Cyperaceae y Arecaceae), las principales proveedoras (Zucol y Brea, 2005).

Los estudios morfométricos de los fitolitos han sido informativos para los estudios taxonómicos en plantas, ya que ciertas formas son diagnósticas de determinados grupos vegetales (Albert, 2006), habiéndose realizado numerosos trabajos para conocer las asociaciones fitolíticas de diferentes especies, distinguir caracteres morfológicos únicos y crear sistemas de clasificación (Twiss y otros, 1969; Bertoldi de Pomar, 1971, 1975; Pearsall y Dinan, 1992; ICPNWG, 2005; Zucol y Brea, 2005; Piperno, 2006). En particular, en las gramíneas el sílice se acumula en cantidades mayores que cualquier otro elemento inorgánico (Aguirre y otros, 2007), encontrándose mayoritariamente en los tejidos epidérmicos, subepidérmicos y esclerenquimáticos (Zucol, 1996). Los fitolitos de las gramíneas poseen características morfológicas que los diferencian de los hallados en las restantes especies del Reino Vegetal. Los estudios morfométricos de los

mismos han demostrado ser de gran utilidad para la identificación de ciertas especies de gramíneas (Albert, 2006).

Por otra parte, a partir del análisis de la relación entre la abundancia y los tipos morfológicos presentes en las plantas actuales, se conocieron las asociaciones fitolíticas de la flora diversas regiones de Sudamérica (De Campos y Labouriau, 1969; Iriarte y Paz, 2007); mientras que para Argentina, se han descripto las asociaciones fitolíticas para la región Pampeana, el Litoral y Tierra del Fuego (Zucol, 1998, 1999; Gallegos, 2003; Fernández Honaine y otros, 2006; Fernández Pepi, 2007; Fernández Honaine y otros, 2009; Patterer, 2014) entre otros. Asimismo, los análisis fitolíticos de las especies actuales y de los suelos donde se desarrollan las comunidades vegetales y la posterior comparación con las asociaciones fitolíticas de materiales sedimentarios, constituyen una importante herramienta para la reconstrucción de ecosistemas pasados ya que proporcionan un registro preciso de una parte de la vegetación, en áreas concretas y en un momento determinado (Albert, 2006). En este sentido, los análisis fitolíticos han permitido caracterizar ecosistemas dominados por gramíneas no solo en sedimentos cuaternarios (Di Paola y González, 1992; Zucol y otros, 2005), sino también del paleógeno del Terciario argentino (Brea y otros 2008; Zucol y otros, 2007; Zucol y otros, 2010).

El Chaco Oriental es una extensa región que abarca más de 12.000.000 ha (120.000 km²) en Argentina. Ocupa aproximadamente

la mitad este de las provincias de Chaco y Formosa, parte del norte de Santa Fe (Ginzburg y Adámoli, 2006) y el noroeste de Corrientes (Tortorelli, 2009). Desde un punto de vista geomorfológico, esta región se caracteriza por ser un bloque hundido, constituido por las regiones distales de los abanicos aluviales de los grandes ríos (Pilcomayo, Bermejo y Juramento) que la atraviesan (Iriondo, 1992), y rellenado con sus sedimentos (Ginzburg y Adámoli, 2006). Además, presenta áreas pantanosas atravesadas por las antiguas fajas fluviales de dichos ríos (Iriondo, 1992). La baja pendiente y la torrencialidad estacional de los ríos favorecen los procesos fluviomorfológicos, generando una topografía local irregular, con albardones elevados con respecto a los alrededores anegables (Ginzburg y Adámoli, 2006). Como consecuencia de la gran heterogeneidad ambiental, la vegetación del Chaco Oriental es compleja (Biani y otros, 2004). En pequeñas extensiones, coexisten desde bosques y selvas hidrófilas hasta sabanas y arbustales achaparrados espinosos con características morfológicas xerofíticas, pastizales, palmares y humedales (Prado, 1993; Placci y Holz, 2004; Maturo y otros, 2005; Ginzburg y Adámoli, 2006).

El patrón de la vegetación Chaqueña sería el resultado de la dinámica aluvial ocurrida en la llanura durante el Pleistoceno-Holoceno y de la migración intensiva de los cinturones fluviales de los principales ríos (Iriondo, 1995; Morello y Matteucci, 1999). Sin embargo, hasta el momento los datos paleobotánicos disponibles acerca de la vegetación de la llanura Chaqueña que pudo haber acompañado este fenómeno son aún escasos. En estudios recientes de una flora fósil hallada en sedimentos cuaternarios sobre las márgenes del río Bermejo, se describen restos fósiles de tallos de *Equisetum* sp., hojas y frutos de dicotiledóneas, así como tallos y espiguillas de Poaceae (Contreras, 2010; Contreras y Lutz, 2014). Teniendo en cuenta la marcada abundancia de gramíneas detectada en la secuencia sedimentaria expuesta en las barrancas del río Bermejo (Contreras y otros, 2015a) y que la vegetación del Chaco Oriental posee un notorio contraste entre componentes

palustres y xéricos, los que pueden ser caracterizados mediante sus asociaciones fitolíticas, el análisis fitolítico de las especies actuales podrían aportar información valiosa para describir las variaciones composicionales de las comunidades vegetales del Chaco Oriental en el pasado. Sin embargo, hasta el presente se conoce muy poco la composición y la variación fitolítica de las especies pertenecientes a las distintas unidades vegetales del Chaco Oriental.

MATERIALES Y MÉTODO

Área de Estudio

El área de estudio comprende el sureste de Formosa y el Noroeste de Corrientes (Fig. 1). Desde el punto de vista fitogeográfico, la región está incluida en el Distrito Oriental de la Provincia Chaqueña. El Chaco Oriental formoseño ocupa el este de la provincia de Formosa y presenta como límites el río Paraguay, al este, y la isoyeta de 750 mm, al oeste (Maturo y Prado, 2006). El sector del distrito Chaqueño Oriental en la provincia de Corrientes, ocupa la mitad occidental de la misma, con una superficie de 4.694.200 ha. Confina por el Oeste y Norte con el río Paraná; al este con la gran planicie de erosión oriental y hacia el sureste con la provincia del Espinal (Carnevali, 2003).

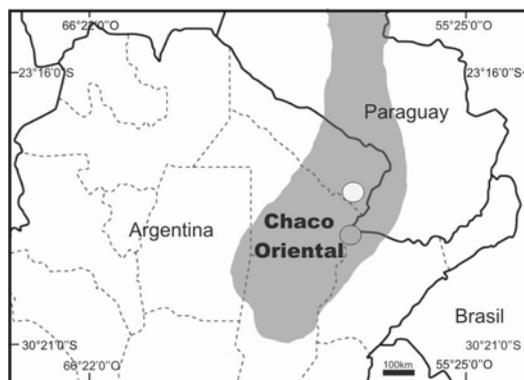


Figura 1. Mapa ubicando la Región del Chaco Oriental y los sitios de muestreo: Villa Escolar, Formosa (círculo blanco) y Corrientes Capital, Corrientes (círculo gris).

En general, en el Chaco Oriental existe una estrecha vinculación entre las distintas formas del paisaje y la vegetación que se desarrolla en ellas (Ginzburg y Adámoli, 2006). La heterogeneidad ambiental surge de la respuesta de la vegetación a las precipitaciones, la escasa energía de drenaje, el hidromorfismo de los suelos y a déficits hídricos no siempre predecibles (Biani y otros, 2004). Las comunidades vegetales presentes en el Chaco Oriental varían desde distintas comunidades arbóreas (Monte Fuerte, Algarrobales, Bosque de albardón o Selvas en Galería, Bosque Transicional Austro-Brasileño, Bosques Riparios de Inundación y palmares), comunidades herbáceo-arbustivas (Arbustales, Pastizales Altos, Pajonales/Bañados/Cañadas, Esteros y vegetación de lagunas); como así también comunidades mixtas como las sabanas (Morello y Adamoli, 1967, 1974; Prado, 1993; Maturo y otros, 2005; Ginzburg y Adámoli, 2006; Peña Chocarro y otros, 2006; Molina y Rúgolo, 2006).

Las sabanas y pastizales constituyen uno de los tipos de vegetación más importantes de la región. Las sabanas se hallan en zonas topográficamente un poco más bajas y en épocas de grandes lluvias se inundan parcialmente. La superficie está cubierta por un tapiz de especies herbáceas, con especies leñosas distanciadas entre sí, por lo que adquiere una fisonomía más bien abierta (Ginzburg y Adámoli, 2006). Las sabanas de *Pennisetum frutescens* Leeke forman comunidades en abras de bosques inundables durante la estación de lluvias, integradas también por *Elionurus muticus* (Spreng.) Kuntze (Molina y Rúgolo, 2006). Las sabanas ecotonales son de fisonomías abiertas. Constituyen principalmente ecotonos entre grandes unidades e isletas de bosques con los bañados y en algunos casos, entre bosques y pastizales. No tienen una flora definida dado que sus especies están determinadas por la composición florística de las comunidades entre las cuales están ubicadas (Maturo y otros, 2005). Los pastizales altos ocupan la porción no inundable de los gradientes topográficos o inundables durante poco tiempo y sobre suelos arenosos a húmedos pero casi

nunca anegables. En ellos crecen numerosas especies herbáceas, entre las que predominan gramíneas como la paja colorada (*Andropogon lateralis* Nees), la cola de zorro (*Schizachyrium* Nees spp.) y el espartillo dulce (*Elionurus muticus*) (Morello y Adámoli, 1974; Ginzburg y Adámoli, 2006). Por otra parte, los pajonales se desarrollan en campos bajos, los cuales permanecen anegados durante varios meses del año (Maturo y otros, 2005). En el Chaco Oriental, son comunes los pajonales de *Sorghastrum setosum* (Griseb.) Hitchc. (paja amarilla), *Paspalum intermedium* Munro ex Monrong & Britton (paja boba) y *Panicum prionitis* Ness. (paja brava) (Molina y Rúgolo, 2006).

Material examinado

De las principales Panicoideas del área en estudio: *Andropogon lateralis*, *Echinochloa colona* (L.) Link, *Elionurus muticus*, *Eriochloa montevidensis* Griseb., *Panicum prionitis*, *Paspalum intermedium*, *Paspalum notatum* Flüggé, *Paspalum plicatum* Michx., *Paspalum urvillei* Steud., *Pennisetum frutescens*, *Setaria lachnea* (Nees) Kunth y *Setaria parviflora* (Poir.) Kerguelen se seleccionaron cuatro como complemento a los estudios previos en las otras especies (Parry y Smithson, 1964; Sendulsky y Labouriau, 1966; Zucol, 1998, 2000). Los ejemplares analizados fueron obtenidos a partir de colectas a campo en las Provincias de Formosa y Corrientes (Fig. 1). Los ejemplares testigo de los especímenes estudiados fueron depositados en el herbario CTES del Instituto de Botánica del Nordeste (IBONE-CONICET-UNNE).

Las especies estudiadas son las siguientes:

Subfamilia: Panicoideae

Tribu: Andropogoneae

Elionurus muticus (Spreng.) Kuntze

Argentina, Corrientes, Dpto. Capital, 27°29'S y 58°49' O Pastizal mesófilo, Solís Neffa *et al.* N 2320.

Tribu: Paniceae

Echinochloa colona (L.) Link

Argentina, Formosa, Dpto. Laishi, Selva, 26°36'S y 58°40' O, Contreras *et al.* N° 28.

Eriochloa montevidensis Griseb.

Argentina, Formosa, Dpto. Laishi, Selva, 26° 36'S y 58° 40' O, Contreras *et al.* N° 18.

Setaria lachnea (Nees) Kunth

Argentina, Formosa, Dpto. Laishi, Selva, 26° 36'S y 58° 40' O, Contreras *et al.* N° 15.

Análisis de los fitolitos

Se colectaron 10 individuos por especie y se utilizó la hoja inmediatamente inferior a la hoja bandera. La extracción de fitolitos se realizó mediante la técnica de calcinación propuesta por Labouriau (1983). El material vegetal fue lavado con detergente no iónico, enjuagado con agua destilada, pesado, secado a 100° C y carbonizado en una mufla, a unos 200° C durante dos horas. Una vez frío, se realizó la digestión con ácido clorhídrico al 50% y se puso a hervir durante unos minutos. Una vez frío, el líquido fue filtrado con papel de filtro sin cenizas. Los restos del ácido fueron extraídos mediante lavados con agua destilada

hasta no detectarse cloratos. Finalmente, el material fue secado a 200° C por 20 minutos y subsecuentemente calcinado a 800° C por un lapso de dos horas. Las cenizas fueron montadas en portaobjetos en preparados líquidos (con aceite de cedro) y sólidos (con bálsamo de Canadá) para su observación microscópica.

Las cenizas obtenidas fueron pesadas. Se calculó el contenido relativo de sílice, mediante la fórmula: $Cs = [(peso\ final/peso\ inicial) \cdot 100]$. El peso inicial es el peso de la materia seca de la muestra al comenzar la técnica de calcinado y el peso final es el obtenido luego de la calcinación. Una vez calculado el índice, se contaron entre 300 y 400 fitolitos por ejemplar y se calculó el porcentaje de cada morfotipo presente, siguiendo una clasificación *ad-hoc* y las normativas y descriptores propuestos por Twiss, 1992; Zucol, 1998; ICPNWG, 2005 (Tabla1).

| UNICELULARES | |
|--|--------------------------------|
| 1. Cruces | 12. Elongado liso |
| 2. Halterio bilobado de centro largo y final convexo | 13. Elongado sinuoso |
| 3. Halterio bilobado con centro corto y final convexo | 14. Elongado espinoso |
| 4. Halterio bilobado con centro largo y final recto o cóncavo | 15. Elongado espinoso con piso |
| 5. Halterio bilobado con centro corto y final recto o cóncavo | 16. Forma de abanico |
| 6. Halterio bilobado con forma cónica | 17. Forma poliédrica |
| 7. Halterio plurilobado con caras laterales asimétricas | 18. Formas de ápices aguzados |
| 8. Halterio plurilobado con dos istmos y tres lóbulos desarrollados hacia ambos lados | 19. Macropelos |
| 9. Halterio plurilobado con más de dos istmos dispuestos asimétricamente | 20. Micropelos |
| 10. Halterio polilobado con dos istmos bien marcados y tres lóbulos triangulares | 21. Aguijones |
| 11. Halterio plurilobado con más de dos istmos y cuatro o más lóbulos dispuestos en cadena | 22. Ganchos |
| | 23. Triangular |
| | 24. Elementos de conducción |
| PLURICELULARES | |
| 1. Elementos subepidérmicos | 6. Macropelos |
| 2. Elementos buliformes | 7. Micropelos |
| 3. Complejo estomático | 8. Espinas |
| 4. Células largas | 9. Aguijones |
| 5. Células cortas | |

Tabla 1. Clasificación morfológica de los fitolitos (Twiss, 1992; Zucol, 1998; ICPNWG, 2005).

Resultados

Las cuatro especies de gramíneas diferían en el contenido de sílice, siendo *Echinochloa colona* la que presentó el mayor porcentaje de sílice (15,16%, 5,73–32,46),

mientras que *E. muticus* presentó el menor contenido (4.1%, 1,56–6,23) (Tabla 2). En general, los fitolitos se presentaron de manera aislada o articulada, predominando en elementos de la epidermis foliar.

| ESPECIES | PESO SECO INICIAL (g) | PESO CENIZA (g) | % DE SI |
|--------------------------------|-----------------------|-----------------|---------|
| <i>Echinochloa colona</i> | | | |
| 1 | 0,05 | 0,01 | 9,42 |
| 2 | 0,05 | 0,01 | 17,69 |
| 3 | 0,04 | 0,01 | 32,46 |
| 4 | 0,07 | 0,01 | 7,84 |
| 5 | 0,06 | 0,01 | 21,82 |
| 6 | 0,06 | 0,01 | 13,13 |
| 7 | 0,05 | 0,01 | 20,36 |
| 8 | 0,08 | 0,01 | 11,33 |
| 9 | 0,07 | 0,01 | 11,84 |
| 10 | 0,05 | 0,01 | 5,73 |
| <i>Elionurus muticus</i> | | | |
| 1 | 0,28 | 0,01 | 1,68 |
| 2 | 0,29 | 0,02 | 5,47 |
| 3 | 0,36 | 0,02 | 4,70 |
| 4 | 0,35 | 0,01 | 3,68 |
| 5 | 0,29 | 0,01 | 3,63 |
| 6 | 0,22 | 0,01 | 3,23 |
| 7 | 0,35 | 0,02 | 5,85 |
| 8 | 0,38 | 0,01 | 1,56 |
| 9 | 0,37 | 0,02 | 6,23 |
| 10 | 0,37 | 0,02 | 5,00 |
| <i>Eriochloa montevidensis</i> | | | |
| 1 | 0,09 | 0,01 | 9,25 |
| 2 | 0,05 | 0,01 | 3,06 |
| 3 | 0,06 | 0,01 | 4,59 |
| 4 | 0,04 | 0,01 | 6,41 |
| 5 | 0,05 | 0,01 | 1,82 |
| 6 | 0,06 | 0,01 | 3,19 |
| 7 | 0,10 | 0,01 | 5,97 |
| 8 | 0,09 | 0,01 | 4,18 |
| 9 | 0,08 | 0,01 | 4,51 |
| 10 | 0,06 | 0,01 | 10,80 |
| <i>Setaria lachnea</i> | | | |
| 1 | 0,06 | 0,01 | 6,53 |
| 2 | 0,05 | 0,01 | 8,24 |
| 3 | 0,16 | 0,03 | 17,35 |
| 4 | 0,16 | 0,02 | 11,46 |
| 5 | 0,07 | 0,01 | 12,36 |
| 6 | 0,08 | 0,01 | 7,06 |
| 7 | 0,08 | 0,01 | 13,21 |
| 8 | 0,10 | 0,01 | 12,89 |
| 9 | 0,96 | 0,01 | 1,55 |
| 10 | 0,09 | 0,01 | 13,49 |

Tabla 2. Valores de peso inicial y contenido de sílice (Si) de las especies de gramíneas analizadas

Echinochloa colona

Hierba anual de 15–70 cm de altura, cespitosa (Molina y Rúgolo, 2006). La cara abaxial de las hojas del género *Echinochloa* se caracteriza por presentar zonas costales e intercostales conspicuas. Con presencia de papilas. La forma de las células largas puede ser similar a marcadamente diferente en

ambas zonas (costales más estrechos), con grosor de la pared similar. Células largas intercostales medias con paredes marcadamente sinuosas a lisas. Con micropelos. Estomas con células acompañantes en forma de triangular o de cúpula. Células cortas intercostales raras o ausentes, cuando están presentes, en forma de cruz. Células cortas costales de tipo

panicoidea (Watson y Dallwitz, 1992).

Asociación fitolítica: La hoja de esta especie presenta, por lo general, fitolitos de manera aislada, pero también se encontraron articulados (Fig. 2). Con un mayor número de halterios plurilobados, seguidas de halterios bilobados. Las formas de halterio plurilobado con caras laterales asimétricas y halterio plurilobado con dos itsmos y tres lóbulos desarrollados hacia ambos lados, varían de 15–35 µm de largo. Con halterios de centros cortos y finales rectos/cóncavos, centros cortos y finales convexos, y en menor medida cuerpos de centros largos y finales convexos, que rondan entre los 10–25 µm de largo. También un gran número de cruces con centros gruesos fueron encontrados. Elementos elongados de 40–90 µm de largo y alrededor de 10 µm de ancho con bordes lisos, sinuosos suaves y fuertes. Con poca presencia de micropelos (40 µm de largo y 8 µm de ancho).

Entre los articulados, predominaron los elementos de las zonas costales, con células largas con bordes suavemente sinuosos, las cuales presentaron halterios bilobados y plurilobados aislados dispuestos de manera continua. En algunos casos, se observaron elementos que adoptaron una forma semejante a papilas globosas, dispuestas en hileras no tan ordenadas a ambos lados de los halterios plurilobados. Miden 30–40 µm de largo y ≤ 10 µm de ancho de manera aislada. Las células largas de las zonas intercostales, se encontraron en la mayoría de los casos asociados a estomas y células interestomáticas. Estas presentaron bordes sinuosos, suavemente sinuosos a lisos. Entre las células largas, a veces se encontraron células cortas en forma de cruces y las bases de micropelos. Los complejos estomáticos, variaron entre los 15–30 µm de largo, con 20 µm en su parte más ancha y 10 µm en las más delgadas; y las células acompañantes con forma triangular o de domo.

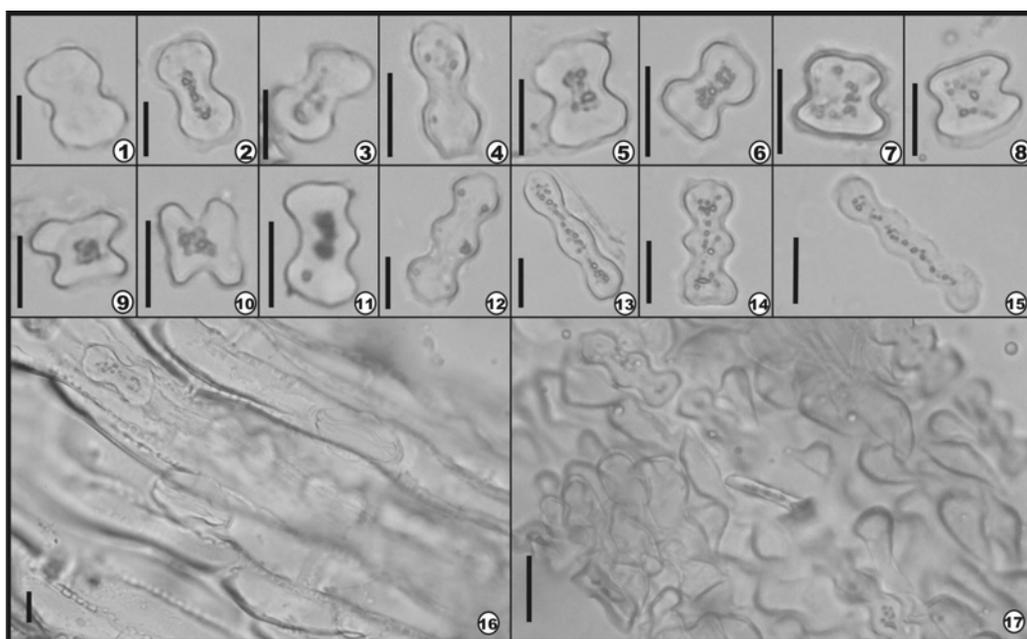


Figura 2. Asociación fitolítica de la hoja de *Echinochloa colona*. 1-4. Halterios bilobados con centros cortos y finales convexos. 5-8. Halterios bilobados con centros cortos y finales rectos o cóncavos. 9-10. Cruces. 11. Halterio plurilobado con caras laterales asimétricas. 12-14. Halterio plurilobado con dos itsmos y tres lóbulos desarrollados hacia ambos lados 15. Halterio plurilobado con más de dos itsmos y cuatro o más lóbulos dispuestos en cadena. 16. Zona intercostal con estomas y costal con halterios 17. Células costales con halterios plurilobados. Escala grafica: 10 µm.

Elionurus muticus

Planta perenne, en matas de 30–100 cm de alto, cañas glabras y huecas; nudos pajizos, glabros, vainas usualmente más largas que los entrenudos; lígulas con pelos de 2–4 mm de largo a los lados, laminas basales y caulinares, lineares, involutas o conduplicadas, superficie abaxial glabra, superficie adaxial y márgenes pubescentes (Molina y Rúgolo, 2006). Las células epidémicas en la cara adaxial de la epidermis son homogéneas entre los haces primarios y secundarios, por debajo son de menor tamaño. Mientras que en la cara adaxial de la epidermis, son de mayor tamaño a menudo intercaladas con papilas. Clorénquima radiado alrededor de los haces. Vaina parenquimática interrumpida en la cara abaxial a la altura de los haces. En la nervadura media los haces se ubican más cerca de la cara abaxial, y el resto son centrales (Türpe, 1981). Epidermis abaxial con cutícula gruesa en cambio la adaxial más delgada. Estomas rómbicos u ovoideos intercostales, muy frecuentes en la epidermis adaxial y poco a escaso en la epidermis abaxial. Células silíceas angostamente cuadradas o en forma de halterio más o menos frecuente en las zonas costales (Türpe, 1981). Células suberosas costales e intercostales, solitarias o asociadas a células silíceas. Aguijones medianos y ganchos pequeños, costales y en la zona intercostal de la epidermis abaxial. La epidermis adaxial presenta células buliformes rectangulares, globosas o no. Pelos unicelulares en las zonas intercostales adaxiales (Türpe, 1981).

Asociación fitolítica: La asociación fitolítica de la hoja de esta especie, se caracteriza por presentar elementos aislados y articulados (Fig. 3). Entre los aislados, predominan los halterios, con un tamaño que varía entre los 10–35 µm. La forma más frecuente corresponde a halterios con cuerpo voluminoso de forma de cónica. También, se encontraron halterios con centros relativamente cortos y finales más o menos convexos, con centros cortos y finales rectos/cóncavos, y cuerpos de centros largos y finales convexos. Otros elementos encontrados en menor abundancia, fueron los

halterios plurilobados con caras laterales asimétricas, con dos itsmos y tres lóbulos desarrollados hacia ambos lados y plurilobado con dos itsmos bien marcados y tres lóbulos triangulares; elementos en forma de cruces, flabelos, aguijones o ganchos y elementos elongados. Presencia de macropelos con tamaños mayores a 90 µm.

Con respecto a los elementos articulados, se encuentran segmentos de la epidermis de las zonas intercostales asociados entre sí, con sólo células largas, las cuales fueron las menos frecuentes. En general, presentaban ondulaciones en las paredes anticlinales. En muy pocos casos, presentaban papilas redondeadas en sus superficies. Se encontraron asociados a pelos, células cortas elongadas y a aparatos estomáticos. Los estomas con células acompañantes en forma de domo bajo, domo alto o triangular. Las células oclusivas miden 15–35 µm de largo con un ancho menor a 5 µm. De las zonas costales, se encontraron fitolitos asociados de células largas con paredes anticlinales lisas o levemente sinuosas y células cortas, en su mayoría en forma de halterios, pero también se observaron halterios plurilobados y halterios de forma cónica. En muchos casos aparecieron elementos aguzados asociadas a las células largas de ambas zonas.

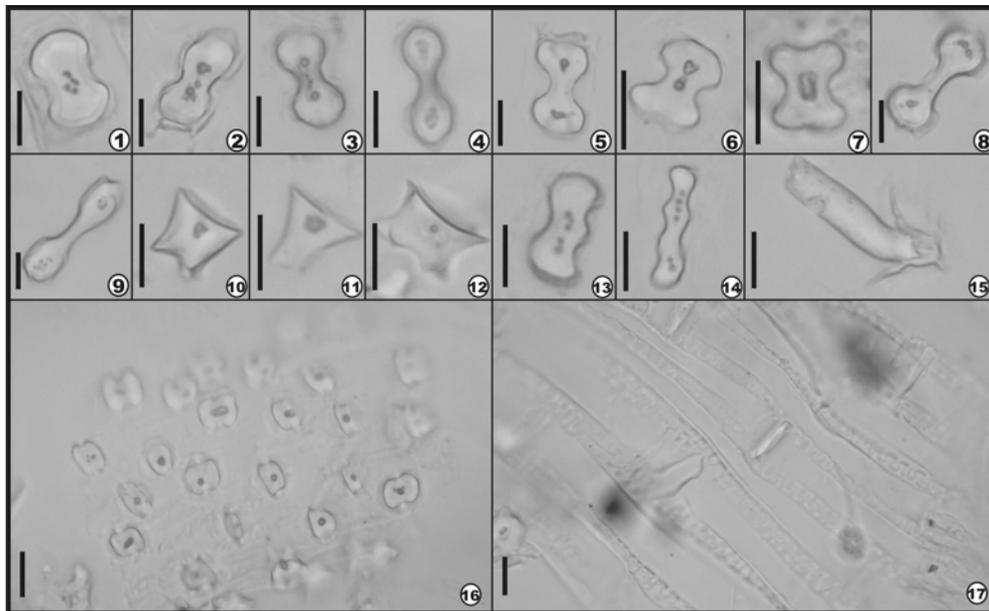


Figura 3. Asociación fitolítica de la hoja de *Elionurus muticus*. 1–4. Halterios con centros cortos y finales convexos. 5–7. Halterios con centros cortos y finales rectos o cóncavos. 8–9. Halterios con centros largos y finales convexos. 10–12. Halterios de forma cónica. 13. Halterio plurilobado con caras laterales asimétricas. 14. Halterio plurilobado con más de dos itsmos dispuestos asimétricamente. 15. Macropelos. 16. Zona costal con halterios. 17. Zona intercostal con células largas de bordes sinuosos, con pelo y células cortas. Escala gráfica: 10 µm.

Eriochloa montevidensis

Planta perenne, cespitosa, pluricaule. Presenta cañas erectas o geniculadas, de 40–80 cm de altura (Molina y Rúgolo, 2006). Las células epidérmicas de la cara abaxial del género *Eriochloa* se caracteriza por no presentar papilas; zonas costales e intercostales conspicuas, células largas de ambas zonas presentan forma y grosor de las paredes similares. Las células rectangulares intercostales de posición media con paredes marcadamente sinuosas. Estomas con células subsidiarias en forma de domo o triangular. Células oclusivas están superpuestas con las células interestomáticas. Son comunes las células cortas intercostales, en pares de células síliceas o solitarias no silicificadas. Células cortas costales conspicuas en largas filas. Cuerpos síliceos costales en forma de cruz o en forma de pesa, o nodular. Con micropelos (Watson y Dallwitz, 1992).

Asociación fitolítica: La hoja está caracterizada por fitolitos aislados y articulados (Fig. 4). Respecto a los primeros, predominaron los halterios de centros cortos y finales convexos, centros cortos y finales rectos o cóncavos, y en menor medida cuerpos de centros largos y finales convexos. Con un tamaño que varía entre los 10–30 µm, siendo por lo general, los halterios de finales rectos y centros cortos, los más chicos y aquellos de centros largos, los más grandes. También presentó todos los morfotipos de halterios plurilobados y de manera numerosa, con predominio de los plurilobados con caras laterales asimétricas y plurilobado con dos itsmos y tres lóbulos desarrollados hacia ambos lados, que rondaban las 20 µm. Abundante presencia de macropelos (70–80 µm de largo) y en menor medida micropelos (30 µm de largo). Otros elementos encontrados en menor medida, fueron elementos en forma de cruces con centros gruesos, que miden alrededor de 10 µm; cuerpos en forma de abanico, agujijones o

ganchos (50–65 μm de diámetro de área basal) y elementos elongados espinosos, lisos y sinuosos. Estos últimos, varían entre bordes lisos o sinuosos con cuerpo grueso y muchos más largos (60–110 μm de largo) y elementos con bordes sinuosos muchos más translúcidos y más cortos (40–80 μm de largo). En todas, el ancho ronda los valores entre 10–12 μm .

Los elementos articulados forman parte de la epidermis foliar, observando las zonas intercostales con células largas, en las que predominaron aquellas con bordes sinuosos. En menor número se hallaron elementos de bordes lisos. El grosor de las mismas, fue variable. En muchos casos, fue común observar papilas oblicuas de paredes

aparentemente finas (menores a 10 μm). También, en menor medida, presenta células del complejo estomático (aproximadamente 40 μm de largo y 20 μm en su parte más ancha), con las células subsidiarias en forma de domo bajo. Los macropelos, en muchos casos, se encontraron asociados con las células epidérmicas. Las células largas de la zona costal con bordes sinuosos a lisos, similares a las de la zona intercostal. Por lo general, translúcidos, acompañados de halterios, halterios plurilobados y elementos aguzados, que se encontraban solos formando una hilera o de a pares. Células buliformes fueron encontradas articuladas y variaban entre los 20–50 μm de tamaño.

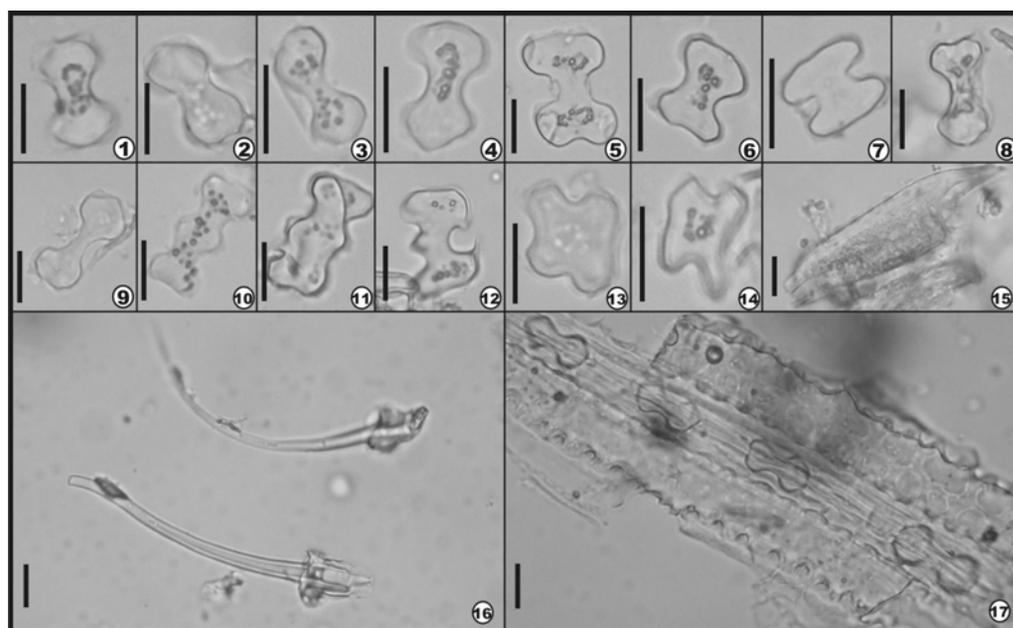


Figura 4. Asociación fitolítica de la hoja de *Eriochloa montevidensis*. 1–4. Halterios con centros cortos y finales convexos. 5–7. Halterios con centros cortos y finales rectos o cóncavos. 8–9. Halterios con centros largos y finales convexos. 10–11. Halterios plurilobados con dos istmos y tres lóbulos desarrollados hacia ambos lados. 12. Halterio plurilobado con caras laterales asimétricas. 13–14. Cruces. 15. Elemento aguzado. 16. Macropelos y bases. 17. Elementos articulados de la zona costal e intercostal con elongados y halterios. Escala gráfica: 10 μm .

Setaria lachnea

Planta perenne, cespitosa con innovaciones intravaginales. Cañas simples o ramificadas y enraizadas en los nudos inferiores. La lámina en sección transversal de la hoja presenta parénquima asociado al haz

vascular medio; esclerénquima en los márgenes y asociados a los haces; epidermis abaxial; no hay una clara diferenciación entre células buliformes y el resto de células epidérmicas en la cara adaxial; parénquima incoloro sin contacto con las células buliformes; células del clorénquima ordenadas

radialmente en los haces de primer orden, existiendo un clorénquima prácticamente continuo entre el resto de los haces. La vaina parenquimática Kranz está formada por una sola capa de células grandes (Gasser y otros, 2002).

Asociación fitolítica: La asociación fitolítica de la hoja presentó elementos aislados y articulados (Fig. 5). Entre los fitolitos aislados se caracterizó por un mayor número de halterios sobre todo los de centros cortos y finales convexos y centros cortos y finales rectos o cóncavos. Con un tamaño que varía entre los 10–15µm. Poca presencia de halterios plurilobados (con caras laterales asimétricas, con dos istmos y tres lóbulos, con dos istmos bien marcados y tres lóbulos triangulares), que varían entre 15–20 µm y de cruces con centros gruesos, que miden alrededor de 10 µm de largo. Presenta micropelos entre 20–40 µm de largo (≤ 3µm de ancho), presenta las células de la base, que miden 12 µm de largo y 8–12µm de ancho. Escasos elementos aguzados, que oscilan entre 10–50 µm y en abanicos. Mientras que los elementos elongados se presentaron abundantes sobre todo en forma articulada,

pudiendo tener bordes lisos a sinuosos, y variando en su largo, encontrando desde formas más cortas semejantes a un cuadrado (20–30µm de largo y 12–20µm de ancho) y otros muchos más largos y finos (30–90 µm de largo y ≤ 5–10 µm de ancho).

Los elementos articulados, mostraron parte de la epidermis y subepidermis foliar, donde se observan células largas intercostales con bordes lisos, leve a fuertemente sinuosos, que varían de largo y en muchos casos se encontraron asociados a micropelos y estomas. Con células oclusivas y células subsidiarias en forma de domo bajo, que en total miden 15 µm de largo por 10 µm de ancho. Las células subsidiarias en su parte más ancha miden aproximadamente 2 µm. en muchas de las células aparecieron protuberancias que asemejan a papilas, con formas de domo a oblicuas de distintos tamaños, que varían entre 1–10 µm. se distribuyen en posición central, pero cuando se presentan más de uno por célula, se arreglan en filas sobre los bordes de las células. Se encuentran también elementos aguzados más chicos. Las células largas costales, mucho más angostas asociadas a halterios de formas diferentes, cruces y en ocasiones a elementos aguzados.

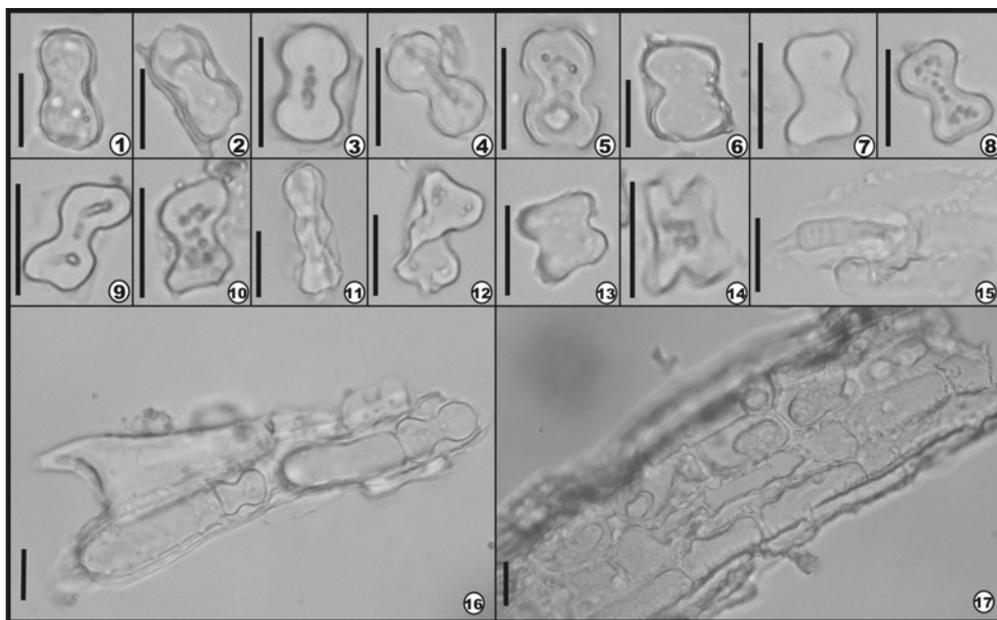


Figura 5. Asociación fitolítica de la hoja de *Setaria lachnea*. 1–4. Halterios con centros cortos y finales convexos. 5-10. Halterios con centros cortos y finales rectos o cóncavos. 11. Halterio plurilobado con dos istmos y tres lóbulos desarrollados hacia ambos lados 12. Halterio plurilobado con caras laterales asimétricas. 13–14. Cruces. 15. Micropelo asociado a la epidermis. 16. Elemento aguzado asociado a elementos elongados y halterios de la zona costal. 17. Elementos articulados de células elongadas de la zona intercostal con papilas. Escala gráfica: 10 µm.

Respecto a los tipos morfológicos y sus frecuencias, se observó que tanto *Eriochloa montevidensis*, *Setaria lachnea* y *Echinochloa colona* presentaron una mayor similitud. *Elionurus muticus* se caracterizó por halterios con forma cónica, que fue casi exclusiva en esta especie. También presentó importantes diferencias en los fitolitos articulados como células cortas de las zonas costales de manera alterna, una gran mayoría de elementos largos de las zonas intercostales con los bordes sinuosos y las extremidades de las células interestomáticas con bordes no cóncavos, la ausencia de fitolitos de micropelos, una gran mayoría de elementos largos de las zonas intercostales con los bordes sinuosos y las extremidades de las células interestomáticas con bordes no cóncavos. Por otro lado, *Eriochloa montevidensis* y *Setaria lachnea*, se caracterizaron por una mayor frecuencia de los morfotipos halterios de centros cortos y finales rectos/cóncavos y centros cortos y finales convexos. No mostraron células cortas entre las células largas de la zona intercostal y sólo se observaron bases de pelos. Por último, *Echinochloa colona* fue la especie con el mayor número de halterios plurilobados y cruces entre los diferentes morfotipos de las células cortas. Además, presentaba cruces entre las células largas de las zonas intercostales.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las asociaciones fitolíticas de las cuatro especies de gramíneas analizadas son las primeras realizadas en especies del Chaco Oriental. En esta región, las Poaceae, junto con las Asteraceae, son las familias que presentan el mayor número de especies (Contreras y otros, 2015b). A su vez, las Panicoideae y Chloridoideae, son las subfamilias de Gramíneas mejor representadas (Molina y Rógolo, 2006). Las especies de gramíneas no sólo se encuentran formando pastizales o sabanas, sino que un gran número de especies también habitan otras comunidades vegetales como el sotobosque de las selvas y bosques (Contreras y otros, 2015b). Tres de las especies analizadas (*Echinochloa colona*, *Eriochloa montevidensis* y *Setaria lachnea*) fueron encontradas en bordes de las selvas en galería; mientras que *Elionurus muticus* formando pastizales. Ambas comunidades

vegetales presentan el mayor número de especies de gramíneas (Contreras y otros, 2015b).

En relación a las asociaciones fitolíticas, hasta el momento sólo se conocen las de 28 especies que fueron descritas para regiones vecinas y que también están presentes en el Chaco (Monsalve, 2000; Zucol, 2000; Wallis, 2003; Iriarte y Paz, 2007; Fernández Honaine y otros, 2009; Patterer, 2014; Benvenuto y otros, 2015). Entre ellas se conocen las asociaciones de nueve especies de Gramíneas: *Andropogon selloanus* (Hack.) Hack., *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv. var. *crus-galli*, *Echinodorus grandiflorus* (Cham. & Schltldl.) Micheli, *Lasiacis sorghoidea* (Desv. ex Ham.) Hitchc. & Chase, *Panicum prionitis*, *Paspalum notatum*, *P. plicatum*, *P. urvillei*, *Setaria parviflora*. Al tratarse de gramíneas, todas presentaron un alto porcentaje de sílice, y donde fueron detallados principalmente los elementos aislados, en especial los morfotipos típicos de Panicoideae (Parry y Smithson, 1964; Sendulsky y Labouriau, 1966; Bertoldi de Pomar, 1971; Monsalve, 2000; Zucol, 1998; Zucol, 2000; Iriarte y Paz, 2007).

Por otro lado, las Gramíneas analizadas contenían sílice en las hojas, predominando los elementos en forma aislada. Los elementos articulados provenían, casi en su totalidad, de la epidermis foliar. En general, en las Gramíneas los cuerpos de sílice se acumulan en las células epidérmicas de las hojas y tienen varias formas y se pueden observar dos tamaños, elongadas y cortas (Twiss y otros, 1969). Respecto a las primeras, a su vez, pueden variar según el largo, grosor de la pared y la ornamentación de los bordes. Por otro lado, las formas de las células cortas podrían no corresponder a la forma de las células que lo encierran y su forma, frecuencia, y distribución, varían dentro de las especies y géneros (Twiss y otros, 1969). Los fitolitos de células cortas son más significativos a la hora de hacer asignaciones taxonómicas, mientras que los otros cuerpos silíceos producidos en la epidermis de las gramíneas suelen ser menos específicos (ej. elementos elongados, células buliformes y elementos aguzados) (Neumann y otros, 2016).

En general, las células cortas con formas ovales y redondeadas, son comunes en la Subfamilia Pooideae. Una gran diversidad de halterio bilobados, halterio plurilobado y cruces caracterizan a la Subfamilia Panicoideae (Mercader y otros, 2010; Neumann y otros, 2016). Aunque también los bilobados fueron observados en otras subfamilias (Ghosh y otros, 2011). En Aristoidoideae y Arundinoideae las formas bilobadas poseen ejes largos y delgados que conectan lóbulos con forma de sillas de montar, redondeados o con bordes convexos, a diferencia de los bilobados de Panicoideae que son más cortos, con ejes anchos y lóbulos semiredondeados o alargados y rectos. Los fitolitos tipo *Stipa*, son asimétricos, usualmente de sección trapezoidal o hasta aquillados en sección transversal, a diferencia de las Panicoideae que son más planos y simétricos (Piperno, 2006). Las Chloridoideae a menudo exhiben formas bilobadas con bordes convexos, acampanados, semejantes a sillas de montar en todo su perfil (Piperno, 2006). Otros morfotipos derivan de pelos, agujones, células buliformes, células largas o complejos estomáticos, pero son menos usadas para identificar taxones dentro de esta familia (Piperno, 2006).

Las Gramíneas aquí analizadas presentaron las formas características de la Subfamilia Panicoideae a la cual pertenecen, predominando halterios bilobados, halterios plurilobados y cruces. Sin embargo, pese a que las cuatro especies analizadas pertenecen a la misma Subfamilia y que todas presentan el tipo de fotosíntesis C_4 , se pudieron observar diferencias en sus asociaciones fitolíticas. Mercader y otros (2010), observaron que los fitolitos bilobados cortos con finales cóncavos son mayormente producidos por la Tribu Paniceae y bilobados cortos con finales convexos son más comunes en la Tribu Andropogoneae. Mientras que los bilobados largos con márgenes convexos son comunes a ambas tribus. Sin embargo, Neumann y otros (2016) sugieren no

separar ambas tribus y considerarlas a nivel de subfamilia. De igual modo, se observó que *E. muticus* difiere de las otras tres especies aquí analizadas teniendo en cuenta los distintos morfotipos y sus frecuencias, y en la forma en que se encuentran cuando están articulados.

El análisis realizado en este trabajo, aporta conocimiento sobre las asociaciones fitolíticas de los vegetales de la región estudiada aquí. Pero todavía no son suficientes para caracterizar éstas asociaciones pertenecientes a las distintas comunidades del Chaco Oriental. Por lo que se necesitará un mayor conocimiento sobre los cuerpos silíceos de las distintas especies chaqueñas. Este estudio no sólo permitirá la comparación con las asociaciones fitolíticas de las distintas comunidades vegetales, sino también con el análisis fitolítico de las secuencias sedimentarias cuaternarias de la región, contribuyendo así al conocimiento de las variaciones de las comunidades vegetales y de los cambios paleoclimáticos y/o paleoambientales del Chaco Oriental ocurridos en el pasado reciente.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, C.; Chávez, T.; García, P. y Raya, J. 2007. EL Silicio en los Organismos Vivos. *Interciencia*. 32 (8): 504–509.
- Albert, R.M. 2006. Reconstrucción de la vegetación en África Oriental durante el Plio-Pleistoceno a través del estudio de fitolitos: La Garganta de Olduvai (Tanzania). *Ecosistemas*. 1–13. ([www.revistaecosistemas.net/articulo.asp? Id =398&IdCategoria =2&tipo=portada](http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=398&IdCategoria=2&tipo=portada))
- Benvenuto, M. L., Fernández Honaine, M., Osterrieth, M. L., y Morel, E. 2015. Differentiation of globular phytoliths in Arecaceae and other monocotyledons: morphological description for paleobotanical application. *Turkish Journal of Botany*. 39(2): 341–341.
- Bertoldi de Pomar, H. 1971. Ensayos de clasificación Morfológica de los Silicofitolitos. *Ameghiniana*. 8 (3, 4): 317-328.
- Bertoldi de Pomar, H. 1975. Los silicofitolitos:

- Sinopsis de su conocimiento. *Darwiniana*. 19 (2-4): 173–206.
- Biani, N; Vesprini, J y Prado, D. 2004. Conocimiento sobre el gran Chaco Argentino en el siglo XX. En: Arturi, M.F., J.L. Frangi y J.F. Goya (Eds.), *Ecología y Manejo de los bosques de Argentina*. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales-Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata.
 - Brea, M., Zucol, A. F., Raigemborn M.S. y Matheos, S. 2008. Reconstrucción de paleocomunidades arbóreas mediante análisis fitolíticos en sedimentos del Paleoceno superior-Eoceno? (Formación Las Flores), Chubut, Argentina. En: *Matices Interdisciplinarios en Estudios Fitolíticos y de otros Microfósiles/ Interdisciplinary Nuances in Phytolith and other Microfossil Studies*. A. Korstanje & P. Babot (Editors), BAR (British Archaeological Reports) International Series S1870, Capítulo 9, pp. 91-108. 218 pp. (Oxford, Inglaterra).
 - Carnevali, R. 2003. El Iberá y su entorno fitogeográfico. EUDENE, Edit. Univ. de la Univ. Nac. del Nordeste. Corrientes. 112 p.
 - Contreras, S.A. 2010. Quaternary palaeoenvironmental reconstruction based on fossil imprints and palynological data from Villa Escolar, Eastern Chaco plain, Argentina. Meeting of the Americas. *Eos Trans. AGU*, 91(26), Jt. Assem. Suppl., Abstract 852866.
 - Contreras, S. y Lutz, A., 2014. Primer Registro de *Equisetites* Sp. Sternberg. (Equisetaceae) en Sedimentos Cuaternarios del Río Bermejo (Formosa, Argentina). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 49 (3), 381–392.
 - Contreras, S.; Lutz, A. y Zucol, A. 2015. a. Holocene paleoagrostological impressions from the Eastern Chaco Region (Argentina). *Review of Palaeobotany and Palynology*. 223: 37–49.
 - Contreras, S.; Contreras, F.I.; Lutz, A. y Zucol, A. 2015. b. Contribución al conocimiento florístico del Chaco Oriental, Sudeste de la Provincia de Formosa, Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 50 (4), 531-574.
 - De Campos, A. y Labouriau, L. 1969. *Corpos Silicosos de Gramineas Dos Cerrados*. II. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 4:143–151.
 - Di Paola, E. y González, M. 1992. Silicofitolitos en secuencias continentales terciario-pleistocenas de la provincia de San Luis. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 47 (1): 111-112.
 - Fernández Honaine, M.; Zucol A. y Osterrieth, M. 2006. Phytolith Assemblages and Systematic Associations in Grassland Species of the South-Eastern Pampean Plains, Argentina. *Annals of Botany*. 98: 1155–1165.
 - Fernández Honaine, M.; Zucol A. y Osterrieth, M. 2009. Phytolith analysis of Cyperaceae from the Pampean region, Argentina. *Australian Journal of Botany*. 57: 512–523.
 - Fernández Pepi, M. G. 2007. Estudios fitolíticos de las comunidades vegetales del ecotono fueguino como una herramienta para reconocer sus variaciones de composición en el pasado reciente. Tesis Doctoral presentada en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 252pp.
 - Gallegos, L. 2003. Análisis de Fitolitos como evidencia de reemplazos de especies en pastizales del sur del Caudal. Tesis Doctoral Universidad Nacional del Sur.
 - Gasser, M.; Ramos, J.; Tivano, J. y Vegetti, A. 2002. Anatomía foliar de *Bromus auleticus* y *Setaria lachnea* sometidas a digestión in situ. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata* 105(1): 68–76.
 - Ginzburg, R. y Adámoli, J. 2006. Situación ambiental en el Chaco húmedo. En: Brown, Alejandro; Martínez Ortiz, Ulises; Acerbi, Marcelo y Corcuera, Javier. (Eds.), *La situación ambiental argentina 2005*. Fundación Vida Silvestre. Argentina.
 - Ghosh, R., Naskar M. y Bera, S. 2011. Phytolith assemblages of grasses from the Sunderbans, India and their implications for the reconstruction of deltaic environments. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 311: 93–102.
 - Hodson, M. J., Parker, A. G., Leng, M. J. y Sloane, H. J. 2008. Silicon, oxygen and carbon isotope composition of wheat (*Triticum aestivum* L.) phytoliths: implications for palaeoecology and archaeology. *J. Quaternary Sci.*, Vol. 23 pp. 331–339. ISSN 0267-8179.
 - IPCNWG. 2005. International Code for Phytolith Nomenclature 1.0. *Annals of Botany*, 96 (2): 253–260.

- Iriarte, J. y Paz, E. 2007. Phytoliths analysis of selected native plants and modern soils from southeastern Uruguay and its implications for paleoenvironmental and archaeological reconstruction. *Quaternary International*. 1–55.
- Iriando, M.H., 1992. El Chaco. Holoceno. *Cadinqua*. I: 50–63.
- Iriando, M.H. 1995. El Cuaternario del Chaco. En: Argollo, J. y Mourguia, P. (eds.), *Climas Cuaternarios en América del Sur*. Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement et Coopération. 344 pp.
- Labouriau, L.G. 1983. A germinação das sementes. Washington: OEA, 174 p
- Maturo, H.; Oakley, L. y Prado, D. 2005. Vegetación y Posición Fitogeográfica de la Reserva El Bagual. En: Di Giacomo A.G. y S.F. (Eds.), *Temas de Naturaleza y Conservación*. 4: 59–73. Monografía de Aves Argentinas. Buenos Aires.
- Maturo, H. y Prado, D. 2006. Los Bosques del Chaco Húmedo Formoseño: Tres Estados Contrastantes de Conservación en Tierras Privadas. En: Brown, Alejandro; Martínez Ortiz, Ulises; Acerbi, Marcelo y Corcuera; Javier (Eds.), *La situación ambiental argentina 2005*. Fundación Vida Silvestre. Argentina.
- Mercader, J.; Astudillo, F., Barkworth, T., Bennett, T., Esselmont, C., Kinyanjui, R.; Grossman, D. L., Simpson, S. y Walde, D. 2010. Poaceae phytoliths from the Niassa Rift, Mozambique. *Journal of Archaeological Science*. 37: 1953–1967.
- Molina, A. M. y Rúgolo, Z. 2006. Flora Chaqueña Argentina (Formosa, Chaco y Santiago del Estero), Familia Gramíneas. Colección Científica del INTA. Argentina.
- Monsalve, M. 2000. Catálogo Preliminar de Fitólitos Producidos por algunas plantas asociadas a las Actividades Humanas en el Suroeste de Antioquia, Colombia. *Crónica Forestal y del Medio Ambiente*. Universidad Nacional de Colombia. 15 (1).
- Morello, J. y Adámoli, J. 1974. Las grandes unidades de vegetación y ambiente del Chaco argentino. Segunda parte: vegetación y ambiente de la provincia del Chaco. Serie Fitogeográfica N° 13. INTA, Buenos Aires. 130 pp.
- Morello J. y Matteucci, S.D. 1999. Biodiversidad y fragmentación de los bosques en la Argentina. En: Matteucci S.D., O.T. Solbrig; J. Morello y G. Halffter (Eds.), *Biodiversidad y uso de la tierra. Conceptos y ejemplos de Latinoamérica*. EUDEBA-UNESCO, Buenos Aires. 463–498.
- Neumann, K., Fahmy, A., Müller-Scheebel, N., Schmidt, M. 2016. Taxonomic, ecological and paleoecological significance of leaf phytoliths in West African grasses. *Quaternary International*. Elsevier. In press.
- Parry, D.W. y Smithson, F. 1964. Types of opaline silica deposition in the leaves of British grasses. *Annals of Botany*. 28 (109): 170–185.
- Patterer, N. 2014. Análisis fitolíticos de las principales especies de palmeras (Arecaceae) presentes en regiones subtropicales de América del sur. *Boletín de la Sociedad de Botánica*. 49 (4): 491–502.
- Pearsall, D. y Dinan, E. 1992. Developing a Phytolith Classification System. Capítulo 3. En: *Phytolith Systematics. Emerging Issues*. Rapp, G. y Mulholland, S. (Eds.), Plenum Press.
- Peña Chocarro, M.; De Egea, J., Vera, M. Maturo H. y Knapp, S. 2006. Guía de árboles y arbustos del Chaco Húmedo. En: De Egea, J. y - Peña Chocarro, M. (Eds.), *The Natural History Museum, Guyra Paraguay, Fundación Moises Bertoni y Fundación Habitat y Desarrollo*. Asunción, Paraguay.
- Piperno, D. 2006. *Phytoliths: A Comprehensive Guide for Archaeologists and Paleoecologists*. Rowman Altamira. 238 pp.
- Placci, L. y Holz, S. 2004. Patrón de paisaje de bosques del Chaco Oriental. En: M. F. Arturi, J. Frangi y J. F. Goya (Eds.), *Ecología y manejo de los bosques de Argentina*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata, La Plata.
- Prado, D.E. 1993. What is the Gran Chaco vegetation in South America? I. A review. Contribution to the study of flora and vegetation of the Chaco V. *Candollea*. 48: 145–172.
- Sendulsky, T. y Labouriau, L.G. 1966. Corpos silicosos de gramíneas dos cerrados. I. En: *Simpósio sobre o cerrado, 2º, Rio de Janeiro, 1965*. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 38: 159–185.
- Tortorelli, L. 2009. *Maderas y Bosques Argentinos*. Tomo I. Segunda edición. Orientación Gráfica Editora. Buenos Aires, Argentina.
- Türpe, A. M. 1981. Anatomía foliar de las especies de *Elionurus* Wild. (Andropogoneae,

- Andropogonoideae, Gramineae). *Lilloa*. 35 (3): 5–35.
- Twiss, P. C.; Suess, E. y Smith, R. 1969. Morphological Classification of Grass Phytoliths. *Soil Science Society of America Proceedings*. 33: 109-115.
- Twiss, P.C. 1992. Predicted world distribution of C3 and C4 grass phytoliths. En: Rapp, G. J y Mulholland, S.C. (Eds.), *Phytoliths Systematics. Emerging Issues: Advances in Archaeological and Museum Science*. 1: 113–128.
- Wallis, L. 2003. An Overview of leaf phytolith production patterns in selected northwest Australian Flora. *Review of Paleobotany and Palynology*. Elsevier. 125: 201–248.
- Watson, L. y Dallwitz, M.J. 1992. The families of flowering plants: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. Version: 2nd October 2014.
- Zucol, A. F. 1996. Estudios morfológicos comparativos de especies de los géneros *Stipa*, *Panicum* y *Paspalum* (Poaceae), de la Provincia de Entre Ríos. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de La Plata. 558 pp.
- Zucol, A. F. 1998. Microfitolitos de las Poaceae Argentinas: II. Microfitolitos Foliares de algunas Especies del Género *Panicum* (Poaceae, Paniceae) de la Provincia de Entre Ríos. *Darwiniana*. 36 (1-4): 29–50.
- Zucol A. F. 1999. Fitolitos de las Poaceae argentinas. IV. Asociación fitolítica de *Cortaderia selloana* (Danthonieae: Arundinoideae), de la provincia de Entre Ríos (Argentina). *Natura Neotropicalis*. 30 (1-2): 25–33.
- Zucol, F. 2000. Fitolitos de Poaceae de Argentina. III. Fitolitos Foliares de especies del Género *Paspalum* (Paniceae) en la Provincia de Entre Ríos. *Darwiniana*. 38 (1-2): 11–32.
- Zucol, A. y Brea, M. 2005. Sistemática de Fitolitos, Pautas para un Sistema Clasificadorio. Un caso en estudio en la Formación Alvear (Pleistoceno inferior), Entre Ríos, Argentina. *Ameghiniana*. 42 (4): 685–704.
- Zucol, A., Brea, M. y Scopel, A., 2005. First record of fósil wood and phytolith assemblages of the Late Pleistocene in the El Palmar National Park (Argentina). *Journal of South American Earth Sciences* 20: 33–43.
- Zucol, A. F., Brea, M., Bellosi, E., Carlini, A. A. y Vucetich, G. 2007. Preliminary phytolith analysis of Sarmiento Formation in the Gran Barranca (Central Patagonia, Argentina). En *Plants, peoples and places. Recent studies in phytolith analysis*, Madella M. y D Zurro (eds.). *Oxbow Books*: 189-195.
- Zucol, A. F., Brea, M., y Bellosi, E. 2010. Phytolith studies in Gran Barranca (central Patagonia, Argentina) focused in the Middle-Late Eocene. En: *The Paleontology of Gran Barranca: Evolution and Environmental Change through the Middle Cenozoic of Patagonia*. R. Madden, A. Carlini, M. Vucetich y R. Kay (eds.) Cambridge University Press. Chapter 22: 313-336.

ÍNDICE

TRABAJOS

Páginas 3-11:

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE PRECIPITACIÓN PARA JUJUY Y SALTA DURANTE LAS FASES DEL FENÓMENO DEL NIÑO – OSCILACIÓN DEL SUR (ENOS)

Hurtado, R.; E. M. Zalazar; M. R. Portal; M. Valdiviezo Corte; I. Spescha; C. Moreno; H. Mayo; A. Riquelme Guzmán

Páginas 12-27:

INFERENCIAS SOBRE EL PALEOAMBIENTE EN EL SITIO POZO DE LA CHOLA, REGIÓN SUBANDINA DE JUJUY (2000- 1500 AÑOS AP), A PARTIR DEL ANÁLISIS DE MACRORESTOS VEGETALES

Ramos, R.S.; G. Ortiz; A. Alavar

Páginas 28-34:

CRECIMIENTO DE *PTEROGYNE NITENS* (TIPA COLORADA) EN PLANTACIONES EN MACIZO BAJO DISTINTOS TIPOS DE RIEGO Y FERTILIZACIONES

Humano, C. A.; J. M. Solís; A. G. Durán

Páginas 35-50:

TASAS POBLACIONALES DE LAS ESPECIES ARBÓREAS COMPONENTES DE UN RODAL DE LA SELVA PEDEMONTANA DE YUNGAS, JUJUY, ARGENTINA

Humano, C. A.

Páginas 51-56:

APORTES SOBRE LA CAPACIDAD GERMINATIVA DE *CEDRELA BALANSAE* C.DC.

Gerónimo G.; A. Rivera; M. Serrano

Páginas 57-61:

HONGOS ASOCIADOS A HORMIGUEROS

Benítez Ahrendts, M.R.; M. Tejerina; A. Durán; I. Carrillo

Páginas 62-67:

INOCULACION MULTIPLE EN UN CULTIVO DE POROTO BLANCO (*PHASEOLUS VULGARIS* L.) var 10

Zankar, G.; S. del V. Abarza; R. Boccardo y F. Altamirano

Páginas 68-75:

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y FUNCIONAL DE ALMIDONES DE DIFERENTES VARIEDADES DE PAPAS ANDINAS

Gremasqui, I. de los A.; N. E. Domínguez; S. R. Calliope; N. Sammán

Páginas 76-79:

BIOFISICOQUÍMICA DE LA PROTEINEMIA Y ALBUMINEMIA EN UN LOTE DE CAPRINOS CON HIPERPLASIA DE LA GLÁNDULA TIROIDES DE LA LOCALIDAD DE CHORRILLOS

De Vega, F.; E. Abalos.; J. Marín; N. Carrizo

Páginas 80-85:

ANÁLISIS DE LA EFICACIA ACARICIDA DE LA FLUMETRINA PARA EL CONTROL DE *VARROA DESTRUCTOR* EN COLMENAS DE *APIS MELLIFERA* L (HYMENOPTERA: APIDAE) EN UN COLMENAR DEL PARTIDO DE LA PLATA. BUENOS AIRES

Pérez, R.; D. Leveratto; R. Campomar Farias; J. Biginelli; J. Marcangeli

Páginas 86-92:

DETERMINACIÓN DE RESIDUOS DE CARBOFURAN EN APIOS CULTIVADOS EN LA REGIÓN DE LA QUEBRADA DE HUMAHUACA, PROVINCIA DE JUJUY, ARGENTINA

Wierna, N.; A. Ruggeri; A. Escalera; J. Tschambler; G. Bovi Mitre

Páginas 93-108:

REVISIÓN DE LAS ASOCIACIONES FITOLÍTICAS DE ESPECIES DE PANICOIDEAE (POACEAE) DEL CHACO ORIENTAL ARGENTINO

Contreras, S.; A. Zucol y A. Lutz

INDEX

WORKS

Pages 3-11:

THE PROBABILITY OF OCCURRENCE OF RAINFALL IN JUJUY AND SALTA DURING EL NIÑO - SOUTHERN OSCILLATION (ENSO)' PHASES

Hurtado, R.; E. M. Zalazar; M. R. Portal; M. Valdiviezo Corte; I. Spescha; C. Moreno; H. Mayo; A. Riquelme Guzmán

Pages 12-27:

INFERENCES PALAEOENVIRONMENT ON THE POZO DE LA CHOLA SITE, SUB-ANDEAN REGION OF JUJUY PROVINCE (2000-1500 YEAR BP) BASED ON AN ANALYSIS OF THE MACROREMAINS

Ramos, R.S.; G. Ortiz; A. Alavar

Pages 28-34:

GROWTH OF *PTEROGYNE NITENS* IN PLANTATIONS UNDER TYPES OF IRRIGATION AND FERTILIZATION

Humano, C. A.; J. M. Solís; A. G. Durán

Pages 35-50:

POPULATION RATES OF TREE SPECIES COMPONENTS OF A STAND OF THE PEDEMONTANA FOREST OF YUNGAS, JUJUY, ARGENTINA

Humano, C. A.

Pages 51-56:

CONTRIBUTIONS ON GERMINATIVE CAPACITY OF *CEDRELA BALANSAE* C.DC.

Gerónimo G.; A. Rivera; M. Serrano

Pages 57-61:

FUNGI ASSOCIATED TO ANT NESTS

Benítez Ahrendts, M.R.; M. Tejerina; A. Durán; I. Carrillo

Pages 62-67:

MULTIPLE INOCULATION IN COMMON-BEAN (*PHASEOLUS VULGARIS* L.) var 10

Zankar, G.; S. del V. Abarza; R. Boccardo y F. Altamirano

Pages 68-75:

FUNCTIONAL AND MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF STARCHES OF DIFFERENT VARIETIES OF ANDEAN POTATOES

Gremasqui, I. de los A.; N. E. Domínguez; S. R. Calliope; N. Sammán

Pages 76-79:

PROTEINEMIA AND ALBUMINEMIA BIOFISICO-CHEMISTRY IN A GOATS LOT WITH HYPERPLASIA OF THE THYROID GLAND FROM CHORRILLOS AREA

De Vega, F.; E. Abalos.; J. Marín; N. Carrizo

Pages 80-85:

ACARICIDE EFECTIVENESS ANALYSIS OF FLUMETHRIN TO CONTROL *VARROA DESTRUCTOR* IN COLONIES OF *APIS MELLIFERA* L (HYMENOPTERA: APIDAE) LOCATED AT LA PLATA. BUENOS AIRES.

Pérez, R.; D. Leveratto; R. Campomar Farias; J. Biginelli; J. Marcangeli

Pages 86-92:

DETERMINATION OF CARBOFURAN RESIDUES IN CELERY GROWN IN THE REGION OF QUEBRADA, PROVINCE OF JUJUY

Wierna, N.; A. Ruggeri; A. Escalera; J. Tschambler; G. Bovi Mitre

Pages 93-108:

REVIEW OF PHYTOLITH ASSEMBLAGES OF PANICOIDEAE (POACEAE) SPECIES OF THE ORIENTAL CHACO, ARGENTINA

Contreras, S.; A. Zucol y A. Lutz