

Vol. 15(1) – 2023
ISSN 2304-2907 (on line)

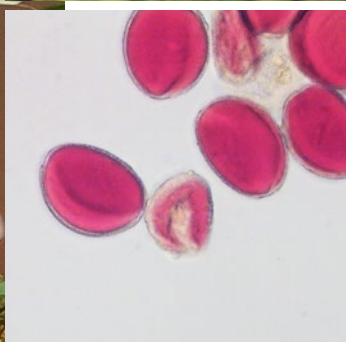
Steviana



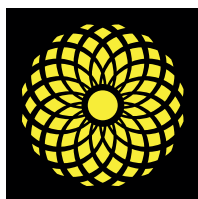
Hippeastrum vittatum (L'Her.) Herb.



Zephyranthes mesochloa
Herb. ex Lindl.



Hippeastrum puniceum
(Lam.) Voss



Laboratorio de Recursos Vegetales
Departamento de Biología
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad Nacional de Asunción



La revista ***Steviana*** es una publicación semestral, del Laboratorio de Recursos Vegetales (LA-REV), Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FACEN), la misma fue creada en 2009, y cubre áreas de investigación primaria, en todas las líneas de trabajo en el campo de las ciencias botánicas y áreas relacionadas. Las subsecciones temáticas son: Conservación, Ecología, Etnobotánica y Botánica Económica, Ficología, Fisiología, Biotecnología, Fitoquímica, Flora y Vegetación, Genética y Biología Molecular, Micología, Morfoanatomía Vegetal, Sistemática y Taxonomía, Toxicología, entre otras.

Además Steviana publica números especiales, tales como: libros y suplementos con los resúmenes de los trabajos presentados a las Jornadas Paraguayas de Botánica.

Cuenta con dos versiones, una impresa con tirada anual (ISSN 2077-8430) y otra *online* con publicación semestral (ISSN 2304-2907). Se publican investigaciones originales (artículos), revisiones (reviews), notas cortas y una sección de noticias, divulgación de redes y eventos, sin costo para los autores.

La revista se encuentra desde el año 2012 en el catálogo Latindex con N° de Folio 21767, e indexada en Latindex 2.0 desde el año 2022. Así también, forma parte de las siguientes bases de datos, directorios y catálogos *online*: Crossref, ISSN, Google Académico, MIAR, BASE, Dialnet, ROAD y Biblat.

La Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FACEN) agradece a los investigadores nacionales e internacionales, que han dedicado su tiempo y esfuerzo incondicional en el arbitraje de los artículos:

NACIONALES

Danilo Fernández

Universidad Nacional de Asunción. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento de Biotecnología. Paraguay

Christian Vogt

Universidad Nacional de Asunción. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento de Biología. Paraguay

Karina Núñez

Universidad Nacional de Asunción. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento de Biología. Paraguay

Francisco Ferreira

Universidad Nacional de Asunción. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Laboratorio de Recursos Vegetales-área Química Orgánica de los Productos Naturales, Paraguay

Nélida Soria Rey

Universidad Nacional de Pilar. Facultad de Ciencias Aplicadas. Paraguay

Elvio Gayozo

Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de

Biología, Laboratorio de Mutagénesis, Carcinogénesis y Teratogénesis Ambiental, San Lorenzo, Paraguay

Antonio Samudio Oggero

Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas (CEMIT), Universidad Nacional de Asunción

INTERNACIONALES

Carolina Chegwin

Docente Asociada. Universidad Nacional de Colombia

Alejandro Granados

Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Químicas, Departamento de Química Orgánica, SuNaLab, Ciudad Universitaria, X5000HUA, Córdoba, Argentina. CONICET-INFIQC, Córdoba, Argentina

Gloria Rodrigo

Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Ciencias Puras y Naturales, Carrera de Biología. Instituto de Biología Molecular y Biotecnología. La Paz, Bolivia



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCION

RECTORA

Prof. Dra. Zully Concepción Vera de Molinas

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

DECANO

Prof. Lic. Constantino Nicolás Guefos K., MAE

EQUIPO EDITORIAL

Comité Editorial

Editor

Bonifacia Benítez de Bertoni
(FACEN-LAREV-UNA)

Co-editor

María Vera Jiménez
(FACEN-LAREV-UNA)

Asistente de edición

Pamela Marchi
(FACEN-LAREV-UNA)

Comité Técnico

Diseño y diagramación

Daniel Curtido Benítez
(Dirección de Relaciones Exteriores y Difusión.
FACEN-UNA)

Redes sociales y Difusión

Pamela Marchi
(FACEN-LAREV-UNA)
Luz M. E. Martínez, Andrea Frágueda, Leticia
López, Gabriel Ojeda.
(Dirección de Relaciones Exteriores y Difusión.
FACEN-UNA)

Soporte informático

Luis Martínez, Beatriz Cazal, Cinthia Franco
(Departamento de Sistemas. FACEN-UNA)

Idioma inglés

Hajime Kurita
(FACEN-UNA)
Nidia Beatriz Benítez Candia
(FACEN – UNA)

Comité Científico

Asesores Nacionales

María de Fátima Mereles H.

CEDIC, Paraguay

Gloria Yaluff

IICS, Paraguay

Claudia Pereira S.

FACEN-UNA, Paraguay

Miguel Angel Martínez

FIUNA, Paraguay

Michelle Campi G.

FACEN-UNA, Paraguay

Juana De Egea

CEDIC, Paraguay

Asesores Internacionales

Ana Ladio

INIBIOMA. Laboratorio Ecotono. Universidad
Nacional del Comahue, Argentina

Fernando Silla

Universidad de Salamanca. Facultad de Biología,
Área Ecología. Coordinación-Doctorado en Bio-
logía y Conservación de la Biodiversidad, España

José Iranildo Miranda de Melo

Departamento de Biología de la Universidad
Estadual de Paraíba-Campina Grande, Paraíba,
Brasil

DIRECCIÓN OFICIAL

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales-UNA

Telefono-fax: (595-21) 585 600 / Dirección Postal: 1039 Página web: www.facen.una.py

Campus Universitario, San Lorenzo-Paraguay



Steviana, Vol. 15 (1) - 2023

CONTENIDO POR SECCIONES

Editorial

05

Revista Steviana y Herbario FACEN, aporte para la comunidad académica, científica y la sociedad en general
Benitez, B.

Genética y Biología Molecular

06-24

Niveles de ploidía en plantas nativas y cultivadas de la familia Amaryllidaceae de Paraguay
Irala, D.E.; Gianini Aquino, A.C.; Rodriguez Mata O.A.; Honfi, A.I.; Daviña, J.R.

25-36

Niveles de ploidía de algunas especies de *Paspalum*, Poaceae de Paraguay
Chaparro, C.; Escobar, L. M.; Schneider, J. S.; Eckers, F.; Perichon, M. C.; Daviña, J. R.; Honfi, A. I.

Fisiología Vegetal

37-57

Comportamiento agronómico de líneas experimentales y variedades comerciales de soja (*Glycine max*, Fabaceae) en el Chaco central de Paraguay
Paredes Martínez, O. R.; Rondanini, D.P.

Florística

58-68

[ARTICULO CORREGIDO] Identidad de *Monvillea haageana* (Cactaceae) especie nativa del Paraguay
Pin Ferreira, A.; Rodriguez Montiel, L.; Friesen Ratzlaff, V.; Oakley, L. J.

Editorial

Revista Steviana y Herbario FACEN, aporte para la comunidad académica, científica y la sociedad en general

En el año 2009, los profesionales de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FACEN) que trabajamos en el campo de la Botánica, hemos iniciado un proceso para dar nacimiento a una revista científica de la institución en la citada área; a 15 años de esta iniciativa, seguimos caminando y fortaleciendo día a día esta herramienta importante en el proceso de la Investigación, adecuándonos a uno de los objetivos de la creación de la FACEN, “...con disciplinas encaradas desde la investigación en su dimensión de creación de conocimientos básicos o aplicados como de actualización de lo ya conocido, orientadas a la solución de problemas planteados por la economía nacional y el medio ambiente ...”. Durante este tiempo transcurrido han sido publicados un total de 14 volúmenes, desde el año 2016 con 2 números anuales, en formato impreso y digital desde su creación. Numerosos artículos fueron publicados en diferentes líneas de investigación, esto lo hemos realizado con afanosa dedicación de parte de cada uno de los miembros del Equipo editorial, los revisores nacionales e internacionales, para poner a disposición de la comunidad los resultados de investigaciones en el área de Botánica. A partir del Vol. 7 (2015) fueron creadas las secciones de Taxonomía, Ecología, Morfo anatomía, Botánica Económica, Fitoquímica, Flora y vegetación, Etnobotánica, Micología y Biotecnología. Además, se publican ediciones especiales como los resúmenes de las Jornadas Paraguayas de Botánica, realizadas por la FACEN a través del Laboratorio de Recursos Vegetales. Desde el año 2019, la Revista *Steviana*, forma parte de la plataforma de Open Journal System de Revistas Científicas de la UNA, adecuándose a las exigencias internacionales y así cumplir con los estándares requeridos actualmente. Los miembros del Equipo editorial agradecen a todos los investigadores que han colaborado con sus artículos para la difusión de los mismos, esto ha enriquecido el conocimiento sobre la diversidad vegetal del país, afectada por la deforestación constante y alteración de los ecosistemas. Compartimos además, que en este proceso fue fundamental la formación del Herbario FACEN, cuyas muestras tienen una significativa importancia para los trabajos realizados, ellas representan una parte del patrimonio natural del Paraguay, sobre el cual estamos llamados a ser celosos guardianes para el desarrollo de la ciencia y la cultura.

Bonifacia Benitez F.
Editora

Niveles de ploidía en plantas nativas y cultivadas de la familia Amaryllidaceae de Paraguay

Irala, D.E.¹ ; Gianini Aquino, A.C.² ; Rodríguez Mata O.A.^{2,3} ; Honfi, A.I.² ; Daviña, J.R.^{2*} 

¹Universidad Nacional de Asunción. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Laboratorio de Recursos Vegetales. Campus Universitario, San Lorenzo, Paraguay

²Programa de Estudios Florísticos y Genética Vegetal – Lab. de Citogenética Vegetal, FCEQyN, Instituto de Biología Subtropical – Concejo Nacional de Ciencias y Tecnología - Universidad Nacional de Misiones, (IBS-CONICET-UNaM), nodo Posadas, Misiones, Argentina

³Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria EEA-Rafaela Ruta 34 Km 227, 2300 Rafaela, Santa Fe, Argentina

*autor por correspondencia: juliordavina@gmail.com

Niveles de ploidía en plantas nativas y cultivadas de la familia Amaryllidaceae del Paraguay. La tribu Hippeastreae es compleja taxonómicamente, cariológicamente variable y posee importancia fitoquímica y ornamental, cuyo centro de distribución se encuentra en la región subtropical de Sudamérica. Particularmente, Paraguay dispone de escasa información sobre citología y reproducción de procedencias nativas de esta tribu. A fin de contribuir con la caracterización de fitorecursos paraguayos nativos de la tribu, se ha determinado el nivel de ploidía con técnicas citogenéticas, citometría de flujo y caracterización reproductiva sobre fertilidad. Se analizaron individuos de poblaciones naturales y de material cultivado del Departamento Central, Paraguay, durante los años 2019 y 2022. Se encontraron los siguientes números somáticos: *Habranthus brachyandrus* (Baker) Sealy, $2n = 4x = 24$; *Habranthus tubispathus* (L'Hér.) Traub, $2n = 4x = 24$; *Hippeastrum puniceum* (Lam.) Voss, $2n = 2x = 22$; *H. vittatum* (L'Her.) Herb., $2n = 4x = 44$; y *Z. mesochloa* Herb. ex Lindl., $2n = 2x = 12$. Mediante citometría de flujo en tejidos foliares se confirmó el nivel de ploidía diploide en individuos de *Hippeastrum reticulatum* (L'Hér.) Herb ($2n = 2x = 22$) y tetraploide en *Habranthus brachyandrus* ($2n = 4x = 24$). La fertilidad analizada por la viabilidad de polen y producción media de semillas fue de 79% y 20 semillas por cápsula en *Hippeastrum puniceum*, 96% y 12 semillas/cápsula en *H. vittatum*, 83% y 43,75 semillas/cápsula en *Z. mesochloa* y 65,25 semillas/ cápsula en *Habranthus brachyandrus*. Los aportes sobre fertilidad, números cromosómicos y nivel de ploidía de *Habranthus brachyandrus*, *H. tubispathus*, *Hippeastrum vittatum* y *H. reticulatum* son primicia para Paraguay.

Palabras claves: Citometría de flujo, cromosomas, fitorecursos, Hippeastreae, plantas bulbosas

Ploidy levels in native and cultivated plants of the Amaryllidaceae family from Paraguay. The Hippeastreae tribe is taxonomically complex, karyologically variable, and phytochemically and ornamentally important, and its center of distribution is located in subtropical South America. Little cytological and reproductive information on this tribe is available on native material from Paraguay. In order to contribute to the characterization of native Paraguayan plant resources of this tribe, the ploidy level

has been determined using cytogenetic techniques, flow cytometry, and fertility reproductive characterization. Individuals from natural populations and cultivated materials from the Central Department, were analyzed during 2019-2022. The following chromosome numbers were found: *Habranthus brachyandrus* (Baker) Sealy, $2n = 4x = 24$; *Habranthus tubispathus* (L'Hér.) Traub, $2n = 4x = 24$; *Hippeastrum puniceum* (Lam.) Voss, $2n = 2x = 22$; *H. vittatum* (L'Hér.) Herb., $2n = 4x = 44$; and from *Z. mesochloa* Herb. ex Lindl., $2n = 2x = 12$. By histo-foliar flow cytometry the diploid ploidy level of individuals of *Hippeastrum reticulatum* (L'Hér.) Herb and tetraploid of *Habranthus brachyandrus* were confirmed. Fertility analyzed as pollen viability and mean seed production per capsule was 79% and 20 seeds/capsule in *Hippeastrum puniceum*, 96% and 12 seeds/capsule in *H. vittatum*, 83% and 43.75 seeds/capsule in *Z. mesochloa*, and 65.25 seeds/capsule in *H. brachyandrus*. The contributions on fertility, chromosome numbers and ploidy level of *Habranthus brachyandrus*, *H. tubispathus*, *Hippeastrum vittatum* and *H. reticulatum* are new records for Paraguay.

Keywords: bulb plants, chromosomes, flow cytometry, Hippeastreae, plant resource

INTRODUCCIÓN

Amaryllidaceae es una familia de plantas bulbosas monocotiledóneas ampliamente distribuidas en zonas tropicales y subtropicales, cuyo centro de diversidad se encuentra en el hemisferio Sur, especialmente en América del Sur y en el sur de África (Meerow y Snijman, 1998). La familia está compuesta por aproximadamente 850 especies agrupadas en 59 géneros. En Sudamérica, las especies se reúnen filogenéticamente en dos clados, Andino e Hippeastroide (Meerow et al., 2000; APG III, 2009). El primero tiene un importante centro de diversificación en el centro de Chile y oeste de la Argentina andina, mientras que el segundo lo tiene al este de Brasil y noreste de Argentina (Zuloaga et al., 2019). El clado Hippeastroide incluye a la tribu Hippeastreae, ampliamente distribuida en Sudamérica con 11 géneros y 221 especies, que se caracterizan por poseer flores vistosas hermafroditas actinomorfas y cigomorfas con 6 tépalos de colores blanco, amarillo, púrpura o rojo, estambres declinados libres, estigmas capitados, trilobados o trifidos, ovario ínfero y fruto tipo cápsula loculicida (Meerow y Snijman, 1998; Hurrell, 2009; García et al., 2019). Son especies adaptadas a diversos ambientes y condiciones tanto de suelos como regímenes hídricos, aumentando así su interés

agronómico (Honfi y Daviña, 2013, 2015; Fernández, 2020).

Las cualidades estéticas de la corola posicionan a varios cultivares e híbridos de las amaryllidáceas en el mercado comercial internacional, por su uso ornamental como flores de jardín (Tapia-Campos et al., 2012). Sumado al interés horticultural, las especies de este grupo son de especial importancia farmacológica por la producción de alcaloides específicos. Entre los más importantes se destaca la galantamina y otros inhibidores de la acetilcolinesterasa, que son utilizados para tratamientos de la enfermedad de Alzheimer (Berkov et al., 2020).

Las investigaciones referentes a la biología reproductiva en Amaryllidaceae sudamericanas son limitadas a pocas especies, con un gran porcentaje de sistemas genéticos que no han sido caracterizados. Las fenofases florales suelen ser estivales con estrecha relación con los regímenes de lluvias (Damián Domínguez et al., 2009). El modo de reproducción ocurre mediante semillas (de origen sexual como por apomixis), y por propagación vegetativa a partir de la producción de bulbillos hijos (Rodríguez Mata et al., 2018; Rodríguez Mata, 2022; Gianini Aquino, 2023). Las cápsulas producen semillas dorsiventralmente aplanadas, castaños oscuro a negruzcas, con alto poder germinativo y son fotoblásticas neutras

(Morrow, 1989; Echeverría y Alonso, 2010).

Cromosómicamente es una familia diversa, con especies diploides y poliploides. La poliploidía es un fenómeno frecuente en Amaryllidaceae y la variación en la constitución del cariotipo entre especies relacionadas no es una regla general (Arroyo, 1982; Daviña, 2001). Existen géneros donde la condición cromosómica frecuente en la naturaleza es la de un cariotipo conservado, como es el caso de especies de *Hippeastrum*, cuyo número básico es $x = 11$ y generalmente diploides (Hunziker y Cocucci, 1959; Daviña, 2001; Poggio et al., 2014). Contrariamente, *Habranthus* es un género polibásico con $x = 6$ como número básico de mayor frecuencia, con presencia de especies diploides, poliploides y aneuploides que presentan una variedad de fórmulas cariotípicas (Schnack y Covas, 1947; Darlington y Wylie, 1955; Naranjo, 1969; Daviña, 2001; Daviña y Honfi, 2018; Gianini Aquino et al., 2020; Rodríguez Mata et al., 2022). Por su parte, en *Zephyranthes* Herb. existen tres números básicos, $x = 5, 6$ y 7 con un gran porcentaje de especies poliploides (Darlington y Wylie, 1955; Flory, 1968; Greizerstein y Naranjo, 1987; Daviña y Fernández, 1989; Daviña, 2001; Felix et al., 2011; Daviña et al., 2019).

En la actualidad, en base a los herbarios que documentan la flora de Paraguay, se han registrado 22 especies de 6 géneros de Amaryllidaceae. Entre ellas, 11 especies pertenecen a *Zephyranthes* Herb., 4 a *Hippeastrum* Herb., 2 a *Habranthus* Herb., 1 a *Amaryllis* L., 2 a *Crinum* L. y 2 a *Nothoscordum* Kunth (Tabla 1). Estas especies habitan en el Cerrado, Chaco húmedo y el Bosque Atlántico en Paraguay (Ramella y Perret, 2008; Zuloaga et al., 2019). Citogenéticamente se registraron algunos conteos cromosómicos para especies colectadas en territorio paraguayo, tales como, *Hippeastrum puniceum* con $2n = 2x = 22$, *H. rutilum* con $2n = 4x = 44$ (Cerutti et al., 2011); *Zephyranthes mesochloa* con $2n = 2x = 12$ y *Z. seubertii* H. H. Hume con $2n = 6x = 30$ (Daviña et al.; 2001).

En el marco de lo expuesto, y a la luz de la escasa información sobre Amaryllidaceae de Paraguay, este trabajo tiene como objetivo investigar las características citogenéticas y de fertilidad de algunas de sus especies nativas y cultivadas con el fin de contribuir al conocimiento de las mismas y generar herramientas para su aprovechamiento sostenible y conservación.

MATERIAL MÉTODOS

Material examinado

Habranthus brachyandrus (Baker) Sealy. Paraguay, Departamento Central, Itá, $25^{\circ}0'12''S$ $57^{\circ}1'03''W$, 02/09/2021, Pereira Süssner C.D. e Irala D.E 103 (FACEN) (Figura 1A). Asunción, Av. Eusebio Ayala km 4,5, $25^{\circ}18'34.5''S$ $57^{\circ}35'38.6''W$, 14/11/2021, Pereira Süssner C.D. e Irala D.E 112 (FACEN).

Habranthus tubispathus (L'Hér.) Traub. Paraguay, Departamento Central, San Lorenzo, $25^{\circ}20'20''S$ $57^{\circ}31'223''W$, 11/03/2019, Honfi A.I. 2500 (MNES) (Figura 1B).

Hippeastrum puniceum (Lam.) Voss. Paraguay, Departamento Central, Itá, $25^{\circ}30'47.0''S$ $57^{\circ}21'35.8''W$, 23/09/2020, Pereira Süssner C.D. e Irala D.E 104 (FACEN) (Figura 1C). Departamento San Pedro, Aguapey, $24^{\circ}31'04.3''S$ $56^{\circ}45'57.4''W$, 22/12/2019, Pereira Süssner C.D. e Irala D.E 105 (FACEN) (Figura 1D).

Hippeastrum reticulatum Herb. Paraguay, Departamento Central, Limpio, $25^{\circ}08'55.0''S$ $57^{\circ}27'37.2''W$, 13/05/2020, Pereira Süssner C.D. e Irala D.E 113 (FACEN).

Hippeastrum vitatum (L'Her.) Herb. Paraguay, Departamento Central, Itá, $25^{\circ}1'11''S$ $57^{\circ}1'47''W$, 19/09/2021, Pereira Süssner C.D. e Irala D.E. 106 (FACEN) (Figura 1E).

Zephyranthes mesochloa Herb. ex Lindl. Paraguay, Asunción, Parque Metropolitano Guasú, $25^{\circ}6'07''S$ $57^{\circ}2'45''W$, 14/03/2021, Pereira Süssner C.D. e Irala D.E 108 (FACEN) (Figura 1F). Departamento Central, Aregua, $25^{\circ}9'37''S$ $57^{\circ}1'42''W$, 07/03/2022, Perei-

TABLA 1. Especies de Amaryllidaceae registradas en Paraguay

Especie	Departamento	Fuente bibliográfica	Ejemplar de referencia; Colector, N° de colecta y herbario
1. <i>Amaryllis belladonna</i> L.	Alto Paraguay	Mereles y Pérez de Molas, 2004. Vogt, 2011	**Mereles, F., Pérez de Molas, L., Elizeche, K & Sede, S 8945 FCQ
2. <i>Habranthus brachyandrus</i> (Baker) Sealy	Amambay, Cordillera, Alto Paraguay, Concepción, Canindeyú, San Pedro, Presidente Hayes	Ramella y Perret, 2008 Zuloaga <i>et al.</i> , 2019 Daviña <i>et al.</i> , 2001	**Basualdo I. 2837 (FCQ) **Degen I. 2345 (FCQ) **Rojas, T. 2017 (SI)
3. <i>Habranthus tubispatus</i> (L'Hér.) Traub	Cordillera, Boquerón, Presidente Hayes	Zuloaga <i>et al.</i> , 2019	**Degen, R y Mereles F. 3082 (FCQ)
4. <i>Zephyranthes mesochloa</i> Lindl.	Central, Paraguari, Amambay, Cordillera, Caazapa, Alto Paraguay, San Pedro, Canindeyú, Concepción, Pte. Hayes, Itapúa	Daviña <i>et al.</i> , 2001 Zuloaga <i>et al.</i> , 2019	**Degen R. 2349 (FCQ) **Mereles F. 4404 (FCQ) **Elizeche A. 2 (FCQ) **Basualdo I. 5089 (FCQ) **Mereles F. & Degen R. 6204 (FCQ) *Honfi, A. I. 1115 (MINES) **Hassker, E. 4112 (BM) **Morong, T. 254 (MO) **Woolston, A. L. 387 (SI) *Daviña J. R. 81 (CTES) **Jorgensen, P. 3877 (SI)
5. <i>Zephyranthes seubertii</i> Hume	Itapúa, Paraguari	Daviña, 2001; Zuloaga <i>et al.</i> , 2019	**Ferrucci, M. S. 1533 (CTES) **Degen, R. 3082 (FCQ)
6. <i>Zephyranthes amabaica</i> Ravenna	Amambay	Zuloaga <i>et al.</i> , 2019	
7. <i>Zephyranthes aurata</i> (Ravenna) Nic. García y Meerow	Presidente Hayes	Zuloaga <i>et al.</i> , 2019	
8. <i>Zephyranthes bifida</i> (Herb.) Nic. García & Meerow (= <i>Rhodopiata bifida</i>)	Itapúa	Zuloaga <i>et al.</i> , 2019	**Schimini, A. 27677 (CTES)
9. <i>Zephyranthes caaguazuensis</i> (Ravenna) Nic. García & Meerow	Caaguazú, Concepción	Zuloaga <i>et al.</i> , 2019	**Kiesling 9719 (PY, SI) **Caballero Marmori, G. s/n (CTES)-

TABLA 1. Continuación

Especie	Departamento	Fuente bibliográfica	Ejemplar de referencia: Colector, N° de colecta y herbario
10. <i>Zephyranthes leonensis</i> (Ravenna) S.C. Arroyo	Alto Paraguay	Zuloaga <i>et al.</i> , 2019	**Mereles, F. 7397 (FCQ)
11. <i>Zephyranthes chacoensis</i> (Ravenna) S.C. Arroyo	Presidente Hayes	Degen, R. y Mereles, F. 1996; Zuloaga <i>et al.</i> , 2019	**Mereles, F. 1973 (CTES, FCQ)
12. <i>Zephyranthes pedunculosa</i> (Herb.) Nic. García y S.C. Arroyo	Guaira Misiones	Zuloaga <i>et al.</i> , 2019	**Jørgensen 3867 (BA, SI)
13. <i>Zephyranthes philadelphica</i> (Ravenna) Nic. García & Meerow	Alto Paraguay	Zuloaga <i>et al.</i> , 2019	**Arenas, P. 3310 (FCQ)
14. <i>Zephyranthes versicolor</i> (Herb.) Baker	Alto Paraguay	Zuloaga <i>et al.</i> , 2019	** Hassler, E. 2497 (LIL, MO)
15. <i>Hippeastrum rutilum</i> Herb.	Concepción, Canindeyú, Amambay, Itapúa, Paraguari, Presidente Hayes	Cerutti <i>et al.</i> , 2011	*Cerutti, J. C. 92 (MNES) * Daviña J. R. 586 (MNES)
16. <i>Hippeastrum puniceum</i> (Lam.) Voss.	Presidente Hayes	Cerutti <i>et al.</i> , 2011	*Daviña, J. R. 607 (MNES)
17. <i>Hippeastrum angustifolium</i> Pax	Paraguari, Cordillera, Central Amambay, San Pedro, Alto Paraná, Caaguazú	Kubota <i>et al.</i> , 2021 Zuloaga <i>et al.</i> , 2019	** Hassler, E. 4591 (K, BM)**Hassler, E. y Rojas T. 10881 (G) **Woolston 732 (U) **Kubota, V., Lombardo L., Martinez V., Guerrero D., 241 (FCQ) **Hassler, E. 4669 (G)
18. <i>Hippeastrum vittatum</i> (L'Hér.) Herb.	Alto Paraná, Canindeyú, Guaira	Zuloaga <i>et al.</i> , 2019	
19. <i>Crinum americanum</i> L.	Presidente Hayes	Dutilh, J. H. A. 2005 Zuloaga <i>et al.</i> , 2019	**Mereles, F. 3658 (FCQ)
20. <i>Crinum erubescens</i> Aiton	Central	Zuloaga <i>et al.</i> , 2019	**Zardini, E. M. 19096 (AS, MO)
21. <i>Nothoscordum gracile</i> (Dryand. ex Aiton) Stearn var. <i>macrostemon</i> (Kunth) Guagl.	Itapúa	Zuloaga <i>et al.</i> , 2019	**Osten, O. 8015 (MVM)
22. <i>Nothoscordum ipacarinum</i> Ravenna	Cordillera	Zuloaga <i>et al.</i> , 2019	**Hassler D. E. 122 (SI)

FCQ: Facultad de Ciencias Químicas, SI: Herbario del Instituto Darwin, MO: Missouri Botanical Garden, BM: The Natural History Museum, CTES: Instituto de Botánica del Nordeste, MNES: Herbario de la Universidad Nacional de Misiones, BA: Herbario del Museo Argentino de Historia Natural, LIL: Herbario Miguel Lillo, MVM: Museo Nacional de Historia Natural, G: Herbario del Jardín Botánico de la Ciudad de Ginebra. *Material herborizado con conteo de cromosomas. **Material herborizado sin conteo de cromosomas

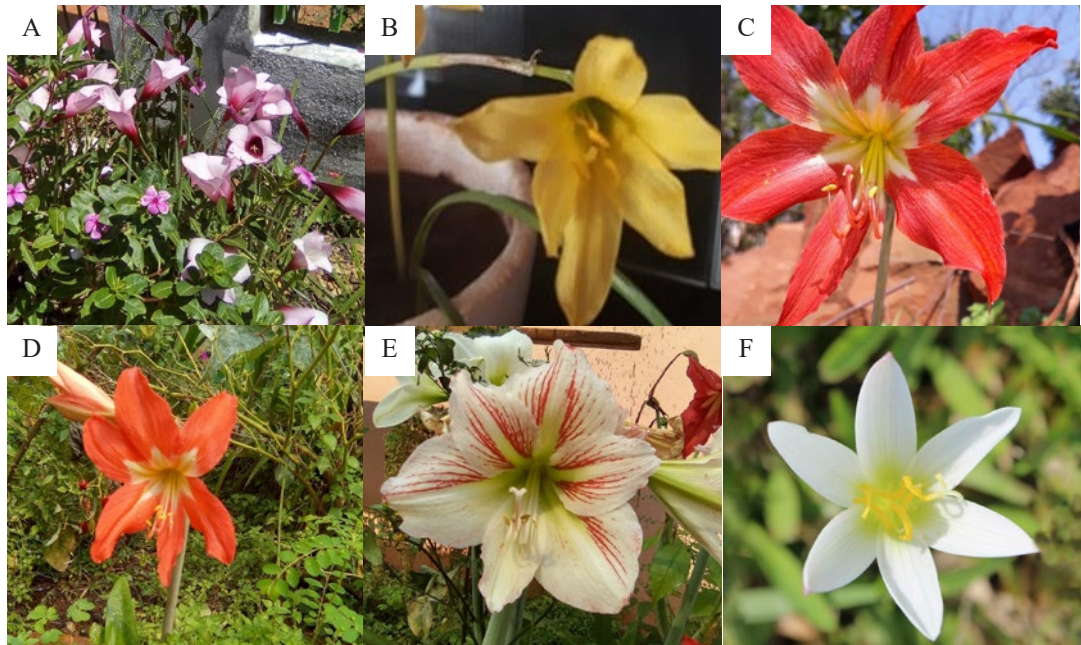


Figura 1. Flores de especies de Amaryllidaceae. A) *Habranthus brachyandrus*. B) *Habranthus tubispatus*. C) *Hippeastrum puniceum*. D) *Hippeastrum puniceum*. E) *Hippeastrum vittatum*. F) *Zephyranthes mesochloa*. Nótese la variación en la morfología y coloración de las corolas

ra Süssner C.D. e Irala D.E 109 (FACEN). Asunción, Asunción, Costanera Norte, 25°6'13"S 57°6'48"7"W, Pereira Süssner C.D. e Irala D.E 111 (FACEN). Itaguá, 25°0'47"6"S 57°0'22"2"W, 07/03/2022, Pereira Süssner C.D. e Irala D.E 110 (FACEN). San Lorenzo, Campus Universitario FACEN-UNA, 25°0'12"3"S 57°1'13"3"W, 19/02/2021, Pereira Süssner C.D. e Irala D.E 107 (FACEN).

Estudios Citogenéticos

Los estudios cromosómicos se realizaron en el laboratorio de Citogenética Vegetal del Instituto de Biología Subtropical (IBS, UNaM- CO-NICET), en la ciudad de Posadas, Misiones, Argentina dentro del marco del Convenio de Cooperación Científica FACEN UNA-PEFGyV FCEQyN UNaM. Se realizaron preparados a partir de ápices de raicillas siguiendo la metodología de Daviña (2001). Las raicillas fueron pretratadas

con solución 8-oxiquinoleína 0,002 M durante 8 h a temperatura ambiente y luego fijada en etanol absoluto-ácido acético glacial en proporción 3:1 v/v y conservadas a 4°C hasta su utilización. Se aplicó la técnica de Feulgen donde las raicillas se hidrolizaron con HCl 1N por 10 minutos a 60°C y se colorearon con Reactivo de Schiff y se aumentó el contraste con orceína acética 2%. Los preparados fueron sellados con solución de goma. Las preparaciones cromosómicas fueron observadas con un microscopio Leica DMS provisto con cámara de video C 350 FX. Las microfotografías fueron mejoradas con el software Photoshop CS4 (Adobe).

Determinación de contenido de ADN relativo por Citometría de flujo

Las plantas con número cromosómico conocido provenientes de la colección de germoplasma del Programa de Estudios Florísticos y

Genética Vegetal (IBS – CONICET – UNaM), se usaron de estándar de referencia para analizar ploidía en las progenies con citometría de flujo. Se determinó el contenido relativo de ADN en tejidos foliares con un citómetro de flujo marca Partec Modelo CyFlow Ploidy Analyzer – UV + laser verde del IBS – CONICET- UNaM, empleando el protocolo de Siena et al. (2008). Se utilizó 0,5 ml de Tris-MgCl₂ Otto I *buffer* de extracción y 1,5 ml de Otto II *buffer* de tinción 4μg/ml DAPI (0,6-diamino-2-fenilindol para la coloración de los núcleos celulares. El nivel de ploidía se determinó comparando los histogramas de fluorescencia del estándar de referencia y la muestra, analizando al menos 3000 partículas y tres repeticiones/muestra. El análisis de los histogramas se realizó con el programa FloMax 2.4 de Sysmex-Partec.

Viabilidad del polen

Las anteras fueron extraídas de flores al momento de la antesis y se conservaron a -20°C en recipientes herméticos. Para estimar el porcentaje de polen viable se colorearon los granos de polen con carmín - glicerina (1:1, v/v) durante 24hs. Se consideraron como viables los granos de polen totalmente coloreados contando al menos 1000 granos por accesión o especie.

Producción y germinación de semillas

Se cosecharon semillas en campo y en plantas en cultivo. Para ello, los frutos fueron trillados a mano y las semillas conservadas a 4°C. Se contabilizaron y separaron las semillas desarrolladas de las vainas en cada cápsula. Se calculó la fertilidad como porcentaje de semillas producidas por cápsula.

La germinación de semillas fue analizada en ensayos de laboratorio. Se sembraron semillas en cajas de Petri con papel libre de ácido humedecido con agua destilada, con un fotoperiodo de 8 horas de luz y con temperatura de 25/35 °C durante 30 días. En cada especie se registró el primer día de inicio de la germinación considerando

germinadas aquella con radícula emergente. Se registró el porcentaje de semillas germinadas por muestra como indicador de calidad de semilla.

RESULTADOS

Niveles de ploidía

Habranthus

Se analizaron dos especies de este género. Tres individuos de *H. brachyandrus* (Pereira Süshner e Irala 103), presentaron un complemento cromosómico tetraploide con $2n = 4x = 24$ (Tabla 2, Figura 2. A). El nivel de ploidía tetraploide también fue confirmado mediante el contenido relativo de ADN por citometría de flujo para esta especie (Tabla 3, Figura 3) en todos los individuos analizados. Por su parte, *H. tubispatus* (Honfi 2500) también resultó tetraploide con $2n = 4x = 24$ cromosomas (Tabla 2, Figura 2 F).

Hippeastrum

Los individuos de ambas procedencias de *H. puniceum* (Pereira Süshner e Irala 104 y 105), presentaron un complemento cromosómico diploide con $2n = 2x = 22$ cromosomas (Tabla 2, Figura 2. B y E). Por su parte, *H. vittatum* (Pereira Süshner e Irala 106) resultó tetraploide con células somáticas con $2n = 4x = 44$ cromosomas (Tabla 2, Figura 2.C). Finalmente, en *H. reticulatum* (Pereira Süshner e Irala 113) el análisis por citometría de flujo indicó que posee contenido relativo de ADN de nivel diploide (Tabla 3, Figura 3).

Zephyranthes

Se analizaron individuos provenientes de cinco accesiones de *Z. mesochloa* (Pereira Süshner e Irala 107, 108, 109, 110 y 111) y todos resultaron diploides con $2n = 2x = 12$ (Tabla 2, Figura 2D).

Ambas especies de *Habranthus* resultaron tetraploides y uniploides con número básico múltiplo de $x = 6$. Las especies del género *Hippeastrum* han sido tanto diploides como poliploides

TABLA 2. Niveles de ploidía en amarillidáceas del departamento central del Paraguay

Especie	Procedencia	Nivel de ploidía	Legajo
<i>Habranthus brachyandrus</i> (Baker) Sealy	Paraguay, Ruta 1, Itá, Dto. Central, 25°01'29"S 57°01'03"9"W Paraguay, Asunción, Ruta 1 km 4, 5 25°18'34.5"S 57°55'38.6"W	2n = 4x = 24 2n = 4x = 24	*Pereira Sushner e Irala 103 **Pereira Sushner e Irala 112
<i>Habranthus tubispathus</i> (L'Hér.) Traub	Paraguay, Dpto. Central, San Lorenzo, Campus Universitario FACEN, UNA, 25°20'20"0"S 57°31'223"0"W.	2n = 4x = 24	*Honfi 2500
<i>Hippeastrum puniceum</i> (Lam.) Voss	Paraguay, Ruta 1, Itá, Dto. Central, 25°04'47"0"S 57°13'5"8"W Paraguay, Dto. San Pedro, Ciudad de Itá, 24°31'04.3"S 56°45'57.4"W	2n = 2x = 22 2n = 2x = 22	*Pereira Sushner e Irala 104 *Pereira Sushner e Irala 105
<i>Hippeastrum reticulatum</i> (L'Hér.) Herb.	Paraguay, Dpto. Central, Limpio, 25°08'55.0"S 57°27'37.2"W	2n = 2x = 22	*Pereira Sushner e Irala 113
<i>Hippeastrum vittatum</i> (L'Hér.) Herb.	Paraguay, Ruta 1, Itá, Dto. Central, 25°1'11"1"S 57°147"1"W	2n = 4x = 44	**Pereira Sushner e Irala 106
<i>Z. mesochloa</i> Herb. ex Lindl.	Paraguay, Dpto. Central, San Lorenzo, Campus Universitario FACEN, UNA, 25°01'23"S 57°11'33"W Paraguay, Dpto. Central, Asunción, Parque Metropolitano Guasu, 25°06'07"3"S 57°24'5"8"W Paraguay, Dpto. Central, Areguá, 25°09'37"3"S 57°142"1"W Paraguay, Dpto. Central, Itauguá, 25°04'47"6"S 57°022'2"W Paraguay, Dpto. Central, Asunción, Costanera Norte, 25°06'13"5"S 57°06'48"7"W	2n = 2x = 12 2n = 2x = 12 2n = 2x = 12 2n = 2x = 12 2n = 2x = 12	*Pereira Sushner e Irala 107 *Pereira Sushner e Irala 108 *Pereira Sushner e Irala 109 *Pereira Sushner e Irala 110 *Pereira Sushner e Irala 111

*Determinación del nivel de ploidía a partir de conteos cromosómicos. **Determinación del nivel de ploidía a partir de citometría de flujo

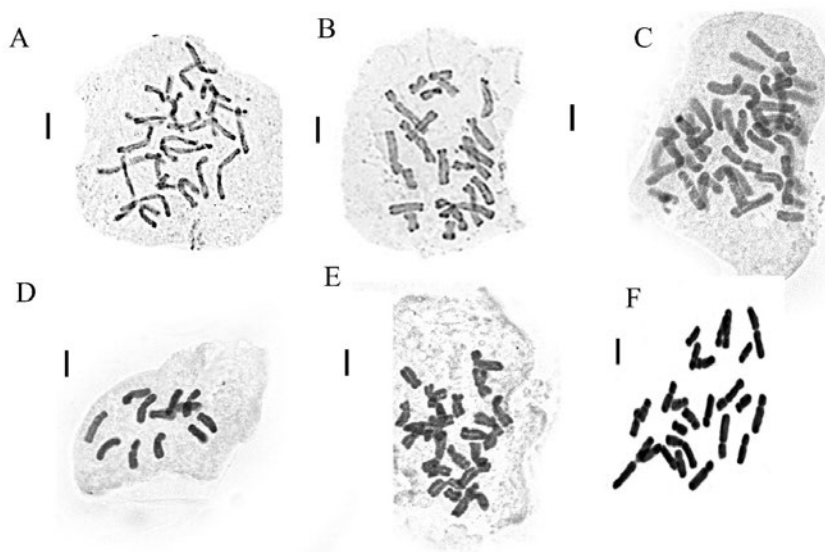


Figura 2. Cromosomas somáticos, metafases mitóticas de: A) *Habranthus brachyandrus* $2n = 4x = 24$ (Pereira Süshner e Irala 103). B) *Hippeastrum puniceum* $2n = 2x = 22$ (Pereira Süshner e Irala 105). C) *Hippeastrum vittatum* $2n = 4x = 44$ (Pereira Süshner e Irala 106). D) *Z. mesochloa* $2n = 2x = 12$ (Pereira Süshner e Irala 108). E) *Hippeastrum puniceum* $2n = 2x = 22$ (Pereira Süshner e Irala 104). F) *Habranthus tubispathus* $2n = 4x = 24$ (Honfi 2500). La barra representa $10\mu\text{m}$

con guarismos múltiplos de $x = 11$. En ninguna de las especies se ha detectado variaciones intra-específicas referentes al nivel de ploidía.

Viabilidad del polen

En general, en todas las especies la morfología del polen resultó homogénea sin presentación de deformidades (Figura 4). De las dos muestras analizadas de *Hippeastrum puniceum*, los individuos colectados en San Pedro (Pereira Süshner e Irala 105) alcanzaron una viabilidad del 84%, mientras que los provenientes de Itá (Pereira Süshner e Irala 104) presentaron un menor porcentaje, con 79% de polen viable, y es el menor valor encontrado entre las especies estudiadas. Por su parte, *H. vittatum* (Pereira Süshner e Irala 106) resultó la especie con mayor viabilidad polínica, alcanzando valores del 96%. Por último, ambas muestras analizadas de *Z. mesochloa* (Pereira Süshner e Irala 107 y 108) obtuvieron 83% de polen viable.

Fertilidad de semillas

Se contabilizaron un promedio de 65,25 semillas por cápsula en *Habranthus brachyandrus* (Pereira Süshner e Irala 103), las cuales comenzaron su proceso de germinación a los 6 días de la siembra (Tabla 3, Figura 5). En las especies de *Hippeastrum*, la producción de semilla promedio por cápsula fue de 18 y 20 semillas para *Hippeastrum puniceum* (Pereira Süshner e Irala 104 y 105, respectivamente), con un inicio de la germinación en ambas accesiones a los 21 días post-siembra, y fue la especie más tardía en el estudio. En *Hippeastrum vittatum* (Pereira Süshner e Irala 106) la producción fue de 12 semillas viables por cápsula las cuales comenzaron a germinar a los 11 días de sembradas (Tabla 3). En *Zephyranthes mesochloa*, los valores de producción de semillas y de germinación fueron variables entre las muestras analizadas. Particularmente, la accesión proveniente del Parque Guazú

TABLA 3. Producción de semillas y días de inicio de la germinación en especies de *Habranthus*, *Hippeastrum* y *Zephyranthes* de Paraguay

Especie	Accesión	Promedio de semilla/capsula	Día de inicio promedio de la germinación	Fechas de colecta
<i>Habranthus brachyandrus</i> (Baker) Sealy	<i>Pereira Süshner e Irala</i> 103	65,25	6	10/11/2020; 28/03/2022; 23/03/2022
<i>Hippeastrum puniceum</i> (Lam.) Voss	<i>Pereira Süshner e Irala</i> 104	18	21	05/10/2020
	<i>Pereira Süshner e Irala</i> 105	20	21	23/09/2020
<i>Hippeastrum vittatum</i> (L'Her.) Herb.	<i>Pereira Süshner e Irala</i> 106	12	11	28/10/2020
<i>Z. mesochloa</i> Herb. ex Lindl.	<i>Pereira Süshner e Irala</i> 107	31,5	4	30/11/2020
	<i>Pereira Süshner e Irala</i> 108	43,75	10	27/11/2020; 05/12/2020
	<i>Pereira Süshner e Irala</i> 109	19	10	02/02/2022
	<i>Pereira Süshner e Irala</i> 110	22	6	23/03/2022
	<i>Pereira Süshner e Irala</i> 111	39	4	19/02/2022; 12/02/2022

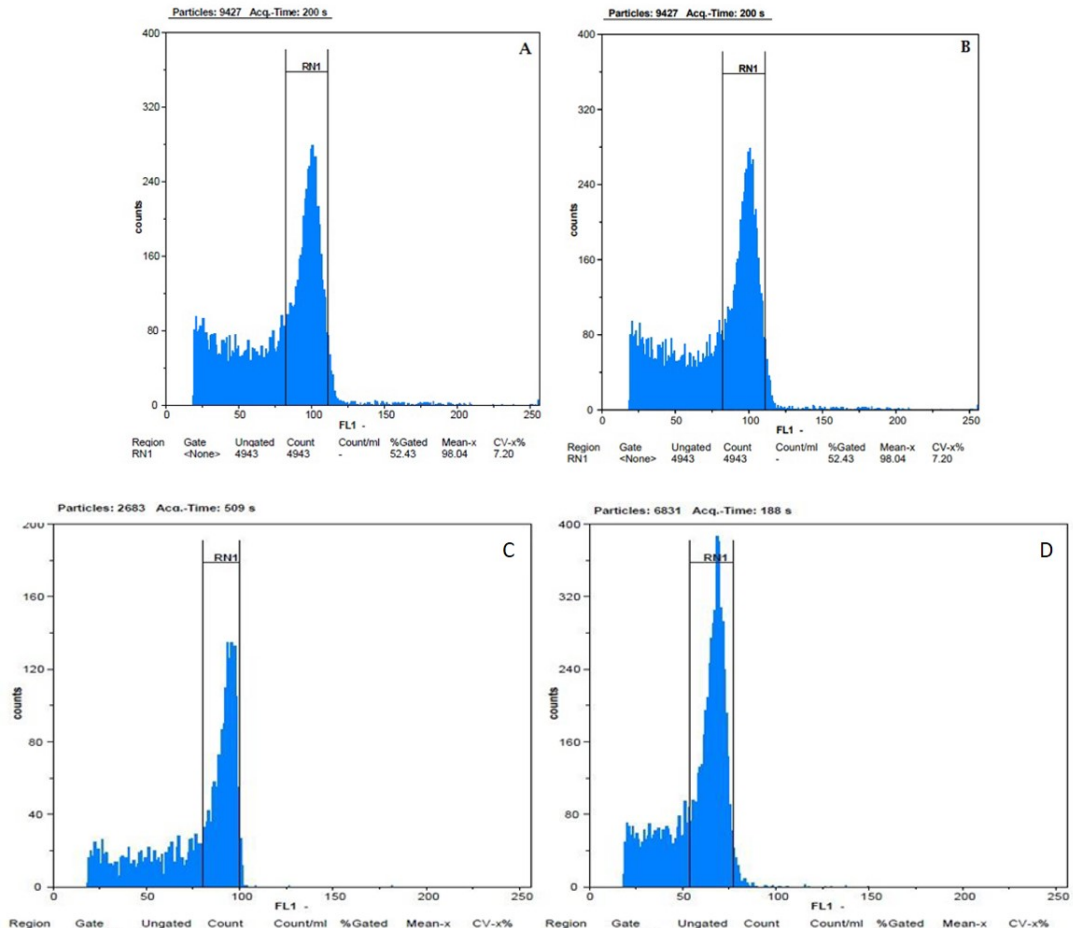


Figura 3. Histograma ilustrativo del contenido relativo de ADN obtenido por citometría de flujo para determinar el nivel de ploidía. A-B) *Habranthus brachyandrus*. A) Patrón del estándar de referencia (patrón) de *H. brachyandrus* con ploidía conocida ($2n = 4x = 24$). B) Histograma del contenido relativo de ADN del patrón y de la accesión *Pereira Süssner e Irala* 112. Nótese la existencia de un solo pico confirmando que ambas poseen la misma ploidía tetraploide. C-D) *Hippeastrum reticulatum*. C) Patrón de referencia de *H. reticulatum* con ploidía conocida ($2n = 2x = 22$). D. Histograma que representa el contenido relativo conjunto del patrón y de la accesión *Pereira Süssner e Irala* 113. Nótese la existencia de un solo pico confirmando que la accesión de *H. reticulatum* es diploide

Metropolitano (*Pereira Süssner e Irala* 108) resultó la de mayor producción de semillas, alcanzando un promedio de 43,75 semillas por cápsula. Contrariamente, *Z. mesochloa* proveniente de Areguá (*Pereira Süssner e Irala* 109) presentó la menor producción de semillas por cápsula, con un promedio de 19 semillas. Las semillas provenientes de San Lorenzo y la Costanera Norte de Asunción (*Pereira Süssner e Irala* 107 y 111, respectivamente), fueron las que obtuvieron la

más rápida germinación intraespecífica, iniciando al cuarto día post-siembra, independientemente de que presentaran una diferencia de dos años de cosecha al momento de la siembra.

DISCUSIÓN

Actualmente, la flora de Paraguay comprende un total de 22 especies de Amaryllidaceae pertenecientes a los géneros *Amaryllis*, *Habranthus*,

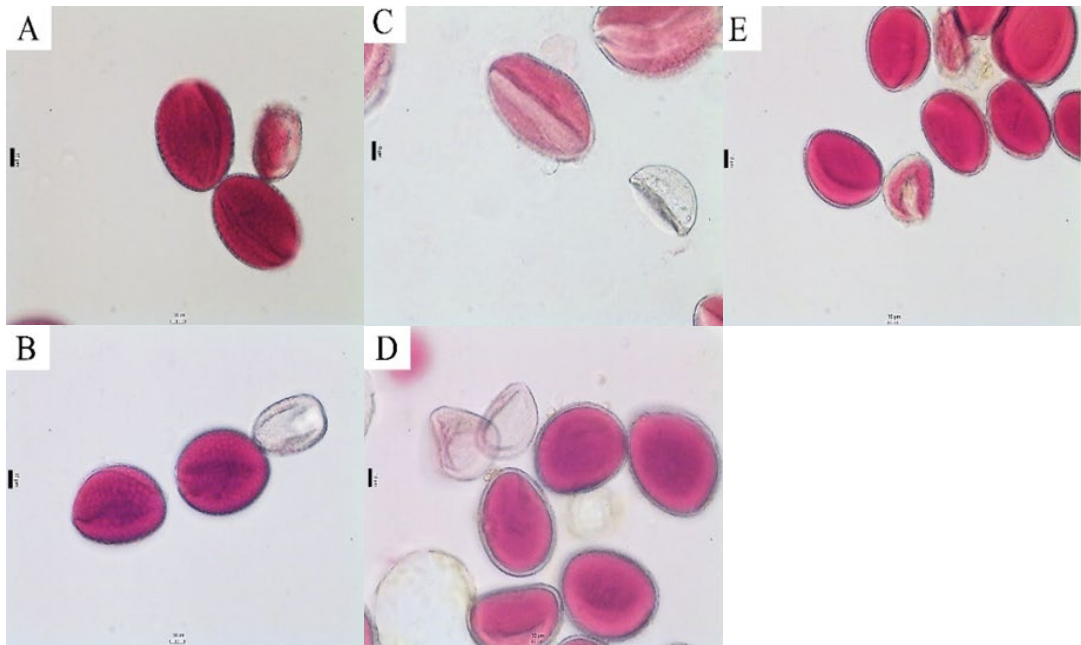


Figura 4. Granos de polen viables (coloreados) y no-viables (no-coloreados). A) *Hippeastrum puniceum* ($2n = 2x = 22$) accesión Pereira Süshner e Irala 105. B) *H. puniceum* ($2n = 2x = 22$) accesión Pereira Süshner e Irala 104. C) *H. vittatum* ($2n = 4x = 44$) accesión Pereira Süshner e Irala 106. D) *Zephyranthes mesochloa* ($2n = 2x = 12$) accesión Pereira Süshner e Irala 107. E) *Z. mesochloa* ($2n = 2x = 12$) accesión Pereira Süshner e Irala 108. La barra representa 10µm.

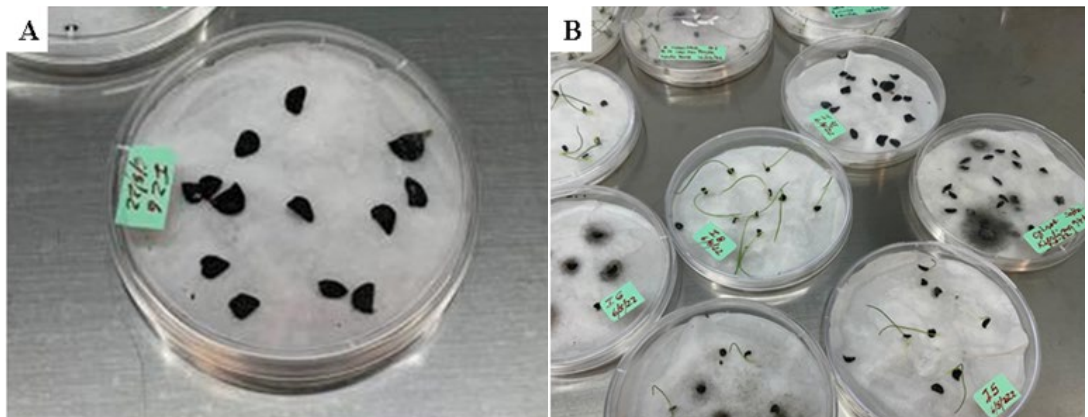


Figura 5. Detalle de ensayos de germinación de semillas d *Habranthus brachyandrus* A) Semillas al primer día post-siembra. B) Germinación de semillas luego de 15 días post-siembra

Zephyranthes, *Hippeastrum*, *Crinum* y *Nothoscordum* (Ramella y Perret, 2008; Zuloaga et al., 2019). A excepción del género *Nothoscordum*, que fue reportado únicamente en los Departamentos de Itapúa y Cordillera, varias especies de los demás géneros fueron registrados tanto en la

Región Oriental como en la Región Occidental de Paraguay. El territorio paraguayo se encuentra cerca de uno de los más importantes centros de diversificación de la tribu Hippeastreae que abarca el este de Brasil y el noroeste de Argentina (Meerow y Snijman, 1998; Arroyo-Leuenber-

ger y Dutilh, 2008). La distribución geográfica de los géneros estudiados en este trabajo abarcan principalmente localidades de Brasil, Paraguay, Uruguay y Argentina (Arroyo, 1990). Sin embargo, es notable la escasez de nuevos registros de colecta y la falta de datos en las colecciones antiguas de los diferentes herbarios, razón por la cual es necesario aumentar los esfuerzos de muestreo para un mejor conocimiento del estado actual de las poblaciones naturales de *Hippeastrum* (Kubota et al., 2021) y los demás géneros mencionados. En Paraguay encontramos predominantemente especies de los géneros *Zephyranthes*, *Habranthus* e *Hippeastrum*. Las especies de los géneros reportados tienen importancia de uso ornamental (Dutilh, 2005; Jitsuno et al., 2009; Ortiz et al., 2012), y estas cualidades las ubican como recursos con potencial para cultivo a diversas escalas de producción (Rodríguez Mata et al., 2018) y para la conservación de germoplasma.

Según Zuloaga et al. (2019), los niveles de ploidía identificados para 6 especies de Amaryllidaceae pertenecientes a 3 géneros representan el 27% del total de especies encontradas en Paraguay. Las especies e inclusive los géneros de Hippeastreae poseen características distintivas respecto a sus complementos cromosómicos. En general las especies de los géneros *Hippeastrum* poseen un número básico $x = 11$, mientras que en *Habranthus* y *Zephyranthes* el más frecuente es $x = 6$ (Daviña, 2001), hecho que también se ha observado en este trabajo. *Habranthus brachyandrus* es una especie que generalmente presenta citotipos tetraploides $2n = 4x = 24$ cromosomas (Flory, 1948; Flory y Flagg, 1958; Daviña, 2001; Felix et al., 2011; Daviña y Honfi., 2018; Nascimento et al., 2022, Rodríguez Mata et al., 2022). Asimismo, se han registrado en esta especie guarismos diploides, $2n = 2x = 12$ (Zemskova y Sveshnikova, 1999), presencia de cromosomas B (Felix et al., 2011, Nascimento et al; 2022) y un comportamiento meiótico regular con formación de 12 bivalentes, sugiriendo un origen alopoliploide (Daviña y Honfi., 2018). Por su par-

te, *H. tubispathus* es una especie poliploide con distintos niveles de ploidía, aunque el guarismo tetraploide con $2n = 4x = 24$ es el más frecuente en la naturaleza (Flory, 1948; Coe, 1954; Flory y Flagg, 1958; Tandon Meenakshi, 1965; Lakshmi, 1980; Joshi 1982; Zemskova y Sveshnikova 1999; Daviña y Honfi, 2018; Gianini Aquino et al., 2020; Gianini Aquino, 2023). Además, en esta especie se registraron aneuploidías y citotipos infrecuentes con $2n = 30$ (Naranjo, 1969), $2n = 36$ (Daviña y Honfi, 2018) y $2n = 48$ (Sveshnikova y Zemskova, 1988; Dash et al., 2020). Las procedencias de *H. tubispathus* de Paraguay concuerdan con los registros citológicos tetraploides previos de la especie.

Es sabido que el género *Hippeastrum* muestra una constancia cariotípica bimodal, donde se sugiere que existe una homeostasis interna que selecciona el tipo de organización del genoma en el que la bimodalidad se logra a través de una distribución particular de su fórmula cariotípica conservada por ortoselección cariotípica (Naranjo y Andrade, 1975; Daviña, 2001; Poggio et al., 2007; Navarro et al., 2015). El género *Hippeastrum* no muestra grandes diferencias en cuanto al número de cromosomas, aunque se han registrado diversos poliploides (Daviña, 2001). La fórmula cariotípica básica propuesta para el género se conserva en numerosas especies (Naranjo, 1974; Daviña, 2001) y solamente es variable en unas pocas (Cerutti et al., 2011). *Hippeastrum* es un género con la cualidad de la constancia y homogeneidad interespecífica de la fórmula básica del cariotipo y respecto del tamaño genómico (Navarro et al., 2015). Los individuos de *H. puniceum* estudiados fueron diploides coincidiendo con los antecedentes para la especie (Cerutti et al., 2011). Los reportes para *H. reticulatum* (Navarro et al., 2015) coinciden con las muestras diploides provenientes de Paraguay. *Hippeastrum vittatum*, cuyo ejemplar fue colectado en un vivero comercial, presentó células somáticas con $2n = 4x = 44$, indicando que se trata de un individuo

tetraploide, guarismo que concuerda con los resultados ya observados por Zemskova y Sveshnikova (1999), pero difiere con los hallazgos de un citotipo triploide $2n = 33$ realizado por Daviña (2001).

El género *Zephyranthes* se caracteriza cromosómicamente por presentar especies diploides, poliploides, series poliploides intraespecíficas, complejos poliploides, aneuploidías y presencia de cromosomas B (Daviña, 2001). *Zephyranthes mesochloa* es una especie con variados guarismos cromosómicos, presentando diploides, aneuploides, poliploides y presencia de cromosomas B tanto en poblaciones naturales como en cultivo (Bhattacharyya, 1972; Greizerstein y Naranjo, 1987; Daviña, 2001). Este complejo poliploide ha presentado poblaciones naturales principalmente diploides con $2n = 2x = 12$ que coinciden con este trabajo y también poblaciones naturales tetraploides del complejo que se han reportado para el noreste de Argentina (Gianini Aquino, 2023) que no se encontraron en Paraguay. En este trabajo se ha detectado la condición uniploide respecto al citotipo diploide para todas las accesiones de Paraguay analizadas, sin presencia de aneuploides ni cromosomas B. La homogeneidad detectada a nivel intrapoblacional en *Z. mesochloa* separadas en al menos 5 km, podría explicarse por mecanismos de dispersión de semillas.

Reproductivamente, los géneros *Hippeastrum*, *Habranthus* y *Zephyranthes* desarrollan un sistema reproductivo mixto, con diversas combinaciones de polinización cruzada y autopolinización. Sin embargo, la eficiencia reproductiva es mayor en la polinización cruzada en la mayoría de las Amarilidáceas, por lo que especies tetraploides como *Hippeastrum vittatum* y *Habranthus brachyandrus* tienden a comportarse como autógamo facultativo (Rodríguez Mata, 2022). El sistema de cruzamiento de muchas Amarilidáceas implica anemocoria, entomofilia (Hurrell, 2009), autogamia y hasta xenogamia facultativa y en algunas especies, se detectó la existencia de un desarrollo de semillas limitado por polen

(Argueta Guzmán et al., 2013). Las especies estudiadas *Habranthus brachyandrus*, *Hippeastrum puniceum*, *H. vittatum* y *Zephyranthes mesochloa* son fértiles y producen un buen set de semillas en condiciones de polinización abierta que son de calidad. En *Habranthus brachyandrus* se observó una rápida germinación de las semillas en comparación con el resto de las especies estudiadas, coincidiendo con las observaciones de Rodríguez Mata (2022) sobre el poder germinativo de esta especie. Otras especies del género *Habranthus* han mostrado alta viabilidad y germinación de semillas, como ocurre en *H. gracilifolius* (Echeverría y Alonso, 2010). La germinación en *Zephyranthes mesochloa* indica que esta especie tiene la capacidad de germinar con temperaturas superiores a 25 °C, justo después de su dispersión y presenta una dormición parcial siempre que sea adecuada su conservación. Esta observación resulta de gran importancia ante las variaciones de temperaturas medias anuales por cambio climático ocurridas recientemente en el subtrópico sudamericano, acompañada de sequías e incendios espontáneos. Además, el hecho que germine en poco tiempo da como resultado una rápida colonización del espacio, marcando un carácter ruderal con capacidad de ejercer un cierto grado de competencia interespecífica (Alaña Ogazón, 2016). Las semillas de *Habranthus brachyandrus* y de *Zephyranthes mesochloa* han germinado en promedio más rápido que las semillas de las demás especies analizadas; sin embargo, se han reportado otras especies del género *Zephyranthes* que pierden la viabilidad en poco tiempo (Rodríguez, 2016). El inicio de la germinación observada en *Hippeastrum puniceum* es parcialmente comparable a las observaciones de Heintze; (2014), quien estudió *Hippeastrum reticulatum* var. *striatifolium* (Herb.) Herb. con un tiempo de germinación promedio de alrededor de 30 días. Asimismo, Rodrigues et al. (2007) mencionan que las semillas de *H. stylosum* germinaron entre 19 y 23 días luego de la siembra. Cabe destacar que la germinación de las semillas de las

especies estudiadas de *Hippeastrum* fue posible aun luego de un periodo de 2 años de almacenamiento y el tiempo de germinación fue menor en comparación con otras especies del mismo género previamente estudiadas por Heintze (2014) y Rodrigues et al. (2007).

CONCLUSIONES

Las características citogenéticas de las especies de Amaryllidaceae nativas y cultivadas de Paraguay fueron analizadas mediante estudios cromosómicos de células en mitosis y contenido de ADN relativo por citometría de flujo, presentándose variedad de número cromosómico interespecífica, pero constancia intraespecífica. La información disponible sobre estos recursos genéticos fortalece las iniciativas para desarrollar estrategias de conservación de germoplasma y de uso agronómico como el cultivo de plantas con bulbos en Paraguay. También contribuyen a otros estudios de biología reproductiva y filogenéticos en curso. Resulta necesario realizar mayores esfuerzos para investigar el estado de conservación de las poblaciones silvestres de especies de esta familia.

AGRADECIMIENTOS

Al Programa de Estudios Florísticos y Genética Vegetal, Laboratorio de Citogenética Vegetal, FCEQyN, del Instituto de Biología Subtropical (IBS-CONICET-UNaM) Nodo Posadas de Misiones - Argentina, a los laboratorios de Botánica de la FACEN y FCQ de la Universidad Nacional de Asunción - Paraguay y a los curadores de los herbarios consultados, por la atención, la ayuda y la oportunidad de utilizar los materiales y equipamientos necesarios para desarrollar este trabajo. A la Mgter. Pereira Süssner C.D. por sus colaboraciones. Este trabajo ha sido financiado en parte por ANPCyT- [PICT 2016- 1637 de J.R.D y A.I.H.; PICT RAICES 2017-4203 y PICT 2020-3783 de A.I.H.], Mary Sue Ittner Grant of

the Pacific Bulb Society (PBS) de ACGA y la Universidad Nacional de Misiones, Argentina [PI 16Q1240, PI 16Q1758]. ACGA, y A.I.H. pertenecen al CONICET, Argentina; OARM pertenece al INTA, Argentina.

APORTES DE LOS AUTORES

IDE desarrolló su tesis de Maestría en Ciencias Biológicas, Mención Biodiversidad y Sistemática. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Asunción (FACEN- UNA), Paraguay bajo la dirección de JRD y AIH, quienes realizaron el diseño y conducción de la investigación. Los tres primeros autores tienen contribución equivalente. ACGA y OARM participaron con IDE en el laboratorio, análisis y tratamiento de los datos. Todos los autores participaron en la redacción y revisaron la versión final del manuscrito.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran no poseer conflictos de intereses.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alaña Ogazón, Á. (2016). Aspectos fenológicos, polinización y BVOC's en *Narcissus*. Casos de *Narcissus elegans* (Haworth) Spach y *N. obsoletus* (Haworth) Spach en Mallorca. [Tesis de grado bachiller en Biología, Universidad de las Islas Baleares], España.
- Andrade, J. P. (2007). Análise química e biológica em alcalóide do gênero *Hippeastrum* (Amaryllidaceae). [MSc. Dissertação, Universidade Federal de Rio Grande do Sul, UFRGS Faculdade de Farmacia] hdl.handle.net/10183/12070.
- Angiosperm Phylogeny Group (2009). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal*

- of the Linnean Society 161 (2), 105–121. doi.org/10.1111/j.1095-8339.2009.00996.x.
- Argueta Guzmán, M. P., Barrales Alcalá, D. A., Galicia Pérez, A., Golubov, J. y Mandujano, M. C. (2013). Sistema reproductivo y visitantes florales de *Zephyranthes carinata* Herb. (Asparagales: Amaryllidaceae). *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 58 (4), 100-117.
- Arroyo, S. (1982). The chromosomes of *Hippeastrum*, *Amaryllis* and *Phycella* (Amaryllidaceae). *Kew. Bull.* 7 (2), 211-216.
- Arroyo, S. C. (1990). *Habranthus* (Amaryllidaceae) en Argentina y Uruguay. *Parodiana* 6. 11-30.
- Arroyo-Leuenberger, S. C., y Dutilh, J. (2008). Amaryllidaceae. *Catálogo de las Plantas Vasculares Del Cono Sur 1*, 203-226.
- Beltrão, G. T. A. y Guerra, M. (1990). Citogenética de angiospermas coletadas em Pernambuco-III. *Ciência e Cultura* 42(10), 839-845.
- Berkov, S., E. Osorio, F. Viladomat & J. Bastida. (2020). Chemodiversity, chemotaxonomy and chemoecology of Amaryllidaceae alkaloids. *Alkaloids Chem. Biol.* 83, 113–185.
- Cerutti, J. C., Moscone, E. A., y Daviña J. R. (2011). Cantidad, distribución y composición de la heterocromatina constitutiva en especies del género *Hippeastrum* Herb. (Amaryllidaceae). *Journal of Basic and Applied Genetics* 17 (suppl.), 1-120.
- Coe, G. E. (1954). Chromosome numbers and morphology in *Habranthus* and *Zephyranthes*. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 81 (2), 141-148. doi.org/10.2307/2481850.
- Damián-Domínguez, M. D. J. X., Cano-Santana, Z. y Castellanos-Vargas, I. (2009). Fenología reproductiva de *Habranthus concolor* y *H. aff. concolor* (Amaryllidaceae) y su relación con la lluvia. En: *Historia natural y ecología de poblaciones*. Ed. Biodiversidad Del Pedregal de San Ángel. México.
- Darlington, C. D., & Wylie, A. P. (1955). Chromosome Atlas of Flowering Plants. G. Allen & Unwind Ltd., London.
- Da Silva, A. F. S., De Andrade, J. P., Bevilacqua, L. R., De Souza, M. M., Izquierdo, I., HenriqueS, A. T. y Zuanazzi, J. Â. S. (2006). Efectos ansiolíticos, antidepresivos y anticonvulsivos del alcaloide montanina aislado de *Hippeastrum vittatum*. *Farmacología, Bioquímica y Comportamiento* 85 (1), 148-154.
- Dash, C. K., Rahman, M. O., & Sultana, S. S. (2020). Karyological Investigation on three *Zephyranthes* species and its taxonomic significance. *Cytologia*, 85 (2), 163-168. doi.org/10.1508/cytologia.85.163.
- Daviña, J. & Honfi, A. (2018). *Habranthus* (Amaryllidaceae). En: Marhold & Kucera (eds.) IAPT chromosome data 28. *Taxon* 67 (6), 1235–1245 : (E1-E2). doi.org/10.12705/676.39.
- Daviña, J. R., A. Fernández & A. I. Honfi. (2019). Amaryllidaceae (*Zephyranthes*). In: Marhold, K. (ed.), IAPT/IOPB chromosome data 31. *Taxon*. 68 (6), E1 -E7. doi.org/10.1002/tax.12176.
- Daviña, J. R.; Honfi, A. I.; Diana, D. F.; Fernández, V.; Lirussi, I.; Rovira, A. & Molero, J. (2001). Chromosome studies on some plants from Paraguay. *Phyton* 50, 215-224.
- Daviña, J. R. (2001). Estudios citogenéticos en algunos géneros argentinos de Amaryllidaceae. Córdoba: [Tesis doctoral, Universidad Nacional de Córdoba], Argentina.
- Daviña, J. R. & Fernández, A. (1989). Karyotype and meiotic behaviour in *Zephyranthes* (Amaryllidaceae) from South America. *Cytologia* 54, 269-274.
- Degen, R. y Mereles, F. (1996). Check-List de las plantas colectadas en el Chaco boreal, Paraguay. *Rojasiana* 3(1), 1-175.
- Dinerstein, E.; Olson, D. M.; Graham, D. J.; Webster, A. L.; Primm, S. A.; Bookbinder, M. P. y Ledec, G. (1995). Una evaluación del estado de conservación de las ecoregiones terrestres de América latina y el Caribe. Washington D.C.: WWF - World Bank.
- Dutilh, J. H. A. (2005). Amaryllidaceae. En:

- Wanderley, M.G.L., Shepherd, G.J., Melhem, T.S., Martins, S.E., Kirizawa, M., Giulietti, A.M. (EDS.) *Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo*. Instituto de Botânica, São Paulo, vol. 4, pp. 244-256.
- Echeverría, M. L. y Alonso, S. I. (2010). Germinación y crecimiento inicial de *Habranthus gracilifolius* y *Rhodophiala bifida*, amarilidáceas nativas con potencial ornamental. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias* 42(1), 23-37.
- Felix, W. J. P.; Felix, L. P.; Melo, N. F.; Oliveira, M. B. M.; Dutilh, J. H. A. & Carvalho, R. (2011). Karyotype variability in species of the genus *Zephyranthes* Herb. (Amaryllidaceae–Hippeastreae). *Plant Systematics and Evolution*. 294 (3-4), 263- 271.
- Fernández, A. (2020). Domesticación y pre-mejoramiento de Amarilidáceas nativas con potencial ornamental. [Tesis Doctoral, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca]. Obtenido de repositori digital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/5683/FERNANDEZ%20A.C._TESIS.pdf?sequence=2&isAllowed=y.
- Flory, W. (1948). Chromosome studies, and their bearing on phylogeny, in the Amaryllidaceae. I *Habranthus*. *American Journal of Botany* 35, 791-792.
- Flory, W. S. (1968). Chromosome diversity in species and in hybrids, of Tribe Zephyrantheae. *The Nucleus* 11, 79-95.
- Flory, W. & Flagg, R. (1958). A cytological study of the genus *Habranthus*. *The Nucleus* 1 (2), 267-280.
- García, N.; Meerow, A. W.; Arroyo-Leuenberger, S.; Oliveira, R. S.; Dutilh, J. H.; Soltis, P. S. & Judd, W. S. (2019). Generic classification of Amaryllidaceae tribe Hippeastreae. *Taxon* 68(3), 481-498.doi:10.1002/tax.12062 10.1002/tax.12062.
- Gianini Aquino A. C. (2023). Niveles de ploidía y modos de reproducción en especies del género *Habranthus* Herb. (Amaryllidaceae). [Tesis doctoral. Universidad Nacional de Córdoba].
- Gianini Aquino A. C.; Daviña J. R. & A. I. Honfi. (2020). Amaryllidaceae, *Habranthus* species. En: Marhold & Kučera (eds), IAPT/IOPB chromosome data 33/7. *Taxon* 69 (6), E27-E29. doi.org/10.1002/tax.12414.
- Greizerstein, E. y Naranjo, C. (1987). Estudios cromosómicos en especies de *Zephyranthes* (Amaryllidaceae). *Darwiniana* 29, 169-186.
- Heintze, W. (2014). *Propagação de Hippeastrum reticulatum* var. *striatifolium* (Herb.) Herb. [Tesis de Maestria. Universidade Federal do Rio Grande de Sul, UFRGS, Brasil]. hdl.handle.net/10183/108710.
- Honfi, A. I. y Daviña, J. R. (2013). Aportes al inventario de especies endémicas y raras de la flora de Misiones, Argentina. Actas Jornada Científico Tecnológicas de 40 aniversarios de la Universidad Nacional de Misiones, 1-6.
- Honfi, A. I. y Daviña, J. R. (2015). Flora de interés forrajero y ornamental de Campo San Juan, en Bauni V. & M. Hombert (Eds.). *Reserva Natural Campo San Juan* (1er edición, pp. 69-83). Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Fundación de Historia Natural Félix de Azara.
- Hunziker, A. T. y Cocucci, A. (1959). Estudios sobre Amaryllidaceae I. Una Nueva Especie de *Hippeastrum* del Centro de Argentina: *H. parodii* nov. sp. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias* (Córdoba). XLI (1), 5 -16.
- Hurrell, J.; Delucchi, G. y Correa, M. (2009). Flora Rioplatense. Sistemática, ecología y etnobotánica de las plantas vasculares Rioplatenses. *Parte 3 Monocotiledóneas*. (Volumen 4). Buenos Aires, Argentina: L. O. L. A. (Literatura de Latinoamérica).
- Jin, Z.; Li, Z. & Huang, R. (2002). Muscarine, imidazole, oxazole, thiazole Amaryllidaceae and sceletium alkaloids. *Natural Products Report* 19, 454-476.
- Jitsuno, M.; Yokosuka, A.; Sakagami, H. & Mimaki, Y. (2009). Chemical constituents of the bulbs of *Habranthus brachyandrus* and their cytotoxic activities. *Chemical and Phar-*

- maceutical Bulletin 57(10), doi:10.1248/cpb.57.1153.
- Joshi, C. P. y Ranjekar, P. K. (1982). Visualización y distribución de heterocromatina en núcleos en interfase de varias especies de plantas según lo revelado por una nueva técnica de bandas de Giemsa. *Cytologia* 47, 471-480.
- Kubota, V. R.; Dutilh, J. H. A.; Vázquez, V. M. M.; Mazzacotte, L. E. L. y Alcaraz, D. E. G. (2021). Distribución y estado de conservación de *Hippeastrum angustifolium* Pax (Amaryllidaceae) en Paraguay Distribution and conservation status of *Hippeastrum angustifolium* Pax (Amaryllidaceae) in Paraguay. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural del Paraguay* 25 (1), 36-44.
- Lakshmi, N. (1980). Estudios citotaxonómicos en ocho géneros de Amaryllidaceae. *Cytologia* 45 (4), 663-673.
- Meerow, A. (1989). Systematics of the Amazon Lilies, Eucharis and Caliphruria (Amaryllidaceae). *Annals of the Missouri Botanical Garden* 76(1), 136-220. doi.org/10.2307/2399347
- Meerow, A.; Guy, C.; Li, Q.B. & Yang, S.L. (2000). Phylogeny of the American Amaryllidaceae based on nrDNA ITS sequences. *Systematic Botany* 25 (4), 708-726. doi.org/10.2307/2666729.
- Meerow, A. & Snijman, D. (1998). Amaryllidaceae. Monocotyledons. Lilianae (except Orchidaceae). In Kubitzki, K. (ed.) *III Flowering Plants* (pp. 83-110).
- Meerow, A. & Snijman, D. (2006). The never-ending story: Multigene approaches to the phylogeny of Amaryllidaceae. *Aliso* 22, 355-366. 10.5642/aliso.20062201.29.
- Mereles Haydar, M.F. y Pérez De Molas, L. (2004). *Hippeastrum belladonna* L., Amaryllidaceae, nueva mención para la flora paraguaya. *Rojasiana* 6(1), 115-128.
- Naranjo, C. A. (1969). Cariotipo de nueve especies Argentina de *Rhodophiala*, *Hippeastrum*, *Zephyranthes* y *Habranthus* (Amaryllidaceae). *Kurtziana* 5, 67-87.
- Naranjo, C. A. (1974). Karyotypes of four Argentine species of *Habranthus* and *Zephyranthes* (Amaryllidaceae). *Phyton* 32 (1), 61-71.
- Naranjo, C. A. y A. B. Andrada (1975). El cariotipo fundamental en el género *Hippeastrum* Herb. (Amaryllidaceae). *Darwiniana* 19 (2-4), 566 - 582.
- Nascimento, T.; Gongalves, S. R.; Bàez, M.; Seijo, G. & Guerra, M. (2022). Molecular cytogenetics reveals an uncommon structural and numerical chromosomal heteromorphism in *Zephyranthes brachyandra* (Amaryllidaceae). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 57(1), 31-40. doi.org/10.3897/CompCytogen.v11i3.13418.
- Navarro, M. P.; Honfi, H. I. y Daviña, J. R. (2015). Tamaño Genómico de especies de valor ornamental del género *Hippeastrum* Herb. (Amaryllidaceae). *Journal of Basic & Applied Genetics* 26 (1), 88.
- Poggio, L., Realini, M. F., Fourastié, M. F., García, A. M., & González, G. E. (2014). Genome downsizing and karyotype constancy in diploid and polyploid congeners: a model of genome size variation. *AoB Plants* 6. doi.org/10.1093/aobpla/plu029.
- Poggio, L., González, G., & Naranjo, C. (2007). Chromosome studies in *Hippeastrum* (Amaryllidaceae): variation in genome size. *Botanical Journal of the Linnean Society* 155 (2), 171-178. doi/epdf/10.1111/j.1095-8339.2007.00645.x.
- Ramella, L. y Perret, P. (2008). *Catalogus Hasslerianus. Parte 1*. acceso 7/ 2020, de Flora del Paraguay: www.ville-ge.ch/cjb/publications/publications_pdf/catalogus_hasslerianus_parte_1.pdf.
- Rodrigues, B. R. M.; Meiado, M. V. & Simabukuro, E. A. (2007). Influência da luz e do tegumento na germinação de *Hippeastrum stylosum* Herb. (Amaryllidaceae). *Revista Brasileira de Biociências* 5(S2), 603-605.
- Rodríguez Mata, O. A. (2022). Caracterización citogenética, reproductiva y fitoquímica de

- Amaryllidaceae. [Tesis doctoral Universidad Nacional de Misiones].
- Rodriguez Mata, O. A.; Honfi, A. I. y Daviña, J. R. (2018). Regeneración de bulbos de *Hippeastrum striatum* y *Habranthus brachyandrus* (Amaryllidaceae) sometidos a corte longitudinal. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 53 (4), 609-618. dx.doi.org/10.31055/1851.2372.v53.n4.21983
- Rodríguez Mata, O. A.; Gianini Aquino, A. C.; J. R. Daviña & A. I. Honfi. (2022). IAPT chromosome data 36/6. *TAXON* 71, no 5, E18-E19.
- Seemann, P., Riegel, R., Jara, G., Muñoz, M., Schiappacasse, E., Peñailillo, P. & Basoalto, A. (2006). Biotechnology and plant breeding of two chilean species of *Rhodophiala* Presl. (Amaryllidaceae). *Agro Sur* 34 (1-2), 5-7. doi.org/10.4206/agrosur.2006.v34n1-2-03.
- Schnack, B. y Covas, G. (1947). Estudios cariotípicos en Antófitas. *Haumania* 1 (1), 32 - 41.
- Sharma, A.K. & Ghosh, C. (1954). Further investigation on the cytology of the family Amaryllidaceae and its bearing on the interpretation of its phylogeny. *Genética Ibérica* 6, 71 - 100.
- Tandon, S. L. y Mathur, M. (1965). Estudios citotaxonómicos sobre algunas especies de *Zephyranthes*. *Revista India de horticultura*, 22 (2), 190-200.
- Tapia-Campos, E.; Rodriguez-Dominguez, J. M.; Revuelta-Arreola, M. M.; Van Tuyl, J. M. & Barba-Gonzalez, R. (2012). Mexican Geophytes II. The Genera *Hymenocallis*, *Sprekelia* and *Zephyranthes*. *Floriculture and Ornamental Biotechnology* 6 (SI 1), 129-139.
- Vijayavalli, B. & Mathew, P. M. (1990). Cytotaxonomy of the Liliaceae and allied families. Continental Publishers.
- Vogt, C. (2011). Composición de la flora vascular del Chaco Boreal, Paraguay I. Pteridophyta y Monocotiledoneae. *Steviana* 3, 13-47. doi.org/10.56152/StevianaFacenV3A2_2011
- Sveshnikova, L. I. & Zemskova, E. A. (1988). Chromosome numbers in some members of the Amaryllidaceae. *Botanicheskii Zhurnal* 73, 1207-1208.
- Zemskova, E. A. & Sveshnikova, L. I. (1999). Karyological study of some representatives of the family Amaryllidaceae. *Botanicheskii-Zhurnal* 84 (4), 86-98.
- Zuloaga, F.; Belgrano, M. y Zanolini, C. (2019). Actualización del Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur. Darwiniana Nueva Serie. 7 (2), 208-278. www.ojs.darwin.edu.ar/index.php/darwiniana/article/view/861/1170.

Niveles de ploidía de algunas especies de *Paspalum*, Poaceae de Paraguay

Chaparro, C.¹ ; Escobar, L. M.² ; Schneider, J. S.² ; Eckers, F.² ; Perichon, M. C.² ; Daviña, J. R.² ; Honfi, A. I.^{2*} 

¹Universidad Nacional de Asunción. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Laboratorio de Recursos Vegetales. Campus Universitario, San Lorenzo, Paraguay

²Programa de Estudios Florísticos y Genética Vegetal – Laboratorio de Citogenética Vegetal, Instituto de Biología Subtropical – Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología - Universidad Nacional de Misiones, (IBS-CONICET-UNaM), nodo Posadas, Misiones, Argentina

*autor por correspondencia: ahonfi@gmail.com

Niveles de ploidía de algunas especies de *Paspalum*, Poaceae de Paraguay. El género *Paspalum* reúne más de 330 especies nativas americanas, que son de gran interés por su calidad forrajera y el amplio rango de adaptabilidad ecológica que presentan. Paraguay dispone de escasa información sobre citología de procedencias nativas de especies del género. A fin de contribuir con la caracterización de plantas nativas de Paraguay, se ha determinado el nivel de ploidía con técnicas citogenéticas y citometría de flujo de 24 individuos de 13 accesiones pertenecientes a ocho especies de *Paspalum*. Se realizaron colectas en los departamentos Canindeyú, Central, Cordillera, Paraguari y Pte. Hayes. El 96% de las especies estudiadas presentó nivel de ploidía tetraploide. Las accesiones de *P. alium* ($2n = 4x = 24$), *P. ionanthum*, *P. malacophyllum*, *P. notatum* var. *notatum*, *P. nicorae* y *P. plicatulum* fueron todas tetraploides ($2n = 4x = 40$), en cambio se encontró ploidía pentaploide en *P. arundinellum* ($2n = 5x = 50$) y diploide en *P. simplex* ($2n = 2x = 20$).

Palabras claves: Poliploidía, citometría de flujo, mitosis, recursos genéticos vegetales

Ploidy levels of some *Paspalum*, Poaceae species from Paraguay. The genus *Paspalum* comprises more than 330 native American species, which are of great interest due to their forage quality and the wide range of ecological adaptability. Paraguay has little information on the cytology of native species of the genus. In order to contribute to the characterization of native plants from Paraguay, the ploidy level of 24 individuals from 13 accessions belonging to eight *Paspalum* species has been determined using cytogenetic techniques and flow cytometry. The botanical collections were made in the Canindeyú, Central, Cordillera, Paraguari, and Pte. Hayes departments. Most (96%) of the studied species were tetraploid. The accessions of *P. alium* ($2n = 4x = 24$), *P. ionanthum*, *P. malacophyllum*, *P. notatum* var. *notatum*, *P. nicorae* and *P. plicatulum* were tetraploids ($2n = 4x = 40$), whereas *P. arundinellum* was pentaploid ($2n = 5x = 50$) and *P. simplex* was diploid ($2n = 2x = 20$).

Keywords: Polyploidy, mitosis, flow cytometry, plant genetic resources

INTRODUCCIÓN

El género *Paspalum* L. pertenece a la tribu Paspaleae de la subfamilia Panicoideae de las gramíneas y dentro de la familia es uno de los géneros con mayor número de especies, con alrededor de 330 entidades (Zuloaga y Morrone, 2005; Morrone et al., 2012). La distribución geográfica del género es amplia en regiones tropicales y templadas de América, con pocas especies en áreas extra-americanas (Zuloaga y Morrone, 2005). Existen 80 especies y 3 variedades de *Paspalum* registradas en la Flora de Paraguay (Zuloaga et al., 2014) que habitan en una variada gama de ambientes, como sabanas, bordes de selva, praderas e incluso bañados y áreas de cerrado (Honfi com. pers.) donde forma parte de pastizales diversos.

En *Paspalum* se conocen los números cromosómicos de casi la mitad de las especies (Honfi, 2003; Honfi et al., 2021), es muy común la poliploidía y el 75,6% de las especies estudiadas son poliploides (Honfi et al., 2021). El número básico en especies de *Paspalum* es generalmente $x = 10$ y presenta pocas excepciones, como por ejemplo $x = 6$, en el grupo informal Alma y en *P. schesslii* Bonasora & G.H. Rua del subgénero Ceresia (Honfi, 2003; Bonasora et al. 2015; Honfi et al. 2021). En la actualidad, se han examinado los sistemas genéticos de alrededor del 20% de las especies (Ortiz et al., 2013; Honfi et al., 2021) y es común encontrar diversos citotipos coexistiendo dentro de una misma especie sin distinciones exomorfológicas entre ellos (Honfi et al., 2021).

Existen especies monoploides que exhiben un único nivel de ploidía y multiploides cuando comprenden una serie poliploide intraespecífica, y en ambos casos la poliploidía está presente. Los niveles de ploidía en *Paspalum* varían desde diploides ($2n = 2x = 20$) hasta hexadecaploides ($2n = 16x = 160$) (Quarin, 1992; Ortiz et al., 2013; Honfi et al., 2021). Los diploides poseen reproducción sexual en cambio los poliploides son en

su gran mayoría apomícticos (Quarin, 1992). La apomixis es el modo de reproducción asexual mediante semillas que tienen origen exclusivamente materno (Nogler, 1984).

La mayoría de los sistemas genéticos en especies de *Paspalum* comprenden más de un nivel de ploidía que son indistinguibles morfológicamente en la naturaleza. Un caso típico es el sistema genético que comprende diploides sexuales alógamos por auto-esterilidad y contrapartes conespecíficas poliploides apomícticos pseudógamos auto-compatibles (Quarin, 1992; Hojsgaard et al., 2009; Ortiz et al., 2013; Honfi et al., 2021). Especies que exhiben este sistema genético son *P. notatum* Flügge; *P. compressifolium* Swallen, *P. plicatum* Michx., *P. alium* Mez, entre otras, que son especies de gran interés como forrajeras nativas (Vogt, 2011; Ortiz et al., 2013) en la producción ganadera sudamericana. La conservación de germoplasma y los planes de mejoramiento genético en *Paspalum* requieren como condición previa a su implementación, la caracterización del nivel de ploidía de las accesiones de cada especie, porque la diversidad reproductiva y de ploidía es condicionante del diseño de cruza-mientos y de muestreo de germoplasma.

Entre los antecedentes de estudios cromosómicos en procedencias de *Paspalum* de Paraguay, se registran diploides y poliploides (Honfi et al., 1990; Daviña et al., 2001; Pozzobon et al., 2008, 2013; Molero et al., 2006; Hojsgaard et al., 2009; Rivarola Sena et al., 2016; Reutemann et al., 2020; 2022). Parte de los antecedentes existentes sobre cromosomas de *Paspalum* de procedencias de Paraguay, se han reunido tiempo atrás en la base de datos CROMOPAR (Daviña et al., 2001; Molero et al., 2006). Aun así, la información disponible es aún insuficiente y fragmentaria.

En base a lo expuesto, este trabajo tiene como objetivo determinar el nivel de ploidía de algunas especies de *Paspalum* de Paraguay mediante el recuento citogenético de números cromosómicos y análisis de citometría de flujo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material estudiado

El material estudiado fue colectado en los departamentos Canindeyú, Central, Cordillera, Paraguari y Presidente Hayes de Paraguay (Tabla 1). Los ejemplares de herbario fueron depositados en los siguientes herbarios: Herbario de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de Asunción (FACEN), Herbario de la Universidad Nacional de Misiones (MNES), Herbario Gaspar Xuárez (BAA). Se tomaron muestras de ejemplares vivos que fueron trasplantados en macetas. Todos los ejemplares colectados fueron georreferenciados (Tabla 1). Las especies fueron identificadas taxonómicamente de acuerdo a Zuloaga et al. (2014).

Mitosis

Los estudios cromosómicos se realizaron en el laboratorio de Citogenética Vegetal del Instituto de Biología Subtropical (IBS, UNaM- CONICET), Posadas, Misiones, Argentina dentro del marco del convenio de cooperación científica FACEN - UNA y PEFyGV FCEQyN- UNaM. Se realizaron preparados mitóticos a partir de ápices de raicillas obtenidos a partir de plantas cultivadas en macetas. Las raicillas fueron pretratadas con solución saturada de 1-bromonafaleno por 3 h. Luego fueron fijadas en etanol absoluto-ácido acético glacial en proporción 3:1 a temperatura ambiente por una noche y conservadas a 4°C hasta su utilización. Las raicillas fueron hidrolizadas con HCl 1N durante 10 minutos a 60°C y se colorearon con fucsina básica (Reactivo de Schiff). El meristema coloreado fue macerado en orceína acética 2%. Los preparados fueron sellados con solución de goma y las preparaciones cromosómicas fueron observadas con un microscopio Leica DMS provisto con cámara de video C 350 FX.

Determinación del nivel de ploidía por citometría de flujo

Los individuos con número cromosómico determinado mediante conteos cromosómicos clásicos fueron usados como estándar de referencia internos en mediciones del contenido relativo de ADN en tejidos foliares por citometría de flujo. Se utilizó un citómetro de flujo marca Partec Modelo CyFlow Ploidy Analyzer (IBS – CONICET-UNaM). Para ello se aplicó el protocolo de Siena et al. (2008). Para ello, una muestra de tejido foliar fresco (0,5 cm²) de cada planta se colocó en cajas de Petri junto a una muestra de tamaño similar de la planta usada como patrón (con ploidía conocida por recuento cromosómico). Se utilizó 0,5 ml de Tris-MgCl₂ Otto I *buffer* de extracción y 1,5 ml de Otto II *buffer* de tinción 4μg/ml DAPI (0,6-diamino-2-fenilindol) para la coloración de los núcleos celulares. El nivel de ploidía se determinó comparando los histogramas de fluorescencia del estándar de referencia y la muestra, analizando al menos 3000 núcleos y tres repeticiones/muestra. El análisis de los histogramas se realizó con el programa FloMax 2.4 de Sysmex-Partec.

Análisis de bases de datos citogenéticos

Se registraron las publicaciones existentes con información cromosómica de especies de *Paspalum* con procedencias estudiadas de Paraguay. Para ello, se consultaron las siguientes bases de datos cromosómicas: TROPICOS, CROMOPAR, *Chromosome Counts Database (CCDB)*, *CHROBASE - Chromosome numbers for the Italian flora (CHROBASE)*, *Botanical Society of the British Isles (BSBI) Cytology database (British Isles cytology)*, *Chromosome number database of Polish plants (Poland Database)*, *Chilean Plants Cytogenetic Database (Chilean Cytogenetic Database)*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los pastizales naturales de Paraguay contienen especies de *Paspalum* que contribuyen a su alto valor biológico como reservorio de biodiversidad y como fuente alimenticia para el ganado. En este trabajo se analizaron citogenéticamente ocho especies, 13 accesiones y 24 individuos de *Paspalum* procedentes de Paraguay (Tabla 1).

Tres niveles de ploidía han sido identificados y el 96% de los individuos presentaron citotipo tetraploide. El 4% restante es diploide o pentaploide. La tetraploidía es la condición más común dentro del género (Quarin, 1992) y también, es el citotipo más extendido en la naturaleza (Honfi et al., 1990; 2021). Es común encontrar diversos citotipos en una misma especie de *Paspalum* y generalmente sin distinciones exomorfológicas entre ellos (Honfi et al., 2021). Las especies estudiadas en este trabajo pertenecen a diferentes grupos informales, Alma, Plicatula, Quadrifaria, Malacophylla y Notata (Zuloaga y Morrone, 2005).

La condición tetraploide en especies con número básico de cromosomas $x=10$ es de $2n=4x=$

40 y en especies como *P. alnum* con número básico $x=6$, es de $2n=4x=24$ cromosomas (Tabla 1). El grupo informal Alma de *Paspalum* es monoespecífico, y está constituido por *P. alnum*, especie que se distribuye en Argentina, Paraguay y Brasil y que posee 2 niveles de ploidía, diploide y tetraploide (Honfi et al., 1990; Hojsgaard et al., 2009; Zuloaga et al., 2014). Hasta el momento, solamente han sido registrados individuos tetraploides de *P. alnum* de Paraguay.

En el grupo Plicatula se reúnen especies morfológicamente relacionadas con *P. plicatulum* Michx., la cual es una especie típica de los campos de y sabanas de América (Zuloaga y Morrone, 2005). *Paspalum leptum* Schult. (= *P. nicorae* Parodi) es una especie forrajera nativa del grupo que se distribuye en Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay (Zuloaga y Morrone, 2005) y es considerada como indicadora de campos de valor nutritivo considerable, que toleran alta carga animal y donde los animales engordan satisfactoriamente (Barreto, 1956). Las procedencias de los departamentos Central y Paraguari resultaron tetraploides (Tabla 1, Fig. 1A) un citotipo común en esta especie.

TABLA 1. Síntesis de número cromosómico (2n) y nivel de ploidía (x) de especies de *Paspalum*

Especie	2n	x	Legajo	Procedencia
<i>P. alnum</i> Chase	24	4x	H2535 #1	Py. Dpto. Cordillera, ruta de Tobatí a Arroyos y Esteros. S25°03'48" WO57°11'22.4", 62 msnm (MNES)
	24	4x	H2535 #2	Py. Dpto. Cordillera, ruta de Tobatí a Arroyos y Esteros. S25°03'48" WO57°11'22.4", 62 msnm, (MNES)
	24	4x	Rua 1145	Py. Dto. Presidente Hayes. Ruta 9 Transchaco (BAA, FACEN).
<i>P. arundinellum</i> Mez	50	5x	Rua 54	Py. Dpto. Canindeyú
<i>P. ionanthum</i> Chase	40	4x	H2529 #2	Py. Dpto. Central. Ypacaraí, sobre Ruta 2 S25°22'56.9" WO57°15'30.5", 76 msnm (MNES)
	40	4x	H2529 #3	
	40	4x	H2529 #4	
	40	4x	H2529 #5	
	40	4x	H2532#1	Py. Dpto. Cordillera, ruta de Tobatí a Arroyos y esteros. S25°08'16.1" WO57° 06' 20.7", 71 msnm (MNES)
	40	4x	H2532 #2	
	40	4x	H2532 #3	

TABLA 1. Continuación

	40	4x	H2538 #1	Py. Dpto. Paraguari. S25°38'03.5" WO57°09'17.7", 109 msnm (MNES)
	40	4x	H2538 #2	
	40	4x	H2538 #3	
	40	4x	H2538 #4	
	40	4x	H2538 #5	
<i>P. leptum</i> Schult.	40	4x	H2540 #B	Py. Dpto. Paraguari, Villa Florida, (MNES)
	40	4x	H2530 #1	Py. Dpto. Central. Ruta de Caacupé a Tobatí. S25°18'04.5" WO57°05'39.5", 109msnm (MNES)
	40	4x	H2530 #2	
<i>P. malacophyllum</i> Trin.	40	4x	Rua 298	Py. Parque Nacional Cerro Corá (BAA, FACEN)
<i>P. notatum</i> Flügge var. <i>notatum</i>	40	4x	H2528	Py. Dpto. Central, Ruta 2, 18 km antes de Caacupé S27°24'15.3" WO57°17'44.3" (FACEN, MNES)
<i>P. plicatum</i> Michx.	40	4x	H2539	Py. Dpto. Paraguari. S25°38'03.4" WO 57°09'17.7", 109 msnm (MNES)
	40	4x	H2536#1	Py. Dto. Cordillera, entre Tobatí a Arroyos y Esteros. S25°03'48" WO 57°11'22.4, 62 msnm" (MNES)
	40	4x	H2536#2	
<i>P. simplex</i> Morong ex Britton	20	2x	H2537 #2	Py. Dpto. Presidente Hayes, Puerto Falcón, (MNES)
	20	2x	H2537 #3	

Coleccionista: H: Honfi A.I.

En los pastizales de Paraguay, *P. plicatum* es una especie muy frecuente y constituye un componente muy productivo. Bajo este epíteto, se reúnen citotipos diploides auto-estériles de reproducción sexual (Honfi et al., 1990; Ortiz et al., 2013) y tetraploides apomícticos auto-compatibles y pseudógamos (Burson y Bennett, 1971). Morfológicamente es muy variable, polimórfica y con gran tolerancia ecológica (Honfi, com. pers.). Todas las accesiones estudiadas fueron tetraploides con $2n=4x=40$ cromosomas (Fig. 1B, 1C, 1D, Tabla 1). Las accesiones conocidas exhiben invariablemente tetraploidía en materiales de Argentina, Brasil y Paraguay (Burson & Bennett, 1970; Pozzobon et al., 2000; Hojsgaard et al., 2009; Novo et al., 2019). Excepcionalmente se han encontrado diploides en el norte de Argentina (Honfi et al. 1990).

La especie de referencia del grupo Notata es *P. notatum*, la cual posee dos variedades, *P. notatum* var. *saurae* y *P. notatum* var. *notatum*,

que difieren en el nivel de ploidía, diploide y tetraploide, respectivamente (Zuloaga y Morrone, 2005). El material estudiado es tetraploide (Fig. 2A, Tabla 1) y este resultado concuerda con numerosos recuentos previos realizados en esta especie (Hojsgaard et al., 2009; Reutemann et al., 2019, y referencias). El análisis de todas las procedencias de Paraguay indica que las poblaciones son uniformemente tetraploides. Por primera vez, se analiza con citometría de flujo el nivel de ploidía de plantas de *P. notatum* del departamento Central. La presencia de un único pico en el histograma (Fig. 2A) indica que el material de referencia usado ($2n=40$) y el material estudiado, presentan el mismo nivel de ploidía tetraploide.

Paspalum ionanthum Chase (= *P. guaraniticum* Parodi) es una especie muy difundida en los campos de los departamentos de Cordillera, Central, Paraguari y por primera vez se reporta para el departamento Presidente Hayes. Se trata de una especie que también forma parte del gru-

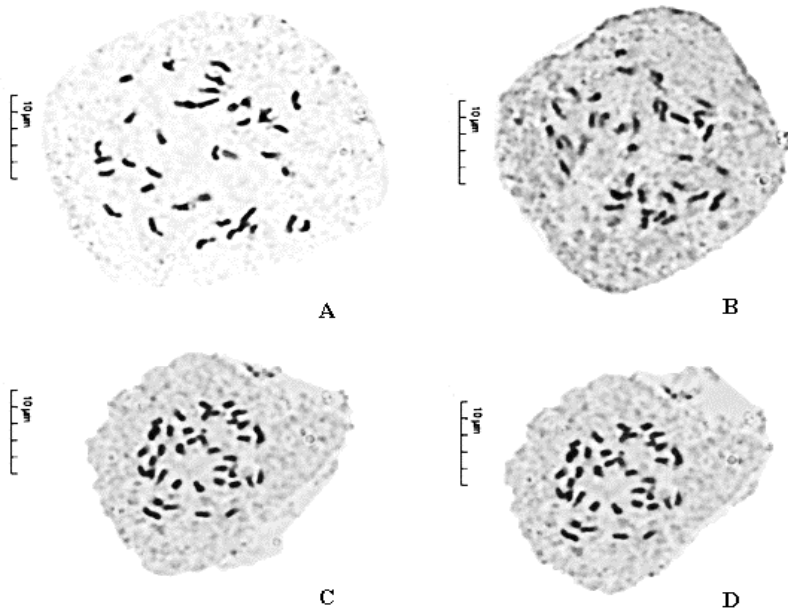


Figura 1. Números cromosómicos de especies de *Paspalum*, grupo Plicatula. A) *Paspalum leptum*, $2n = 4x = 40$ (H2530 #1). B) *P. plicatulum*, $2n = 4x = 40$ (H2536#1). C) *P. plicatulum*, $2n = 4x = 40$ (H2536#2). D) *P. plicatulum*, $2n = 4x = 40$ (H2538). Escala: 10 μm

po taxonómico informal Notata (Chase, 1929), que reúne a todas las especies morfológicamente similares a *P. notatum*. Se trata de una especie perenne y cespitosa, la cual produce un forraje apetecido por el ganado y es medianamente productivo (Rosengurt et al., 1970; Morrone y Zuloaga, 2005). Se la encuentra generalmente ocupando áreas húmedas de terrenos bajos y arenosos, distribuida a través del sureste del Paraguay, suroeste de Brasil, noreste de Argentina y noroeste de Uruguay (Quarin y Norrmann, 1987). En esta especie se han registrado citotipos tetraploides ($2n = 4x = 40$) sexuales autoestériles (Burson y Bennett, 1970; Quarin, 1977; Quarin y Norrmann, 1987; Martínez et al., 1999 Hojsgaard et al., 2009), un citotipo tetraploide apomítico (Bashaw et al., 1970) que posiblemente pertenezca a otra especie de *Paspalum* (Quarin, com. pers.) y octoploides ($2n = 8x = 80$) de reproducción apomítica (Burson y Bennett, 1970).

En *Paspalum* se han descripto varios sistemas genéticos y *P. ionanthum* forma parte del grupo de especies poliploides sexuales autoestériles,

con contrapartes poliploides superiores de reproducción apomítica (Ortiz et al., 2013). La distribución geográfica natural de los citotipos de esta especie en Paraguay, es conocida apenas a partir de las investigaciones realizadas en algunas plantas individuales. La presencia del citotipo octoploide fue documentada en la región noroeste del Uruguay por Burson & Bennett (1970) y luego no se han encontrado nuevos registros octoploides para esta especie. En Argentina, se han registrado exclusivamente individuos y poblaciones tetraploides en la provincia de Corrientes, Argentina (Quarin & Norrmann, 1987; Martínez et al., 1999; Schedler, 2019; Schedler et al. 2023). El modo de reproducción fue determinado en la especie, a través del análisis de los sacos embrionarios, estableciendo que la misma se reproduce principalmente por la vía sexual, pero que posee capacidad para la reproducción apomítica, debido a la presencia simultánea de sacos embrionarios meióticos y apospóricos (Burson & Bennett, 1970; Martínez et al., 1999; Schedler et al. 2023). Además, el citotipo octoploide también es

apomíctico facultativo (Galdeano et al., 2016). Todas las procedencias de Paraguay resultaron tetraploides con $2n=4x=40$ cromosomas (Tabla 1, Fig. 2B). Los resultados indican que *P. ionanthum* en Paraguay es una especie nativa con un único nivel de ploidía tetraploide y que es frecuente en los campos naturales pastoreados. En *Paspalum* son poco comunes los tetraploides que se reproducen sexualmente, y por tal razón, *P. ionanthum* constituye un recurso genético valioso para la conservación y el mejoramiento genético de pastos forrajeros.

El subgénero *Anachyris* Chase de *Paspalum* reúne a seis especies, tres de ellas se encuentran en Paraguay, por ejemplo, *P. malacophyllum* Trin. (Zuloaga et al., 2014). La ploidía en *P. malacophyllum* proveniente de Paraguay determinada por citometría de flujo indica que se trata de tetraploides (Tabla 1, Fig. 2C) y coincide con recuentos previos realizados en poblaciones de Argentina, Brasil, Bolivia y Paraguay (Hojsgaard et al., 2009; Zilli et al., 2014). Los diploides de esta especie se encuentran solamente en el sur de Brasil en cambio los tetraploides ocupan el resto de la distribución geográfica de la especie (Zilli et al., 2014).

En la actualidad, *P. lepton* Oliveira & Valls es el nombre de *P. nicorae* Parodi, luego de pasar a sinonimia a ésta última (Oliveira y Valls, 2008; Novo et al., 2019), aunque no hay acuerdo en esta denominación. Se trata de una especie del grupo *Plicatula* nativa de Sudamérica, natural del E de Paraguay, S de Brasil, NE de Argentina y de Uruguay, que fue introducida a Norteamérica (Novo et al., 2019). Las procedencias de los departamentos Central y Paraguairí, resultaron tetraploides cuando fueron analizadas por citometría de flujo (Fig. 2D). Hasta el momento, todas las accesiones estudiadas de esta especie, provenientes de Argentina, Paraguay y Brasil son tetraploides invariablemente, y de reproducción apomíctica con cierta sexualidad residual (Hojsgaard et al., 2009; Novo et al., 2019).

La procedencia de Canindeyú de *P. arundinellum* Mez (Tabla 1, Fig. 2E) resultó pentaploide ($2n=5x=50$) y este hallazgo coincide con los registros cromosómicos previos de accesiones de Paraguay y Argentina de esta especie (Honfi et al., 1990; Hojsgaard et al., 2009). En *P. arundinellum* se han encontrado también raros individuos de condición tetraploide procedentes de Argentina (Formosa) y de Paraguay, pero la condición más común en la naturaleza son los pentaploides (Honfi, 2003). En Paraguay, los tetraploides de *P. arundinellum* fueron encontrados en los departamentos de Caaguazú (Hojsgaard et al., 2009) y de Concepción (Rivarola Sena et al., 2016).

Paspalum simplex Morong ex Britton, es una especie multiploide que comprende citotipos $2x$, $3x$, $4x$, $6x$ típica del Gran Chaco (Urbani et al., 2002; Zilli et al., 2014). La accesión estudiada resultó diploide (Tabla 1, Fig. 2F) y el nivel de ploidía coincide con recuentos previos realizados en esta especie (Urbani et al., 2002; Zilli et al., 2014). En Paraguay, se han encontrado tres citotipos, los diploides se encuentran en el sur, los hexaploides se encuentran al norte, en cambio los tetraploides se distribuyen en el norte, centro y sur (Urbani et al., 2002; Hojsgaard et al., 2009; Zilli et al., 2014; Rivarola et al., 2016).

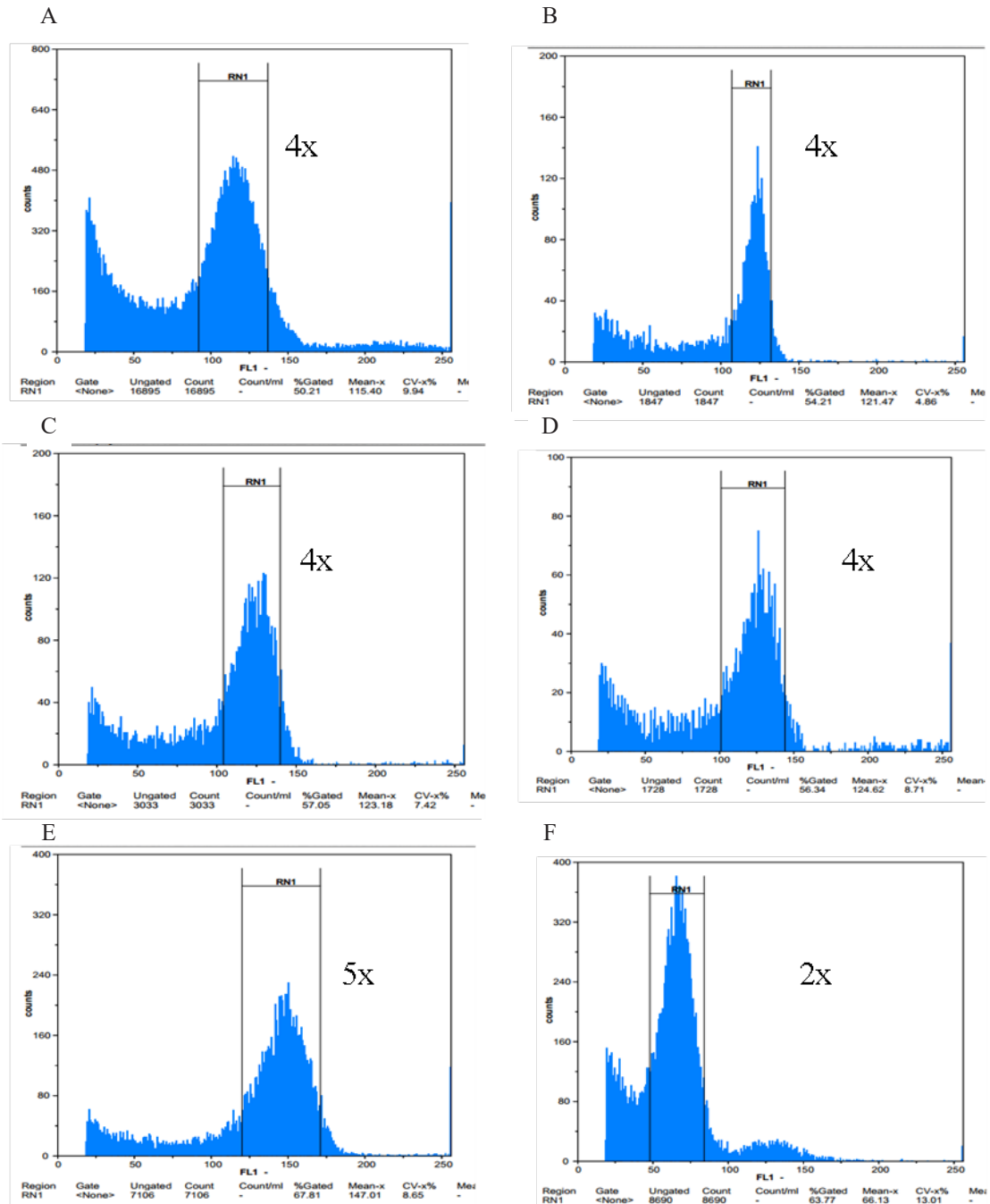


Figura 2. Histogramas de contenido relativo de ADN obtenidos en tejidos foliares por citometría de flujo de especies de *Paspalum*. A) *P. notatum* var. *notatum*, B) *P. ionanthum*, C) *P. malacophyllum*, D) *P. lepton*, E) *P. arundinellum*, F) *P. simplex*

Históricamente, se han realizado pocos estudios cromosómicos de *Paspalum* en procedencias de Paraguay. Honfi et al. (1990) realizaron conteos cromosómicos de unas pocas muestras provenientes de los departamentos de Boquerón y Presidente Hayes, ambas tetraploides, pertenecientes a *P. alnum* y *P. distichum* L., respectivamente. Norrmann et al. (1989) identificaron el número cromosómico y nivel de ploidía de seis especies de *Paspalum*, entre ellas una única procedencia de *P. intermedium* Munro ex Morong & Britton ($2n = 2x = 20$) de Pdte. Hayes. Pozzobon et al. (2008) realizaron revisiones de números cromosómicos para especies de *Paspalum* del cono sur de Sudamérica, incluyendo en su estudio a *P. limbatum* Henrard ($2n = 4x = 40$), *P. mandiocanum* Trin. var. *subaequiglume* Barreto ($2n = 5x = 50$) del departamento de Amambay, y a *P. conspersum* Schrad. ($2n = 6x = 60$) proveniente de Cordillera. Por su parte, Hojsgaard et al., (2009) han estudiado los cromosomas y niveles de ploidía de varias especies de *Paspalum* de Argentina, Bolivia, Brasil y Paraguay, y encuentran *P. alcalinum* Mez ($2n = 6x = 60$) y *P. simplex* (4x) en Pdte. Hayes; *P. arundinellum* ($2n = 4x = 40$) en Caaguazú; *P. glaucescens* Hack. ($2n = 4x = 40$), *P. malacophyllum* (4x) y *P. intermedium* ($2n = 2x = 20$) en Amambay; *P. inaequivalve* Raddi ($2n = 6x = 60$) en Paraguari; *P. ionanthum* (4x) y *P. leptum* (4x) en Cordillera, *P. juergensii* Hack. y *P. umbrosum* Trin. ($2n = 2x = 20$) en Itapúa; *P. orbiculatum* Poir. y *P. paucifolium* Sw. ($2n = 2x = 20$) en Paraguari. Sartor et al. (2011) realizaron estudios sobre niveles de ploidía y de comportamiento reproductivo en cinco especies de *Paspalum* y encontraron en el departamento Central procedencias hexaploides de *P. alcalinum* ($2n = 6x = 60$) y procedencias diploides, triploides y tetraploides de *P. denticulatum* Trin. Mas recientemente, Rivarola Sena et al. (2016) han realizado la caracterización cromosómica de especies de *Poaceas* del Monumento Natural Tres Cerros, Vallemí, del departamento de Concepción y determinaron el nivel de ploidía de diversas espe-

cies de *Paspalum*, registrando tetraploides de *P. arundinellum*, *P. compressifolium*, *P. notatum* y tetraploides y hexaploides de *P. simplex*. También Reutemann et al. (2019) encuentran tetraploides de *P. ionanthum* (4x) en el departamento de Cordillera y de *P. paucifolium* de Paraguari. Todos estos estudios, utilizaron las técnicas clásicas de recuentos cromosómicos. En este trabajo, por primera vez se combinan dos técnicas de análisis citogenético, particularmente, la determinación del número cromosómico clásico obtenido mediante preparaciones citológicas cromosómicas, junto con la determinación del nivel de ploidía por citometría de flujo. La aplicación conjunta de estas técnicas, resulta óptima para efectuar con celeridad el análisis de un gran volumen de plantas y obtener resultados con alta fidelidad.

CONCLUSIONES

Paspalum es un género americano altamente polimórfico, que comprende valiosos recursos forrajeros para una variada gama de rangos ecológicos. Sin embargo, solamente unas pocas especies se utilizan ampliamente como pastos forrajeros. La falta de diversidad intraespecífica de niveles de ploidía en las especies de *Paspalum* analizadas procedentes de Paraguay, se evidencia en todos los casos con la presencia de un único citotipo común a todas las accesiones. El nivel de ploidía predominante fue el tetraploide ($2n = 4x = 40$), en cambio se encontró en un solo caso, ploidía pentaploide ($2n = 5x = 50$) y en otro diploide ($2n = 2x = 20$). Los resultados encontrados en este trabajo, denotan que aún persiste el vacío de información cromosómica de especies de *Paspalum* procedentes de Paraguay. Además, se presenta por primera vez, la aplicación de la citometría de flujo para determinar el nivel de ploidía en plantas de Paraguay, y resulta una herramienta útil y eficiente para analizar grandes cantidades de material. La combinación de la información de cromosomas y niveles de ploidía con la distribución geográfica de las especies de *Paspalum*

son necesarias de estudiar en profundidad en un futuro próximo, para identificar las áreas geográficas prioritarias de conservación de germoplasma de interés.

AGRADECIMIENTOS

Al Programa de Estudios Florísticos y Genética Vegetal, Laboratorio de Citogenética Vegetal, FCEQyN, del Instituto de Biología Subtropical (IBS-CONICET-UNaM) Nodo Posadas de Misiones - Argentina, a los laboratorios de Botánica de la FACEN y FCQ de la Universidad Nacional de Asunción - Paraguay, y a los curadores de los herbarios consultados, por la atención, la ayuda y la oportunidad de utilizar los materiales y equipamientos necesarios para desarrollar este trabajo. Especial mención de agradecimiento a la Mgter. Claudia Diana Pereira Sushner por la colaboración brindada. Este trabajo ha sido financiado en parte por ANPCyT- [PICT 2016- 1637 de J.R.D y A.I.H; PICT RAICES 2017-4203 y PICT 2020-3783 de A.I.H.], y *Universidad Nacional de Misiones*, Argentina [PI 16Q1758]. L.E.M., J.S.S., F.E., M.C.P. y A.I.H. pertenecen al CONICET, Argentina; J.R.D. pertenece a UNaM, Misiones, Argentina. Los resultados de este trabajo se obtuvieron en parte durante el desarrollo de la tesis de Maestría de la FACEN-UNA, Paraguay de la Lic. Clarisse Chaparro.

APORTE DE LOS AUTORES

CCh desarrolló su tesis de Maestría en Ciencias Biológicas, Mención Biodiversidad y Sistemática. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Asunción (FACEN-UNA), Paraguay. JRD y AIH, fueron los directores y realizaron el diseño y conducción de la investigación y la defensa de la tesis. LME, y JSS hicieron igual contribución con CCh en trabajo de laboratorio (PEFyGV-IBS-CONICET-UNaM), obtención de resultados y en el análisis de los datos. EF y MCP participaron en obtención de datos

de citometría de flujo y su análisis. Todos los autores participaron en la redacción y revisaron la versión final del manuscrito.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores no tienen intereses contrapuestos para declarar que sean relevantes para el contenido de este artículo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Barreto, I. L. (1956). Las especies afines a *Paspalum plicatulum* en Rio Grande del Sur (Brasil). *Revista Argentina de Agronomía* 23(2), 53-70.
- Bashaw E. C., Hovin A. W. & Holt E. C. (1970). Apomixis, its evolutionary significance and utilization in plant breeding. In: Norman M.J.T. Ed. *Proceed. 11th Intl. Grassl Congr.*, Queensland. University of Queensland Press, St. Lucia, 245-248.
- Bonasora M., Pozzobon M., Honfi A. I. & Rua G. (2015). *Paspalum schesslii* (Poaceae, Paspaleae), a new species from Mato Grosso (Brazil) with an unusual base chromosome number. *Plant Systematic & Evolution* 301, 2325–2339.
- Burson B. L. & Bennett H. W. (1970). Cytology, method of reproduction and fertility of *Brunswick grass*, *Paspalum nicorae* Parodi. *Crop Science* 10, 184-187.
- Burson B. L. & Bennett, H. W. (1971). Meiotic and reproductive behavior of some introduced *Paspalum* species. *Jour. of the Mississippi Academy of Science* 17, 5-8.
- Chase A. (1929). The North American species of *Paspalum*. *Contrib. US. Natl. Herb.* 28, 1310.
- Daviña J. R., Honfi A. I., D. F. De Diana, V. Fernández, I. Lirussi, A. Rovira & Molero, J. (2001). Chromosome studies on plants from Paraguay. *Phyton*, 215-224.
- Galdeano, F., Urbani, M. H., Sartor, M. E., Honfi, A. I., Espinoza, F. & Quarin, C. L. (2016).

- Relative DNA content in diploid, polyploid, and multiploid species of *Paspalum* (Poaceae) with relation to reproductive mode and taxonomy. *Journal of Plant Research*, 129(4), 697-710.
- Hojsgaard, D., Honfi, A. I., Rua, G. & Davina, J. (2009). Chromosome numbers and ploidy levels of *Paspalum* species from subtropical South America (Poaceae). *Genetic Resources and Crop Evolution* 56(4), 533-545.
- Honfi, A. I. (2003). Citoembriología de poliploides impares en el género *Paspalum* L. (Panicoideae: Gramineae). Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, 1-203.
- Honfi, A. I., Quarin, C. L., y Valls, J. F. M. (1990). Estudios cariológicos en gramíneas sudamericanas. *Darwiniana* 30, 87-94.
- Honfi, A. I., Morrone, O. & Zuloaga, F. O. (2021). Chromosome numbers and ploidy levels of some Paniceae and Paspaleae species (Poaceae, Panicoideae). *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 106(1), 234-244.
- Martínez E.J., C. L. Quarin & M. D. Hayward. (1999). Genetic control of apospory in apomictic *Paspalum* species. *Cytologia* 64, 425-433.
- Molero, J., Daviña J. R., Honfi A. I., D. Franco & Rovira, A. (2006). Chromosome studies on plants from Paraguay II. *Candollea* 61(2), 373-392.
- Morrone, O., Aagesen, L., Scatagliini, M. A., Salariato, D. L., Denham, S. S., Chemisquy, M. A. & Zuloaga, F. O. (2012). Phylogeny of the Paniceae (Poaceae: Panicoideae): integrating plastid DNA sequences and morphology into a new classification. *Cladistics*, 28(4), 333-356.
- Nogler G. A. (1984). Gametophytic apomixis. In: B.M. Johri, editor. Embryology of Angiosperms. Springer- Verlag, Berlin. pp. 475-518.
- Norrmann, G. A., Quarin, C. L. & Burson, B. L. (1989). Cytogenetics and reproductive behavior of different chromosome races in six *Paspalum* species. *Journal of Heredity*, 80(1), 24-28.
- Novo, P. E., Galdeano, F., Espinoza, F. & Quarin, C. L. (2019). Cytogenetic relationships, polyploid origin and taxonomic issues in *Paspalum* species: inter-and intraspecific hybrids between a sexual synthetic autotetraploid and five wild apomictic tetraploid species. *Plant Biology*, 21(2), 267-277.
- Oliveira R. C. & Valls J. F. M. (2008). Novos sinónimos e ocorrências em *Paspalum* L. (Poaceae). *Hoehnea*, 35, 289-295.
- Ortiz, J. P. A., Quarin, C. L., Pessino, S. C., Acuña, C., Martínez, E. J., Espinoza, F. & Pupilli, F. (2013). Harnessing apomictic reproduction in grasses: what we have learned from *Paspalum*. *Annals of Botany*, 112 (5), 767-787.
- Pozzobon M. T., J. F. M. Valls & S. Dos Santos. (2000). Contagens cromossômicas em espécies brasileiras de *Paspalum* L. (Gramineae). *Acta Botanica Brasileira* 14 (2), 151-162.
- Pozzobon. M., Carvalho Machado, A. Vaio, J. F.M. Valls, Peñaloza, A. Santos, S. Côrtes, A. & Rua, G. H. (2008). Cytogenetic analyses in *Paspalum* L. reveal new diploid species and accessions. *Ciência Rural*, 38(5), 1292-1299.
- Pozzobon, M. T., Paganella, M. B., Santos, S. D. & Valls, J. F. M. (2013). Cytological and reproductive aspects in the Caespitosa group of *Paspalum*. *Ciência Rural*, 43, 2004-2010.
- Quarin C. L. (1977). Recuentos cromosómicos en gramíneas de Argentina subtropical. *Hickenia* 1, 73-78.
- Quarin C. L. & Norrmann G. A. (1987). Cytology and reproductive behavior of *Paspalum equitans*, *P. ionanthum*, and their hybrids with diploid and tetraploid cytotypes of *P. cymorrhizon*. *Botanical Gazette* 148, 386-391.
- Quarin, C. L. (1992). The nature of apomixis and its origin in panicoid grasses. *Apomixis Newsletter* 5, 8-15.
- Reutemann A. V., Daviña J. R., Rua G. H. & Honfi A. I. (2019). Poaceae, *Paspalum* species. In: Marhold, K. (ed.), IAPT/IOPB chromosome

- data 31/11. *Taxon* 68(6), 1 – 7, E39 - E42.
- Reutemann A. V., D. H. Hojsgaard, E. J. Martínez, G. H. Rua, J. R. Daviña & Honfi A. I. (2020). Poaceae, *Paspalum* species chromosome data. In: Marhold & Kučera (eds), IAPT/IOPB chromosome data 33/12. *Taxon* 69(6), 1402, E41 - E44.
- Reutemann A. V., M. C. Perichon, F. Eckers, M. A. Sader, G. Paniagua, E. J. Martínez, J. R. Daviña, D. H. Hojsgaard & Honfi A. I. (2022). Chromosome numbers of *Paspalum* species. In: Marhold & Kucera (eds.) IAPT chromosome data 36/5, *Taxon* 71(5), E13 – E18.
- Rivarola Sena A., J. R. Daviña & A. I. Honfi. (2016). Poaceae. In: Marhold, K. (ed.), IAPT/IOPB chromosome data 23. *Taxon* 55: 1457, E11- E12.
- Rosengurt B., Arrillaga De Maffei B. y Izaguirre De Artucio P. (1970). Gramíneas uruguayas. Universidad de la República, Montevideo.
- Sartor, M. E., Quarín, C. L., Urbani, M. H. & Espinoza, F. (2011). Ploidy levels and reproductive behaviour in natural populations of five *Paspalum* species. *Plant Systematics and Evolution*, 293(1), 31-41.
- Schedler, M. (2019). *Diversidad genética en poblaciones naturales de especies poliploides sexuales del género Paspalum L. (Poaceae)*. [Doctorado en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales Universidad Nacional de Córdoba]
- Schedler, M.; Reutemann, A. V.; Hojsgaard, D. H.; Zilli, A. L.; Brugnoli, E. A.; Galdeano, F.; Acuña, C. A.; Honfi, A.I. & Martínez, E. J. (2023). Alternative evolutionary pathways in *Paspalum* involving allotetraploidy, sexuality, and varied mating systems. *Genes* 14, 1137.
- Siena, L. A., Sartor, M. E., Espinoza, F., Quarín, C. L. & Ortiz, J. P. A. (2008). Genetic and embryological evidences of apomixis at the diploid level in *Paspalum rufum* support recurrent auto-polyploidization in the species. *Sexual Plant Reproduction*, 21(3), 205-215.
- Urbani M. H., Quarín C. L., Espinoza F., Penteadó M. I. O. & Rodríguez I. F. (2002) Cytogeography and reproduction of the *Paspalum simplex* polyploid complex. *Plant Systematics & Evolution* 236, 99–105.
- Vogt, C. (2011). Composición de la Flora Vascular del Chaco Boreal, Paraguay I. Pteridophyta y Monocotiledoneae. *Steviana* 3, 13-47.
- Zilli A. L., Hojsgaard D. H., Brugnoli E. A., Acuña C. A., Honfi A. I., Urbani M. H., Quarín C. L. & Martínez, E. J. (2014). Genetic Relationship Among *Paspalum* Species of The Subgenus Anachyris: Taxonomic and Evolutionary Implications. *Flora Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 209, 604 - 612.
- Zuloaga F. O. y Morrone O. (2005). Revisión de las especies de *Paspalum* para América del Sur austral (Argentina, Bolivia, sur del Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay). *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden* 102, 1-297.
- Zuloaga, F. O., Morrone, O. y Pensiero, J. F. (2014). Gramineae VI. En: Ramella, L. y Perret, P. 2014. *Flora del Paraguay*. Paraguay. Editions des Conservatoire et Jardinbotaniques de la Ville de Genève.

Comportamiento agronómico de líneas experimentales y variedades comerciales de soja (*Glycine max*, Fabaceae) en el Chaco central de Paraguay

Paredes Martínez, O. R.¹; Rondanini, D.P.^{2*} 

¹ Instituto de Biotecnología Agrícola (INBIO), Avda. Brasilia 939 c/Ciancio, Asunción, Paraguay

² IFEVA, Universidad de Buenos Aires, CONICET, Facultad de Agronomía, Buenos Aires, Argentina

*autor por correspondencia: rondanin@agro.uba.ar

Comportamiento agronómico de líneas experimentales y variedades comerciales de soja (*Glycine max*, Fabaceae) en el Chaco central de Paraguay. La soja es el principal cultivo de grano en Paraguay. Su producción avanza en el Chaco central y se requiere información sobre el comportamiento de nuevos cultivares que se adapten a la región. El objetivo fue analizar la productividad y adaptabilidad de cultivares de soja en secano en el Chaco central paraguayo. En Loma Plata (Cooperativa Chortitzer Ltda) se evaluaron a campo 25 líneas experimentales y 6 variedades comerciales (VC) en un diseño en bloques completos al azar con 3 repeticiones. La temporada (2019) fue calurosa en la etapa vegetativa y sufrió anegamiento en las etapas reproductivas. Se registró la fenología, el rendimiento y sus componentes y la composición de granos. Entre los cultivares, la duración de la etapa fenológica siembra-floración varió entre 30 y 50 días. El rendimiento se ubicó en el rango de 800 a 1600 kg/Ha, con diferencias significativas entre cultivares ($p < 0,0001$). Las líneas 23, 9, 13, 6 y 25 fueron competitivas contra las mejores VC (VC6 y VC5). El rendimiento se asoció al número de granos ($r=0,82$). La composición de los granos fue estable, con 22,6-24,0 % de aceite y valores anormalmente bajos ($< 28\%$) de proteína. Se concluye que hay líneas experimentales promisorias para el Chaco central, con rendimientos competitivos respecto a las variedades comerciales y que la línea 23 tiene elevado número de vainas y peso de grano, con adaptación al suelo con alta frecuencia de inundación. Su utilidad en sistemas de rotación en los arrozales chaqueños es un tema de interés para próximas investigaciones.

Palabras clave: adaptabilidad, anegamiento, *Glycine max*, número de granos, rendimiento

Agronomic performance of experimental lines and commercial varieties of soybean (*Glycine max*, Fabaceae) in the central Chaco of Paraguay. Soybean is the main grain crop in Paraguay. Soybean production advances in central Chaco, and information is required on the behavior of new cultivars that are adapted to the region. The objective was to analyze the productivity and adaptability of soybean cultivars in a dry system in the central Chaco from Paraguay. In Loma Plata (Cooperativa Chortitzer Ltda) 25 experimental lines and 6 commercial varieties (VC) were evaluated in a field trial in a randomized complete block design with 3 replicates. The growing season (2019) was hot in the vegetative stage and suffered from waterlogging in the reproductive stages. Crop phenology, grain yield and its components, and grain composition were recorded. Among cultivars, the sowing-flowe-

ring period lasted 30 and 50 days. Grain yield ranged 800 to 1600 kg/Ha, with significant differences among cultivars ($p < 0.0001$). Lines 23, 9, 13, 6, and 25 were competitive against the best VC (VC6 and VC5). Grain yield was associated with the number of grains ($r = 0.82$). The composition of the grains was stable, with 22.6-24.0 % oil and abnormally low values of protein ($< 28\%$). It is concluded that there are promising experimental lines for the central Chaco, with competitive grain yield compared to commercial lines, and that the line 23 has a high number of pods and grain weight, with an adaptation to soils with high frequency of flooding. Its usefulness in crop rotation systems, including rice in the Chaco emerges as a topic of interest for future research.

Keywords: crop adaptability, waterlogging, *Glycine max*, seed number, seed yield

INTRODUCCIÓN

En el Paraguay, la soja *Glycine max* (L.) Merr. fue introducida alrededor del año 1921, se expandió como cultivo de producción agrícola recién en la década de los '60 y se intensificó su producción a partir del año 1968 (Morel, 2017). Actualmente, la soja es el principal cultivo del Paraguay con una producción máxima de los últimos 5 años alrededor de 10,2 millones de toneladas en un área cultivada 3,5 millones de hectáreas, la cual se redujo en la última zafra 2021-2022 a 4,3 millones de toneladas en un área cultivada de 3,3 millones de hectáreas por razones climáticas. El nivel de producción convirtió al país en el cuarto mayor exportador y quinto mayor productor de soja a nivel mundial (CAPECO, 2023). Las principales zonas de producción se encuentran en la región oriental del país, sobre todo en la ecorregión del bosque atlántico paranaense (Arce et al., 2011). Por el contrario, en la región occidental del país, la superficie dedicada a la soja es de apenas 30.000 hectáreas, concentrada en el Chaco central: en los departamentos Boquerón, Alto Paraguay y Presidente Hayes (Passerieu, 2017; Neufeld, 2019).

La región occidental o Chaco es una región tradicionalmente de ganadería extensiva (Glatzle, 2005). Con respecto a la agricultura, el algodón (*Gossypium hirsutum* L.) es el cultivo principal, también se siembra maní (*Arachis hypogaea* L.) y sésamo (*Sesamum indicum* L.) y la soja ingresa como una alternativa para rotar con pasturas,

en siembras a partir del mes de diciembre con las primeras lluvias, (Green Chaco, 2021; Harder, 2021). Los suelos agrícolas son cambisoles o inceptisoles, con textura limosa y moderados problemas de salinidad (Barboza et al., 1998; Piris da Motta Fleitas, 2020). El clima es semiárido cálido. El promedio anual de temperatura es de 25°C, pero alcanza temperaturas máximas de 40 a 45°C en enero. Las variaciones estacionales y la amplitud térmica diaria son marcadas. La temperatura del verano en el Chaco central a menudo se encuentra por encima de los 40°C, mientras que en junio y julio la temperatura puede descender hasta bajo cero. Las estaciones meteorológicas de Mariscal Estigarribia y del Fortín Pratt Gill, en el centro y al noroeste del Chaco paraguay respectivamente, han registrado temperaturas de verano de hasta 46°C, mientras que en el invierno estas mismas estaciones han registrado temperaturas bajas de -7°C (Renshaw, 1996; Piris da Motta Fleitas, 2020). En general se registran las precipitaciones en el bajo Chaco con 1.400 mm (promedio) disminuyendo a 500 mm hacia la frontera con Bolivia. La precipitación media anual en el Chaco central es de 850 mm, fluctuando entre 400-1200 mm en años muy secos o excesivamente húmedos, respectivamente (CEPAL, 2014; González Santander, 2016). Las lluvias se concentran en los meses de verano, de noviembre a marzo (DMH, 2019).

El mejoramiento genético de soja en Paraguay se inició en 1980, con la realización de los primeros cruzamientos de materiales introduci-

dos desde los Estados Unidos, Japón y Brasil, en el Centro de Investigación Capitán Miranda. Soja paraguaya (SOJAPAR) es el resultado de la alianza estratégica entre Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria (IPTA) y el Instituto de Biotecnología Agrícola (INBIO) para el desarrollo del Programa de Fortalecimiento de la Investigación de Soja en Paraguay. Como resultado del programa de mejoramiento fueron lanzadas en diferentes años las variedades convencionales: Uniala y Aurora (1997), CRIA- 2 y CRIA-3 (2001), CRIA-4 y CRIA-5 (2005), CRIA-6 (2008), CM422 Milagrosa (2010). Las variedades transgénicas (RR1, evento 40-3-2) fueron SOJAPAR 19 (2016), SOJAPAR R24 (2017) y SOJAPAR R34 (2018), SOJAPAR R49 Y SOJAPAR R75 (2019) (Tejada Rodríguez et al., 2022). La mayoría de estas variedades están adaptadas principalmente a la región oriental, y muy pocas presentan algo de adaptación a la región occidental, entre ellas se encuentra la SOJAPAR R75, con un grupo de madurez de 7.5 y una alta rusticidad (Tejada Rodríguez et al., 2022). La soja posee un elevado potencial de productividad y rentabilidad, por lo que es importante disponer de variantes genotípicas que permitan elevados y estables rendimientos en diferentes latitudes, fechas de siembra y tipos de suelo (Morel, 2017). La adaptabilidad es la capacidad de los genotipos para responder ventajosamente a la mejora del medio ambiente y la estabilidad se refiere a la capacidad de los genotipos para exhibir un comportamiento predecible de acuerdo con las variaciones ambientales (Mariotti et al., 1976). Mientras que Morais (1980) define la adaptabilidad como la estabilidad del comportamiento que le interesa al obtentor, es decir, la estabilidad de un genotipo determinado también determina la fiabilidad en los parámetros de adaptabilidad estimados.

La meta de los fitomejoradores es producir cultivares con altos rendimientos en grano estables a través de los ambientes de producción (Hallauer, 2007). Esto constituye un gran desafío pues dichos rasgos complejos dependen del

ambiente, del genotipo y de sus interacciones. La selección de cultivares en un entorno muy variable resulta compleja, cuando las condiciones de temperatura, radiación y distribución de precipitaciones varían ampliamente de una campaña a otra (Zuil, 2017). Debido a la demanda creciente de variedades de soja que puedan tolerar situaciones de estrés, el programa también empezó a desarrollar líneas experimentales que puedan generar ganancias en el Chaco central (Morel, 2017). Para ello, busca identificar los caracteres relevantes para el desempeño de los cultivos en estos ambientes de producción, encontrar variabilidad en sus expresiones, que dicha variabilidad sea heredable, y que se puedan monitorear fácilmente (Andrade et al., 2009). Los nuevos materiales genéticos buscan no solo mayor potencial, sino también mayor estabilidad del rendimiento en diferentes ambientes. El desafío es poder diseñar una intensificación sustentable de la agricultura haciendo un uso eficiente de los recursos del ambiente (Salica, 2019; Andrade, 2021).

El rendimiento del cultivo de soja resulta de dos componentes numéricos principales que no son plenamente independientes entre sí: el número de granos que se establecen por unidad de área y el peso unitario que alcanzan los granos (Egli y Zhen-Wen, 1991; Board et al., 1995). Las variaciones en número de granos están estrechamente relacionadas con cambios en el rendimiento, a diferencia de la relación entre el peso de los granos y el rendimiento, que no es tan robusta (Egli y Bruening, 2006; Kantolic et al., 2003). Existe una relación positiva entre la tasa de crecimiento del cultivo en etapas reproductivas y el rendimiento de soja (Jiang y Egli, 1995). Se ha determinado que parte del incremento en los rendimientos en soja está asociado a aumentos en la intercepción de la radiación solar y su conversión a biomasa (Koester et al., 2014). Trabajos recientes en la región núcleo pampeana de Argentina han mostrado una fuerte relación entre el número de semillas, la tasa de crecimiento durante el período crítico entre inicio de floración (R1)

e inicio de llenado de granos (R5) y la biomasa reproductiva en R5 para doseles con diferentes arreglos espaciales (Masino et al., 2018; Monzon et al., 2021) indicando la importancia de maximizar el crecimiento en las etapas reproductivas de soja para alcanzar elevados rendimientos. La medición de la tasa de crecimiento en el periodo crítico para la definición del rendimiento resulta difícil en campo. Por eso sería de utilidad para el mejoramiento analizar la relación entre el rendimiento y otras variables indirectas de fácil medición, como la cobertura y el verdor del dosel. Por lo anterior, los objetivos de este trabajo fueron: i) identificar líneas de soja promisorias para la ecorregión del Chaco central, con mayor o igual rendimiento que alguno de las variedades comerciales, ii) evaluar la variabilidad de su fenología y componentes numéricos del rendimiento, y iii) analizar la asociación entre el rendimiento y las medidas indirectas de crecimiento del dosel en etapas críticas reproductivas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo experimental se realizó en una parcela de la Cooperativa Chortitzer Komitee Ltda, ubicada en la ciudad de Loma Plata, Dpto Boquerón, Paraguay, con puntos de georreferencia 22° 28’ S, 59° 55’ O y 133 m.s.n.m. de un suelo Cambisol éutrico, CMe, de textura franca con 37% de arena, 24% de arcilla y 38% de limo, con 1,8%

de materia orgánica, buena provisión de P, S, K y Mg y con moderada limitación por salinidad (ICASA, 2019). Los valores del análisis del suelo se pueden observar en la Tabla 1. La siembra se realizó el 19 de enero de 2019 en una parcela manejada bajo el sistema de siembra directa durante los últimos tres años, a una densidad de 10 semillas por metro lineal (equivalente a 20 semillas/m2) con 0,45 m de distancia entre hileras. Cada unidad experimental estuvo constituida por 4 surcos de 8 metros de largo por 2 metros de ancho y las evaluaciones fueron realizadas sobre los surcos centrales. Las semillas fueron tratadas con fungicidas (Fludioxonil + Metalaxil) y el insecticida Fipronil e inoculadas con *Bradyrhizobium japonicum* según las dosis de marbete. No se realizó fertilización y hubo un control químico de las malezas: 2 semanas antes de la siembra se aplicó glifosato sal potásica al 66% a una dosis de 2 litros/Ha. Luego se aplicaron los insecticidas acetamiprid+ benzoato de emamectina + lufenuron, como también los herbicidas fomentafen + fluazifop-p 30 días posteriores a la siembra. Se realizó otra aplicación con acetamiprid + benzoato de emamectina + lufenuron dos meses después de la siembra.

TABLA 1. Análisis del suelo en la parcela experimental en Loma Plata

pH en Agua	pH	V Sat. Bases	CTC	M.O.
6,78	6,92	83,94%	9,96 meq/100g	1,81%
P	K	Ca	Mg	Al
75,90 ppm	252,50 ppm	4,86 meq/100g	2,60 meq/100g	0,12 meq/100g
H+Al (Ac)	Na	S	Zn	Mn
1,60 meq/100g	59,30 ppm	37,78 ppm	3,03 ppm	78,70 ppm
Cu	Fe	K/CTC	Ca/CTC	Mg/CTC
1,03 ppm	84,50 ppm	6,5%	48,8%	26,1%
Al/CTC	H/CTC	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
1,2%	14,9%	1,9	7,5	4,0

Se sembraron 25 líneas experimentales de soja (Tabla 2) seleccionadas en base al tiempo de maduración de los granos (grupo de madurez GM VI a VIII) con ciclo medio a largo en la Región Oriental (Departamento Central y Alto Paraná) donde se encuentra el Programa de Mejoramiento de Soja de IPTA/INBIO. Las 6 variedades comerciales fueron: BMX- POTENCIA RR (VC1), M-6410 Ipro (VC2), SOJAPAR R24 (VC3), SOJAPAR R19 (VC4), DM 8277 IPRO (VC5), NS 7209 IPRO (VC6), las cuales fueron seleccionadas por presentar buena aceptación de los agricultores del Chaco. Los cultivares son de crecimiento indeterminado y difieren entre sí en cuanto al ciclo y las tecnologías transgénicas (INTACTA para control de orugas de lepidópteros y RR1 para tolerancia al herbicida glifosato). Las líneas experimentales son resistentes a

TABLA 2. Características de las líneas experimentales y variedades comerciales (VC) de soja en la Región Oriental

Nº	Cultivares	Días a		Altura		Peso de 100 granos (g)	Ciclo	Tecnología
		Floración (R1)	Madurez (R8)	Plantas (cm)	Vainas (cm)			
VC1	BMX- POTENCIA RR	45	134	97	15	13,8	VI Largo	RR1
2	SP15128	47	124	88	17	13,9	VI Medio	RR1
3	SP15212	46	131	92	15	13,9	VI Largo	RR1
4	SP16005	43	124	85	15	14,8	VI Medio	RR1
5	SP14642	43	122	85	17	12,9	VI Medio	RR1
6	SP14657	46	123	84	17	13,3	VI Medio	RR1
7	SP14658	52	130	105	15	13,1	VI Largo	RR1
8	SP14675	53	133	93	16	14,6	VI Largo	RR1
9	SP15127	46	125	87	17	13,6	VI Medio	RR1
VC2	M-6410 IPRO	46	128	92	16	13,4	VI Largo	INTACTA
11	SP15129	52	129	85	17	12,5	VI Largo	RR1
12	SP15028	42	123	112	15	13,2	VI Medio	RR1
13	SP15214	47	130	105	14	13,7	VI Medio	RR1
14	SP15033	45	123	83	17	12,7	VI Medio	RR1
15	SP15135	41	137	75	12	13,9	VII Medio	RR1
16	SP15211	52	130	99	18	13,3	VI Largo	RR1
17	SP15201	45	131	82	16	13,5	VI Largo	RR1
18	SP 17079	45	124	78	16	13,6	VI Medio	RR1
19	SP 17080	45	125	85	15	12,6	VI Medio	RR1
20	SP 17081	46	126	89	14	12,6	VI Largo	RR1
21	SP 17083	42	125	80	16	13,8	VI Medio	RR1
22	SP 17087	53	135	89	16	13,8	VII Corto	RR1
23	SP 17088	52	135	80	15	13,6	VII Corto	RR1
24	SP 17089	52	136	95	17	13,6	VII Corto	RR1
25	SP 17090	53	135	101	18	14,2	VII Corto	RR1
26	SP 17091	42	137	78	12	14,5	VII Medio	RR1
27	SP 17092	53	136	98	20	13,1	VII Corto	RR1
VC3	SOJAPAR R24	47	128	100	16	17,0	VI Largo	RR1
VC4	SOJAPAR R19	47	132	110	16	15,0	VI Largo	RR1
VC5	DM 8277 IPRO	s/d	112	120	s/d	15,5	VIII Largo	INTACTA
VC6	NS 7209 IPRO	41	135	110	s/d	18,5	VI Largo	INTACTA

VC: variedad comercial, RR1: resistencia al herbicida glifosato, INTACTA: resistencia a orugas de lepidópteros, s/d: sin dato

la enfermedad roya asiática de la soja producida por el hongo *Phakopsora pachyrhizi*, además se caracterizan por ser tolerantes a la enfermedad podredumbre carbonosa del tallo producida por el hongo *Macrophomina phaseolina*. Las líneas se asignaron a las parcelas en un diseño en bloques completamente aleatorizado (DBCA) con 3 repeticiones. Los bloques permitieron controlar variabilidad existente en el relieve de la parcela.

Las observaciones del comportamiento fenológico fueron realizadas en dos oportunidades por semana utilizando la escala de Fehr y Caviness (1977) en todas las variedades (experimentales y comerciales), registrando los eventos de emergencia (VE), inicio de floración (R1), inicio de llenado de granos (R5) y madurez de granos (R8). En R1 y R5 se determinaron la cobertura vegetal verde en la zona central de cada unidad experimental, utilizando la aplicación móvil Canopeo, desarrollado por la Universidad de Oklahoma (Patrignani y Ochsner, 2015). Su funcionamiento se basa en la colorimetría, ofreciendo resultados *in situ* más precisos que los exámenes visuales. La toma de las imágenes fue realizada a 60 cm del suelo. Además, se determinó el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) en R5 mediante un equipo reflectómetro portátil Green Seeker (Trimble Inc, California) que se trata de un equipo sensor terrestre portátil, que emite luz a través de diodos y registra la reflectancia del cultivo, y este índice permite supervisar variaciones de la cobertura vegetal verde durante el desarrollo del cultivo (Gutiérrez-Soto et al., 2011). La temperatura se obtuvo de una estación meteorológica automática instalada en Loma Plata y las precipitaciones se registraron mediante un pluviómetro ubicado a 100 m de la parcela.

Previamente a la cosecha, se registró mediante una cinta centimetrada la altura total de planta (desde el suelo al ápice del tallo) y la distancia entre el suelo y la primera vaina (despeje) en todas las plantas de los surcos centrales. Se seleccionaron al azar 10 plantas por unidad experimental de

los surcos centrales y se contabilizaron el número de ramas por planta y la cantidad total de vainas de cada planta. Las vainas por unidad de superficie se obtuvieron multiplicando las vainas/planta por la densidad final de plantas. En la madurez, se trillaron 12 m lineales de cada unidad experimental, de los surcos centrales de cada parcela (equivalentes a 5,4 m² de área). Se determinaron la humedad de los granos con la utilización de un humidímetro (HD-1021, Delver) y se pesaron en una balanza de precisión. El rendimiento se expresó como peso de granos por unidad de área y con un tenor de 13,5% de humedad. Se seleccionaron al azar 100 granos de cada línea y se pesaron en una balanza de precisión para obtener el peso de 100 granos. El número de granos por unidad de superficie se calculó dividiendo el rendimiento por el peso unitario de grano. La concentración de aceite y proteína en los granos se determinaron mediante la técnica espectroscópica con la utilización del equipo de análisis de infrarrojo cercano NIR (Infratec 1241, Foss Analytics), las determinaciones se realizaron con la selección al azar de 500 g de granos por líneas experimentales y variedades comerciales de soja. La cuantificación del contenido de aceite y proteína bruta se obtuvieron multiplicando el peso del grano por la concentración en grano.

Los datos se analizaron mediante estadística descriptiva y las diferencias entre medias se determinaron mediante un análisis de varianza, además de comparaciones de medias por el Test de Tukey con un nivel de significancia del 5%. La correlación entre los componentes del rendimiento se analizó mediante el Análisis de Correlación de Pearson con una significancia del 5%. Se utilizó el programa estadístico InfoStat®

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fenología y condiciones ambientales exploradas

La temporada 2019 fue calurosa y extremadamente húmeda (Tabla 3). Las lluvias del mes de

TABLA 3. Características ambientales de 2019 en Loma Plata (Boquerón, Paraguay)

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Fotoperiodo promedio (h)	13,2	12,8	11,8	11,5	11,0
Temperatura mínima promedio (°C)	23	23	21	20	17
Temperatura máxima promedio (°C)	37	35	31	30	26
Precipitaciones mensuales (mm)	91	93	278	178	66

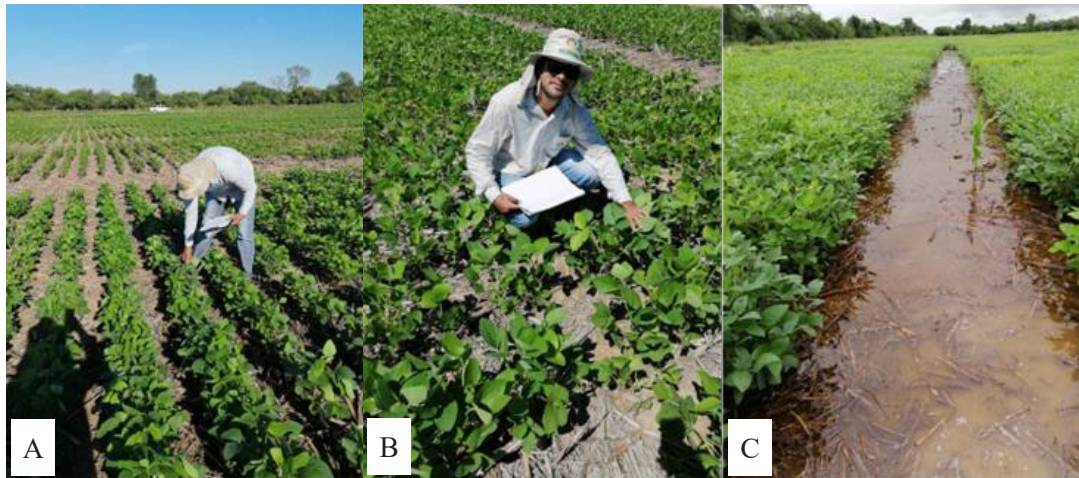


Figura 1. A) Vista general de las parcelas de soja evaluadas en Loma Plata (Boquerón, Paraguay), B) Detalle de la cobertura del dosel en febrero 2019, C) Condición de anegamiento por excesivas lluvias en marzo 2019

enero retrasaron la siembra (19/1/19) y las lluvias torrenciales de marzo y abril anegaron en toda la región durante varios días. Al inicio del anegamiento, el 20 de marzo, las variedades de GM VII y VIII se encontraban en el estadio fenológico R2, mientras que las variedades de GM VI en R3. En un año usual la precipitación es de 900 mm anuales, distribuidos principalmente en los meses de enero (137,5 mm), febrero (112,5 mm), marzo (137,5 mm), abril (87,5 mm) y mayo (62,5 mm). En los meses de marzo y abril hubo una precipitación dos veces mayor a la normal, por lo que se acumuló agua sobre la superficie del suelo (Figura 1).

Se observó un comportamiento fenológico variable entre los cultivares y se correlaciona en parte con los GM de cada genotipo (Figura 2). La duración de la etapa entre siembra y floración (S-

R1) varió entre 30-50 días entre cultivares, con R1 desde 18/2/19 (líneas precoces) hasta 10/3/19 (extensas). La duración de la etapa entre floración y madurez (R1-R8) varió entre 56-70 días, y el ciclo total (S-R8) varió entre 96 y 115 días, finalizando entre el 25/4/19 al 14/5/19. Se observaron 4 variedades comerciales precoces (30 días a R1 y 96 días a R8) y dos variedades de ciclo más extendido (VC5 y VC6). Entre las líneas experimentales, 25 y 27 resultaron las de mayor ciclo, con 50 días a R1 y 115 días a R8, superando en una semana a las variedades comerciales más largas. Estas líneas de ciclo más largo posiblemente tengan mayor sensibilidad al fotoperiodo y/o menor fotoperiodo umbral, lo cual se asocia con la presencia de distintos genes de madurez (Cober et al., 2014).

Rendimiento de grano en líneas experimentales de soja

El rendimiento en grano (expresado al 13,5 % de humedad) se ubicó en el rango de 800 a 1600 kg/Ha (Figura 3). Estos valores resultaron bajos, asociados a las condiciones climáticas que retrasaron la fecha de siembra y causaron anegamiento en las etapas post floración. Se observó variabilidad en el rendimiento entre repeticiones del mismo genotipo, asociado a condiciones edáficas y del micro relieve. Pese a ello, el rendimiento varió significativamente entre las líneas ($p<0,0001$). Las líneas 23, 9, 13, 6 y 25 fueron competitivas, sin diferencias significativas contra las mejores variedades comerciales (VC6 y VC5), mientras que las líneas 19, 7, 22 y la VC4

tuvieron los menores rendimientos (800 kg/Ha).

El rendimiento de grano no se asoció con el ciclo (Figura 4) aunque las líneas que superaron el rendimiento promedio de las 6 variedades comerciales (1060 kg/Ha, línea punteada en Figura 4) tuvieron 35 y 40 días de duración entre siembra y R1 y unos 103 días de duración entre siembra y R8. Para confirmar que dicha duración del ciclo es la óptima para maximizar los rendimientos de soja en el Chaco, deberán repetirse las evaluaciones en un mayor número de años, localidades y fechas de siembra, incluyendo fechas más tempranas que la evaluada aquí. Otros autores analizaron las bases fisiológicas que relacionan los cambios en la duración del ciclo con la ubicación del periodo crítico de determinación

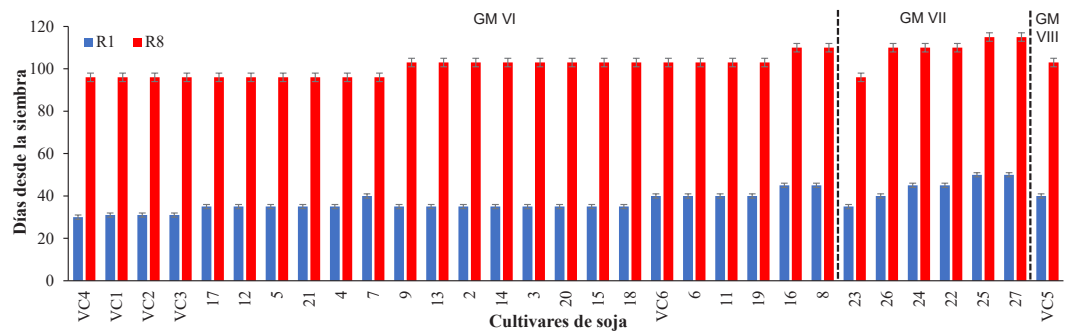


Figura 2. Duración del periodo desde siembra hasta la floración (R1) y madurez de granos (R8) en 25 líneas experimentales y 6 variedades comerciales de soja en Loma Plata, Boquerón (Chaco paraguay). Las líneas punteadas dividen a los cultivares según su grupo de madurez (GM) y dentro de cada grupo, están ordenados por duración a madurez

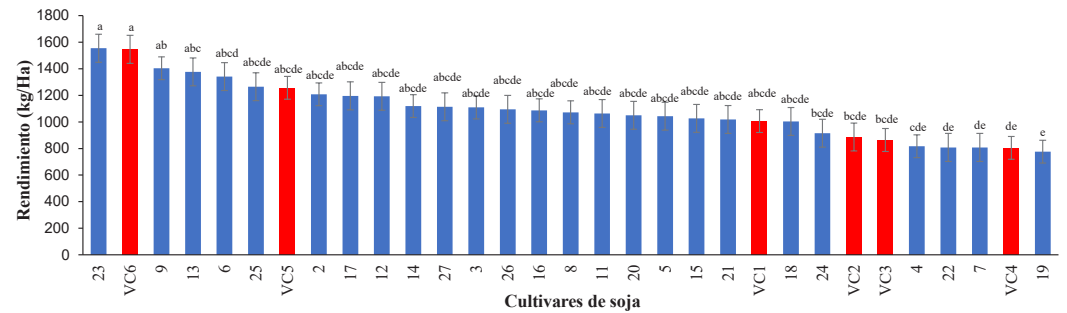


Figura 3. Rendimiento en grano por superficie (ajustado al 13,5 % humedad) en 25 líneas experimentales (en color azul) y 6 variedades comerciales (VC, en color rojo) de soja evaluados en Loma Plata, Boquerón (Chaco paraguay). Cada barra es el promedio de 3 repeticiones. Los segmentos indican el error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey con 5% de significancia

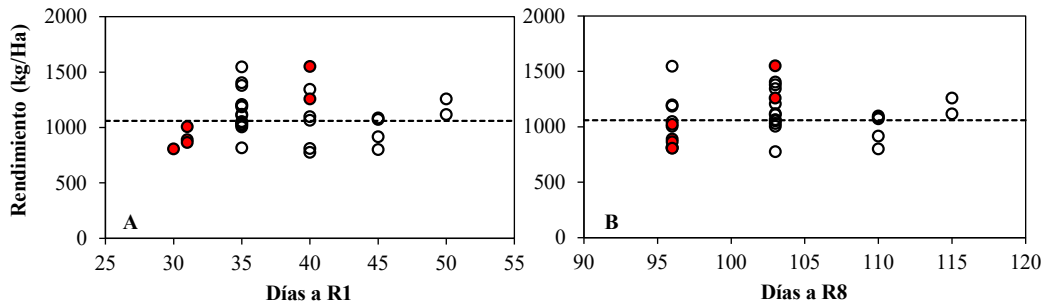


Figura 4. A) Rendimiento de grano (kg/Ha) por superficie (ajustado al 13,5 % humedad) en función de los días desde la siembra hasta la floración (R1) y B) desde los días desde la siembra hasta la madurez (R8) en 25 líneas experimentales y 6 variedades comerciales de soja (en rojo) evaluados en Loma Plata, Boquerón (Chaco paraguayo). En rojo las variedades comerciales y en blanco las líneas experimentales. Cada punto es el promedio de 3 repeticiones. La línea punteada indica el rendimiento promedio de las 6 variedades comerciales (1060 kg/Ha)

del rendimiento, indicando la relación positiva entre el número de granos y la duración del periodo de formación de vainas (Kantolic y Slafer, 2001) así como los efectos del fotoperiodo sobre la duración de etapas reproductivas y el número de granos, mediado por el retraso en el desarrollo de vainas dominantes, permitiendo el desarrollo de vainas de menor jerarquía dentro de un mismo racimo floral (Nico et al., 2016).

Los rendimientos de soja registrados en años anteriores en las parcelas experimentales de la Cooperativa Chortitzer varían de acuerdo con las condiciones climáticas muy variables que se presentan en cada zafra. En la zafra 2017/2018 se obtuvo el menor promedio de rendimiento en los ensayos, llegando solamente a los 1587 kg/Ha, a causa de una fuerte sequía en periodo crítico. Sin embargo, hubo años, como la zafra 2014/15, donde se lograron en promedio 3242 kg/Ha, lo cual demuestra que existe un potencial interesante para apostar por la soja en esa zona (Morel, A. comunicación personal). En la zafra 2018/19 en siembra del 15 de enero del 2019 el rendimiento de soja se ubicó en el rango de 1432 kg/Ha a 443 kg/Ha, con un promedio de 960 kg/Ha. Claramente, el exceso de lluvia en marzo y abril de 2019 (Tabla 3) fue un factor negativo que afectó el comportamiento de las líneas y de las varie-

dades comerciales. Otro factor adicional para considerar junto con las precipitaciones es el tipo de suelo. Los ensayos de la cooperativa son sembrados en 3 tipos de suelos: regosol, cambisol y luvisol, en los cuales en años donde la precipitación es mucho mayor a lo normal los cambisoles y luvisoles no pueden infiltrar con tanta rapidez el agua a causa de un gran porcentaje de limo y arcilla en los primeros horizontes del suelo. En contraste, los regosoles tienen una textura más arenosa lo cual permite una mayor infiltración del agua de lluvia, y los ensayos de la cooperativa donde hubo mayores promedios de rendimiento en 2019 se encontraban en regosoles (Paredes, O. comunicación personal). Esa heterogeneidad de suelo tan característica de esa región, así como también las precipitaciones tan variables entre parcelas vecinas hacen que el Chaco central sea una región con rendimientos de soja muy diferentes en un mismo año.

A nivel regional, los rendimientos de ensayos de variedades comerciales de soja adaptadas a la región de Loma Plata en la zafra 2017/2018 dieron como promedio 2369 kg/Ha, considerando fechas de siembra temprana (27 de diciembre), normal (15 de diciembre) y tardía (6 de febrero), sembrado en una parcela con buena permeabilidad del suelo. Mientras tanto en los ensayos de

la Cooperativa Fernheim, distante a unos 50 km al noroeste de estos ensayos, en la zafra 2018/19 se obtuvo en promedio 1110 kg/Ha y en la zafra 2017/18 en promedio 2342 kg/Ha (Paredes, O. comunicación personal). Estos valores de rendimiento resultan atractivos económicamente para los productores e indican la posibilidad de incorporar soja en las rotaciones agrícolas en el Chaco.

La región de Loma Plata cuenta con características edafo-climáticas similares con algunas otras regiones de la misma latitud o ecorregión. Por ejemplo, con el noreste de la provincia de Salta – Argentina tiene similar fotoperiodo y temperatura. Comparativamente, la localidad de Embarcación, en Salta (23°13'S, 64°06'O) en la zafra 2018/19 obtuvo un promedio de rendimiento de 4446 kg/Ha (RECSO 2019). En Mosconi (22°36'S, 63°49'O) se obtuvo 3282 kg/Ha en la zafra 2017/18 y en Ballivián (22°56'S, 63°52'O) se obtuvieron 3057 kg/Ha (EEAOC, 2019). Con el Departamento de Santa Cruz – Bolivia, Boquerón comparte la ecorregión del Chaco, cuyos suelos son muy similares, ricos en nutrientes, la diferencia estaría en el régimen de precipitación que es mayor en Santa Cruz, aquí en la zafra 2015/16 como promedio se registró 2140 kg/Ha y en la zafra 2016/17 se registró 2580 kg/Ha (ANAPO, 2016). El estado de Mato Grosso do

Sul – Brasil cuenta con localidades con latitudes similares a Loma Plata. Allí también la diferencia está en el régimen de lluvias (cantidad y momento) y el tipo de suelo, mientras que la temperatura y horas luz son similares. En la localidad de Dourados (22°13'S, 54°48'O) en la zafra 2018/19 en promedio se registró 3972 kg/Ha de soja, en Bonito (21°07'S, 56°28'O) fue de 4518 kg/Ha y en Antonio Joao (22°12'S, 55°56'O) se llegó a 4380 kg/Ha (Fundacao MS, 2021). Estos valores muestran el potencial de rendimiento de las ecorregiones, con variedades comerciales adaptadas y buen manejo agronómico.

Cobertura y NDVI en etapas reproductivas en líneas experimentales de soja

La Figura 5 muestra la cobertura foliar alcanzada por los cultivares de soja en floración (R1) y al comienzo del llenado de granos (R5) considerando que estos estadios fenológicos abarcan el período crítico para la definición del rendimiento en soja. En R1 se observó una importante variabilidad en el nivel de cobertura entre los genotipos evaluados, sin diferencias significativas entre cultivares ($p>0.05$), todas las líneas experimentales han superado valores de cobertura del 30%, a excepción de la línea 21. Los mayores valores de cobertura en R1 se observaron en la variedad

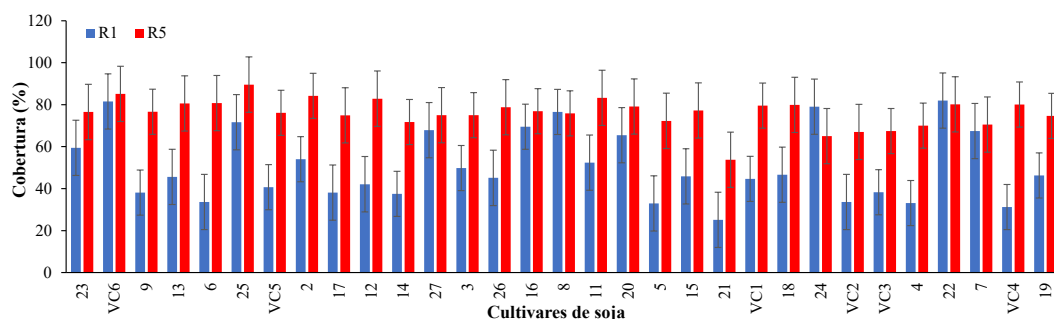


Figura 5. Nivel de cobertura del cultivo (% de superficie del suelo) en dos momentos fenológicos (R1: Floración, R5: inicio de llenado de granos) en 25 líneas experimentales y 6 variedades comerciales de soja evaluados en Loma Plata, Boquerón (Chaco paraguayo). Los cultivares están ordenados como en la Figura 3. Cada barra es el promedio de 3 repeticiones. Los segmentos indican el error estándar. No se observan diferencias significativas entre cultivares para cada momento fenológico según la prueba de Tukey con 5% de significancia

comercial VC6 y las líneas 24 y 22, que presentaron un 80%. En R5, la variabilidad entre cultivares fue ligeramente menor, promediando un valor de cobertura del 80%, sin diferencias significativas entre cultivares ($p>0.05$). La línea 21 tuvo un excepcionalmente bajo valor de cobertura en R5 (no alcanzó el 60%) posiblemente asociado con la sensibilidad al anegamiento. Los porcentajes de cobertura de dosel más elevados (90%) en R5 se dieron en los genotipos VC6, 25 y 22 (Figura 5).

Uno de los objetivos de los productores es lograr el dosel cerrado (95% de intercepción de la radiación solar incidente, con un índice de área foliar cercano a 4) en plena floración (Rizzo, 2000). En este ensayo ninguno de los cultivares pudo llegar a ese valor en floración, y sólo se acercaron 3 cultivares en R5. Esto podría deberse al retraso en la fecha de siembra y al estrés hídrico que sufrieron las plantas por la inundación del terreno por las lluvias durante varios días.

Las diferencias (delta) en el porcentaje de cobertura entre R1 y R5 indican el aumento del área foliar ocurrido en este periodo crítico para la definición del rendimiento. Estos valores se ubicaron en el rango de 25 a 90 puntos porcentuales, con extremos de gran aumento de la cobertura en la línea 9 (de 32 a 77%, delta 45%) y escaso aumento en las líneas 24 (de 79 a 85%, delta 6%) y línea 22 (de 82 a 90%, delta 8%) que ya tenían elevada

cobertura en R1. En la línea 7 no hubo prácticamente aumento de cobertura. Para el conjunto de datos, no se observó relación significativa entre el rendimiento en grano y el incremento (delta) de cobertura entre R1 y R5 (como aproximación al crecimiento del cultivo en el periodo crítico). Dado que durante el periodo de R1 a R5 muchos genotipos permanecieron anegados por las lluvias, las diferencias en el aumento de la cobertura entre R1 y R5 pueden deberse a la diferente capacidad que tiene cada genotipo para tolerar las situaciones de inundación. En este sentido, la línea 9 resulta interesante para confirmar su capacidad de crecimiento foliar en condiciones de anegamiento. Además de la capacidad de la planta de tolerar el anegamiento, se requiere evaluar la capacidad de los rizobios de sobrevivir al anegamiento en etapas reproductivas, lo cual podría sostener la provisión de nitrógeno para el crecimiento foliar.

El NDVI permite, mediante el espectro de luz que refleja el dosel, estimar la cobertura vegetal y su verdor, el cual tiene influencia sobre la eficiencia de conversión de la radiación interceptada en biomasa. En la mayoría de los cultivares, los valores de NDVI en R5 variaron entre 0.90 y 0.80, sin diferencias significativas entre cultivares (Figura 6).

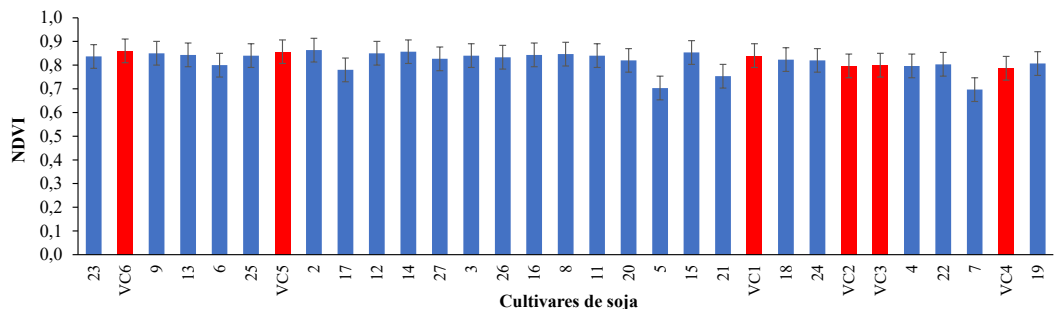


Figura 6. Valores del índice de vegetación de la diferencia normalizado (NDVI) medidos en comienzo de llenado de granos (R5) en 25 líneas experimentales (en color azul) y 6 variedades comerciales (VC, en color rojo) de soja evaluados en Loma Plata, Boquerón (Chaco paraguayo). Los cultivares están ordenados como en la Figura 3. Cada barra es el promedio de 3 repeticiones. Los segmentos indican el error estándar. No se observan diferencias significativas entre cultivares según la prueba de Tukey con 5% de significancia

Cuando se comparan los valores de NDVI con la bibliografía, fueron muy similares a los valores de NDVI en soja en el estadio R5 en Londrina, Paraná – Brasil (23°18'36"S, 51°09'46"O) los cuales rondaban los 0.88 en la zafra 2012/13 (Crusiol et al., 2013). En dicho estudio hubo una estabilización del NDVI desde R2 a R6. También concuerdan con los resultados alrededor de 0.85 de Della Justina (2014) en Cascavel, Paraná – Brasil (24° 57' 20.99" S 53° 27' 19.01" O) y de Morlin (2018) quien obtuvo valores NDVI promedio de 0.86 en R4 en Jaboticabal, San Pablo – Brasil (21° 15' 19" S 48° 19' 21" O). En Paraguay, en la zafra 2020/2021 se informaron valores bajos de NDVI (0.45) asociados a fallas en la siembra y deficiente crecimiento del cultivo (Baranski, 2021). Uno de los cuestionamientos al NDVI, es que se satura y pierde poder de discriminación cuando se cierra el dosel. Por eso, en este ensayo se determinaron las dos variables, cobertura y NDVI, en R5, y la correlación entre ambas variables no resultó significativa ($r=0,5$).

Cuando el NDVI en R5 se asoció con el rendimiento en grano (Figura 7) no se observó una correlación significativa ($r=0,48$). La línea experimental 9 tuvo un rendimiento de 1196 kg/Ha y la VC1 con 1006 kg/Ha, ambos con NDVI de 0.87. Sin embargo, existen casos en donde las variedades comerciales con igual NDVI que las líneas experimentales tuvieron un rendimiento superior, por ejemplo, la VC5 (1258 kg/ha) comparando con las líneas 8 (1073 kg/Ha) y 16 (1080 kg/Ha), todos ellos con 0.86 de NDVI. En el mismo sentido, la VC6 (1547 kg/Ha) y la línea 23 (1555 kg/Ha) obtuvieron entre 400 a 500 kg/Ha más de rendimiento que las líneas 3 (1110 kg/Ha) y 15 (1027 kg/Ha), todas con NDVI 0.85. Las demás variedades comerciales (VC3, VC4 y VC5) se ubicaron entre las de peor rendimiento (865, 806 y 886 kg/Ha respectivamente) y tuvieron valores bajos de NDVI (0.80, 0.78 y 0.74 respectivamente).

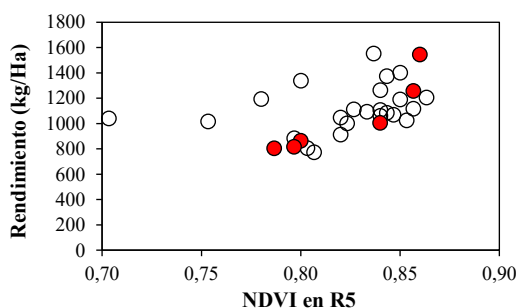


Figura 7. Rendimiento en grano (13,5% humedad) en función del NDVI en R5 en 25 líneas experimentales y 6 variedades comerciales de soja evaluados en Loma Plata, Boquerón (Chaco paraguayo). En rojo las variedades comerciales y en blanco las líneas experimentales. Cada punto es el promedio de 3 repeticiones. No se observa correlación significativa entre las variables

Estructura de plantas y componentes del rendimiento en líneas experimentales de soja

En la madurez de los granos se determinaron características estructurales de las plantas de las líneas experimentales de soja estudiadas (Tabla 4). Considerando que la densidad final fue muy baja (12 plantas/m² en promedio) comparado con una densidad tradicional en esta región (de 20 a 24 plantas/m²), una obtención en la altura de planta promedio de 66 cm indica el buen desarrollo vegetativo, y cabe resaltar que la etapa vegetativa no estuvo afectada por el exceso de agua, no así el periodo reproductivo. El número de ramas por planta fue similar en promedio, a los promedios en años anteriores, que superan las 5 ramas por planta, ya que estas líneas se caracterizan por una alta capacidad para ramificar. Un ensayo realizado por Berdén Prates y Rabery Cáceres (2008) en San Lorenzo, Paraguay (25°20'22"S, 57°30'31"O) en el año 2007/08, en variedades de soja comerciales sembradas a una densidad de 30 plantas por m² obtuvo 5,2 ramas por planta, similar al promedio de este experimento, pero al compararlo con los valores mínimos y máximos

TABLA 4. Resumen de valores de altura de planta, despeje, densidad final de plantas y número de ramas a cosecha en líneas de soja evaluadas en Loma Plata, Boquerón (Chaco paraguayo)

	Altura (cm)	Despeje (cm)	Densidad final (pl/m ²)	Ramas (#/pl)
Mínimo	52	11	9	3
Máximo	79	19	13	9
Promedio	66	13	12	5

se observan diferencias. Por lo que las líneas de mayor número de ramas (las líneas 25, 8, 24) posiblemente manifestaron menor dominancia apical, sin que esto se relacione con su grupo de madurez ni el largo de ciclo. También es posible que estas líneas tengan variaciones en genes mayores que controlan la ramificación en poblaciones naturales de soja (Liang et al., 2022).

Con respecto al número de vainas por unidad de superficie, se observaron diferencias significativas entre cultivares ($p=0,04$). La mayoría de los

genotipos obtuvieron entre 400 a 600 de vainas por m² (Figura 8, A) lo que equivale de 18 a 27 vainas por planta, aproximadamente. El cultivar 7 tuvo menos de 400 vainas por m², mientras que los cultivares 20, 23, 25 y VC5 superaron las 600 vainas por m². El máximo número de vainas por superficie lo obtuvo la línea 20, con aproximadamente 1000 vainas por m², lo que equivale a 45 vainas por planta. Estos valores resultan inferiores a los obtenidos por Berdén Prates y Rabery Cáceres (2008) en Paraguay, que superaron las

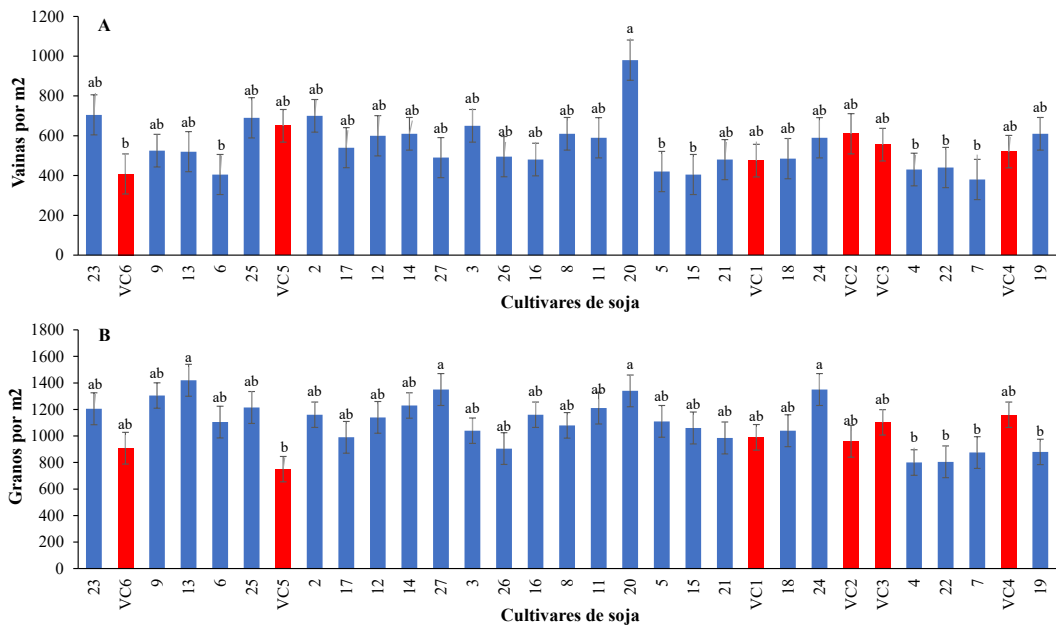


Figura 8. A) Número de vainas por m² y B) número de granos por m² en 25 líneas experimentales (en color azul) y 6 variedades comerciales (VC, en color rojo) de soja evaluados en Loma Plata, Boquerón (Chaco paraguayo). Los cultivares están ordenados como en la Figura 3. Cada barra es el promedio de 3 repeticiones. Los segmentos indican el error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey con 5% de significancia

1200 vainas por m² y a los obtenidos en INTA Río Primero, Córdoba (Fuentes, 2018) donde alcanzaron 1300 vainas por m², en los cuales se obtuvieron rendimientos en grano ampliamente superiores a los de este experimento.

El número de granos por m² mostró diferencias significativas entre cultivares ($p=0,03$) y se ubicó mayormente entre los 900 y 1300 granos por m² (Figura 8, B). Sin embargo, hubo cultivares que superaron 1300 granos por m², como las líneas 9, 13, 27, 20 y 24, mientras que los que no alcanzaron los 900 granos por m² fueron VC5, 4, 22, 7 y 19. En INTA Río Primero se obtuvo un promedio de 1900 granos por m², ampliamente superior a los promedios de este experimento (Fuentes, 2018). En cambio, Berdén Prates y Rabery Cáceres (2008) en Paraguay obtuvieron en promedio, valores comparables al promedio de este experimento.

Al dividir el número de granos por m² por el número de vainas por m², se puede estimar el número de granos por vaina. Estos valores se ubicaron en el rango de 1 a 3 granos por vaina, con los mayores valores en las líneas experimentales 5, 6, 13, 15 y 27 con 3 granos por vaina. Este atributo es modificado en menor medida por el ambiente, comparado con el número de vainas y de granos. Por lo cual identificar genotipos con alto número de granos por vaina puede resultar de

interés para el mejoramiento genético, especialmente para ambientes adversos de anegamiento como el experimentado en este ensayo.

Con respecto al peso promedio de 100 granos (Figura 9), se observaron diferencias significativas entre los genotipos ($p=0,0024$) y la mayoría de los genotipos osciló entre 9 y 11 g con un promedio de 10 g. Estos valores resultaron más bajos que los alcanzados por estas líneas en la Región Oriental, que varían de 14 a 17 g en condiciones normales (Tabla 2). Las líneas 23, 17, VC3, 6 y VC6 obtuvieron los mayores pesos de 100 granos (> 11 g). Para los ensayos de Berdén Prates y Rabery Cáceres (2008) en Paraguay el peso promedio de 100 granos fue de 12,9 g, muy similar a lo alcanzado por la línea 23 (12,6 g). En los ensayos de la Cooperativa Chortitzer en los años anteriores se obtuvieron en promedio: 13,2 g a nivel productor y 14,2 g en parcelas de ensayos en la zafra 2016; 11,2 g en ensayos en la zafra 2017 y 11,2 g en ensayos INBIO/Chortitzer en la zafra 2018 (Morel, A. comunicación personal). Los factores del ambiente durante el llenado de los granos afectan el peso alcanzado, y se han documentado los efectos del calor y la sequía, combinados, sobre el peso de grano en soja (Veas et al., 2021) pero aún no se han estudiado los efectos del calor combinado con anegamiento. Cabe resaltar que, a pesar de las condiciones de anegamiento y calor, algunas de las líneas de

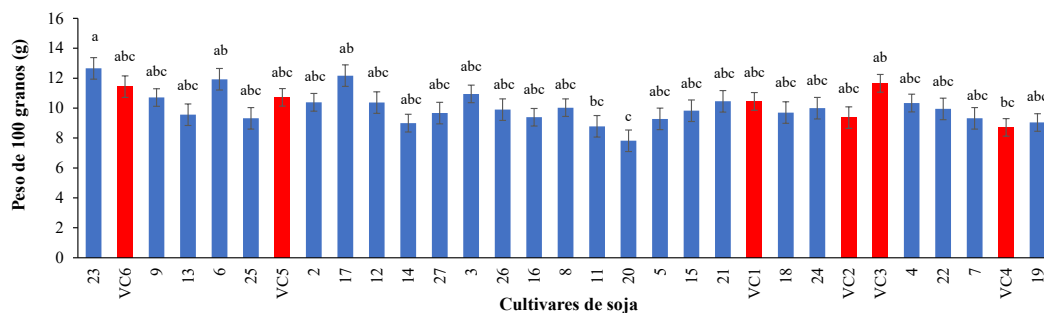


Figura 9. Peso de 100 granos (g) en 25 líneas experimentales (en color azul) y 6 variedades comerciales (VC, en color rojo) de soja evaluados en Loma Plata, Boquerón (Chaco paraguayo). Los cultivares están ordenados como en la Figura 3. Cada barra es el promedio de 3 repeticiones. Los segmentos indican el error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey con 5% de significancia

este experimento (como la 6, 17 y 23) alcanzaron los promedios del ensayo de INBIO/Chortitzer de 2018.

Tal como se esperaba, el componente que más se asoció al rendimiento fue el número de granos por superficie, como lo muestra el elevado coeficiente de correlación entre variables (Tabla 5). En un rango amplio de condiciones agronómicas, el número de granos es el componente que mejor explica las variaciones en la productividad del cultivo, cercano al 80% de la variación en el rendimiento está explicado por la modificación del número de granos, y alrededor del 30% por la variación del peso de granos (Toledo, 2018). En este ensayo, el 67% de la variabilidad del rendimiento se explicó por su asociación lineal con el número de granos.

Al comparar las características de las cinco líneas experimentales de soja que alcanzaron los rendimientos más elevados en este ensayo (Tabla 6) se puede observar que cada una de ellas alcanza elevado rendimiento a través de una combinación particular de atributos. Para la línea 23, la cual alcanzó el mayor rendimiento, se destaca el mayor número de vainas y peso de granos, respecto al promedio de todas las líneas. Por otro lado, la línea 25 tuvo ciclo más largo, más ramas y vainas, pero menor peso de grano (Tabla 6). La combinación de estos atributos podría ser de utilidad como marcadores fisiológicos para asistir al mejoramiento vegetal, junto con herramientas moleculares (Hall y Sadras, 2009; Tester y Langridge, 2010; Lopez et al., 2021).

TABLA 6. Comparación de atributos en las líneas de soja de mayor rendimiento evaluadas en Loma Plata, Boquerón (Chaco paraguayo). Las flechas y el signo igual indican valores mayores, menores o iguales al promedio de las líneas

Línea	23	9	13	6	25
Grupo de madurez	VII	VI	VI	VI	VII
Días a R1	35	35	35	40	50
Días a R8		Entre 95 a 105			115
Cobertura a R5			>80%		90
Ramas por planta			5-6		9
Vainas por m ²	↑	=	=	↓	↑
Granos por m ²	=	↑	↑	=	=
Granos/vaina	=	=	↑	↑	=
Peso de 100 granos	↑	=	↓	↑	↓

Rendimiento en aceite y proteína

A pesar de la diferencia de la variabilidad en los rendimientos, la concentración de aceite y proteína del grano resultó muy similar entre cultivares. La concentración de aceite tuvo valores entre 22,6 y 24,0 %, dentro de rango esperado en líneas de soja. En cambio, la concentración de proteína en los granos obtuvo valores muy bajos para una leguminosa, entre 26,1 y 27,8 %. Generalmente los valores de proteína en Paraguay son muy superiores (39,3% de proteína en el grano) para niveles de rendimiento en grano de 3000 kg/Ha (Benavides et al., 2007). En cambio, la soja producida en Argentina se caracteriza por tener alto contenido de aceite y baja proteína (Bosaz et al., 2019; Rodríguez Zurro y Terré, 2021). El contenido de proteína en soja de primera en una buena campaña (2016/2017) en Argentina fue de 36 % y en la de segunda de 37,5 %. En general,

TABLA 5. Coeficientes de correlación (r) entre el rendimiento en grano y sus componentes numéricos en 25 líneas experimentales y 6 variedades comerciales de soja evaluados en Loma Plata, Boquerón (Chaco paraguayo). En negrita se indica la relación significativa (P<0,05)

	Número de vainas por m ²	Número de granos por m ²	Peso de 100 granos (g)
Rendimiento en grano (g/m ²)	0,14	0,82	0,34

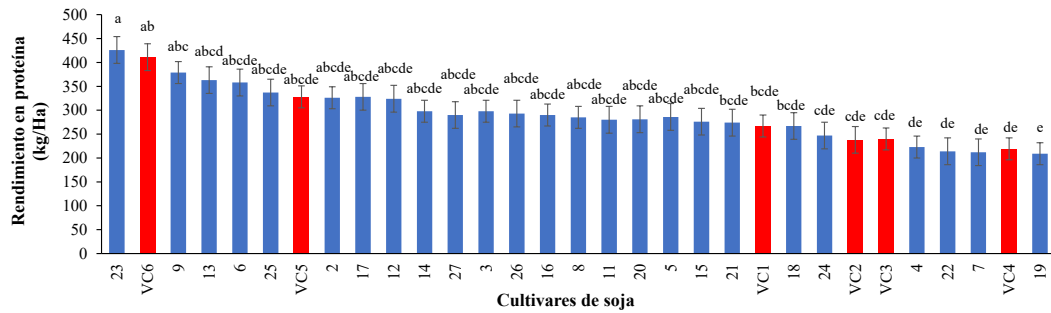


Figura 10. Rendimiento en proteína (kg de proteína/Ha) en 25 líneas experimentales (en color azul) y 6 variedades comerciales (VC, en color rojo) de soja evaluados en Loma Plata, Boquerón (Chaco paraguayo). Los cultivares están ordenados como en la Figura 3. Cada barra es el promedio de 3 repeticiones. Los segmentos indican el error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey con 5% de significancia

cuando los factores ambientales son favorables y se establece un elevado rendimiento en grano, la concentración de proteína en los granos disminuye (efecto de dilución) y aumenta la concentración de aceite en los granos (Cuniberti, 2017). La elección del genotipo y la fertilización nitrogenada surgen como herramientas para incrementar el porcentaje de proteína en los granos de soja (Di Mauro et al., 2023).

En los genotipos evaluados, los rendimientos en grano fueron bajos y también resultaron bajos los valores de concentración de proteína y aceite, indicando que el exceso de lluvias en etapas reproductivas afectó el normal crecimiento de los granos y la acumulación de reservas en ellos. Los bajos valores de peso de 100 granos alcanzados por los genotipos (Figura 9) apoyan la noción de un deficiente llenado de los granos (ya sea por acortamiento anticipado de la duración y/o por la reducción de la tasa de llenado). Los días lluviosos provocan una reducción de la radiación incidente (a causa de la nubosidad) y reducción la capacidad fotosintética del cultivo. Esto es especialmente crítico en soja, un cultivo oleaginoso que produce una biomasa energéticamente costosa (aceite y proteína de los granos) y que está limitado por fuente tanto en el periodo crítico como en el llenado de granos (Borrás et al., 2004). Además, los bajos rendimientos se pudieron deber a un efecto negativo directo del ane-

gamiento sobre la actividad nitrogenasa de los rizobios (Sanchez et al., 2011) lo cual afectaría la disponibilidad de nitrógeno en el momento de mayor demanda, que es el llenado de los granos.

A partir de la concentración de proteína de los granos y de los valores de rendimiento en grano, se calculó el rendimiento en proteína (kg de proteína por hectárea) expresados al 13,5% de humedad (Figura 10). Estos valores copiaron la curva de rendimiento en grano (Figura 3) y sólo los cultivares VC6 y 23 superaron los 400 kg de proteína por Ha, asociado a sus altos niveles de rendimiento en grano.

CONCLUSIONES

Las líneas experimentales de soja 23, 9, 13, 6 y 25 son promisorias para el Chaco central paraguayo, con rendimientos competitivos respecto a las mejores variedades comerciales. Estos resultados preliminares deberán confirmarse en un mayor número de años y localidades del Chaco central paraguayo.

Si bien los rendimientos fueron bajos, para el sistema de producción chaqueño puede generar una cierta ganancia, ya que el costo de producción es muy bajo. Además, son opciones para rotación de cultivos o pasturas en una ecorregión tan dinámica como el Chaco central. La rusticidad frente a diferentes situaciones tan extremas,

como lo son el exceso o déficit hídricos, es una característica deseable para líneas y variedades que quieren posicionarse comercialmente en esta región.

El crecimiento vegetativo fue una característica para resaltar de estas líneas, la mayoría de las cuales tuvieron una aceptable cobertura y alto NDVI en R5 a pesar de las condiciones ambientales adversas. La intercepción de la radiación en R1 en este tipo de ambiente puede mejorar con una mayor densidad de siembra.

El aumento de cobertura entre R1 y R5 no resultó un índice asociado al rendimiento. Tampoco el NDVI en R5. Esto dificultaría la estimación indirecta de la tasa de crecimiento del cultivo en el periodo crítico de soja a través de mediciones rápidas y sencillas.

La línea 23, de mayor productividad en condiciones de excesos hídricos, con elevado número de vainas y peso de grano, podrían adaptarse a suelos con alta frecuencia de inundación (cambisoles, luvisoles). Tiene un ciclo muy acorde al que utilizan los productores de soja en la zona, fue una de las mejores en cobertura y muy competitiva frente a las variedades comerciales ya introducidas en el Chaco paraguayo. Ante las situaciones ambientales extremas de temperatura e inundación, resistió y aprovechó con eficiencia de los recursos del ambiente. Su utilidad en sistemas de rotación en los arrozales chaqueños podría ser un tema de interés para próximas investigaciones.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los profesionales Aníbal Morrel y Claiton Rodrigues por su asistencia en el diseño del experimento; Estela Ojeda, Ariel Duarte y Arturo Penayo del Instituto de Biotecnología Agrícola, Ariel Benítez de la Cooperativa Chorritzer, y a Jenny Dueck y Natalia Escobar, por la ayuda brindada en varias etapas de este trabajo.

APORTES DE LOS AUTORES

O. Paredes y D. Rondanini idearon las hipótesis, diseñaron el experimento, analizaron los datos. O. Paredes ejecutó el experimento y recolectó los datos. D. Rondanini escribió el manuscrito.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores no tienen intereses contrapuestos para declarar que sean relevantes para el contenido de este artículo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANAPO. (2016). *Adaptación regional avanzada de 16 líneas y variedades de soja*. Disponible en <https://www.anapobolivia.org/publicaciones.php?op=1&tipo=5&id=852>.
- Andrade, F., Sala, R., Pontaroli, A., y León, A. (2009). Chapter 11. Integration of biotechnology, plant breeding and crop physiology. Dealing with complex interactions from a physiological perspective. En: V. Sadras y D. Calderini (Eds). *Crop Physiology. Applications for genetic Improvement and agronomy*. Academic Press. Elsevier.
- Andrade, F. (2021). *Los desafíos de la agricultura global*. [Archivo PDF] Disponible en: <https://intainforma.inta.gob.ar/los-desafios-de-la-agricultura-global/>
- Arce, L., Herken Krauer, J.C. y Ovando, F. (2011). La Economía del Paraguay entre 1940-2008: Crecimiento, Convergencia Regional e Incertidumbres. *Centro de Análisis y Difusión de la Economía Paraguaya*. Asunción. Disponible en: <http://www.cadep.org.py/2011/02/proyecto-bicentenario-la-economia-de-paraguay-entre-1940-y-2008/>
- Baranski, D. (2021). *Paraguay, optimizando el monitoreo del cultivo de soja*. Campaña 2020/21. Disponible en: https://site.geoagro.com/casos_de_uso/validacion-a-campo-de-indices-verdes/

- Barboza, F., Hoffmann, R. y Netto, A. (1998). Tomo III Documentación Suelos. En: Proyecto Sistema ambiental del Chaco. *Cooperación Técnica Paraguay-Alemana*. San Lorenzo. [Archivo PDF] Disponible en <http://www.geologiadelparaguay.com.py/PSAC-TomoI-II.PDF>.
- Benavides, R., Gonzalez, E., Fresoli, D., Santos, D. y Soro, M. (2007). Evolución del contenido de proteína y aceite en grano de soja en Argentina entre las campañas 1999-2000 y 2005-2006. Prosoja. *Revista Agromensajes*, UNR. [Archivo PDF] Disponible en: <https://prosoja.org.ar/pdf/5PROSOJAPROTEINA.PDF>.
- Berdén Prates, J.E. y Rabery Cáceres, S.H. (2008). Espaciamento entre hileras para variedades de soja de ciclo precoz. *Investigación Agraria*, 10(1), 53-58.
- Board, J., Wier, A. y Boethel, D. (1995). Source strength influence on soybean yield formation during early and late reproductive development. *Crop Science*, 35, 1104-1110.
- Borrás, L., Slafer, G. y Otegui, M.E. (2004). Seed dry weight response to source-sink manipulations in wheat, maize and soybean: a quantitative reappraisal. *Field Crops Research*, 86, 161-146.
- Bosaz, L.B. Gerde, J.A., Borrás L., Cipriotti, P.A., Ascheri, L., Campos, M., Gallo, S. y Rotundo, J.L. (2019). Management and environmental factors explaining soybean seed protein variability in central Argentina. *Field Crops Research*, 240, 34-43.
- CAPECO. (2023). Área de siembra, producción y rendimiento de soja. Disponible en: <https://capeco.org.py/area-de-siembra-produccion-y-rendimiento/>
- CEPAL. (2014). *La Economía del Cambio Climático en el Paraguay*. Disponible en: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/37101-la-economia-cambio-climatico-paraguay>.
- Cober, E.R., Curtis, D.F., Stewart, D.W. y Morrison, M.J. (2014). Quantifying the effects of photoperiod, temperature and daily irradiance on flowering time of soybean isolines. *Plants (Basel)*, 3, 476-497.
- Crusiol, L., Neiverth, W., Rio, A., Sibaldelli, R., Ferreira, L., Carvalho, J., Nepomuceno, A., Neumaier, N. y Farias, J. (2013). *NDVI de estádios de desenvolvimento da soja BRS 284 em condições de campo*. Embrapa. [Archivo PDF] Disponible en: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/964365/1/NDVIDeestadiosdedesenvolvimentodasoja-BRS284emcondicoesdecampo.pdf>
- Cuniberti, M. (2017). *La soja 2017 tuvo alto contenido de aceite y bajo de proteína*. Disponible en: <https://www.infocampo.com.ar/la-soja-2017-tuvo-alto-contenido-de-aceite-y-bajo-de-proteina/>
- Di Mauro, G., Schwalbert, R., Alvarez Prado, S., Saks, M.G., Ramírez, H., Costanzi, J. y Parra, G. (2023). Exploring practical nutrition options for maximizing seed yield and protein concentration in soybean. *European Journal of Agronomy*, 146, 126794.
- DMH. (2019). Información meteorológica. Disponible en: <http://www.meteorologia.gov.py/publicaciones/>
- EEAOC. (2019). *Soja en el NOA 2019*. Disponible en <https://www.eeaoc.gob.ar/?publicacion=soja-en-el-noa-2019>.
- Egli, D. y Zhen-Wen, Y. (1991). Crop growth rate and seeds per unit area in soybeans. *Crop Science*, 31, 439-442.
- Egli, D. y Bruening, W. (2006). Temporal profiles of pod production and pod set in soybean. *European Journal of Agronomy*, 24, 11-18.
- Fehr, W. y Caviness, C. (1977). Stages of soybean development. Ames, IA: Agriculture and Home Economics Experiment Station and Cooperative Extension Service, Iowa State University, EE.UU. Special Report 80.
- Fuentes, F.H. (2018). *Red Nacional de Evaluación de Cultivares de Soja (RECSO) Campaña 2018-2019*. Disponible en: [54 ● ● ●](https://agro-</p>
</div>
<div data-bbox=)

- verdad.com.ar/wp-content/uploads/2019/08/Reco1819-Completo.pdf
- Fundacao Mato Grosso. (2021). *Tecnología y producción de soja*. Disponible en: <https://www.fundacaoms.org.br/publicacoes/tecnologia-e-producao-safra/tecnologia-e-producao-soja-safra-2018-2019>.
- Glatzle, A. (2005). Sistemas Productivos en el Chaco Central Paraguayo: Características, Particularidades. [Archivo PDF] Disponible en: <http://biblioteca.mades.gov.py/wp-content/uploads/2017/11/sistemas-productivos-en-el-chaco-central-paraguay.pdf>
- Green Chaco. (2021). Resumen de acciones Proyecto Green Chaco. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=U16wWVrSUJk>
- González Santander, A.V. (2016). *Atlas de sequías en Paraguay basado en el Análisis Regional de L-Momentos*. Disponible en <http://www.proyectoclima.com.py/>
- Gutiérrez-Soto, M., Piedra, E., Rodríguez, W. y Araya, J.M. (2011). El GreenSeeker y el estado de salud de los cultivos. *Agronomía Mesoamericana*, 22, 397-403.
- Hall, A. y Sadras, V. (2009). Chapter 21. Whither crop physiology? En: V. Sadras and D. Calderini (Eds). *Crop Physiology. Applications for genetic improvement and agronomy*. Academic Press. Elsevier.
- Hallauer, A. (2007). History, contribution, and future of quantitative genetics in plant breeding: Lessons from maize. *Crop Science*, 47: S4-S19.
- Harder, W. (2021). *Disertación en la Jornada de Semilleros y Fitosanitarios, Expo Pioneros*. Disponible en: <https://cifca.agr.una.py/unacategorized/principios-para-un-proceso-agricola-sostenible-en-el-chaco-paraguay/>
- ICASA. (2019). *Informe técnico medioambiental*. Disponible en <http://www.icasa.com.py>
- Jiang, H. y Egli, D. (1995). Soybean seed number and crop growth rate during flowering. *Agronomy Journal*, 87, 264-267.
- Kantolic, A. y Slafer, G. (2001). Photoperiod sensitivity after flowering and seed number determination in indeterminate soybean cultivars. *Field Crops Research*, 72,109-118.
- Kantolic, A., Giménez, P. y de la Fuente, E. (2003). Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad de soja. En: *Producción de Granos. Bases funcionales para su manejo*. 2da edición. Editorial Facultad de Agronomía.
- Koester, R.P., Skoneczka, J.A., Cary, T.R., Diers, B.W. y Ainsworth, E.A. (2014). Historical gains in soybean (*Glycine max* Merr.) seed yield are driven by linear increases in light interception, energy conversion, and partitioning efficiencies. *Journal of Experimental Botany*, 65, 3311-3321.
- Liang, Q., Chen, L., Yang, X. et al. (2022). Natural variation of Dt2 determines branching in soybean. *Nature Communications*, 13, 6429.
- Lopez, M. A., Freitas Moreira, F. y Rainey, K.M. (2021). Genetic relationships among physiological processes, phenology, and grain yield offer an insight into the development of new cultivars in soybean (*Glycine max* L. Merr). *Frontiers in Plant Science*, 12, 651241.
- Mariotti, J, Oyarzabal, E., Osa, J., Bulacio, A. y Almada, G. (1976). Análisis de estabilidad y adaptabilidad de genotipos de caña de azúcar. I: interacciones dentro de una localidad experimental. *Revista Agronómica del Noroeste Argentino*, 13, 105-127.
- Masino, A., Rugeroni, P., Borrás, L. y Rotundo, J. (2018). Spatial and temporal plant-to-plant variability effects on soybean yield. *European Journal of Agronomy*, 98, 14–24.
- Monzon, J., La Menza, N., Cerrudo, A., Canepa, M., Rattalino Edreira, J., Specht, J., Andrade, F. y Grassini, P. (2021). Critical period for seed number determination in soybean as determined by crop growth rate, duration, and dry matter accumulation. *Field Crops Research*, 261, 108016.
- Morais, O.P. (1980). Adaptabilidade, estabilidade de comportamento e correlações fenotípicas,

- genotípicas e de ambiente em variedades e linhagens de arroz (*Oryza sativa* L.). Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2007001100008&script=sci_arttext.
- Morel, W. (2017). *Nuevas variedades de soja*. IPTA/INBIO. Capitán Miranda. Paraguay. Disponible en <https://www.pressreader.com/paraguay/abc-color/20170315/281483571191411>.
- Morlin, F. (2018). Sensores de dossel do monitoramento da variabilidade temporal das culturas da soja e do ameindoim. Tesis de doctorado. Universidade Estadual Paulista Jaboticabal. Disponible en: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/155945/carneiro_fm_dr_jabo.pdf?sequence=3&isAllowed=y.
- Neufeld, E. (2019). *Integración Agrícola Ganadera*. Bahía Negra, PY. [Archivo PDF] Disponible en: <https://greencommoditiesparaguay.org/wp-content/uploads/2018/12/2.-Egon-Neufeld-Se-viene-la-soja-PNUD-2.pdf>
- Nico, M, Mantese, A.I., Miralles, D.J. y Kantolic, A.G. (2016). Soybean fruit development and set at the node level under combined photoperiod and radiation conditions. *Journal of Experimental Botany*, 67(1), 365-377.
- Passerieu, C. (2017). *La soja en el Chaco*. Disponible en <http://www.elagro.com.py/agricultura/la-soja-en-el-chaco-paraguay-puede-venir-para-quedarse-segun-experto/>
- Patrignani, A. y Ochsner, T.E. (2015). Canopeo: A powerful new tool for measuring fractional green canopy cover. *Agronomy Journal*, 107(6), 2312-2320.
- Piris da Motta Fleitas, B. (2020). Relatorio de impacto ambiental. [Archivo PDF] Disponible en: https://www.mades.gov.py/wp-content/uploads/2020/09/2533_Moleri_RIMA_2020.pdf.
- RECSO. (2019). *Red Nacional de evaluación de cultivares de soja*. <https://inta.gob.ar/docu-mentos/red-nacional-de-evaluacion-de-cultivares-de-soja-recso-informe-tecnico-de-resultados-campana-2018-19>
- Renshaw, J. (1996). Los Indígenas del Chaco Paraguay: *Economía y Sociedad*. Editora Asunción.
- Rizzo, F. (2000). Pautas de manejo para lograr rendimientos elevados y estables. *Revista Agromercado* Disponible en: http://www.agrobit.com.ar/Info_tecnica/agricultura/soja/AG_000039so.htm
- Rodríguez Zurro, T. y Terré, E. (2021). ¿Cuál es la situación de la calidad de la soja en Argentina en relación a sus principales competidores? Bolsa de Comercio de Rosario. Disponible en: <https://www.bcr.com.ar/es/mercados/investigacion-y-desarrollo/informativo-semanal/noticias-informativo-semanal/cual-es-la>
- Salica, R.M. (2019). *Evaluación de rendimientos en distintos sistemas de siembra de soja en Formosa*. Disponible en: http://amaneccerrural.com.ar/es/nota_tecnica/08371-evaluacion-de-rendimientos-en-distintos-sistemas-de-siembra-de-soja-en-formosa.
- Sánchez, C., Tortosa, G., Granados, A., Delgado, A., Bedmar, E.J. y Delgado, M.J. (2011). Involvement of *Bradyrhizobium japonicum* denitrification in symbiotic nitrogen fixation by soybean plants subjected to flooding. *Soil Biology and Biochemistry*, 43, 212-217.
- Tejada Rodriguez, A., Regeiro, D.B., Vicentin Masaro, J., Regúnaga, M., Jorge, N. y Trigo, E. (2022). Cultivos genéticamente modificados (GM) en la agricultura paraguaya. [Archivo PDF] Disponible en: https://www.inbio.org.py/informes/publicaciones/OGM-Paraguay_2022.pdf
- Tester, M. y Langridge, P. (2010). Breeding technologies to increase crop production in a changing world. *Science*, 327, 818-822.
- Toledo, R.E. (2018). *Ecofisiología, rendimiento y calidad de soja*. FCA- UNC. [Archivo PDF] Disponible en: <http://www.agro.unc.edu.ar/~wpweb/cereales/wp-content/uploads/>

sites/31/2018/07/Ecofisiologia-rendimiento-y-calidad-en-soja-.pdf

- Veas, R.E.A., Ergo, V.V., Vega, C.R.C., Lascano, R.H., Rondanini, D.P. y Carrera, C.S. (2021). Soybean seed growth dynamics exposed to heat and water stress during the filling period under field conditions. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 208(4), 472-485.
- Zuil, S. (2017). Elección de cultivares de soja en el NEA. *Revista Voces y Ecos*, 18(38), 8-13.

[ARTICULO CORREGIDO] Identidad de *Monvillea haageana* (Cactaceae) especie nativa del Paraguay

Pin Ferreira, A.^{1*} ; Rodríguez Montiel, L.¹; Friesen Ratzlaff, V.²; Oakley, L. J.³ 

¹Cactus y algo más, Asunción, Paraguay

²Investigador independiente, colaboradora del herbario en Filadelfia, Colonia Fernheim

³Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario, Argentina. Curador asociado, Herbario FCQ (Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Químicas). Paraguay

*autor por correspondencia: anapinf@gmail.com

Identidad de *Monvillea haageana* (Cactaceae) especie nativa del Paraguay. Se estudia una especie poco conocida y colectada en nuestro país. Se trata de un taxón aparentemente endémico de la región biogeográfica Chaqueña, que desde que fue descrito en 1948 no ha sido colectado y/o identificado, así como tampoco se conocía su real distribución geográfica. Hace unos años (2017) se colectó un ejemplar que aquí se considera corresponde a esta especie y que está depositado en el herbario de la Colonia Fernheim (Filadelfia). Por esta razón, en el año 2021 se visitó la localidad donde fue hallada (Dpto. Boquerón) y se colectaron más ejemplares. Como resultado de este trabajo se aportan datos para clarificar la distribución de *M. haageana*, hasta ahora solo citada para Paraguay, sin más detalles. Además, se amplía la información botánica, fenológica y ecológica de esta especie; también se menciona su uso por poblaciones humanas; y se presenta un mapa preliminar de su distribución.

Palabras clave: *Monvillea haageana*, Cactaceae, distribución, flora nativa, Paraguay

Identity of *Monvillea haageana* (Cactaceae) a native species of Paraguay. A species little known and collected in our country is studied. It is an apparently endemic taxon of the Chaco biogeographic region, which since it was described in 1948 has not been collected and/or identified, nor is its real geographic distribution known. A few years ago (2017) a specimen was collected that is considered here to correspond to this species and that is deposited in the herbarium of the Fernheim Colony (Filadelfia). For this reason, in 2021 the town where it was found (Boquerón Department) was visited and more specimens were collected. As a result of this work, data is provided to clarify the distribution of *M. haageana*, until now only cited for Paraguay, without further details. In addition, the botanical, phenological and ecological information of this species is expanded; its use by human populations is also mentioned; and a preliminary map of its distribution is presented.

Keywords: *Monvillea haageana*, Cactaceae, distribution, native flora, Paraguay

INTRODUCCIÓN

El género *Monvillea* fue establecido por Britton & Rose (1920) para un grupo de plantas propias de Sudamérica, hasta ese momento clasificadas en *Cereus* Mill., del cual se diferencia por ser plantas siempre arbustivas, con tallos de menor diámetro, mayor número de costillas y más profundas; flores con algunas escamas desarrolladas en el pericarpelo (Kiesling, 2010; Oakley et al., 2013).

Además de lo mencionado, las especies del género se caracterizan, por sus tallos erectos cuando jóvenes, luego decumbentes o apoyantes, de sección circular (hasta 5 cm diám); flores nocturnas con tubo muy notable, y por los frutos ovoides a piriformes, dehiscentes longitudinalmente (Kiesling, 1984; 2010).

De acuerdo a la base de datos: “*The Plant List*” existen 30 nombres dentro del género *Monvillea*, de los cuales solo nueve son aceptados. Por otra parte, Hunt y Taylor (1986) reconocen unas 15 especies, nativas de Sudamérica. Para el Paraguay se registran cuatro especies para el género, según el “Catálogo de Plantas Vasculares del Cono Sur” (www.darwin.edu.ar): *M. cavendishii* (Monv.) Britton & Rose, *M. euchlora* (F.A.C. Weber ex K. Schum.) Backeb., *M. phatnosperma* (K. Schum.) Britton & Rose var. *arenasii* Oakley & R. Kiesling, *M. phatnosperma* (K. Schum.) Britton & Rose var. *phatnosperma* y *M. spegazzinii* (F.A.C. Weber) Britton & Rose.

Las especies de *Monvillea* son consideradas por algunos autores como parte de los géneros *Cereus* Mill. o *Praecereus* Buxb. (Hunt y Taylor, 1986; Anderson, 2001; CITES, 2017). Esto último se debe a que dichos especialistas negaban la validez nomenclatural del género *Monvillea*, sin embargo, esto fue refutado por Kiesling (2010), quien demostró que se trata de un nombre válido y correctamente tipificado, según las reglas del “Código de Nomenclatura Botánica”.

La especie *Monvillea haageana* fue descrita por Backeberg (1948) basado en una planta

cultivada e indicando su origen como: “*Patria: Paraguay*”; “*procedente de Stümer?*”, esto último -explica el autor- podría referirse a que fue adquirido del vivero de Stümer en Buenos Aires (Argentina). Desde esa fecha, este taxón no se ha vuelto a identificar y /o coleccionar, debido a esto Pin y Simon (2004) la mencionaron como “*especie dudosa*”, dada la escasa literatura encontrada sobre la misma. Hunt y Taylor (1991) la consideran parte de *Cereus*, efectuando la combinación *Cereus haageanus* (Backeb.) N.P. Taylor, y con respecto al material original afirmaron que se trataba de *material vivo (no preservado)*”. Además designaron la fotografía de Backeberg -adjunta a la descripción- como el lectotipo aunque en realidad dicha foto debe ser considerada como holotipo, de acuerdo al artículo 40.4 del CNB (Turland et al., 2018). Hunt y Taylor (1991) también mencionaron que esta especie está cercanamente relacionada -pero específicamente distinta- a *Cereus spegazzinii* F.A.C. Weber (= *Monvillea spegazzinii* (F.A.C. Weber) Britton & Rose), e indicaron que *M. haageana* está frecuentemente presente en jardines botánicos y otras colecciones vivas.

De acuerdo a la descripción original de Backeberg (1948), *M. haageana* es glauca, brillante, no pruinosa; con ramas de 2-3 cm de grosor, más delgadas en la punta; 5 costillas; areolas pequeñas, pilosidad blanca; 1,2-3 cm distantes; 5-8 espinas marrones, delgadas, de 2 mm de largo, a menudo la inferior es más larga de 4 mm long, a veces la central de base más gruesa; flores de 12 cm de largo; los tépalos externos del perigonio son glaucescentes, los internos son blancos a blanco-verdosos; “ovario” cilíndrico, desnudo, un poco escamoso. Más adelante, Backeberg amplía la descripción mencionando lo siguiente: arbustiva, decumbente; tallos de 1 m long; los más jóvenes son verde-azulados, afinándose en las puntas; areolas pequeñas, blancas, hasta 3 cm distantes; espinas marrón-negruzco, radiales hasta 2 mm long., las radiales inferiores de 4 mm long, y la central distinta, dirigida hacia abajo, de 22 mm long; las espinas caen posteriormente;

florece profusamente, desde los 1 m alt.

Anderson (2001) incluye a *M. haageana* (como *Cereus haageanus*) en su obra sobre la familia Cactaceae y la describe agregando lo siguiente a la descripción original de Backeberg (1948): plantas muy ramosas, hasta 3 m o más de altura, tallos estrechamente cilíndricos; costillas redondeadas, débilmente tuberculadas.

Desde su descripción en 1948, no se sumaron referencias sobre la identidad y presencia de *Monvillea haageana* en Paraguay hasta el año 2020. A fines de dicho año, en una entrevista personal, la Sra. Verena Friesen afirmó haber observado a este taxón en varios sitios del Departamento de Boquerón y colectó un ejemplar en el año 2017 para su cultivo en el patio del Museo Menno Simons, de la colonia Fernheim (Filadelfia-Paraguay).

El sitio de estudio se encuentra en el Departamento de Boquerón, NW de la Región Occidental del país, y forma parte de la ecorregión “Chaco seco”. Esta ecorregión se caracteriza por una temperatura media de 26° C y precipitaciones anuales entre 600 mm (o menos) y 900 mm. Incluye varios tipos de hábitats, predominando los bosques espinosos, la sabana y áreas de transición entre éstas. (Bartrina, 2007). La formación vegetal típica corresponde a los “Bosques xeromorfo” que pueden llegar a un máximo de 12 m; crecen sobre suelos muy duros y estructurados, arcillosos (Mereles, 2007).

Los objetivos del estudio fueron: 1) confirmar la presencia e identidad de *Monvillea haageana* en Paraguay, indicando la ubicación de los individuos; 2) observar y registrar las características morfológicas de esta especie, para compararlas con individuos juveniles de *Cereus forbesii* Otto ex C. F. Först. y con poblaciones de *Monvillea spagazzinii*, dado que podrían ser confundidas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se enmarca en la actualización de un material ilustrado sobre cactáceas

de Paraguay, iniciado hace unos años por una de las autoras (AP). En un primer paso, se herborizó en flor, el material cultivado por la Sra. Verena Friesen y se depositó en el herbario del Museo Menno Simons (Filadelfia). Posteriormente y considerando los recursos financieros, logísticos y de tiempo disponibles, se eligió uno de los sitios mencionados por V. Friesen para poder considerar sumar registros.

Revisión de materiales

Para conocer la diversidad y distribución de especies del género *Monvillea* en nuestro país, entre el 2010 y 2021 se revisaron materiales en los herbarios nacionales de la Facultad de Ciencias Químicas/ UNA (FCQ); de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales FACEN/UNA; del Museo Nacional de Historia Natural del Paraguay (PY); de la Sociedad Científica del Paraguay (SCPY); y del Museo Menno Simons de la Colonia Fernheim (Filadelfia). Fueron revisados también los herbarios SI, del Instituto de Botánica Darwinion (IBODA); CTES, del Instituto de Botánica del Nordeste (IBONE); y BM, del Museo Británico de Londres, Inglaterra.

Material estudiado (en herbario): PARAGUAY. Boquerón: “Colonia Neuland, 30 Km al SW”, 22°48.172' S y 60°17.346' W, 12.01.2021, Pin, A. 933 y Rodríguez, L. 268 (FCQ); Filadelfia, cultivada en Patio Menno Simons (con observación de V. Friesen: “origen Magariño, zona Pilcomayo, Dpto. Boquerón”), 20.11.2017*, Bergen, L. 153 (Herbario Col. Fernheim) “identificado preliminarmente como *Cereus aethiops*”.

Revisión de bases de datos electrónicas de herbarios del extranjero

Con el fin de conocer la existencia de posibles colectas de *Monvillea haageana* de Paraguay depositadas fuera del país, en el 2020 se revisaron las bases de datos on line de los siguientes herbarios: B, G, K, MEXU, MNHN, NY, S y WU (acrónimos según Thiers, 2022).

Elaboración del mapa

Para visualizar la distribución de la especie en nuestro país, fue confeccionado un mapa utilizando el software QGIS 3.26.2, mediante la cartografía base utilizando capas vectoriales de los límites políticos, localización de ciudades e hidrografía provenientes del Censo Nacional del 2012 (DGEEC, 2012). Esta información fue complementada con las ecorregiones extraídas del “Mapa de Ecorregiones de Paraguay en la Cuenca del Plata” (MADES, 2014) y la precipitación media anual (REDIEX, 2009). Fueron utilizadas las coordenadas geográficas que apa-

recen en la Tabla 1 para localizar los puntos de distribución en el mapa (Figura 1).

Trabajo de campo

Para obtener una muestra botánica y registros del sitio donde crece *Monvillea haageana*, en el 2021 se realizó un viaje al Departamento de Boquerón, en las cercanías de la Colonia Neuland (Reserva privada Pozo Monte) donde se encuentra uno de los ejemplares, con referencias precisas. Antes del 2021, V. Friesen había realizado exploraciones esporádicas en los Departamentos de Alto Paraguay y Presidente Hayes para tratar

TABLA 1. Localizaciones de *Monvillea haageana* (Cactaceae), en el Departamento de Boquerón, Paraguay

N°	Latitud	Longitud	Sitio	Observaciones
1 y 2	22°48.172'S	60°17.346'W	“Colonia Neuland, 30 Km al SW” (Res. Pozo Monte). 12.01.2021	Material de referencia: Pin, A. N° 933 (FCQ), L. Rodríguez, T. Ríos & K. Waldbrunner. Rodríguez, L. N° 268 (FCQ), A. Pin, T. Ríos & K. Waldbrunner.
3 y 4	23°16'58.7"S	61°07'31.8"W	Línea 142, zona Magariño (área del Pilcomayo).	Bergen, L. N° 153 (Herbario Col. Fernheim). Material aportado por V. Friesen.
5	22°03'51.8"S	61°37'36.8"W	Picada 500, camino acceso a Estancia Don Juan	Observado en campo. Sin material de referencia
6	21°12'33.8"S	61°39'23.5"W	Parque Nacional Tte. Enciso	Observado en campo. Sin material de referencia
7	22°37'47.5"S	61°18'26.7"W	Borde de camino en el monte, Línea 11, Zona Cabezón	Observado en campo. Sin material de referencia
8	22°26'49.3"S	62°15'29.7"W	Zona Pedro P. Peña, Comunidad indígena San Agustín, barrio María Auxiliadora	Observado en campo. Sin material de referencia

Los puntos N° 1 y 2 corresponden a colectas diferentes del mismo individuo, en el mismo tiempo y lugar, por lo que las coordenadas son las mismas; los puntos 3 y 4 corresponden al mismo individuo que fue observado y colectado para cultivo por V. Friesen, y posteriormente herborizado en estado fértil por L. Bergen

de encontrar esta especie, pero sin éxito.

Descripción del material

Se realizó en base a las colectas botánicas y a fotografías de las autoras. Se registró el proceso de antesis de cuatro flores, que abrieron posteriormente a la colecta, fuera de su hábitat natural.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Monvillea haageana Backeb, Sukkulentenkunde 2:54. 1948. *Cereus haageanus* (Backeb.) N.P. Taylor, Bradleya 9: 85. 1991. TIPO: Fig. en Sukkulentenkunde 2. 54. 1948 (holotipo, Art. 40.4).

Nombre común

“Ucle chico”. Este nombre usado localmente (zona Pilcomayo), también se lo dan a *Monvillea spegazzinii*, dado su parecido. Por otra parte, es de destacar que se denomina “ucle” a *Cereus forbesii* (Friesen, 2004).

Distribución en Paraguay

La distribución de *M. haageana* abarca el Departamento de Boquerón (Figura 1).

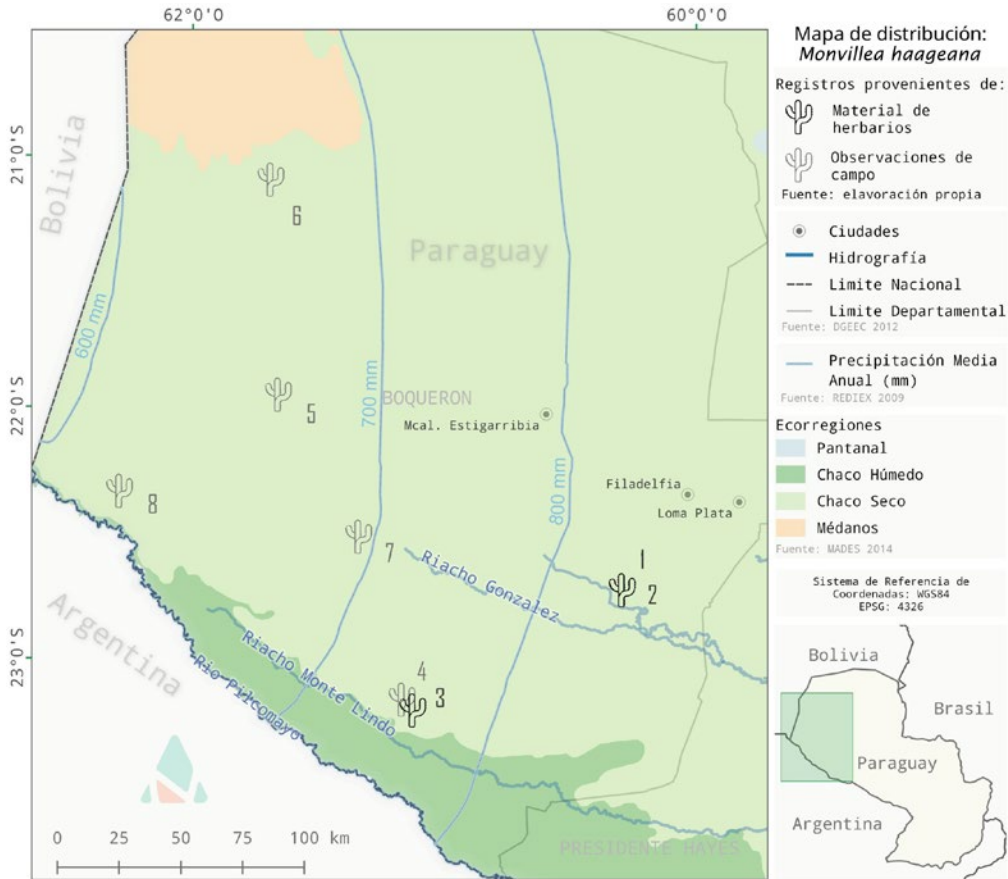


Figura1. Mapa de distribución de *Monvillea haageana* en Paraguay. Fuente: elaboración de Ayala, A.

El mapa de distribución preliminar de *M. haageana* nos indica que se trata -hasta el momento- de una especie propia de la Ecorregión Chaco seco (MADES, 2014). Si bien no ha sido observada en los Departamentos de Alto Paraguay y Presidente Hayes, no se descarta su presencia en esos sitios. De acuerdo con uno de los puntos de observación -el Parque Nacional Teniente Enciso- se encuentra al menos en un Área Silvestre Protegida.

Descripción botánica

Arbusto o arbolito más o menos ramificado; de (1) 3 (-7) m altura; tallos cilíndricos; en individuos muy desarrollados y cercanos al suelo: tallo basal de hasta 15 cm diámetro, esclerosados, grises, parcialmente sin espinas (Figura 2.A); luego poco o muy ramificado; ramas de 3.5-4 cm diámetro, verde-grisáceas o verde-azuladas (glauacas), leve aspecto manchado. Costillas bien definidas, 5-6, poco profundas (1 cm) (Figura 2.C). Espinas 3-4 (-7); en ramas nuevas: 2 laterales y 1(-3) basales, cortas, negras; en ramas antiguas: mayor cantidad, largas y grises, aparece espina central (1 o más) de mayor longitud, dirigida hacia arriba; algunas son grises de punta negra. Botones: hasta 9 cm longitud antes de antesis (Figura 2B). Flores infundibuliformes de 11-12 cm longitud x 10 cm diámetro (en antesis completa); pericarpelo y tubo floral glabros, de color verde-grisáceo con escamas escasas, diminutas, castañas; tépalos externos lanceolados, verdosos con tonalidades moradas en el extremo; tépalos internos lanceolados, más anchos en los externos, blancos a levemente rosados, fuertemente mucronados; filamentos adheridos al interior del tubo floral, luego se disponen libres en forma escalonada hasta el final del tubo, blanco-verdosos; anteras blanquecinas; estilo verdoso, blanquecino o levemente rosado; estigma con 13-14 lóbulos digitiformes, blancos o levemente rosados, sobresale 0,7 cm de la corola (Figura 2.D y 2.E). Flor de aroma suave: en el interior del tubo se percibe aroma a flor de *Cereus* y en la parte ex-

terna huele a *Monvillea* (más dulzón, intenso y agradable); se percibe hasta a 1 m de distancia (o más) dispersado por el viento. Fruto ovoide, glabro, con ombligo pequeño; exteriormente rosado, morado a verdoso-morado; dehiscencia longitudinal; pulpa morada; semillas negras (Figura 2.F, 2.G, y 2.H).

De acuerdo a Anderson (2001) la especie puede alcanzar los 3 m de altura, lo que coincide con la del ejemplar encontrado (4 m de altura) en el campo. Esto podría deberse a su asociación con plantas “nodrizas”, o sea aquellas que crean condiciones microambientales y edáficas favorables para el establecimiento y supervivencia de otras especies (Méndez, 2013); como es el caso de *Senegalia praecox* (Griseb.) Seigler & Ebinger, claramente asociada a *M. haageana* en el sitio de estudio.

En los primeros años de crecimiento, *M. haageana* es de hábito arbustivo (erguido, pocas ramas); con el tiempo adquiere mayor tamaño y aspecto “arborescente” (con tronco basal, más ramificado). Con mayores dimensiones, tiende a doblarse, incluso a quebrarse por el peso de sus frutos. Si encuentra apoyo puede llegar a los 7 m de altura, como el que fue cultivado por Friesen cerca de un árbol que le sirve de soporte.

Las características botánicas de los ejemplares estudiados coinciden con las mencionadas en la literatura. Por el contrario, se observaron los tallos con leve aspecto manchado. La literatura no menciona el tipo de fruto ni color de la pulpa, por lo que este trabajo aporta valiosa información al respecto.

Fenología

De acuerdo con los registros botánicos y fotográficos, *M. haageana* florece entre noviembre y enero, y fructifica entre enero y marzo.

La antesis inicia aproximadamente a las 22:00 h; la cabeza del botón floral se presenta hinchada, globosa (sin aroma aún). A las 23:00 h el extremo se abre 5%; entre las 0:30 y 1:30 del día siguiente, abre del 30-50 %, con aroma suave.

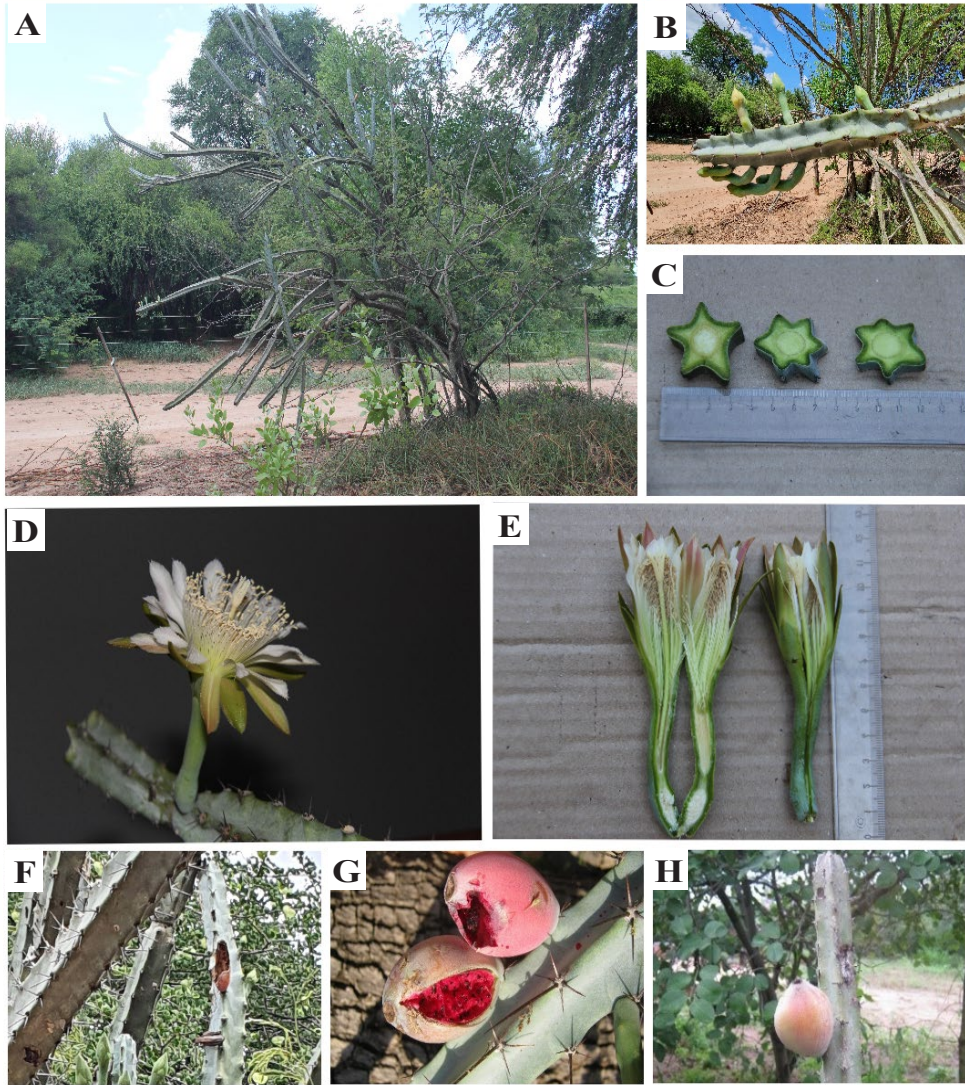


Figura 2. A) *Monvillea haageana* en su hábitat, creciendo al pie de *Senegalia praecox*. Foto: A. Pin, 2021. B) Botones florales en rama terminal de *M. haageana*. Foto: L. Rodríguez, 2021. C) Corte de tallo de *M. haageana* con 5-6 costillas. Foto: Pin, 2021. D) Flor nocturna de *M. haageana*., antesis. Foto: A. Pin, 2021. E) Corte longitudinal de flor de *M. haageana* incluyendo ovario. Foto: A. Pin, 2021. F) Fruto maduro de *M. haageana* consumido por aves; botones florales. Foto: L. Rodríguez, 2021. G) Frutos maduros de *M. haageana* con apertura longitudinal con rastros de picoteo. Foto: V. Friesen, 2013. H) Fruto maduro y cerrado de *M. haageana* Foto: V. Friesen, 2011

A las 4:00 h se encuentra 100% abierta. Entre las 5:00 y 5:30 h la corola se halla 100% abierta pero los lóbulos estigmáticos ya están cerrando. A las 8:15 h, la flor sigue abierta (80%) (Figura 3).

Los individuos de *M. haageana* siempre están solitarios, con distancias muy grandes entre uno y otro; se observan raramente en el campo. Esto

hace suponer que su dispersión no es por medio de las aves (aunque consuman su fruto), dado que las mismas no podrían desplazarse a distancias muy lejanas. El aspecto de los tallos jóvenes es similar al de *M. spegazzinii*, en cuanto al aspecto, color, espinas y presencia de manchas (Figura 4. A y B), sin embargo la presencia de costillas

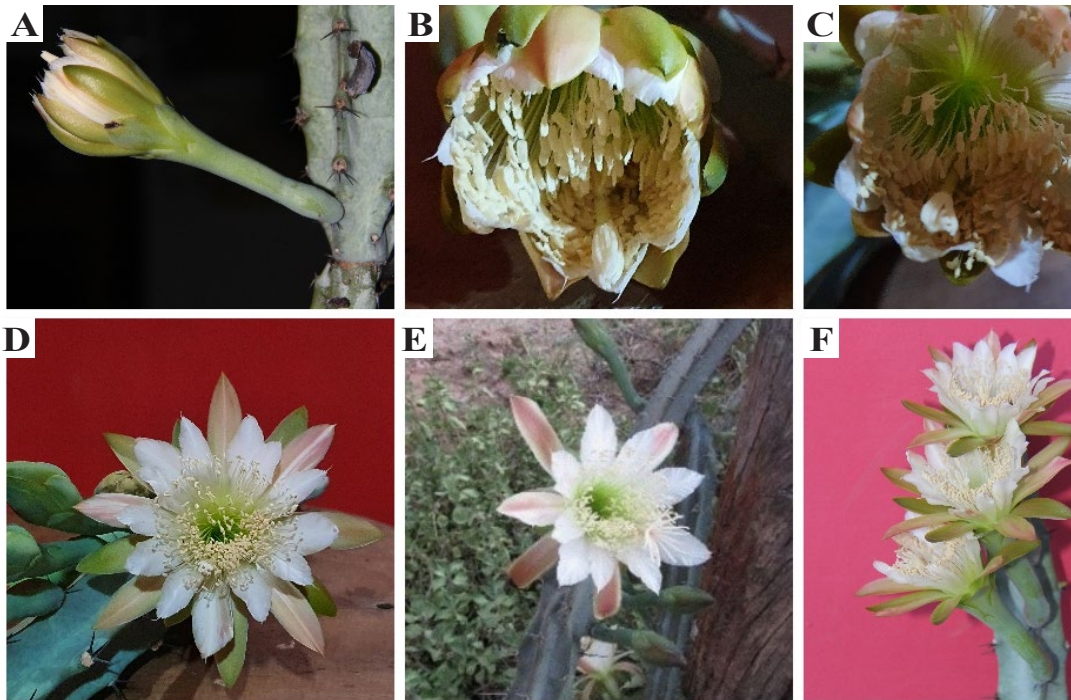


Figura 3. A) Proceso de antesis de *Monvillea haageana*. A las 22 hrs, el botón inicia apertura formando una cabeza globosa. Foto: A. Pin, 2021. B) A las 00:37 h, la flor muestra estructuras internas; éstas se van desplegando. Foto: L. Rodríguez, 2021. C) A las 01:12 h, el estigma empieza a separar sus lóbulos digitiformes. Foto: L. Rodríguez, 2021. D) A las 04:30 h, la flor está 100% abierta. Foto: L. Rodríguez, 2021. E) A las 7:00 h está 100% abierta. Foto: V. Friesen, 2013. F) A las 8:15 h (día siguiente) está nuevamente 80% abierta (proceso de cierre). Foto: A. Pin, 2021

bien marcadas, su grosor y diámetro circular se asemejan a ejemplares juveniles de *C. forbesii*. Las espinas son relativamente cortas, pero no dobladas o pegadas al tronco (retrorsas) como en *M. spegazzinii*. Aunque algunos individuos de *M. haageana* desarrollen un tronco definido –aunque corto– su porte predominante es apoyante, como en otras especies de *Monvillea*. Entre los ejemplares estudiados (colectados y observados) se notó diferencia de coloración en los tépalos: en un individuo son blanco-verdosos y en otros con tonalidades rosadas; esta variación de color se observa en *C. forbesii*, en cuyo hábitat natural puede presentar flores de casi blancas hasta rosadas, o casi rojas (Friesen, com. pers.) (Figura 4.C, D, E, F y G). El color de la pulpa del fruto (morado) es similar a los de *C. forbesii* y *M. spegazzinii* (Figura 4. H, I y J), carácter que se mantiene constante en las poblaciones de las tres especies,

de acuerdo a las observaciones de Friesen. Por otro lado, el nombre común de *M. haageana* está claramente asociado a *C. forbesii* (“ucle”) y a *M. spegazzinii* (“ucle chico”).

Hábitat

El ejemplar colectado crece en el bosque chaqueño de 4-5 m altura, a los 141 msnm, en vegetación xerófitas; sobre un suelo arcilloso, de color marrón claro. En las cercanías (50 m) hay un paleocauce de recarga temporal. En el sitio ingresa ganado ocasionalmente.

Especies asociadas

Entre las especies acompañantes se destacan: *Senegalia praecox* (jukery hu) –es de destacar que uno de los ejemplares colectados crecía apoyado sobre un individuo de esta especie–, *Gonopterodendron sarmientoi* (Lorentz ex

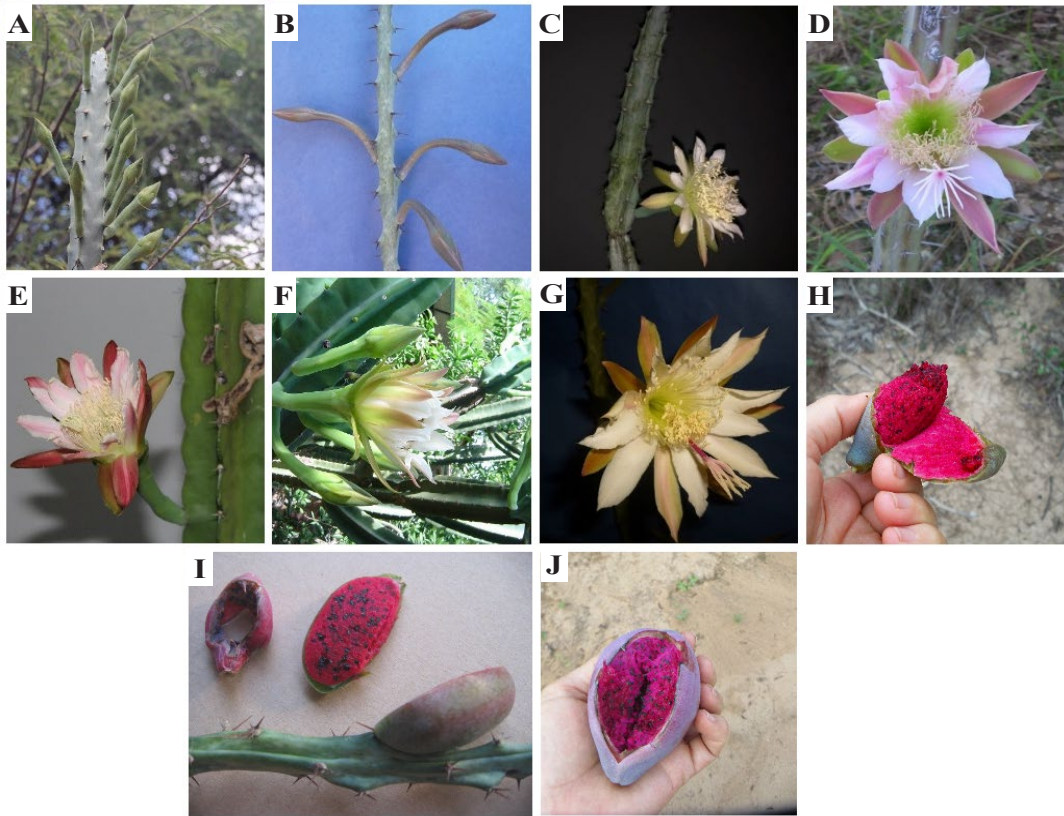


Figura 4. A) *Monvillea haageana* con tallos robustos, erguidos, verde-azulados. Foto: A. Pin, 2021 (en campo). B) *Monvillea spegazzinii* con tallos más delgados, erguidos o apoyantes, verde-azulados. Foto: A. Pin, 2012 (en cultivo). C) *M. haageana* con flores blanco-verdosas. Foto: A. Pin, 2021. D) *M. haageana* con flores levemente rosadas. Foto: V. Friesen, 2010. E) *Cereus forbesii* con flores de tonalidad rosada (Ñeembucu). Foto: A. Pin, 2020. F) *Cereus forbesii* con flores de tonalidad más blanquecinas (Chaco). Foto: V. Friesen, 2003. G) *M. spegazzinii*, con flores blancas y tépalos externos rosado-verdosos. Foto: A. Pin, 2013. H) Fruto de *M. haageana* (zona Cabezon). Foto: V. Friesen, 2010. I) Fruto de *M. spegazzinii* (AP730B). Foto: A. Pin, 2010. J) Fruto de *C. forbesii*. Foto: V. Friesen, 2016

Griseb.) Godoy-Bürki (palo santo), *Ceiba chodatii* (Hassl.) Ravenna (samu'u), *Aspidosperma quebracho-blanco* Schltdl. (quebracho blanco), *Anisocapparis speciosa* (Griseb.) Cornejo & Iltis (pajagua naranja), *Capparicordis tweedieana* (Eichler) Iltis & Cornejo (sacha membrillo), *Deinacantho urbanianum* (Mez) Mez (caraguata), *Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs (pasto Guinea) y entre las cactáceas: *Cereus forbesii*, *Harrisia* sp. y *Monvillea spegazzinii*.

Usos

Los pobladores locales consumen el fruto fresco cuando lo encuentran; lo asocian al de *C. forbesii* o *M. spegazzinii*, considerando su parecido.

CONCLUSIONES

Monvillea haageana, crece en Paraguay en el Departamento de Boquerón, más precisamente en la Ecorregión del Chaco Seco. Aparentemente sería un taxón propio de la región biogeográfica Chaqueña (Cabrera & Willink, 1980; Prado,

1993; Morrone, 2014). Sin embargo, no se descarta su presencia en otros puntos del Chaco o de la Región Oriental con el mismo tipo de hábitat. Esta especie presenta varios caracteres comunes con ejemplares juveniles de *C. forbesii* y con individuos de *M. spegazzinii*. Para analizar las afinidades entre estos tres taxones es deseable llevar a cabo nuevas investigaciones que puedan explicar su real identidad, como estudios morfométricos, moleculares y fitoquímicos.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Atahualpa Ayala, por la elaboración del mapa de distribución. Al Ing. Tomás Ríos, del Museo Nacional de Historia Natural del Paraguay / MADES, por acompañar los trabajos de campo y por su apoyo personal a los objetivos del estudio. A la Sra. Käthe Waldbrunner (Reserva privada Pozo Monte) por permitirnos el ingreso a su propiedad y apoyar el trabajo de campo. A la Prof. Liliane Bergen, responsable del Herbario de la Colonia Fernheim, quien nos atendió muy amablemente durante nuestra visita. A la profesora Helga Johannsen, por su apoyo en la traducción de textos en alemán.

APORTES DE LOS AUTORES

Todos los autores han contribuido al trabajo de campo y gabinete. El aporte de información de VF fue clave para decidir rastrear en su hábitat a la especie estudiada. En conjunto se organizó el trabajo de campo. La revisión de material botánico fue realizada por AP y LR en los herbarios mencionados en el trabajo; así como la observación nocturna de ejemplares colectados en campo. La redacción general estuvo a cargo de AP, y la revisión y ajustes del trabajo estuvo a cargo de VF y LR. LO tuvo a su cargo la revisión de material en el herbario FCQ, así como la revisión final del documento. Las autoras aportaron fotografías.

CONFLICTO DE INTERÉS

No existen conflictos de interés entre los autores. Se ha firmado una carta de consentimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, E. F. (2001). The Cactus Family. Timber Press.
- Backeberg, C. (1948). Das genus *Monvillea* Br. & R. Aufteilung in Untergattungen; Schlüssel; eine neue Art: *Monvillea Haageana* Backbg. *Sukkulentenkunde* 2, 49-56.
- Bartrina, L. (2007). Contexto geográfico general. En: D. Salas-Dueñas y J.F. Facetti (eds.). Biodiversidad del Paraguay. Fundación Moisés Bertoni 1° ed., 25-46.
- Britton, N. L. y Rose, J. N. (1920). The Cactaceae. Descriptions and illustrations of plants of the Cactus Family. (Vol. II). The Carnegie Institution of Washington.
- Cabrera, A. L. y Willink, A. (1980). Biogeografía de América Latina. Segunda Edición Corregida. Colección de monografías científicas. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington DC.
- CITES. (2017). Nueva Lista de especies CITES disponible ya en línea. <http://checklist.cites.org>.
- DGEEC. (2016). Atlas Cartográfico del Paraguay, 2012. Dirección General de Estadística, Encuestas y Censos (Departamento de Boquerón, pp.537). <https://www.ine.gov.py/Publicaciones/Biblioteca/atlascartografico/Atlas%20Cartografico%20del%20Paraguay,%202012.pdf>.
- Friesen, V. (2004). *Urunde'y schlorrekaktus pehen: Una guía para plantas leñosas del Chaco. Iniciativa para la Investigación y Transferencia de Tecnología Agraria (INTTAS)*. Loma Plata.

- Hunt, D. y Taylor, N. (eds.) (1986). The genera of the Cactaceae: towards a new consensus. *Bradleya* 4,65-78
- Hunt, D. y Taylor, N. (eds.) (1991). Notes on miscellaneous genera fo Cactaceae. *Bradleya* 9:81-92.
- Kiesling, R. (1984). Cactaceae. En: A. Hunziker (ed). Los Géneros de Fanerógamas de Argentina. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 3(1-4), 85-92.
- Kiesling, R. (2010). Una nueva especie de *Monvillea* de la Argentina y la validez del Género *Monvillea* (Cactaceae). *BONPLANDIA* 19(1), 59-64.
- MADES. (2014). Mapa de Ecorregiones del Paraguay. Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible. http://www.mades.gov.py/wp-content/uploads/2018/07/04_Mapa-de-Ecorregiones-1024x725.jpg
- Méndez, E. (2013). Repuestas de *Cereus aethiops* (Cactaceae) frente a las heladas en el W árido de Mendoza-Argentina. Efecto protector de las alturas de plantas nodrizas. *Bol. Soc. Latin. Carib. Cact. Suc.* 10 (2), 20-24 mayo-agosto.
- Mereles, F. (2007). La diversidad vegetal en el Paraguay. En: D. Salas-Dueñas y J.F. Facetti (eds.). Biodiversidad del Paraguay. Fundación Moisés Bertoni 1° ed., 89-105.
- Oakley, L., Mogni, V. y Prado, D. (2013). *Monvillea phatnosperma* (Cactaceae), nueva cita para la Flora Argentina. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 48(3-4), 563-566.
- Pin, A. y Simon, J. (2004). Guía Ilustrada de los Cactus del Paraguay. SEAM/PNUD-GEF y Universidad de Barcelona/Grupo GREB.
- Prado, D. (1993). What is the Gran Chaco vegetation in South America? I. A redefinition. Contribution to the study of flora and vegetation of Chaco. VII. *Candollea* 48(1), 615-629.
- REDIEX. (2009). Atlas geográfico del Chaco paraguayo. Informe y 12 mapas temáticos. Red de Inversiones y Exportaciones (Mapa de precipitaciones, pp.22-23). <https://docplayer.es/15120597-Informe-y-12-mapas-tematicos-unidad-gis-rediex-mayo-de-2009-asuncion-paraguay.html>
- Thiers, B. (2022). *Index Herbariorum*: A Global Directory of Public Herbaria and Associated Staff. [online]. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. <http://sweetgum.nybg.org/science/ih/> [Acceso: consulta permanente, 2022 y 2023]
- Turland, N., Wiersema, J., Barrie, F., Greuter, W., Hawksworth, D., Herendeen, P., Knapp, S., Kusber, W.-H., Li, D.-Z., Marhold, K., May, T., McNeill, J., Monro, A., Prado, J., Price, M. & Smith, G. (eds.). (2018). *International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (Shenzhen Code) adopted by the Nineteenth International Botanical Congress Shenzhen, China, July 2017*. Regnum Vegetabile 159 [online]. Glashütten: Koeltz Botanical Books. Disponible en: <https://www.iapt-taxon.org/nomen/main.php> [Acceso: consulta permanente, 2023].
- The Plant List. <http://www.theplantlist.org/1.1/browse/A/Cactaceae/Monvillea/>[Acceso: consulta permanente, 2022 y 2023].

Directrices para autores/as

La guía para los autores es una normativa que se ajusta periódicamente de acuerdo a los requerimientos de los estándares nacionales e internacionales. Los aspectos no definidos, serán resueltos por el Comité editorial de la revista.

Steviana publica investigaciones originales (artículos), revisiones (reviews), notas cortas, libros y material suplementario, en español o inglés. Es responsabilidad total de los autores el contenido científico, gramatical y ortográfico de un artículo. Para someter sus artículos los autores deberán considerar las pautas mencionadas en “Indicaciones para los autores”.

Características de cada tipo de publicación

Un artículo original/inédito, es un tipo de artículo científico que describe de manera completa los datos de una investigación y debe contar con las secciones: **Título, Resumen, Palabras clave, Introducción, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones, Aportes de los Investigadores, Referencias Bibliográficas**. Se recomienda que los artículos originales no sobrepasen las 30 páginas, en el caso que supere, el autor deberá comunicarse con el editor.

Una nota breve-corta, es un tipo de artículo que contiene información resultados preliminares de un estudio, informes breves de resultados de una investigación original. **Este tipo de artículo sigue las normas de presentación de un artículo original**. La extensión máxima es de 5 páginas.

Un artículo de revisión (review), es un tipo de artículo que recopila o proporciona información amplia y relevante de un tema específico, sus perspectivas actuales y futuras. **Este tipo de artículo seguirá las normas de presentación de un artículo original, sustituyendo sin embargo metodología, resultados y discusión, por el Desarrollo comentado de la revisión, sin alterar las demás partes**. La extensión máxima es de 10 páginas.

Un suplemento, contiene información relevante para el avance del conocimiento científico. Se publicarán memorias de congresos, jornadas, libros y otros materiales científicos en el área de Recursos Vegetales y afines, como un número suplementario.

Un artículo de divulgación, es un tipo de artículo que utiliza un lenguaje sencillo para el lector no especializado, con un contenido que es producto de proyectos de investigación, orientado a un público más general, con la finalidad de comunicar resultados y posibilitando el acceso de todos los miembros de la sociedad al conocimiento científico. Este tipo de artículo debe contar con las siguientes secciones: **Título, Introducción, Desarrollo, Conclusiones, Referencia bibliográfica**. La extensión máxima es de 3 páginas.

Los artículos son revisados por pares e incluyen fechas de recepción y aceptación.

Indicaciones para la preparación del artículo

En el caso de artículos sometidos en lengua inglesa, los autores deben asegurarse de que el contenido haya pasado por una revisión lingüística adecuada antes de su envío. Los artículos podrán ser rechazados antes de la revisión por pares en el caso que no cumplan con este requisito.

Título principal

Deberá estar escrito en Times New Roman 14, negrita y extensión máxima de 20 palabras. La letra inicial en mayúscula, el resto en minúsculas. El nombre de géneros y especies en cursiva, sin embargo, las abreviaturas como sp. var., comb., s.l., f., subsp., ex, permanecerán con estilo normal. Ejemplo: *Stevia*, *Stevia sp.*, *Stevia rebaudiana* (Bertoni) Bertoni

Autores

Los nombres de los autores se escriben con letra Times New Roman, tamaño 10, por debajo del título, mencionando apellido(s) e inicial del nombre. Indicar en un siguiente párrafo la filiación sin abreviaturas, Ciudad y País. Es obligatorio colocar un superíndice al final de la inicial del nombre del autor y al inicio de la filiación. En un siguiente párrafo se menciona el autor por correspondencia colocando un apartado denominado E-mail. Ejemplo:

Diversidad florística en pastizales de la Reserva para Parque Nacional San Rafael, Paraguay

Benítez, B.^{1*}; Vera, M.¹; Vogt, C.¹; Pereira, C.¹; Rivarola, A.¹

¹Universidad Nacional de Asunción. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Laboratorio de Recursos Vegetales. Campus Universitario, San Lorenzo, Paraguay

*E-mail: bbenbert@facen.una.py

Los datos del autor y coautores deberán cargarse en el OJS siguiendo la guía para someter artículos al OJS

Se deberá mencionar el identificador digital del ORCID de al menos el autor principal, para una mejor divulgación de su trabajo.

Se aceptará un solo autor por correspondencia que podrá o no ser el autor principal.

Resumen

Deberá estar en español en letra Arial 9, con extensión máxima de 250 palabras, con el título principal y sin referencias. El resumen deberá incluir información sobre el contenido del artículo siguiendo el orden: Introducción, Materiales y Métodos, Resultados, Discusión, Conclusiones; sin mencionar estos títulos.

El mismo contenido del resumen en español deberá ser presentado en inglés y con el nombre de Abstract.

Palabras clave

Deberán presentarse en orden alfabético, en minúscula (a menos que sea nombre propio), separadas por coma y sin punto final, con un mínimo de tres (3) y un máximo de cinco (5). No deberá incluir palabras que formen parte del título.

Contenido

Todos los textos deberán conservar el siguiente orden: Título, Introducción, Materiales y Métodos, Resultados, Discusión, Conclusiones, Agradecimientos (en caso aplicable), Referencias Bibliográficas. Anexos. Tipo de letra Times New Roman 11, normal, espacio simple. En casos aplicables, el resultado y la discusión pueden ir juntos.

Dentro del texto general serán admitidos un título principal y un título secundario, con tipo de fuente “normal” y sin punto final. El título principal escrito en mayúsculas y negritas (**INTRODUCCIÓN, MATERIALES Y MÉTODOS, RESULTADOS, DISCUSIÓN, CONCLUSIONES, AGRADECIMIENTOS, APORTES DE LOS INVESTIGADORES, CONFLICTO DE INTE-**

RÉS, REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS), el título secundario en negritas, con la letra inicial en mayúscula, el resto en minúsculas. Se permitirá el uso de cursiva, negritas, o el subrayado en palabras que quieran resaltarse dentro del artículo, según criterios del autor.

Cuando el caso lo requiera, las abreviaciones deben ser definidas en el texto o leyendas en su primera utilización y deben ser usadas exclusivamente desde ese momento. Para el caso de los nombres científicos deberá escribirse el nombre completo en cursiva seguido de los autores en su primera utilización. Ejemplo: *Stevia rebaudiana* (Bertoni) Bertoni

Tratamientos taxonómicos

Para las citas bibliográficas de los taxones y sinonimias se realizará según la base de datos www.ipni.org, www.tropicos.org

El nombre de géneros y especies en cursiva, sin embargo, las abreviaturas como sp. var., comb., s.l., f., subsp., ex, permanecerán con estilo normal. Ejemplo: *Stevia*, *Stevia* sp., *Stevia rebaudiana* (Bertoni) Bertoni

Para el caso de descripciones de especímenes, las medidas de largo x ancho se realizará de la siguiente manera: 10-15 x 0,7-1 cm o 10-15 x 0,7-1 mm (se debe mantener la unidad en ambas medidas, sin punto final).

Los códigos de los herbarios se utilizan de acuerdo con [Index Herbariorum](#)

Las ilustraciones, gráficos, fotografías y mapas, serán consideradas “Figuras”. Deberán ajustarse al tamaño de las columnas de la revista (19,5cm x 6,25cm) o al margen de la página (24cm x 18cm). Las mismas deberán formar parte del cuerpo del texto general y también deberán ser enviadas por separado, en formato TIFF o JPG, para su publicación definitiva, con resolución mínima de 300dpi para ilustraciones, gráficos y fotografías, y de 600 dpi para mapas. Los **mapas** deberán presentarse dentro de un recuadro, el norte deberá estar orientado en el margen superior y estar de acuerdo estrictamente con lo que menciona el texto, se incluirán como mínimo dos marcas de longitud y dos de latitud y la escala deberá estar en kilómetros. Deberá remitirse en blanco y negro, pudiendo presentar colores en los casos que sean estrictamente necesarios. Todas las figuras deben estar referenciadas en el texto del artículo. **La leyenda de la figura** se escribe con letra Times New Roman, negritas, tamaño 10 por debajo y sin punto final.

Fotografías, gráficos o dibujos no deberán llevar bordes, ni estar señalizadas. Se permitirán en las figuras solo las señalizaciones de estructuras y/o detalles, con sus unidades de medida, con letra minúscula, en tipo de letra Times New Roman, tamaño 9.

Las tablas deberán ajustarse al tamaño de las columnas de la revista (19,5cm x 6,25cm) o al margen de la página (24cm x 18cm). El título debe ir en la parte superior y la leyenda en la parte inferior, solo con líneas divisorias horizontales en el encabezado y al final de la tabla. Deberán ser enviadas por separado en un archivo Excel en su formato original. La fuente debe ser Times New Roman 10. Serán rechazadas las tablas escaneadas o aquellas que no cumplan con estos requisitos.

La leyenda de las tablas serán escritas con letra Times New Roman, negritas, tamaño 10 por debajo y sin punto final.

Las fórmulas y estructuras químicas deberán ser realizadas en el programa ChemDraw, para luego importarlas al artículo. Así mismo deberán ser enviadas por separado en formato tiff o jpg.

Las ecuaciones matemáticas, las ecuaciones y las expresiones matemáticas deberán ser incluidas en el texto principal del artículo. Las ecuaciones que son citadas en el texto se identifican con números

entre paréntesis, tales como (1) y son citadas en el artículo como “ecuación (1)”.

Si el artículo está en formato .docx y contiene ecuaciones, las mismas deben ser editables.

Los valores numéricos deberán llevar “comas” y no puntos en los artículos en español. Serán estrictamente empleadas las unidades de medidas del sistema internacional, enmarcadas de acuerdo a lo recomendado en la siguiente tabla.

Gramos (g)	Kilómetros (km)	Hectárea (Ha)
Kilogramos (kg)	Metros (m)	Centímetros cúbicos (cm ³)
Miligramos (mg)	Centímetros (cm)	Milímetros cúbicos (mm ³)
Microgramos (μg)	Milímetros (mm)	Micrómetros cúbicos (μm ³)
Litros (L)	Micrómetros (μm)	Decímetros cúbicos (dm ³)
Mililitros (mL)	Metros cuadrados (m ²)	Hora (h)
Microlitros (μL)	Centímetros cuadrados (cm ²)	Minutos (min)
Decilitros (dL)	Milímetros cuadrados (mm ²)	Segundos (s)
Moles (mol)	Micrómetros cuadrados (μm ²)	Día (d)
Luxes (lx)	Normalidad (N)	Grados Fahrenheit (°F)
Lumen (lm)	Molalidad (m)	Kelvin (K)
Osmol (Osm)	Toneladas (t, T o Tn)	Atmosfera (atm)
Molaridad (M)	Grados Celcius (°C)	Pascal (Pa)
Newton (N)	Hertz (Hz)	Joule (J)
Kilocalorías (kcal)	Watt (W)	Volt (V)
Candela (cd)	Amperios (A)	Ohm (Ω)

Se recomienda el uso unificado en todo el documento de una sola unidad de medida, sin punto final. Para las unidades combinadas que implican relaciones, se recomienda el uso exponencial y no el uso de las barras (/). Ej: kcal.mol⁻¹, km.h⁻¹, m.s⁻¹

Todas las figuras, tablas y ecuaciones deberán estar enumeradas en orden secuencial dentro del artículo.

Nomenclatura y abreviaciones químicas y biológicas

Las estructuras moleculares son identificadas por números arábigos en negrita, que les son asignados en orden de presentación en el texto. Una vez identificadas en el texto principal o en una figura, los compuestos deben ser llamados por su nombre, por una abreviación definida o por el número arábigo en negrita (mientras el compuesto sea nombrado consistentemente de una de estas tres formas). Siempre que sea posible, los autores deben referirse a los compuestos químicos y las biomoléculas usando la nomenclatura sistemática, preferentemente utilizando IUPAC.

Material de referencia

La mención del material de estudio en el caso de especies vegetales, depositadas en herbarios reconocidos, se realizará en el siguiente orden: País, Departamento, Localidad, Coordenadas geográficas, Fecha de colecta, colector - número, Sigla del herbario en el cual está depositado.

Agradecimientos

Deberán escribirse en un apartado antes de las Referencias bibliográficas.

Aportes de los autores

Los autores deberán declarar sus contribuciones en el artículo y si existe o no conflicto de intereses.

Citas bibliográficas

» Para citas intratextuales:

- Un solo autor: Apellido del primer autor y año de publicación. Ejemplo: Vera, 2021
- Dos autores: Apellido de los dos autores y año de publicación. Ejemplo: Acosta y Domínguez, 2020
- Tres o más autores: Apellido del primer autor, seguido de *et al.*, y año de publicación. Ejemplo: Benítez *et al.*, 2019

Para las citas intratextuales se mantendrá el uso de “y”, sin importar el idioma del material consultado.

» Para citas directas, el año de publicación estará dentro de un paréntesis. Ejemplo: Según Pereira (2020), con más de un autor separados por punto y coma. Ejemplo: Según Pereira (2020); Ramos (2021). Para citas indirectas: (Pereira, 2020), con más de un autor: Pereira *et al.*, 2020; Ramos, 2021.

Referencias bibliográficas:

- » Serán considerados para revisión solo aquellos artículos que cumplan estrictamente las normativas vigentes referentes a las citas dentro del contenido y la coincidencia con lo mencionado en referencias bibliográficas.
- » Las referencias se realizarán siguiendo las normas APA última edición <https://normas-apa.org/wp-content/uploads/Guia-Normas-APA-7ma-edicion.pdf>
- » Se incluirán las citas intratextuales mencionadas en el artículo, en orden alfabético, utilizando sangría francesa.
- » Tanto autores como título del material consultado se escribirán en estilo de fuente normal, la letra inicial en mayúsculas, el resto en minúsculas.
- » Cuando se presenten varias citas de un mismo autor, se deberá mencionar siguiendo un orden cronológico (publicación más antigua a la más actual).
- » Cuando un mismo autor presente publicaciones siendo él, el único autor y publicaciones con otros autores; se deberá escribir la referencia bibliográfica correspondiente al único autor, seguido de las referencias bibliográficas con coautores.
- » El uso de “&” queda destinado solo para este apartado y si el material consultado se encuentra en inglés, si el material consultado se encuentra en español se mantendrá el uso de “y”.

Indicaciones para el envío del artículo

Antes de someter su artículo, el autor debe asegurarse de contar con:

Carta compromiso

El autor principal debe proveer una **carta de compromiso** siguiendo la plantilla de la revista *Steviana*, adjuntando los documentos respaldatorios.

La carta compromiso muestra el común acuerdo de todos los autores implicados en el artículo sometido a revisión y posterior publicación, sirviendo así de documento oficial por parte de la revista *Steviana*.

Es obligación del autor de correspondencia, la comunicación constante con los demás autores y coautores del artículo sometido a revisión, desde el momento del envío, las correcciones realizadas por los revisores, la versión final, hasta la prueba de página para la publicación final.

Envío de figuras y tablas por separado

Las figuras y tablas, deberán ser enviadas por separado en los formatos indicados anteriormente, al mismo tiempo que somete el artículo o una vez que el artículo sea aceptado. No serán aceptados como oficiales los presentes en el documento Word. **Es total responsabilidad del autor cumplir con los formatos requeridos por la revista, desde el momento que se somete a revisión el artículo**

Sugerencia de revisores

Al momento de someter el artículo, los autores pueden sugerir el nombre de al menos 4 potenciales revisores (2 nacionales y 2 internacionales); estas sugerencias suelen ser de ayuda, aunque no siempre son seguidas. Así mismo, también pueden indicar por nombre y apellido, un número limitado de científicos que no deben revisar el artículo.

Lista de comprobación para la preparación de envíos:

- » El envío no ha sido publicado previamente ni se ha sometido a consideración por ninguna otra revista (o se ha proporcionado una explicación al respecto en los Comentarios al editor/a).
- » El archivo de envío está en formato OpenOffice, Microsoft Word, RTF.
- » Siempre que sea posible, se proporcionan direcciones URL para las referencias.
- » El texto sigue el formato y las indicaciones mencionadas en el contenido de la guía para autores.
- » Todas las figuras y tablas se encuentran colocadas en los lugares del texto apropiados.
- » El texto reúne las condiciones estilísticas y bibliográficas incluidas en las directrices para autores.
- » Carta compromiso que acompaña al artículo sometido y las declaraciones (si aplica).

Proceso editorial

El proceso editorial consta de cuatro pasos:

1. Recepción del artículo

El artículo debe ser enviado por el sistema en línea de la revista, en formato Word, el cual será recepcionado por el Comité editorial, quienes realizarán una revisión inicial. En “comentarios al editor”:

- El autor puede sugerir 2 nombres de potenciales evaluadores nacionales y 2 internacionales; estas sugerencias serán de ayuda, aunque no necesariamente seguidas.
- El autor debe enviar el título abreviado (Título corto) para el encabezado de las páginas de su artículo.

En este primer paso, se debe adjuntar por separado la carta compromiso, la cual debe contar con la información de contacto del autor corresponsal y la firma de conformidad de todos los autores. En la misma debe explicar brevemente los fundamentos por los cuales el trabajo es considerado como apropiado para *Steviana* y manifestar la completa responsabilidad de los autores en cuanto a su contenido, exonerando de toda responsabilidad a la Revista.

La carta compromiso común acuerdo de todos los autores implicados en el artículo sometido a revisión, sirviendo así de documento oficial para de la revista *Steviana*. **Es obligación del autor de correspondencia**, la comunicación constante con los demás autores del artículo sometido a revisión, desde el momento del envío, las correcciones realizadas por los revisores, la versión final, hasta la prueba de página para la publicación final.

En el caso que hubiere conflictos de intereses, los autores deben adjuntar a su carta compromiso,

una declaración sobre los mismos. Para el caso de colectas, los autores deberán declarar en su carta compromiso, que han cumplido con las exigencias ambientales o de salud para la realización de la investigación.

En la revisión inicial, el Comité Editorial podrá realizar sugerencias que crea convenientes sobre el artículo, para mejorar su presentación y garantizar la publicación, antes del envío a los evaluadores para su revisión. De igual manera, la revista *Steviana* se reserva el derecho de aceptar o rechazar los artículos sometidos para su publicación.

2. Evaluación del artículo

La Revista *Steviana* utiliza el sistema de evaluación por pares, empleando el sistema doble ciego, donde la identidad de los evaluadores no es revelada a los autores y viceversa.

El evaluador podrá realizar las sugerencias o correcciones directamente sobre el artículo sometido utilizando el control de cambios de word. El documento contará con una hoja de evaluación proveído por el comité editorial para las anotaciones que crea conveniente.

El periodo de evaluación tendrá un plazo de aproximadamente un mes, dependiendo de la complejidad del artículo. El autor será notificado del estado de su artículo. Luego de la evaluación, el comité editorial podrá tomar la decisión de aceptación (con o sin modificaciones) o rechazo del artículo.

3. Devolución del artículo a los autores

El artículo devuelto a los autores puede presentar observaciones o correcciones. El mismo va acompañado de una hoja de evaluación con los criterios tenidos en cuenta por la revista, una columna con observaciones de los evaluadores y una columna libre donde los autores deberán especificar si el ajuste fue o no realizado, especificando con “realizado” en el caso que se haya procedido al ajuste o escribiendo una justificación corta y concisa en el caso que el mismo no haya sido realizado. El documento también cuenta con comentarios finales de “Aceptado”, “Aceptado con modificaciones”, “Rechazado”.

Posibles resultados:

- Rechazado: el artículo es devuelto al autor.
- Aceptado: el artículo es aceptado sin modificaciones y pasa a edición.
- Aceptado con modificaciones: el autor deberá aceptar o rechazar las correcciones o sugerencias realizadas al artículo, explicando al final, en la misma hoja de evaluación las sugerencias no aceptadas y enviando la nueva versión del artículo con los cambios realizados con color resaltado en el texto.

Una vez que el autor haya recibido la evaluación, debe responder a cada uno de los ítems e incorporar las modificaciones en el artículo, en un plazo no mayor a dos semanas, de lo contrario su artículo será retirado del número a ser publicado.

4. Aceptación, prueba de página y publicación

Una vez aceptado el artículo para su publicación, no se aceptarán modificaciones sobre el mismo y se solicitará enviar a la revista, las fotografías y tablas en los formatos según se menciona en la guía para autores para la diagramación y edición.

El autor por correspondencia recibirá una prueba de página en PDF, que deberá ser revisada en conjunto con los demás autores y devueltas al editor en un plazo no superior a 7 días. Deberán indicar directamente en el documento las correcciones o en un documento Word, en este caso indicando la página y párrafo en donde deberá realizarse la corrección.

Con la finalidad de la difusión del artículo definitivo en las redes sociales de la revista (Facebook, Instagram, Twitter), el autor por correspondencia deberá facilitar una breve descripción del mismo en lenguaje sencillo de no más de 280 caracteres, acompañado de una imagen que deberá ser seleccionada de entre las que acompañan al artículo sometido. La información podrá ser enviada al correo: steviana@facen.una.py

Derecho de autor y política de privacidad



A partir del año 2021, el contenido de esta revista se encuentra bajo una [Licencia Creative Commons](#) Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0), que permite compartir y adaptar la obra en tanto se sigan los términos de la licencia.

Los nombres y las direcciones de correo electrónico introducidos en esta revista se usarán exclusivamente para los fines establecidos en ella y no se proporcionarán a terceros o para su uso con otros fines.

Steviana, Vol. 15 (1) - 2023

CONTENIDO POR SECCIONES

Editorial 05

Revista Steviana y Herbario FACEN, aporte para la comunidad académica, científica y la sociedad en general
Benitez, B.

Genética y Biología Molecular 06-24

Niveles de ploidía en plantas nativas y cultivadas de la familia Amaryllidaceae de Paraguay
Irala, D.E.; Gianini Aquino, A.C.; Rodriguez Mata O.A.; Honfi, A.I.; Daviña, J.R.

25-36

Niveles de ploidía de algunas especies de *Paspalum*, Poaceae de Paraguay
Chaparro, C.; Escobar, L. M.; Schneider, J. S.; Eckers, F.; Perichon, M. C.; Daviña, J. R.; Honfi, A. I.

Fisiología Vegetal 37-57

Comportamiento agronómico de líneas experimentales y variedades comerciales de soja (*Glycine max*, Fabaceae) en el Chaco central de Paraguay
Paredes Martínez, O. R.; Rondanini, D.P.

Florística 58-68

[ARTICULO CORREGIDO] Identidad de *Monvillea haageana* (Cactaceae) especie nativa del Paraguay
Pin Ferreira, A.; Rodriguez Montiel, L.; Friesen Ratzlaff, V.; Oakley, L. J.

