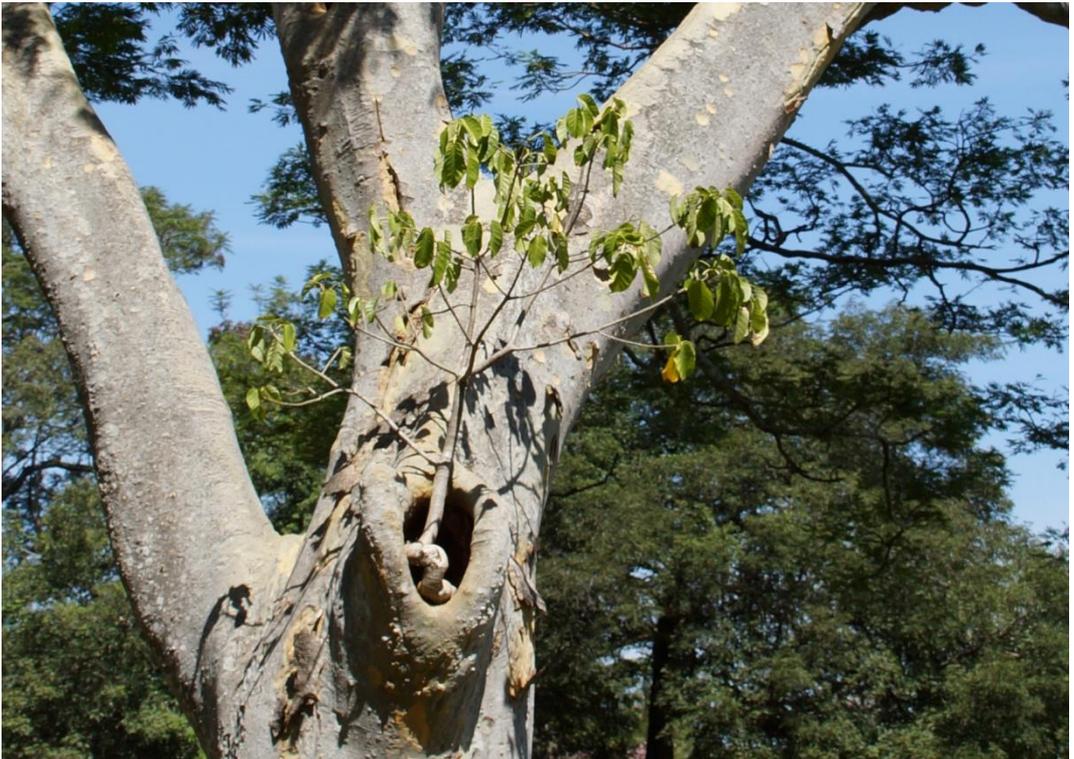


Steviana



Hemiepífita *Ficus enormis* (Miq.) Miq., en el hueco del árbol de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong.



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



Steviana es una publicación de investigación primaria que cubre todas las líneas de trabajo en el campo de la 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.

Cuenta con dos versiones, impresa con tirada anual (ISSN 2077-8430) y on-line con publicación semestral (ISSN 2304-2907). La revista se encuentra indexada desde el 2012 al Catálogo de Latindex con N° de Folio 21767. Se publican investigaciones originales (artículos) y revisiones (reviews) sin costo para los autores.

Los artículos publicados en *Steviana*, son de interés para especialistas dentro de este campo, cuyos resultados y conclusiones principales son inéditos. Los mismos pasan por una evaluación imparcial y crítica realizado por especialistas ajenos al Comité Editorial, respaldando así la calidad de los trabajos publicados. El sistema de arbitraje principalmente empleado es doble ciego.

La **Facultad de Ciencias Exactas y Naturales– Universidad Nacional de Asunción**, agradece a los investigadores que han dedicado su tiempo y esfuerzo incondicional en el arbitraje de los artículos:

Dr. Oscar Parra

Centro de Ciencias Ambientales, Universidad de Concepción, Chile.

Dra. Viviana Almanza

Centro de Ciencias Ambientales, Universidad de Concepción, Chile.

Agr. Luis Jorge Oakley

Cátedra de Botánica. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Rosario, Argentina.

Msc. Nancy Guerrero-Pepinosa

Docente investigadora, Fundación Universitaria María Cano, sede Popayán, Colombia.

Dr. Mauro Vicentini

Instituto de Química – Universidad de Sao Paulo, Sao Paulo, Brasil.

Dr. Vinicius Bednarczuk

Universidade Federal do Paraná, Dpto. de Farmácia, Lab. De Fitoquímica, Curitiba, PR, Brasil.

Dra. Larissa Trierveiler Pereira

Universidad Estadual de Maringa, Brasil.

Dra. María Marta Dios

Laboratorio de Diversidad Vegetal I, Departamento de Biología, FACEN, Universidad Nacional de Catamarca, Caramarca, Argentina.

Dr. Gabriel Moreno

Dpto. Ciencias de la Vida (Botánica), Edificio de Biología, Universidad Nacional de Alcalá, Madrid, España.

Dr. Orlando Popoff

Instituto de Botánica del Nordeste, Argentina.

Dr. Nicolás Niveiro

Instituto de Botánica del Nordeste, Argentina

Dr. Gonzalo M. Romano

Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Esquel, Chubut, Argentina.

Dr. Enrique Zamorano-Ponce

GENOTOX – Facultad de Ciencias, Universidad del Bio Bio, Chile.

Dra. Ana María Palermo

CITEFA - Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas de las FFAA, Buenos Aires, Argetina.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCION

RECTOR

Prof. Lic. Abel Bernal Castillo, M.Sc.

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

DECANO

Prof. Lic. Constantino Nicolás Guefos K., MAE

CUERPO EDITORIAL

Editor

Bonifacia Benítez de Bertoni (FACEN-UNA)

Co-editor

Claudia Pereira Sühsner (FACEN-UNA)

Asistente de edición

Claudia Mancuello (FACEN-UNA)

Fidelina González (FACEN-UNA)

Michelle Campi (FACEN-UNA)

Diseño y diagramación

Claudia Pereira Sühsner

Fotografía de la tapa

Christian Vogt

Revisión de escrito en Inglés

Nidia Beatriz Benítez Candía (FACEN-UNA)

Comité Científico

Christian Vogt (FACEN-UNA, Paraguay)

Gerardo Cebrian Torrejon (Grupo de Bioinorganica e Sistemas Nanometricos – Universidade Federal Fluminense, Brasil).

Gloria Yaluff (FACEN-UNA, Paraguay)

Juana de Egea (Centro para el Desarrollo de la Investigación Científica - CEDIC)

María Fátima Mereles H. (Centro para el Desarrollo de la Investigación Científica – CEDIC, Paraguay)

María Vera (FACEN-UNA, Paraguay)

Pastor Arenas (CEFYBO-CONICET, UBA, Argentina)

Revista *Steviana*: Indexada al Catálogo de Latindex, N° de Folio 21767

DIRECCIÓN OFICIAL

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales-UNA

Teléfono-fax: (595-21) 585 600

Dirección Postal: 1039

Campus Universitario, San Lorenzo-Paraguay

Página web: www.facen.una.py

CONTENIDO POR SECCIONES

Ecología

3 – 14

Frecuencia y Ecología de la hemiepífita estranguladora *Ficus enormis* (Mart. ex Miq) Miq. (Moraceae) en dos áreas verdes del Área Metropolitana de Asunción, Paraguay
Martínez, L.; Vogt, C.

Ficología

15 – 25

Influencia de factores fisicoquímicos sobre la biodiversidad de cianobacterias en el Lago Ypacaraí durante el periodo 2012-2014
Benítez Rodas, G.; Villalba Duré, G.; Ávalos de Enciso, C.; Araujo Florentín, C.; Acosta Brítez, R.; Escobar, A.; Astigarraga Escobar, O.; Peralta López, I.; Cardozo Román, C.

26– 35

Primer reporte de floración por *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans en el Lago Ypacaraí – Departamento Central, Paraguay
Benítez Rodas, G.; Dos Santos, M.; Núñez, A.; Villalba Duré, G.; Ávalos de Enciso, C.; Araujo Florentín, C.; Acosta Brítez, R.; Escobar, A.; Arenas, R.; Astigarraga Escobar, O.; Peralta López, I.

Toxicología

36– 47

Efecto genotóxico del extracto etanólico de *Solanum sisymbriifolium* Lam. utilizando el análisis de alteraciones nucleolares en células meristemáticas de *Allium cepa* L.
Farez, D.; Gayozo, E.; Torres, E.; Notto, A.

Nota breve

48 – 52

Uso del “yatevo” *Guadua trinii* (Nees) Nees ex Rupr. en artesanía en el Departamento Central, Paraguay
Benítez, B., Bertoni, S.

Frecuencia y ecología de la hemiepífita estranguladora *Ficus enormis* (Mart. ex Miq) Miq. (Moraceae) en dos áreas verdes del Área Metropolitana de Asunción, Paraguay

Martínez, L.¹; Vogt, C.¹

¹Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Biología, Laboratorio de Análisis de Recursos Vegetales - Herbario FACEN, San Lorenzo, Paraguay.

Email del autor: lauraenciso92@gmail.com

Frecuencia y ecología de la hemiepífita estranguladora *Ficus enormis* (Mart. ex Miq) Miq. (Moraceae) en dos áreas verdes del Área Metropolitana de Asunción, Paraguay. En el presente trabajo se analizaron la frecuencia y ecología de la hemiepífita *Ficus enormis* (Mart ex Miq) Miq. en el Campus de la Universidad Nacional de Asunción y el Jardín Botánico de Asunción. Para el efecto fueron instaladas seis transectas de 2 x 50 m en cada lugar de muestreo. Se determinó la frecuencia absoluta y relativa de los forófitos afectados y se tomaron datos de su altura máxima, altura del fuste y su DAP. Todos los individuos de *F. enormis* fueron clasificados según su estadio de desarrollo, altura y zonificación sobre el forófito. Se obtuvo un 47% de forófitos afectados en el Campus de la UNA y un 49% en el Jardín Botánico de Asunción. Se clasificaron cuatro estadios de desarrollo de la hemiepífita, de los cuales en el Campus de la UNA predominaron las epífitas y los juveniles y en el Jardín Botánico de Asunción los estadios más avanzados (arbustos y árboles, incluso con estrangulación del forófito). Los individuos observados fueron más frecuentes en forófitos con un DAP entre 55 y 74,9 cm y predominaron en las Zonas II y III (según la zonificación de forófitos de Johansson). Se encontró que las bifurcaciones son los lugares preferidos para el establecimiento de las plántulas.

Palabras clave: estadio de desarrollo, forófito, hemiepífita, zonas Johansson

Frequency and ecology of the hemiepiphytic strangler *Ficus enormis* (Mart. Ex Miq) Miq. (Moraceae) in two green areas of the Metropolitan Area in Asunción, Paraguay. In the present work, the frequency and ecology of the hemiepiphyte *Ficus enormis* (Mart ex Miq) Miq. on the campus of the National University of Asunción and the Botanical Garden of Asunción were analyzed. For this purpose, six transects of 2 x 50 m were installed in each sampling site. The absolute and relative frequency of the affected phorophytes was determined and data about their maximum height, height of their stem and their DBH was taken. All individuals of the hemiepiphyte *F. enormis* were classified according to their stage of development, height and zoning on the phorophyte. 47% affected phorophytes were obtained on the UNA campus and 49% in the Botanical Garden of Asunción. Four stages of development of the hemiepiphyte were classified, of which the epiphytes and the juveniles predominated on the UNA campus, and the most advanced stages in the Botanical Garden of Asunción (shrubs and trees, even with strangulation of the phorophyte). The individuals observed of *Ficusenormis* were more frequent in phorophytes with a DBH between 55 and 74.9 cm and they predominated in Zones II and III (according to Johansson's zonation of phorophytes). It was found that the bifurcations are the preferred places for the establishment of the seedlings.

Key words: stage of development, phorophyte, hemiepiphyte, Johansson zones

Steviana, Vol. 9(2), 2017 pp. 3– 14.

Original recibido el 10 de diciembre de 2017.

Aceptado el 22 de diciembre de 2017.

INTRODUCCIÓN

Las hemiepífitas son plantas que presentan un hábito de crecimiento epífita en las primeras etapas de su ciclo de vida. Las mismas comienzan como epífitas y dirigen sus raíces absorbentes hacia la base del tronco (hemiepífitas primarias) o comienzan su vida arraigada en el suelo muy cerca del forófito y luego se convierten en epífitas (hemiepífitas secundarias) (Kress, 1986; Benzing, 1990; Granados-Sánchez *et al.*, 2003).

Las hemiepífitas primarias son generalmente especies estranguladoras con hábito de liana, arbusto o árbol (Granados-Sánchez *et al.*, 2003). Se caracterizan por manifestar durante su ciclo de vida la unión de dos sustratos de crecimiento altamente contrastantes, donde uno depende del forófito para instalarse y el otro se asocia al suelo más inmediato a su hospedero. Una vez que la planta se adhiere fuertemente al tronco, algunas de las raíces se aproximan al suelo que se encuentra alrededor del forófito. Cuando entra en contacto con el suelo, las raíces adventicias se vuelven más gruesas y el sistema de raíces y tallos se anastomosan recubriendo el forófito. Dichas plantas empiezan a presentar y desarrollar raíces aéreas que descienden y que no se adhieren al hospedero. Una vez alcanzado el suelo, estas raíces se lignifican y se convierten en un soporte estructural. Esto conlleva a una transformación fisionómica de la hemiepífitas que afecta gravemente al forófito. El efecto de asfixia de parte de la hemiepífitas no es producto de la estrangulación propiamente dicha, sino debido a la disminución de luz, la competitividad por los recursos propios del

suelo y el efecto físico provocado por la hemiepífitas como carga adicional de la misma sobre el forófito (López-Acosta y Dirzo, 2015).

Ficus L. (Moraceae) es un género pantropical con plantas leñosas contituido por especies de diferentes formas de vida: árboles, arbustos, hemiepífitas, epífitas, rara vez lianas (Laman, 1995). Sus especies presentan una biología floral interesante ya que presentan relaciones de simbiosis con insectos para la fecundación. Se diseminan por aves y mamíferos. Su madera no tiene mayor importancia a causa de que no posee resistencia; una vez cortada no presenta defensa ante el ataque de hongos superficiales (Bernardi, 1985).

La hemiepífitas estranguladora *Ficus enormis* (Mart ex Miq) Miq. es un árbol siempre verde, 15-25 m de altura, copa ancha y ramas largas (Bernardi, 1985; López *et al.*, 2002; Pederneiras, 2011). Puede existir como epífita y como árbol, pero depende de un forófito para poder desarrollarse (López-Acosta y Dirzo, 2015). Se distribuye en el sur de Brasil, noreste de Argentina, este de Paraguay y norte de Uruguay. En Paraguay habita en los bosques de la Región Oriental, donde se encuentra más frecuente en la Cuenca del Río Paraná (López *et al.*, 2002; Tropicos, 2017).

F. enormis afecta frecuentemente especies arbóreas nativas, lo que se puede observar en los bosques y también en las zonas urbanas donde se cultivan estos árboles con fines ornamentales. La mencionada hemiepífitas estranguladora es muy común en las arborizaciones de la Capital y del Departamento Central del Paraguay. Por esta razón el presente trabajo de investigación tiene como

objetivo analizar la frecuencia y ecología de *Ficus enormis* en dos áreas verdes del Área Metropolitana de Asunción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El muestreo se realizó en el Campus de la Universidad Nacional de Asunción

(UNA), ubicado en San Lorenzo (Departamento Central) y en el Jardín Botánico de Asunción (Capital). Ambos sitios de muestreo se encuentran dentro del área Metropolitana de Asunción. El Campus de la UNA posee una superficie aproximada de 200 hectáreas y el Jardín Botánico de Asunción cuenta con una extensión de más de 110 hectáreas.

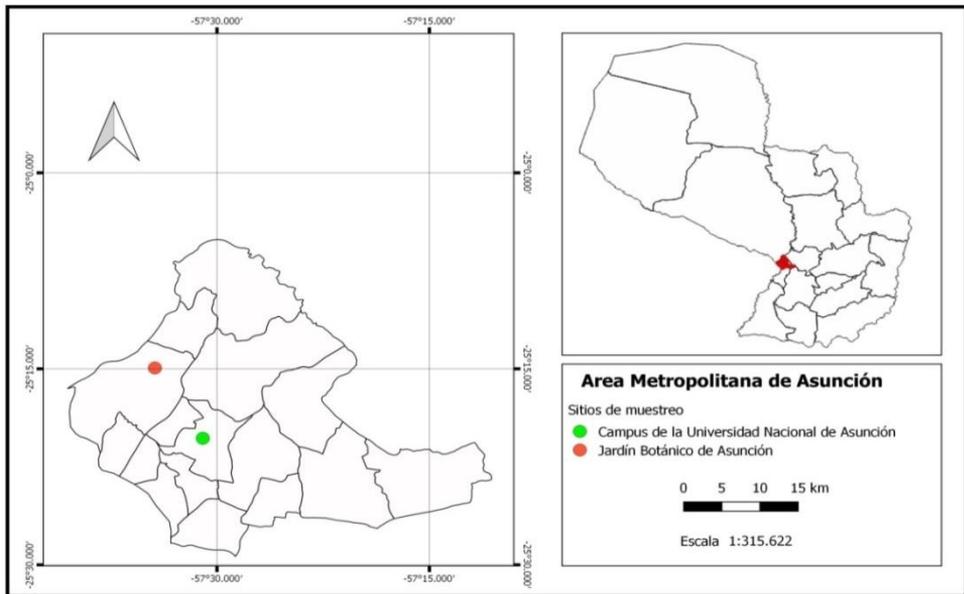


Fig. 1: Mapa de ubicación de los dos sitios de muestreo en el Área Metropolitana de Asunción.

Muestreo y toma de datos

Se instalaron seis transectas de 2 x 50 m en las arboledas de cada área de muestreo (adaptado según Gentry, 1982). La presencia de la hemiepífita *F. enormis* en al menos un forófito dentro de la transecta fue el criterio de selección del lugar para la instalación de las mismas.

Para definir la ubicación de la hemiepífita sobre el forófito se utilizó la zonificación propuesta por Johansson (1974). El mismo estableció un patrón de distribución vertical de epifitas y

hemiepífitas sobre los forófitos, dividiendo el árbol en cinco zonas: parte basal del tronco (Zona I), tronco principal (Zona II), copa interna (Zona III), copa media (Zona IV) y copa externa (Zona V).

Todos los individuos de *F. enormis* fueron anotados y clasificados según el estadio de desarrollo, número de individuos y zonificación sobre el forófito. Para la caracterización de los forófitos afectados se tomaron medidas de la altura máxima, la altura del fuste y el diámetro a la altura del pecho (DAP).

Material de referencia

Ficus enormis (Mart ex Miq) Miq.: PARAGUAY. Departamento Central, San Lorenzo, Campus de la Universidad Nacional de Asunción; 25°20'22,7"S, 57°31'16,0" W24/10/2016, L. Martínez y C. Vogt 03 (FACEN). CAPITAL, Asunción, Jardín Botánico de Asunción; S: 25°14'53,7"S, 57°37'34,7"; 01/04/2017, L. Martínez y C. Vogt 02 (FACEN).

RESULTADOS

Caracterización morfológica de *Ficus enormis*

El desarrollo de esta hemiepífita estranguladora se puede clasificar en cuatro estadios de crecimiento:

Epífita: el individuo es una pequeña hierba de ≤ 50 cm de altura. Tiene hábito absolutamente epífito y no tiene conexión con el suelo (Figs. 2 A-B).

Juvenil: son hierbas o subarbustos de ≥ 50 cm de altura, en algunos casos con la base leñosa. Las raíces son muy finas pero ya se encuentran conectadas con el suelo y el individuo ya puede ser considerado como hemiepífita (Figs. 2 C-E).

Arbusto: el individuo alcanza una altura de $\geq 1,5$ m, presenta ramas fuertes y leñosas. Este estadio se diferencia de las hierbas por ser leñosa y presentar raíces engrosadas; y difiere de los árboles sobre todo por su altura y no presentar un tronco (Figs. 2 F-H).

Árbol: son individuos que presentan un grado avanzado de crecimiento sobre el forófito. La hemiepífita adquiere la forma de árbol, presenta tronco propio y alcanza una altura de ≥ 3 m (Figs. 3A-D).

Los estadios de crecimiento de *F. enormis* más frecuentes en el Campus de la Universidad Nacional de Asunción (UNA) son las epífitas y los juveniles, mientras que en el Jardín Botánico de Asunción (JBA) los estadios más frecuentes son las epífitas, arbustos y árboles. En el Jardín Botánico de Asunción el número de individuos arbóreos de *F. enormis* es considerablemente mayor que en el Campus Universitario (Fig. 4).

Zonificación de *F. enormis* sobre los forófitos

Según la zonificación propuesta por Johansson (1974), en el Campus de la UNA se encontró mayor cantidad de individuos de la hemiepífita en la base de la copa del forófito (Zona III) y se observó una total ausencia de individuos en la parte media y externa de la copa (Zona IV y Zona V). En el Jardín Botánico de Asunción se observó mayor cantidad de individuos en el tronco principal del forófito (Zona II). Con menor frecuencia fueron encontrados individuos de *F. enormis* en la base del tronco (Zona I) y en la base de la copa (Zona III) (Fig. 5).

Teniendo en cuenta el lugar de germinación y establecimiento de la hemiepífita sobre el forófito, se observó una mayor preferencia por las bifurcaciones. En segundo lugar de preferencia se encuentran los huecos en los troncos y ramas; en tercer lugar las ramas horizontales en las copas del forófito. El 22% de las hemiepífitas observadas presentaron una gran cantidad de raíces adosadas al tronco del forófito, razón por la cual no fue posible determinar el lugar exacto de germinación y establecimiento de la plántula (Fig. 6).

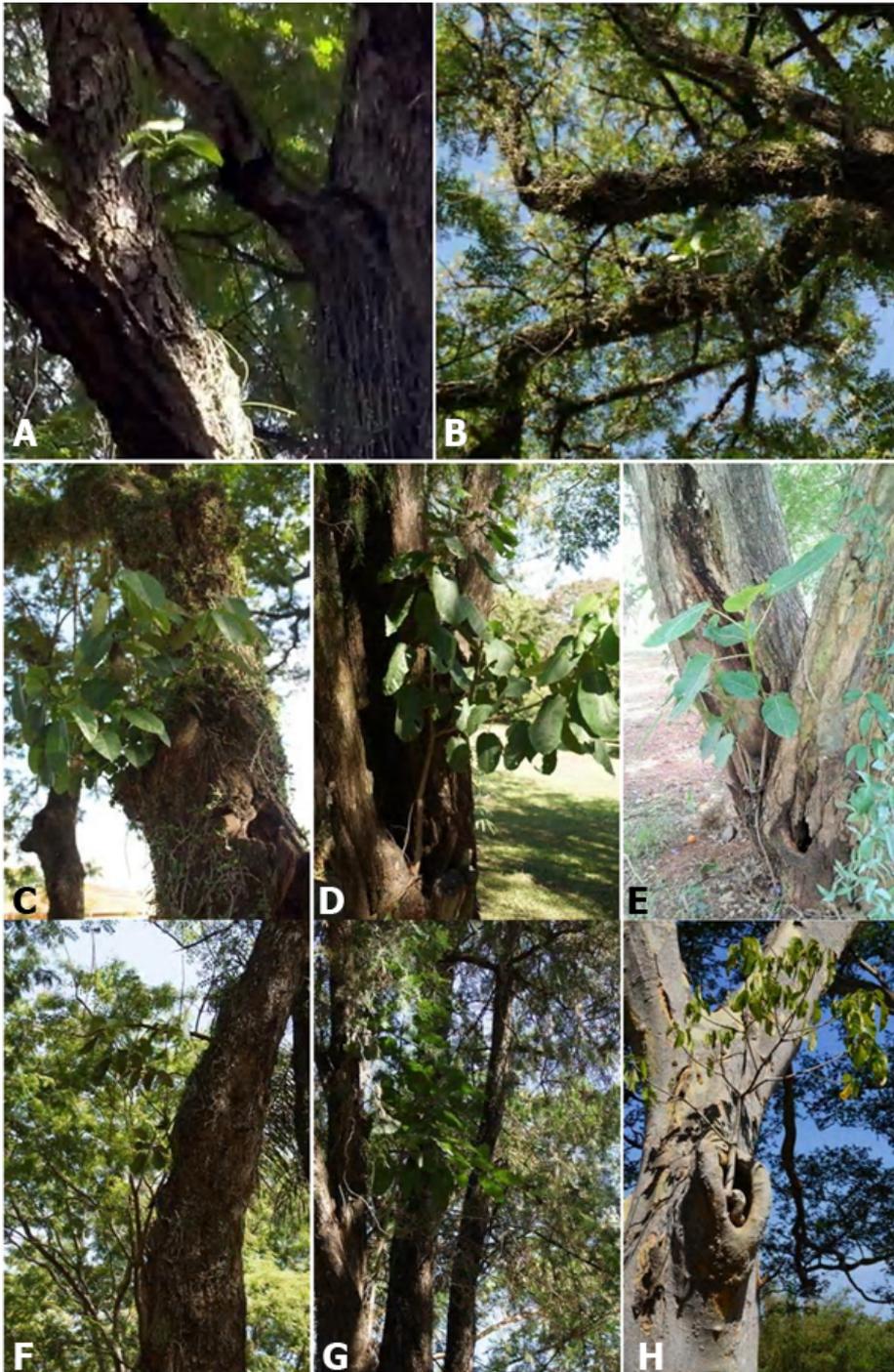


Fig. 2. Estadios de crecimiento de *F. enormis*. **A-B.** Epífita. **C-E.** Juvenil. **F-H.** Arbusto.



Fig. 3. Árbol de *F. enormis*. A-C. Signos de estrangulación del forófito. D. Árbol con forófito muerto.

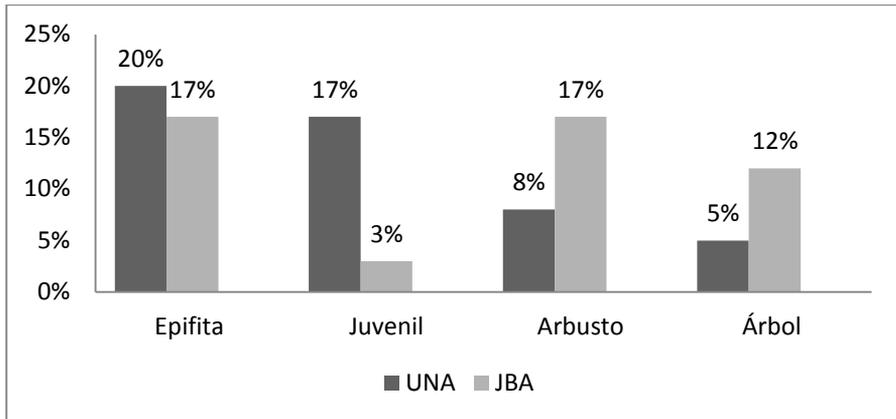


Fig. 4. Frecuencia de los distintos estadios de crecimiento de *F. enormis* en el Campus de la UNA y el Jardín Botánico de Asunción (JBA).

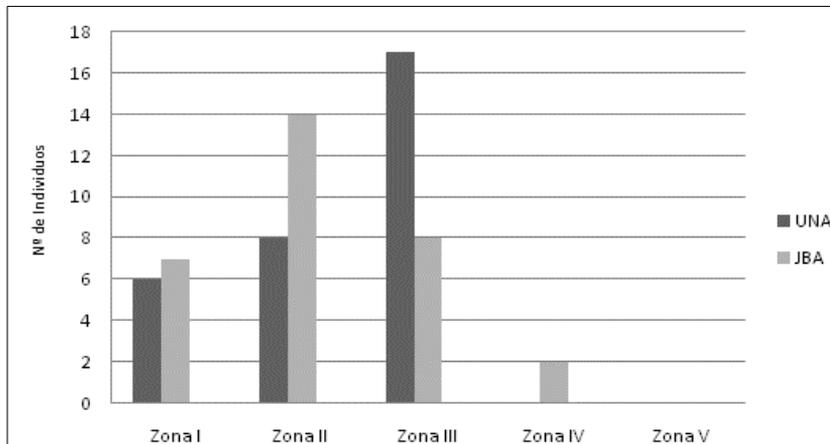


Fig. 5. Preferencia de zonificación sobre los forófitos del *F. enormis*.

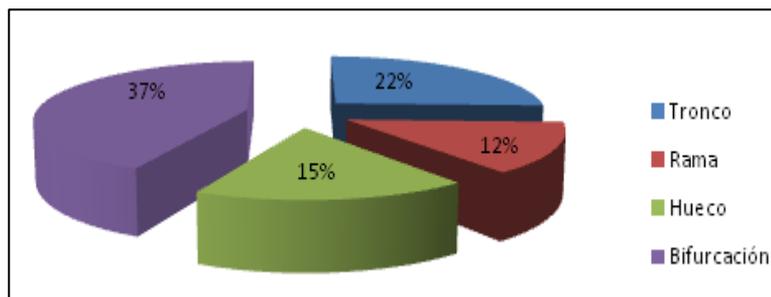


Fig. 6. Porcentaje de preferencia de los lugares de germinación y establecimiento de la hemiepipite en el forófito.

Frecuencia y características morfológicas de los forófitos afectados

En el Campus de la UNA fueron analizadas 59 forófitos (en promedio 10 por transecta), de los cuales 28 (en promedio 5 por transecta) presentaban individuos de la hemiepífita *F. enormis* (47,5%). En el Jardín Botánico y Zoológico de Asunción se analizaron 47 forófitos (en promedio 8 por transecta), de los cuales 23 (en promedio 4 por transecta) tenían hemiepífitas (49%) (Tabla 1).

Los forófitos afectados con la hemiepífita en Campus de la UNA presentan en promedio una altura máxima de 14,4 m, altura del fuste de 4,2 m y un diámetro a la altura del pecho (DAP) de 82,2 cm. En el Jardín Botánico de Asunción los forófitos alcanzan en promedio una altura máxima de 15,4 m, altura del fuste de 4,3 m y DAP de 70,3 cm. En forófitos que presentaron raíces del *F. enormis* adosadas al tronco, el valor del DAP incluye las raíces de la hemiepífita (Tabla 2).

Tabla 1. Frecuencia de forófitos afectados en el Campus de la Universidad Nacional de Asunción (UNA) y el Jardín Botánico de Asunción (JBA).

	FOROFITOS PRESENTES		FOROFITOS AFECTADOS		FRECUENCIA ABSOLUTA (%)		FRECUENCIA RELATIVA (%)	
	UNA	JBA	UNA	JBA	UNA	JBA	UNA	JBA
Transecta N°1	10	9	5	4	50	44	18	17
Transecta N°2	13	12	4	4	31	33	14	17
Transecta N°3	10	8	4	4	40	50	14	17
Transecta N°4	10	6	5	4	50	67	18	17
Transecta N°5	10	5	7	3	70	60	25	13
Transecta N°6	6	7	3	4	50	57	11	17
Total	59	47	28	23	291	311	100	100
Promedio	10	8	5	4	49	52	17	17

Tabla 2. Características morfológicas de los forófitos afectados en el Campus de la UNA y el Jardín Botánico de Asunción (JBA): Promedio de altura máxima (con desviación estándar; m), altura del fuste (m) y diámetro a la altura del pecho (DAP;cm). Las medidas con asterisco (*) incluyen las raíces de la hemiepífita.

	Altura max.		Altura fuste		DAP	
	UNA	JBA	UNA	JBA	UNA	JBA
Transecta N°1	9,8±4,7	21,3±3,8	2,4	3,1	84,4*	79,8
Transecta N°2	13,5±1	11± 0,63	8,0	8,0	91,4*	41,6*
Transecta N°3	16,2±1,7	13,5 ± 4	5,5	5,5	52,2	94,8
Transecta N°4	14,8±2,5	17 ± 0,5	3,4	3,4	59,4	53,8
Transecta N°5	17±2,5	17± 0,5	3,1	3,1	59,1	61,8
Transecta N°6	15,3±0,8	12,7±4,8	2,7	2,7	62,1	90,2
Promedio	14,4	15,4	4,2	4,3	68,1	70,3

Relación del DAP con estadios de crecimiento

En cuanto a la relación existente entre los estadios de crecimiento de la hemiepífita y el DAP del forófito se pudo

notar una mayor preferencia de la hemiepífita por aquellos forófitos que presentan un rango de DAP entre 55-74,9 cm, viéndose favorecido principalmente las epífitas y los juveniles (Fig. 7).

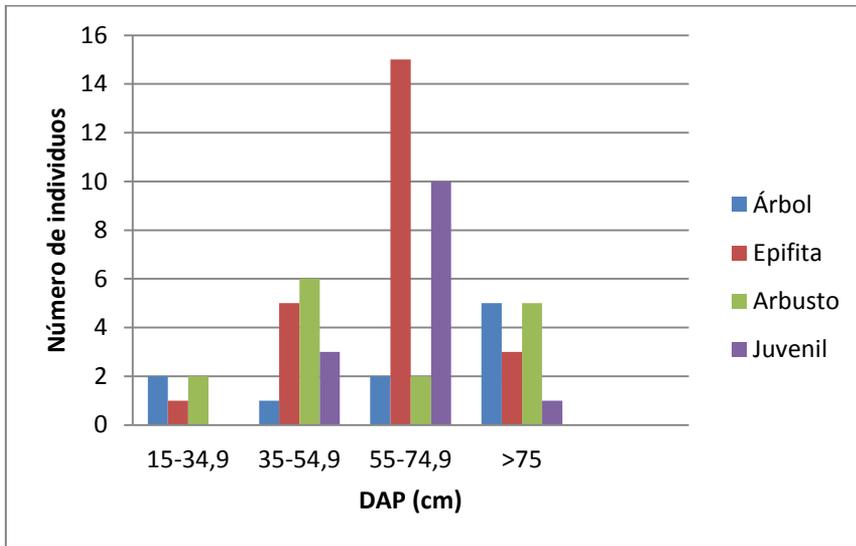


Fig. 7. Estadios de crecimiento de la hemiepífita en relación al DAP del forófito.

DISCUSIÓN

Las hemiepífitas estranguladoras experimentan importantes cambios morfológicos y fisiológicos durante su desarrollo desde el hábito epífita hasta el arbóreo. Debido a los cambios radicales en el sistema radicular entre las dos fases de crecimiento, la plasticidad fisiológica y ambiental es importante para la especie y le permite primero sobrevivir las condiciones de estrés como epífita y después competir exitosamente con otros árboles en el mismo hábitat (Putz y Holbrook, 1986; Holbrook y Putz, 1996; Hao *et al.*, 2016). Según Coelho (2005), *Ficus enormis* y otras especies cercanas son capaces de autosustentarse y los individuos adultos alcanzan grandes portes

y forman copas con diámetros próximos o mayor que su altura.

Putz y Holbrook (1986, 1989) y Hao *et al.* (2016) describen el desarrollo de hemiepífitas del género *Ficus*, mencionando dos fases de crecimiento (epífita al inicio y árbol al final). En base a los cambios morfológicos y fisiológicos de *F. enormis* observados en los sitios de muestreo, este trabajo propone la clasificación de su ciclo de vida en cuatro estadios de desarrollo. En el Campus de la UNA predominaron los estadios iniciales (epífita y juvenil), mientras que en el Jardín Botánico de Asunción se observaron con más frecuencia los estadios de desarrollo avanzados (arbusto y árbol). Esto se debe posiblemente al menor grado de limpieza y poda de las arborizaciones en el Jardín Botánico de Asunción, razón

por la cual la hemiepífita no tiene obstáculos para desarrollarse hasta un estadio avanzado, incluso provocando la estrangulación de su forófito.

La estratificación de epífitas y hemiepífitas sobre los forófitos depende básicamente de dos factores: la reducción de la luz hacia abajo y el aumento de la evaporación hacia arriba (Arbo y Tressens, 2000). Teniendo en cuenta la zonificación de forófitos de Johansson (1974), en el Campus de la UNA los individuos de *F. enormis* fueron encontrados con más frecuencia en la zona III, mientras en el Jardín Botánico de Asunción predominaron en la zona II. Según Acebey y Krömer (2002), las condiciones equilibradas de luz y humedad en las zonas II y III favorecen el desarrollo de epífitas y hemiepífitas. En la zona IV existe menor diversidad de epífitas a causa de una disminución del material orgánico, superficie y humedad. En la zona V la presencia de epífitas es escasa o prácticamente nula, ya que la luminosidad y las altas temperaturas reducen la probabilidad de sobrevivencia.

Las semillas de las hemiepífitas estranguladoras son dispersadas por aves u otros vertebrados. Para que las semillas germinen es necesario que los forófitos dispongan de espacios con acumulación de materia orgánica, alta retención de humedad y un acceso constante de luz para facilitar el establecimiento de las plántulas (Putz y Holbrook, 1989; Laman, 1995; López-Acosta y Dirzo, 2015). El estrés hídrico en la copa del forófito es el factor limitante más importante en el proceso de germinación y establecimiento de hemiepífitas. Por esta razón, los mejores lugares para el establecimiento de las plántulas son huecos con lugares en estado

de podredumbre y bifurcaciones (Putz y Holbrook, 1986; Laman, 1995). Según Coelho (2005), las bifurcaciones de los forófitos son los lugares más importantes para el establecimiento de plántulas de *Ficus* spp. en el Parque Estadual da Ilha do Cardoso (Estado de São Paulo – Brasil). En el presente estudio también se encontró que las bifurcaciones son los lugares preferidos para el establecimiento de las plántulas.

Orihuela y Waechter (2010) encontraron en un remanente del Bosque Atlántico en el Sur de Brasil que hemiepífitas primarias son más frecuentes en forófitos con un DAP ≥ 20 cm, mientras que la mayoría de las hemiepífitas secundarias se encuentran en forófitos con DAP ≤ 20 cm. Según estos autores, individuos de *Ficus luschnathiana* (Miq.) Miq. fueron más frecuentes sobre forófitos con un DAP ≥ 40 cm. Esto concuerda con los resultados del presente estudio, ya que la mayoría de los individuos de *F. enormis* fueron encontrados en forófitos con DAP ≥ 35 cm. Los individuos con estadios de desarrollo iniciales predominaron en forófitos con DAP de 55 - 74,9 cm, mientras que los con estadios de crecimiento avanzados fueron más frecuentes en forófitos con DAP > 75 cm.

CONCLUSIONES

El porcentaje de forófitos afectados para el Campus de la UNA fue de 47%, mientras que para el Jardín Botánico de Asunción fue de 49%. Mediante la caracterización de los forófitos se determinó gran similitud morfológica (altura máxima, altura del fuste y DAP) entre forófitos afectados. Los estadios de desarrollo más frecuentes en el Campus de

la UNA fueron las epífitas y juveniles, mientras que en el Jardín Botánico de Asunción predominaron estadios avanzados de desarrollo con estrangulación del forófito hospedero. En cuanto a la relación existente entre el DAP del forófito y los estadios de desarrollo, se pudo observar que a mayor DAP existe mayor crecimiento de la hemiepífita. En cuanto a la zonificación se vieron favorecidas la zona II y III para el establecimiento y desarrollo de hemiepífitas.

La hemiepífita estranguladora *F. enormis* es una especie pionera con crecimiento rápido y colonización muy agresiva. La misma pone en peligro las arborizaciones con especies nativas en las áreas verdes del Área Metropolitana de Asunción. Por esta razón se recomienda ejercer un control continuo de las arborizaciones y una extirpación de hemiepífitas en estadios iniciales de crecimiento. De esta forma se podría controlar el desarrollo y aumento poblacional de las mismas y evitar daños severos en arborizaciones en parques, jardines, plazas y avenidas.

AGRADECIMIENTOS

A la M.Sc. Claudia Pereira Sühsner por la elaboración del mapa. Al Lic. Juan Stumpfs por la traducción del resumen.

REFERENCIAS

- Acebey, A. y Krömer, T. 2001. Diversidad y distribución vertical de epífitas en los alrededores del campamento río Eslabón y de la laguna Chalalán, Parque Nacional Madidi, Dpto. La Paz, Bolivia. *Rev. Soc. Bol. Bot.* 3(1/2): 104-123.
- Arbo, M. y Tressens, S. 2000. Flora del Iberá. 1ra. ed. Editorial Universitaria de la Universidad Nacional del Noreste. Corrientes-Argentina. 613p.
- Benzing, D. 2008. Vascular epiphytes. Cambridge University Press. 354p.
- Bernardi, L. 1985. Contribución a la Dendrologia. Segunda Parte: Meliaceae Moraceae-Myrsinaceae-Myrtaceae-Rubiaceae-Vochysiaceae. *Boissiera* 37.
- Pederneiras, L.C; Ferreira Da Costa, A.; Dunn De Araujo, D.; Pereira Carauta, J. 2011. Moraceae das Restingas do Estado do Rio de Janeiro. *Rodriguesia* 62(1):77-92.
- Coelho, L.F.M. 2005. Ecología de hemiepífita estranguladoras no Parque Estadual da Ilha do Cardoso. Tesis. Brasil: Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho". 97p.
- Gentry, A. 1982. Patterns of neotropical plant species diversity. *Evolutionary Biology* 15: 1-84.
- Granados-Sánchez, D.; López-Rios, G.; Hernández-García, M. y Sánchez-González, A. 2003. Ecología de las Plantas epífitas. *Revista Chapingo*, Serie Ciencias Forestales y de Ambiente 9(2): 101-111.
- Hao, G.Y.; Cao, K.F. y Goldstein, G. 2016. Hemiepiphytic Trees: *Ficus* as a Model System for Understanding Hemiepiphytism. In: Goldstein, G., Santiago, L. (eds.) Tropical

- Tree Physiology. *Tree Physiology* 6:2-24.
- Holbrook, N.M. y Putz, F.E. 1996. Water relations of epiphytic and terrestrially-rooted strangler figs in a Venezuelan palm savanna. *Oecologia* 106:424-431
- Johansson, D. 1974. Ecology of vascular epiphytes in West African Rain Forest. *Acta Phytogeographica Suecica* 59: 1-129.
- Kress, W.J. 1986. The Systematic Distribution of Vascular Epiphytes: an update. *Selbyana* 9(1): 2-22.
- Laman, T.G. 1995. The Ecology of strangler fig seedling establishment. *Selbyana* 16(2): 223-229.
- López, J.A.; Little, E.L.; Ritz, G.F.; Rombold, J.S. y Hahn, W.J. 2002. Árboles comunes del Paraguay. Ñande yvyra mata kuera. San Lorenzo, Paraguay: Facultad de Ciencias Agrarias, U.N.A. y Cuerpo de Paz. 458p.
- López-Acosta, J. y Dirzo, R. 2015. Aspectos relevantes sobre la historia natural de las plantas hemiepifitas estranguladoras. *Inter ciencia*. 40(3): 190-197.
- Orihuela, R.L.L. y Waechter, J.L. 2010. Host size and abundance of hemiepiphytes in a subtropical stand of Brazilian Atlantic Forest. *Journal of Tropical Ecology* 26: 119-122.
- Putz, F.E. y Holbrook, N.M. 1986. Notes on the natural history of hemiepiphytes. *Selbyana* 9:61-69.
- Putz, F.E. y Holbrook, N.M. 1989. Strangler fig rooting habits and nutrient relations in the llanos of Venezuela. *Amer. Jour. Bot.* 76:781-788.
- Tropicos. 2017. Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. 22 Dec 2017. <http://www.tropicos.org>.

Influencia de factores fisicoquímicos sobre la biodiversidad de cianobacterias en el Lago Ypacaraí durante el periodo 2012-2014

Benítez Rodas, G.¹; Villalba Duré, G.¹; Ávalos de Enciso, C.²; Araujo Florentín, C.²; Acosta Brítez, R.¹; Escobar, A.²; Astigarraga Escobar, O.²; Peralta López, I.³; Cardozo Román, C.³

¹Laboratorio de Hidrobiología. Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas. Universidad Nacional de Asunción.

²Laboratorio de Calidad de Aguas. Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas. Universidad Nacional de Asunción.

³Dirección General de Investigación Científica y Tecnológica. Universidad Nacional de Asunción. E mail del autor: antonioceemit@hotmail.com

Influencia de factores fisicoquímicos sobre la biodiversidad de cianobacterias en el Lago Ypacaraí durante el periodo 2012-2014. El aumento de la población y de las actividades agrícolas, ganaderas e industriales en el Paraguay ha dado como resultado el incremento de la contaminación de los cuases hídricos y el Lago Ypacaraí no está ajeno a esta problemática. En ese contexto el objetivo fue evaluar el efecto de los factores fisicoquímicos sobre la población de cianobacterias desde octubre de 2012 hasta abril de 2014. Para lograr este objetivo se establecieron 6 puntos de muestreo en el Lago Ypacaraí y se realizaron 11 campañas. Los resultados mostraron una elevada concentración del NT ($5,19 \text{ mgL}^{-1}$) y PT ($0,51 \text{ mgL}^{-1}$). Se identificaron 13 géneros y 11 especies de cianobacterias, y las dominantes fueron *Cylindrospermopsis raciborskii* y *Microcystis aeruginosa* en diferentes periodos. Los factores que tuvieron mayor efecto sobre la biodiversidad y abundancia de estas algas fueron la temperatura ($p < 0,05$), el NT ($p < 0,01$) y el PT ($p < 0,01$).

Palabras clave: cianobacterias, eutrofización, Lago Ypacaraí, nutrientes

Influence of environmental factors on biodiversity of cyanobacteria in Ypacaraí Lake during 2012-2014. The increase in population and in agricultural, livestock and industrial activities in Paraguay has resulted in the increase of pollutants. Lake Ypacaraí, is not an exception to this problem. In this context, the aim was to evaluate the effect of environmental factors on the population of cyanobacteria from October 2012 to April 2014. To achieve this goal, 6 sampling sites were established on Lake Ypacaraí and 11 sampling campaigns were carried out. The results showed a high concentration of total nitrogen (5.19 mgL^{-1}) and total phosphorus (0.51 mgL^{-1}). The dominant species at the beginning of this research was *Cylindrospermopsis raciborskii*, followed throughout the monitoring by *Microcystis aeruginosa*. In total 13 genera and 11 species of cyanobacteria were identified, all potential toxin producers. The factors that had the greatest correlation with biodiversity and abundance of these algae were temperature ($p < 0.05$), TN ($p < 0.01$) and TP ($p < 0.01$).

Keywords: cyanobacteria, eutrophication, Ypacaraí Lake, nutrients

INTRODUCCIÓN

La eutrofización de origen antropogénica se puede definir como un desequilibrio dentro del ecosistema acuático y que es la consecuencia del

aporte de una gran cantidad de contaminantes, principalmente efluentes no tratados en forma adecuada de origen industrial o en el caso de zonas que presentan un crecimiento descontrolado de la población humana (Søndergaard *et al.*,

Steviana, Vol. 9(2), 2017 pp. 15–25.

Original recibido el 14 de agosto de 2017.

Aceptado el 12 de diciembre de 2017.

2007) y que no tienen un sistema de tratamiento para la eliminación de sus desechos.

Este desequilibrio es la causa principal del problema de gestión de aguas residuales en el mundo, sobre todo en las regiones densamente pobladas cercanas a cursos de aguas, lagos, arroyos y ríos, que luego ocasionan la aparición de floraciones o bloom de cianobacterias como consecuencia de la eutrofización (Fabre *et al.*, 2010; Chang, Eigemann y Hilt, 2012).

Las cianobacterias son organismos procariotas fotosintéticos que pueden formar parte del fitoplancton de lagos, ríos y embalses (Alonso *et al.*, 2008). Existen una gran variedad de especies que pueden producir toxinas muy nocivas para los organismos acuáticos y el ser humano (De Domitrovic, Forastier y Marina, 2005).

Las algas azules o cianobacterias contienen el mayor número de especies toxigénicas y pueden producir floraciones o “Bloom” cuando los factores fisicoquímicos o también llamados ambientales como, la temperatura y los nutrientes (nitrógeno y fósforo) son favorables (Alonso *et al.*, 2008; Vidal y Kruk, 2008). En el caso del nitrógeno pueden usar varias fuentes como el amonio, nitrato y nitrógeno gas (Vintila y El-Shehawy, 2007). Mientras que en relación al fósforo, pueden utilizar en forma de ortofosfato como nutriente inorgánico soluble (Sigee, 2005). Sin embargo, al momento de hacer estudios de evaluación ambiental, se sigue utilizando la concentración de nitrógeno total y fósforo total como referencia (Dolman *et al.*, 2012; Deng *et al.*, 2014).

Se considera que existe un florecimiento cuando las concentraciones celulares son del orden de $20.000 \text{ cél}(\text{mL})^{-1}$

que corresponde a 10 ugl^{-1} de clorofila *a* (Alonso *et al.*, 2008). A nivel mundial se han mencionado numerosos casos de mortandad de ganados, aves y animales silvestres provocados por la ingesta directa de algas, así como también la muerte en la población humana, ocurrida en un centro de hemodiálisis, en Caruaru (Brazil) por la utilización de agua para la diálisis con elevada concentración de microcistina (Azevedo *et al.*, 2002). Existen dos tipos básicos de cianotoxinas: las hepatotoxinas y las neurotoxinas. Las especies productoras de toxinas hepatotóxicas se encuentran presentes en los géneros *Microcystis*, *Anabaena*, *Nodularia*, *Oscillatoria*, *Nostoc*, *Hapalosiphon*, *Coelosphaerium*, *Cylindrospermopsis*, *Gloeotrichia*, *Lyngbya*, *Tolypothrix* y *Anabaenopsis*. En cambio las neurotoxinas por cepas de los géneros *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Oscillatoria*, *Raphidiopsis*, *Cylindrospermopsis* y *Trichodesmium* (Sivonen y Jones, 1999; Carmichael, 2000; Haider *et al.*, 2003; Vidal y Kruk, 2008).

Al inicio de este trabajo de investigación fue registrado en el Lago Ypacaraí como dominante la especie *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenaya & SubbaRaju 1972, que luego dio lugar a *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing 1846. En relación a *C. raciborskii* ya había sido reportada en el 2005 por un trabajo de investigación, en diferentes tramos del Río Paraná y Paraguay (De Domitrovic, Forastier y Marina, 2005). Por lo tanto, no es un reporte nuevo de esta especie para ecosistemas de nuestro país, al igual que *M. aeruginosa*.

El objetivo de este trabajo de investigación fue evaluar el efecto de los

factores fisicoquímicos sobre la biodiversidad y densidad de cianobacterias identificadas durante el período de octubre de 2012 hasta abril de 2014, en el Lago Ypacaraí.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio

El Lago Ypacaraí se encuentra ubicado a 28 kilómetros de Asunción (Capital del Paraguay) y sobre el mismo tienen influencia 3 departamentos: Central, Paraguari y Cordillera (Torres y Romero, 1986).

Detalles del muestreo

Para este trabajo de investigación se han seleccionado 6 puntos del lago (Imagen1) y se realizaron 11 muestreos desde el 05 de octubre del 2012 hasta el 29 de abril del 2014 (Tabla 1). Los puntos fueron seleccionados teniendo en cuenta principalmente las zonas de recreación como San Bernardino (P1-Club Náutico) y Areguá (P4-Playa Areguá), los afluentes como el Yukyry (P3) y Pirayú (P6), el

punto de salida del Río Saldado (P2) que desemboca en el río Paraguay, y la parte central entre el cerro Areguá y el Hotel Condovac (P5) a fin de tener una visión completa del comportamiento físico-químico y biológico del lago (Tabla 2). Los muestreos fueron realizados en función a las floraciones observadas en diferentes estaciones del año.



Imagen 1. Mapa con los puntos de muestreo en el lago.

Tabla 1. Fechas de muestreo.

Muestreo	Fechas
M01	05/10/12
M02	16/10/12
M03	25/10/12
M04	13/11/12
M05	16/01/13
M06	6/3/2013
M07	17/05/13
M08	28/08/13
M09	19/11/13
M10	25/03/14
M11	29/04/14

Tabla 2. Puntos de muestreo con sus coordenadas

Puntos	Coordenadas	
P1	21J0470012	UTM7200130
P2	21J0466835	UTM7207525
P3	21J0463771	UTM7204710
P4	21J0462839	UTM7202416
P5	21J0465991	UTM7198136
P6	21J0468689	UTM7195665

Variables de estudio

Para este trabajo de investigación se tuvieron en cuenta 6 variables de los 40 parámetros fisicoquímicos y biológicos analizados. La primera correspondió a las cianobacterias, luego a las variables fisicoquímicas como la transparencia, la turbidez, la temperatura del agua, el pH, el nitrógeno total (NT) y el fósforo total (PT), que son los principales factores que pueden afectar directamente a las poblaciones de cianobacterias (Haider *et al.*, 2003; Henry, 1990; Lucena, 2008; Lu *et al.*, 2013).

Cuantificación de las variables

Para la identificación y clasificación de las cianobacterias se tuvieron en cuenta las características morfológicas y se utilizaron diversas claves taxonómicas (Bittencourt-Oliveira, 2002; Bourrelly, 1966; Da Silva, 2000; De Infante, 1988; El Moor-Loureiro, 1997; Komárek y Fott, 1983; Philipose, 1967; Sato, 1997; Streble y Krauter, 1987; West, West y Carter, 1971). Una vez identificadas se procedieron a su cuantificación mediante el método de Utermöhl (Edler y Elbrächter, 2010). En relación a la medición de los parámetros fisicoquímicos mencionados anteriormente se utilizaron los métodos normalizados para el análisis de agua (APHA, 2012).

Análisis de datos

Para el procesamiento, análisis de la biodiversidad y densidad de las cianobacterias en relación a los datos de las variables fisicoquímicas consideradas importantes en el proceso de la floración de las algas verdes se utilizó el programa Sigma Plot 11.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variación de los parámetros físico-químicos

En algunos casos presentaron variaciones importantes (Tabla 3). La temperatura del agua que es considerado como uno de los factores que más influyen en el crecimiento de las algas tuvo un valor mínimo de 12,1°C en invierno y una máxima de 31,4°C en verano, con un promedio de 24,1°C. Otro factor que suele estar muy relacionado con la fotosíntesis realizada por el fitoplancton es la transparencia, que registró un valor mínimo de 0,10m y uno máximo de 0,60m, con un promedio de 0,29m. En el caso del nitrógeno total (NT) se registraron valores muy elevados con un mínimo de 0,16mgL⁻¹, un máximo 5,19mgL⁻¹ y un promedio de 2,15mgL⁻¹. También valores elevados fueron registrados para el caso del fósforo total (PT) con un mínimo de 0,03mgL⁻¹, un máximo de 0,51mgL⁻¹ y un promedio de 0,19mgL⁻¹, ambos superaron los valores máximos permitidos por la SEAM para aguas de recreación (Resolución-Nº-222/02) y que son característicos de ecosistemas eutrofizados (Silva, 1998). En cuanto a la relación N:P se observaron variaciones en todo el periodo de monitoreo. Todos los datos analizados demostraron que el Lago Ypacaraí reúne las condiciones favorables para el bloom por cianobacterias y que concuerda con las situaciones mencionadas en varias publicaciones científicas (Fabre *et al.*, 2010; Dolman *et al.*, 2012; Deng *et al.*, 2014; Tian *et al.*, 2012) y con lo observado *in situ*.

Tabla 3. Resumen de los parámetros fisicoquímicos más importantes (Octubre 2012– Abril 2014). F.Q.: Fisicoquímicos.

Parámetros F.Q.	Muestras	Promedio	Min	Median	Max	SD	C.V.
Secchi (m)	66	0,29	0,10	0,27	0,60	0,14	0,48
T° C	66	24,1	12,1	25,4	31,4	4,8	0,2
pH	66	8,2	6,7	7,9	10,4	0,9	0,1
Turbidez (NTU)	66	44,8	6,5	37,4	206,0	40,2	0,9
TN (mgL ⁻¹)	66	2,15	0,16	2,07	5,19	1,13	0,53
TP (mgL ⁻¹)	66	0,19	0,03	0,17	0,51	0,09	0,51
N:P	66	15,3	1,3	11,7	71,1	14,6	1,0

Biodiversidad de cianobacterias identificadas

Un total de 13 géneros y 11 especies de cianobacterias fueron identificadas durante el periodo de monitoreo (Tabla 4). La mayor densidad de géneros de cianobacterias identificados estuvo dada por *Cylindrospermopsis* con un 52,3%, seguida de *Microcystis* con un 29,3%, luego de *Raphidiopsis* con un 4,9%, por último, los otros géneros con un valor inferior al 3% cada uno (Fig. 1). La mayor densidad de cianobacterias fue registrada en la estación P4 durante el muestreo M02 y fue para la especie *Cylindrospermopsis raciborskii* con 708.472cél(mL)⁻¹ en época de primavera; mientras que la menor densidad fue registrada para P5 del

muestreo M11 con 20 cél(mL)⁻¹ para *Raphidiopsis curvata* en otoño. Al igual que en las campañas M02 y M05, hubieron condiciones favorables para la floración por cianobacterias, por lo que se registraron valores similares en cuanto a la densidad de algas verdes-azuladas (Fig. 2). En el último muestreo (M11) se redujo la concentración de NT (Fig. 2) que se puede considerar como un factor limitante que ha favorecido la disminución de las cianobacterias, además de las lluvias que se han registrado en ese periodo generando turbulencias (datos no mostrados) y haciendo que las condiciones sean desfavorables para el desarrollo de las cianobacterias (Reynolds, 1988).

Tabla 4. Lista de géneros y especies identificadas en el Lago Ypacaraí (Octubre 2012- Abril 2014). n/i: no identificado.

Géneros	Especies
<i>Anabaena</i>	<i>Anabaena affinis</i> ; <i>Anabaena spiroides</i>
<i>Aphanocapsa</i>	<i>Aphanocapsa delicatissima</i>
<i>Chroococcus</i>	<i>Chroococcus turgidus</i>
<i>Cylindrospermopsis</i>	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>
<i>Gomphosphaeria</i>	n/i
<i>Lyngbya</i>	n/i
<i>Merismopedia</i>	<i>Merismopedia convoluta</i> ; <i>Merismopedia tenuissima</i>
<i>Microcystis</i>	<i>Microcystis aeruginosa</i> ; <i>Microcystis flos-aquae</i>
<i>Oscillatoria</i>	n/i
<i>Phormidium</i>	<i>Phormidium foveolarum</i>
<i>Pseudanabaena</i>	n/i
<i>Raphidiopsis</i>	<i>Raphidiopsis curvata</i>
<i>Synechococcus</i>	n/i

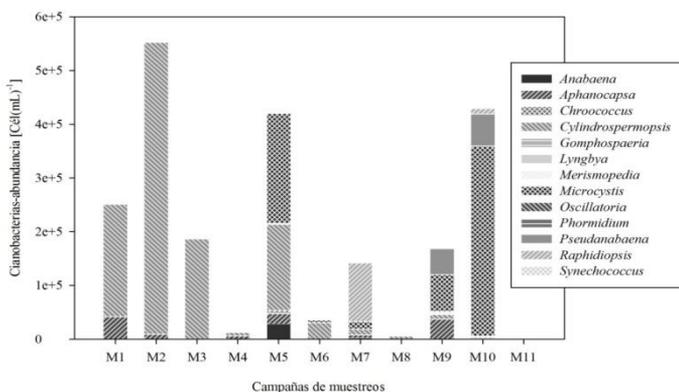


Fig. 1. Variación de la población de cianobacterias (octubre 2012 – abril 2014).

Al inicio de las primeras floraciones en el lago Ypacaraí, una de las especies más dominantes fue *Cylindrospermopsis raciborskii* que es una cianobacteria filamentosa y que se caracteriza por tener la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico a través de unas células llamadas heterocistes, que sirven de protección para la enzima nitrogenasa frente al O₂ (Bonilla y Brena, 2009; Chapman, 2010). Durante los análisis microscópicos, se han observado la presencia de heterocistes en ésta especie, lo cual indicaría que las condiciones fisicoquímicas no fueron del todo favorables. Cuando ocurrieron las floraciones por esta alga, la distribución de la misma fue homogénea en el lago, esto es debido a que al ser filamentosa el viento no tiene un efecto notorio en su desplazamiento hacia un determinado lugar. Sin embargo, en el caso de *Microcystis aeruginosa* que posteriormente fue la especie dominante, ha demostrado un comportamiento diferente debido a que al ser colonial se vio afectado por el sentido del viento (Mur, Skulberg y Utkilen, 1999), permitiendo su desplazamiento y acumulación hacia un lado del lago, específicamente hacia la playa de Areguá (P4) y favoreciendo

mayor acumulación de éstas algas en esa zona.

Correlación entre las especies de cianobacterias y los factores ambientales

Como ya se ha mencionado, existen diversos factores ambientales que pueden favorecer la floración por cianobacterias. Dos de los principales son el N y P que sirven como nutrientes para las algas, pero también existen otros factores que pueden acelerar y prologar dicho proceso como la temperatura, materia orgánica, la luz, la turbidez, etc.

En el caso del lago varios de los factores anteriormente mencionados presentaron una correlación positiva con las cianobacterias como NT, PT, pH, temperatura y la relación N:P (Tabla 5). Al realizar un análisis más detallado a nivel de género se pudo observar que algunos como *Anabaena* tuvieron una correlación positiva tanto para temperatura, pH, NT y PT; mientras que *Aphanocapsa* aparte de los mencionados anteriormente también lo fue para PT y N:P. Para *Chroococcus* la correlación fue positiva para temperatura, pH y PT. Sin embargo, para *Cylindrospermopsis* fue para la transparencia (Secchi), pH y NT. Por

último, para el caso del género *Microcystis* la temperatura fue la que favoreció su proliferación.

Sucesión estacional de algas y relación con los factores fisicoquímicos

En cuanto a la variación de la población de algas a lo largo del periodo de estudio se pudo observar de manera clara que estuvo relacionada con la concentración de los nutrientes como el nitrógeno, el fósforo, y la variación de la temperatura del agua (Fig. 2), lo cual concuerda con lo reportado por otros trabajos en diferentes tipos de ecosistemas acuáticos (O’Neil *et al.*, 2012; Dolman *et al.*, 2012; Lu *et al.*, 2013; Tian *et al.*, 2012). Al mismo tiempo haciendo un análisis de los grupos dominantes en función a las estaciones del año se observó que dicho comportamiento se reprodujo desde octubre del 2012 hasta abril del 2014. Por lo tanto, se pudo caracterizar qué grupos fueron abundantes en las diferentes estaciones del año (Fig. 3) y que coincide con lo investigado por Reynolds en 1988 (Reynolds, 1988; Chen *et al.*, 2003). La luz y la temperatura (22°C) en el otoño han favorecido la abundancia de los fitoflagelados como *Cryptomonas* sp., *Euglena* sp., *Trachelomonas* sp. *Chroomonas* sp. y *Rhodomonas* sp. En cambio, en el invierno además de la disminución de la

temperatura (13°) y el aumento de la turbulencia de las aguas por el viento (datos no mostrados) ha permitido la mayor densidad de las diatomeas, siendo la más destacada *Aulacoseira granulata*. Luego con el inicio de la primavera, el aumento de la temperatura (25°C) y la radiación solar comenzó un proceso de transición de las diatomeas a la abundancia de diferentes géneros de cianobacterias (Fig. 3). Por último, en la época de verano con el aumento de la temperatura (29°C), de la radiación solar, más la biodisponibilidad de nutrientes (Fig. 2) dio lugar a la dominancia de las cianobacterias, principalmente por *C. raciborskii* y luego *M. aeruginosa*. Durante estas floraciones se han registrado valores de Microcystina-LR que llegaron hasta 28,7 ug/L (DIGESA, 2014).

Con esta situación, diversas instituciones implementaron acciones tendientes a reducir la carga de contaminantes en efluentes. En el caso de la Itaipú Binacional financió un proyecto de investigación-acción de la UNA mediante la utilización de islas flotantes con *Typha domingensis*, a fin de evaluar el efecto del sistema para reducir la contaminación. Estas medidas más las lluvias registradas, podrían haber favorecido la mejoría del lago.

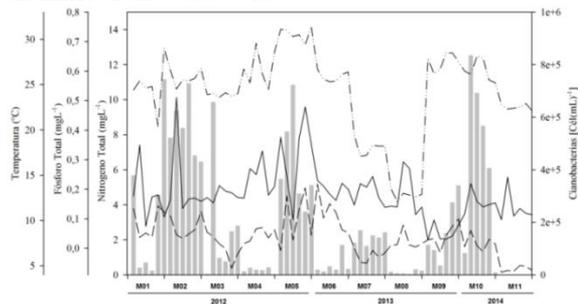


Fig. 2. Efectos de la temperatura (---), nitrógeno total (—) y fósforo total (—) sobre la población de Cianobacterias (■).

Benítez Rodas, G. *et al.* Cianobacterias del Lago Ypacaraí

Tabla 5. Coeficiente de Correlación de Pearson entre parámetros físicoquímicos y géneros de algas. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$. ANA: *Anabaena*; APH: *Aphanocapsa*; CHR: *Chroococcus*; CYL: *Cylindrospermopsis*; GOM: *Gomphonema*; LYN: *Lyngbya*; MER: *Merismopedia*; MIC: *Microcystis*; OSC: *Oscillatoria*; PHO: *Phormidium*; PSE: *Pseudanabaena*; RHA: *Raphidiopsis* y SYN: *Synecococcus*; CYANO: Cianobacterias.

Algas	Secchi (m)	T° C	pH	Turbidez (NTU)	NT (mgL ⁻¹)	PT (mgL ⁻¹)	N:P
ANA	-0,06	0,28*	0,40**	-0,07	0,33**	0,26*	-0,03
APH	-0,25	0,27*	0,36**	-0,11	0,38**	-0,14	0,44**
CHR	-0,08	0,35**	0,42**	-0,08	0,1	0,36**	-0,1
CYL	-0,29*	0,23	0,35**	0,15	0,27*	0,15	0,03
GOM	0,11	-0,32*	-0,02	-0,06	-0,06	-0,1	-0,01
LYN	-0,03	0,10	-0,07	0,04	-0,05	-0,04	-0,04
MER	-0,04	0,24	0,04	-0,16	-0,03	-0,13	0,36**
MIC	-0,13	0,33**	0,11	0,16	0,05	-0,04	0,04
OSC	0,01	-0,15	0,02	-0,03	-0,13	-0,02	-0,08
PHO	0,16	0,14	-0,12	-0,14	0,06	0,06	-0,02
PSE	-0,16	0,14	-0,09	0,29*	0,07	-0,14	0,33**
RHA	0,15	-0,38**	-0,05	0,00	-0,30*	-0,01	-0,20
SYN	-0,03	0,10	-0,04	0,00	-0,09	-0,06	-0,05
CYANO	0,04	0,30*	0,40**	0,02	0,55**	0,31**	0,51**

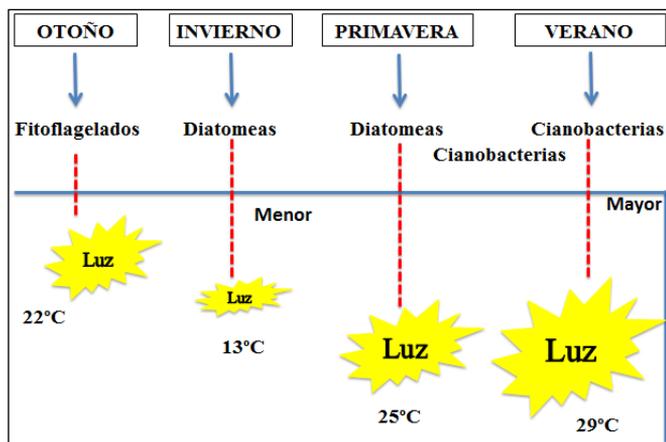


Fig. 3. Sucesión de algas durante las cuatro estaciones del año.

CONCLUSIONES

El Lago Ypacaraí durante la ejecución de este trabajo de investigación presentó las características propias de un ecosistema eutrofizado, debido a la elevada concentración de nutrientes como N y P que superaron los límites establecidos por la SEAM para aguas de recreación. Además, las condiciones ambientales

como la temperatura y la luz han favorecido la floración de varias especies de cianobacterias. Se han identificado 13 géneros y 11 especies de cianobacterias, todas ellas con capacidad de producción de toxinas. Las especies más dominantes durante este periodo de monitoreo fueron *Cylindrospermopsis raciborskii* y *Microcystis aeruginosa*. Las variables ambientales que mostraron una correlación

positiva con las diferentes especies de cianobacterias fueron la temperatura y los nutrientes (N y P). En el caso del nitrógeno su disminución sería un factor limitante para la abundancia de las cianobacterias.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación se ha realizado gracias al financiamiento de la Universidad Nacional de Asunción (UNA) y la Itaipú Binacional.

REFERENCIAS

- Alonso, C.; L. De la Fuente, D.; Del Pozo, L.; Bueno, A.; Garcia, M.; Ramos, M.; Althofer y García, J. 2008. Problemas de las cianobacterias en aguas de recreo y aguas de consumo. *Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX*. 1:63-69.
- APHA. 2012. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22 ed. Washington, DC: Amer. Publ. Health Assoc.
- Azevedo, S.M.F.O.; Carmichael, W.W.; Joschimsen, E.M.; Rinehart, K. L.; Lau, S.; Shaw, G.R. y Eaglesham, G.K. 2002. Human intoxication by microcystins during renal dialysis treatment in Caruaru - Brazil. *Toxicology*. Elsevier 181:441-446.
- Bittencourt-Oliveira, M.C. 2002. A comunidade fitoplanctónica do rio Tibagi: uma abordagem preliminar de sua diversidade. *A bacia do rio Tibagi* 21:373-402.
- Bonilla, S. y Brena, B.M. 2009. Produccion de Toxinas y otros Metabolitos. En: Bonilla, S. *Cianobacterias Planctónicas del Uruguay. Manual para la identificación y medidas de gestion*. Motevideo, Uruguay: UNESCO.
- Bourelly, P. 1966. *Les Algues D'eau Douce*. 1-3. Paris-Francia: Éditions N. Boubée & Cie.
- Carmichael, W.W. 2000. Health effects of toxin producing cyanobacteria: "The Cyanohabs". *Wright State University, Department of Biological Sciences, Dayton, Ohio, USA*.
- Xuexiu, C.; Eigemann, F. y Hilt, S. 2012. Do macrophytes support harmful cyanobacteria? Interactions with a green alga reverse the inhibiting effects of macrophyte allelochemicals on *Microcystis aeruginosa*. *Elsevier*, 19.
- Chapman, A.D. 2010. Cyanobacteria. En: *Algae: Source to Treatment*. USA: American Water Works Association.
- Chen, Y.; Qin, B.; Teubner, K. y Dokulil, M. 2003. Long-term dynamics of phytoplankton assemblages: *Microcystis*-domination in Lake Taihu, a large shallow lake in China. *Journal of Plankton Research*, 25:445-453.
- Da Silva, S. 2000. Inventário Taxonômico das Desmídias (Zygnemaphyceae) dos Rios na Área de Abrangência da Usina Hidrelétrica de Salto Caxias, Botânica do Setor de Ciências Biológicas, Universidad Federal do Paraná, Curitiba-Brasil.
- De Domitrovic, Z.; Forastier, Y. y Marina, E. 2005. Cyanophyceae (Cyanobacteria) del nordeste argentino: distribución y

- diversidad. Universidad Nacional del Nordeste. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2005. Corrientes, Argentina.
- De Infante, A.G. 1988. El Plancton de las Aguas Continentales. Caracas-Venezuela: The General of th Organization of American States.
- Deng, J.; Qin, B.; Paerl, H.W.; Zhang, Y.P.; Wu, J.Ma y Chen, Y. 2014. Effects of Nutrients, Temperature and Their Interactions on Spring Phytoplankton Community Succession in Lake Taihu, China. *PLoS One* 9(12):1-19.
- DIGESA. 2014. Dirección General de Saneamiento Ambiental. edited by DIGESA. Asunción, Paraguay: Ministerio de Salud Pública.
- Dolman, A.M.; Rucker, J.; Pick, F.R.; Fastner, J.; Rohrlack, T.; Mischke, U. y Wiedner, C. 2012. Cyanobacteria and Cyanotoxins: The Influence of Nitrogen versus Phosphorus. *PLoS One* 7(6):1-14.
- Edler, L. y Elbrächter, M. 2010. The Utermöhl method for quantitative phytoplankton analysis. En: Cusack, C. y Bresnan, E. *Microscopic and Molecular Methods for Quantitative Phytoplankton Analysis*, Intergovernmental Oceanographic Bengt Karlson, 114. España: UNESCO - Intergovernmental Oceanographic Commission.
- El Moor-Loureiro, L. 1997. Manual de Identificação de Cladóceros Límnicos do Brasil. Brasilia-Brasil: Editora Universa - UCB.
- Fabre, A.; Carballo, C.; Hernández, E.; Piriz, P.; Bergamino, L.; Mello, L.; González, S.; Pérez, G.; León, J.; Aubriot, L.; Bonilla, S. y Kruk, C. 2010. El nitrógeno y la relación zona eufótica/zona de mezcla explican la presencia de cianobacterias en pequeños lagos subtropicales, artificiales de Uruguay. *Panamjas* 5(1):112-125.
- Haider, S.; Naithani, V.; Viswanathan, P.N. y Kakkar, P. 2003. Cyanobacterial toxins: a growing environmental concern. *Pergamon* 52:1-21.
- Henry, R. 1990. Amônia ou fosfato como agente estimulador do crescimento do fitoplâncton na represa de Jurumirim (Rio Paranapanema, SP). *Rev. Brasil. Biol.* 50(4):883-892.
- Komárek, J. y Fott, B. 1983. *Das Phytoplankton des Süßwassers*. Alemania: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung.
- Lu, X.; Tian, C.; Pei, H.; Hu, W. y Xie, J. 2013. Environmental factors influencing cyanobacteria community structure in Dongping Lake, China. *Journal of Environmental Sciences* 11:2196-2206.
- Lucena, E. 2008. Aspectos sanitarios de las cianotoxinas. *Higiene y Sanidad Ambiental* 8:291-302.
- Mur, L.R.; Skulberg, O.M. y Utkilen, H.. 1999. Cyanobacteria in the Environment. Chapter 2. En: Chorus, I. y Bartram, J. *Toxic Cyanobacteria in Water: A guide to their public health consequences, monitoring and management* WHO. London - Great Britain: E & FN Spon.
- O'Neil, J.M.; Davis, T.W.; Burford, M.A. y Gobler, C.J. 2012. The rise of harmful cyanobacteria blooms:

- The potential roles of eutrophication and climate change. *Harmful Algae* 14:313-334.
- Philipose, M.T. 1967. *Chlorococcales*. New Delhi-India: Indian Council of Agricultural Research.
- Resolución-Nº-222/02. Por La Cual Se Establece El Padrón De Calidad De Las Aguas En El Territorio Nacional. *Secretaría del Ambiente*.
- Reynolds, C. 1988. Functional morphology and the adaptive strategies of freshwater phytoplankton. In: Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton. En *Growth and Reproductive Strategies of Freshwater Phytoplankton*, edited by editors. Craig SD, 388–433. Cambridge: Cambridge University Press.
- Sato, A. 1997. *Atlas Didáctico de Identificação do Zooplâncton de Sete Reservatórios Paranaenses*. Curitiba-Brasil: Instituto Ambiental do Paraná.
- Sigeo, D.C. 2005. *Freshwater Microbiology. Biodiversity and Dynamic Interactions of Microorganisms in the Aquatic Environment*. England: John Wiley & Sons Ltd.
- Silva, L.H.S. 1998. Fitoplâncton de um reservatório eutrófico (Lago Monte Alegre), Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil. *Rev. Brasil. Biol.* 59(2):281-303.
- Sivonen, K. y Jones, G. 1999. Chapter 3. Cyanobacterial Toxins. En *Toxic Cyanobacteria in Water: A guide to their public health consequences, monitoring and management* WHO, edited by Chorus, I. y Bartram, J. London - Great Britain: E y FN Spon.
- Søndergaard, M.; Jeppesen, E.; Lauridsen, T.L.; Skov, C.; Van Nes, E.H.; Roijackers, R.; Lammens, E. y Portielje, R. 2007. Lake restoration: successes, failures and long-term effects. *Journal of Applied Ecology* 44:1095–1105.
- Streble, H. y Krauter, D. 1987. *Atlas de los Microorganismos de Agua Dulce*. Barcelona-España: Ediciones Omega S.A.
- Tian, C.; Pei, H.; Hu, W. y Xie, J. 2012. Variation of cyanobacteria with different environmental conditions in Nansi Lake, China. *Journal of Environmental Sciences* 24 (8):1394-1402.
- Torres, D.G. y Romero, N.G.. 1986. Estudio Limnológico del Lago Ypacarai. Instituto Ciencias Básicas. *Universidad Nacional de Asunción*:188.
- Vidal, L. y Kruk, C. 2008. *Cylindrospermopsis raciborskii* (Cyanobacteria) extends its distribution to Latitude 34°53'S: taxonomical and ecological features in Uruguayan eutrophic lakes. *Panamjas* 3 (2):142-151.
- Vintila, S. y El-Shehawy, R. 2007. Ammonium ions inhibit nitrogen fixation but do not affect heterocyst frequency in the bloom-forming cyanobacterium *Nodularia spumigena* strain AV1. *Microbiology* 153:3704-3712.
- West, W.; West, G.S. y Carter, N. 1971. A Monograph of the British Desmidiaceae. London-England: Johnson Reprint Corporation.

Primer reporte de floración por *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans en el Lago Ypacaraí – Departamento Central, Paraguay

Benítez Rodas, G.¹; Dos Santos, M.²; Núñez, A.²; Villalba Duré, G.¹; Ávalos de Enciso, C.³; Araujo Florentín, C.³; Acosta Brítez, R.¹; Escobar, A.³; Arenas, R.³; Astigarraga Escobar, O.³; Peralta López, I.⁴

¹Laboratorio de Hidrobiología. Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas. Universidad Nacional de Asunción.

²Laboratorio de Hidrobiología. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Asunción.

³Laboratorio de Calidad de Aguas. Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas. Universidad Nacional de Asunción.

⁴Dirección General de Investigación Científica y Tecnológica. Universidad Nacional de Asunción.
E mail del autor: iperalta@rec.una.py

Primer reporte de floración por *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans en el Lago Ypacaraí – Departamento Central, Paraguay. La invasión de especies alóctonas se podría considerar como el segundo problema más importante después de la contaminación en un ecosistema acuático. La frecuencia de las floraciones de dinoflagelados ha aumentado a nivel mundial; situación similar fue registrada en el Lago Ypacaraí, ubicado a 28 Km de Asunción - Paraguay, donde se identificó por primera vez la especie *Ceratium furcoides* en los 6 puntos de muestreo, reportada en el presente trabajo. Al momento del estudio, el Lago presentó características de un ecosistema eutrofizado, debido a las elevadas concentraciones de Nitrógeno Total Kjeldahl (9,66 mg.L⁻¹) y Fósforo Total (1,37 mg.L⁻¹); y que pudo deberse al aporte de contaminantes orgánicos provenientes principalmente del arroyo Pirayú, uno de sus principales tributarios. Se realizaron análisis de correlación de variables hallándose una mayor correlación con la floración de *C. furcoides*, de la conductividad (-0,94), el pH (0,94), la DBO-5 (0,93) para un valor de p<0,01; mientras que la temperatura del agua (0,83) y el Nitrógeno Amoniacal (-0,89) para un valor de p<0,05, por lo que el control de estas variables puede disminuir la densidad de este organismo.

Palabras clave: *Ceratium furcoides*, eutrofización, Lago Ypacaraí

First report of expansive *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans in Ypacaraí Lake, Central Department, Paraguay. Invasion of alien species could be considered as the second most important problem after pollution in an aquatic ecosystem. The blooming frequency of dinoflagellates has increased worldwide. A similar situation was observed in the Ypacaraí Lake, located 28 km away from Asunción, Paraguay. The species *Ceratium furcoides*, reported in the present study, was identified for the first time in all 6 sampling points. At the time of the study, the lake presented characteristics of a eutrophic ecosystem, due to the high concentrations of Total Kjeldahl Nitrogen (9.66 mg.L⁻¹) and Total Phosphorus (1.37 mg.L⁻¹). It could be due to the contribution of organic pollutants originating mainly of the stream Pirayú, one of its main tributaries. Variation correlation analyzes were performed, with a higher correlation with bloom of *C. furcoides*: conductivity (-0.94), pH (0.94), BOD-5 (0.93) for a value of p <0.01; while water temperature (0.83) and Ammonia Nitrogen (-0.89) for a value of p <0.05, so that the control of the level of these can decrease the density of the organism.

Keywords: *Ceratium furcoides*, eutrophication, Ypacaraí Lake

Steviana, Vol. 9(2), 2017 pp. 26– 35.

Original recibido el 28 de septiembre de 2017.

Aceptado el 12 de diciembre de 2017.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la invasión de ecosistemas acuáticos por especies alóctonas se puede considerar como el segundo problema más importante después de la contaminación. Esto es debido a que las especies invasoras pueden tener un efecto negativo sobre los ecosistemas, como favorecer la pérdida de la biodiversidad, extinción de especies nativas, cambios en la comunidad dominante y otros tipos de alteraciones con consecuencias muy graves para el ambiente y el ser humano (Catford *et al.*, 2012; Lebet, Kritzberg y Rengefors, 2013). Una de las desventajas al momento de realizar estudios de la diversidad de microorganismos es la falta de registro antes de la invasión, a diferencia de los estudios existentes para los organismos macroscópicos (Lebet, Kritzberg y Rengefors, 2013).

Existe una gran diversidad de especies de algas invasoras que se están expandiendo de manera rápida, aumentando su distribución geográfica y que pueden causar problemas de floraciones importantes en los ecosistemas acuáticos y que se ven intensificados con las actividades antrópicas (Sukenik *et al.*, 2012). En algunos casos pueden estar relacionadas con la producción de toxinas como en el grupo de los dinoflagelados. Además, se los pueden encontrar tanto en aguas dulces como salinas (Hallegraeff, Anderson y Cembella, 2004).

En cuanto al género *Ceratium* que pertenece al grupo de los dinoflagelados, se ha registrado con mayor frecuencia en el hemisferio norte. Sin embargo, en los últimos años se han realizado diferentes registros en Sudáfrica y en Sudamérica

(Margalef, 1983). Las especies de este género pueden desarrollar floraciones en lagos y embalses con características meso a hipertróficos de zonas tropicales (Meichtry de Zaburlín *et al.*, 2016). Cuando se producen floraciones por este género, se caracteriza por no producir toxinas, pero pueden modificar el color y sabor del agua, obstruir los filtros de un sistema de potabilización y generar la muerte de peces por el agotamiento del oxígeno disuelto cuando la población va muriendo (Nicholls, Kennedy y Hammett, 1980).

En relación al Lago Ypacaraí, desde octubre del 2012 se han registrado varias floraciones causadas por dos especies de cianobacterias, siendo la primera especie dominante *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya & SubbaRaju, seguida luego por otra que fue *Microcystisaeruginosa* (Kützing) Kützing y la que se presentó con mayor frecuencia. Por esta razón la Itaipú Binacional ha financiado proyectos de monitoreos continuos del Lago en colaboración con la Universidad Nacional de Asunción (UNA). En el muestreo realizado en el mes de junio de este año, se evidenció por primera vez como principal causante del florecimiento a una especie invasora, *Ceratium furcoides* en todos los puntos de muestreo del Lago (Benítez *et al.*, 2016).

En los últimos años se han reportado la presencia de *C. furcoides* como especie invasora en varios países de Sudamérica como Chile, Argentina y Brasil (Rodrigues, Torgan y Schwarzbald, 2007; Bustamante Gil *et al.*, 2012; Almanza *et al.*, 2016; Meichtry de Zaburlín *et al.*, 2016; Campanelli *et al.*, 2017) e inclusive ya existen reportes de su presencia en el

Río Paraná, Paraguay (Meichtry de Zaburlin *et al.*, 2014).

Por lo tanto, en base a las características mencionadas de la especie *Ceratium furcoides* se ha decidido plantear como objetivo de este trabajo de investigación, analizar las características morfológicas y las condiciones fisicoquímicas que dieron lugar a esta floración y qué parámetros presentaron mayor grado de correlación con este proceso ocurrido en el Lago Ypacaraí – San Bernardino en junio de 2017.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio

El Lago Ypacaraí se encuentra ubicado a 28 kilómetros de Asunción (Capital del Paraguay) con un área de 90 km² y una profundidad no superior a 3 m. Tiene dos afluentes que son el arroyo Pirayú y el Yukyry, y un efluente que es el Río Salado (Romero, 1986).

Detalles del muestreo

El CEMIT (Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas) dependiente de la Dirección General de Investigación Científica y Tecnológica (DGICT) de la UNA, realiza estudios del Lago mediante muestreos trimestrales desde octubre de 2012 en 6 puntos del mismo. Estos puntos fueron seleccionados teniendo en cuenta las zonas de recreación como San Bernardino (P1-Club Náutico) y la playa de Areguá (P4-Areguá), los afluentes como el arroyo Yukyry (P3) y el Pirayú (P6), y el efluente Río Salado (P2) que desemboca en el río Paraguay (Ritterbusch, 1988). Para tener una visión general y completa de la variación de los parámetros fisicoquímicos

y biológicos, se ubicó un punto de muestreo (P5) en la parte central del Lago, entre el cerro Areguá y el Hotel Condovac (P5) (Fig. 1 y Tabla 1).



Fig. 1. Mapa con los puntos de muestreo en el lago. Fuente: Google Maps.

Tabla 1. Puntos de muestreo con sus coordenadas

Puntos	Coordenadas
P1	21J0470012 UTM7200130
P2	21J0466835 UTM7207525
P3	21J0463771 UTM7204710
P4	21J0462839 UTM7202416
P5	21J0465991 UTM7198136
P6	21J0468689 UTM7195665

VARIABLES DE ESTUDIO

Para este trabajo de investigación se tuvieron en cuenta 1 variable biológica (*C. furcoides*) y 15 variables fisicoquímicas que fueron Transparencia, Temperatura del agua, pH, Conductividad, Oxígeno Disuelto (OD), Turbidez, Sólidos Suspendidos, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO-5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Nitrógeno Total Kjeldahl (NTK), Nitrógeno amoniacal, Nitrógeno de

nitratos, Fósforo Total (PT), Hierro Ferroso y Hierro Férrico, principales factores fisicoquímicos que influyen sobre las poblaciones de algas (Henry, 1990; Haider *et al.*, 2003; Lucena, 2008; Lu *et al.*, 2013).

Cuantificación de las variables

Para la identificación y clasificación de *Ceratium furcoides* se tuvieron en cuenta las características morfológicas y se utilizaron diversas claves taxonómicas (Bourrelly, 1966; Komárek y Fott, 1983; Streble y Krauter, 1987; Almanza *et al.*, 2016). Una vez identificada la especie se procedió a su cuantificación mediante el método de Utermöhl (Edler y Elbrächter, 2010). En relación a la medición de los parámetros fisicoquímicos mencionados anteriormente se utilizaron los métodos normalizados para el análisis de agua (APHA, 2012).

Análisis de datos

Para el procesamiento de los datos, estadística descriptiva y estimación de la correlación de Pearson se utilizó el programa Sigma Plot 11.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características morfológicas

En el género *Ceratium*, se caracteriza por presentar una parte anterior denominada epiteca con una prolongación o cuerno y, una parte posterior que recibe el nombre de hipoteca que puede tener de dos a tres cuernos. Además, presenta movilidad gracias a un flagelo el cual, le otorga un movimiento rotatorio que le permite realizar migraciones a capas

profundas de aguas ricas en nutrientes (Almanza *et al.*, 2016). En relación a *C. furcoides* identificada en el laboratorio pertenece a la clase Dinophyceae, del orden Gonyaulacales y a la familia Ceratiaceae. Presentó tres placas en la epiteca que forman un cuerno largo y estrecho fue de aproximadamente 109 μm , mientras que su hipoteca tuvo una longitud promedio de 45 μm , con una longitud total (epiteca + hipoteca) promedio de 168 μm . En el caso de la hipoteca, ancha y corta presentó dos cuernos, el menor con una longitud promedio de 11 μm y el más largo en promedio 24 μm . Entre la epiteca y la hipoteca se pudo diferenciar de manera clara el cingulo (Fig. 2). Todas las características morfológicas como las medidas morfométricas de los individuos observados coinciden con las descripciones registradas para esta especie (Santos-Wisniewski *et al.*, 2007; Meichtry de Zaburlín *et al.*, 2016; Almanza *et al.*, 2016). Hasta el momento, esta especie había sido reportada en el Río Paraguay (Meichtry de Zaburlín *et al.*, 2014). Sin embargo, en el muestreo que se realizó en el mes de junio en el Lago Ypacaraí se pudo constatar de una floración por *C. furcoides* y cuya introducción al ecosistema acuático pudo deberse a las aves migratorias, insectos acuáticos o actividades antrópicas, que posibilitaron el transporte desde otro lugar de los quistes que se forman cuando las condiciones ambientales son desfavorables, depositándose en el sedimento y pudiendo permanecer por largos periodos de tiempo en el cuerpo de agua (Reynolds, 2006).

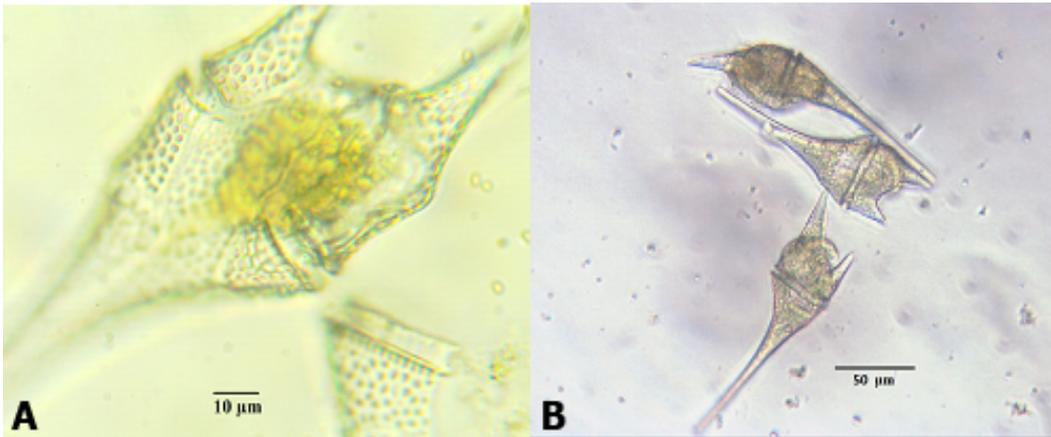


Fig. 2. Imágenes del Dinoflagelado *Ceratium furcoides* colectado en los puntos de muestreo del Lago Ypacaraí, (San Bernardino, Paraguay). **A-** Diferentes placas de la valva dorsal (1000x). **B-** Estructuras de la epitheca e hipoteca (400x).

Densidad de *Ceratium furcoides*

En los 6 puntos de muestreo se pudo observar la presencia de *C. furcoides*, siendo los puntos P1, P5 y P6 los lugares donde se registraron las concentraciones más elevadas, con densidades de 5585 Cél/mL (P1), 5200 Cél/mL (P5) y 6335 Cél/mL (P6).

Mientras que la densidad más baja de 108 Cél/mL fue registrado en el punto P3 (Fig. 3). Por lo tanto, se puede dividir el Lago Ypacaraí en dos partes, una que sería la zona de aporte del arroyo Pirayú y donde se ha registrado la mayor concentración de *C. furcoides* y la otra parte la zona de aporte del arroyo Yukyry con la menor concentración de esta especie.

Una de las consecuencias de la floración de *C. furcoides* es el agotamiento del oxígeno que se produce cuando la población va muriendo y puede traer consecuencias muy graves a nivel ambiental, ocasionando la muerte de otros organismos aerobios (como los bivalvos) o

su desaparición del ecosistema (Pitcher y Probyn, 2011). Además, las floraciones pueden saturar los filtros utilizados para potabilizar las aguas de consumo humano. Hasta el momento no se han reportado casos de producción de toxinas por esta especie (Meichtry de Zaburlín *et al.*, 2016; Almanza *et al.*, 2016).

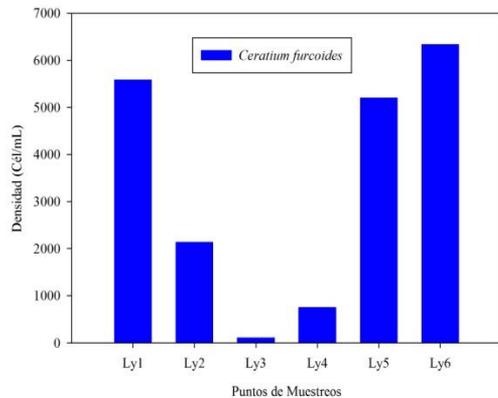


Fig. 3. Comparación de la densidad de *Ceratium furcoides* en los diferentes puntos de muestreo.

Tabla 2. Resumen de la variación de los parámetros fisicoquímicos registrados en los 6 puntos de muestreos.

Parámetros	Puntos	Min	Max	Mean	SD	Error SD	CV
Transparencia (m)	6	0,1	0,3	0,217	0,0753	0,0307	0,079
Temperatura del agua (°C)	6	18,9	20,9	19,867	0,807	0,329	0,847
Oxígeno Disuelto (mg O ₂ .L ⁻¹)	6	8,3	9,4	8,767	0,47	0,192	0,493
pH (Unidad de pH)	6	7,26	9,16	8,01	0,786	0,321	0,825
Conductividad (μS.cm ⁻¹)	6	122	162	145,067	14,749	6,021	15,479
Turbidez (NTU)	6	22,5	139	58,683	45,058	18,395	47,285
Sólidos Suspendidos (mg.L ⁻¹)	6	8,8	45	19,033	13,71	5,597	14,388
DBO-5 (20°C) (mg.L ⁻¹)	6	2,47	8,26	6,048	2,786	1,138	2,924
DQO (mg O ₂ .L ⁻¹)	6	25,7	133,5	62,467	43,272	17,666	45,411
Nitrógeno Total en agua (mg.L ⁻¹)	6	0,241	9,66	2,277	3,666	1,497	3,847
Fósforo Total en agua (mg.L ⁻¹)	6	0,111	1,367	0,361	0,497	0,203	0,521
Nitrógeno Amoniacal (mg.L ⁻¹)	6	0,02	0,0651	0,0472	0,0191	0,00779	0,02
Nitrógeno de Nitratos (mg.L ⁻¹)	6	0,146	0,784	0,265	0,254	0,104	0,267
Hierro Ferroso (mg.L ⁻¹)	6	0,104	0,515	0,186	0,162	0,066	0,17
Hierro Férrico (mg.L ⁻¹)	6	0,32	3,844	1,787	0,712	0,291	0,747

Características fisicoquímicas de lugar de muestreo

Teniendo en cuenta los valores de pH, el Lago presentó aguas neutras a alcalinas, con altos valores de NTK y PT característicos de ecosistemas acuáticos eutrofizados (O'Neil *et al.*, 2012). Los parámetros que presentaron mayor variación fueron la turbidez con un valor mínimo de 22,5 NTU (P5) y un máximo de 139 NTU (P1); la DQO con un mínimo de 25,7 mg O₂.L⁻¹ (P2) y un máximo de 133,5 mgO₂.L⁻¹ (P3); la conductividad con un mínimo de 122 uS.cm⁻¹ (P6) y un máximo de 162 uS.cm⁻¹ (P3), los sólidos suspendidos con un mínimo de 8,8 mg.L⁻¹ (P3) y un máximo de 45 mg.L⁻¹ (P6); el NTK con un mínimo de 0,241 mg.L⁻¹ y un máximo de 9,66 mg.L⁻¹ y la DBO-5 con un mínimo 2,47 mg.L⁻¹ (P4) y un máximo 8,26 mg.L⁻¹ (P1). Estos parámetros que presentaron mayor variación, pudieron

deberse a procesos relacionados con la descomposición de material orgánico, provenientes de desechos domésticos y otros tipos de contaminantes arrojados a cursos de agua en periodos de lluvia intensa y que terminan en las aguas del Lago Ypacaraí (Pescod, 1992).

Correlación de la densidad vs. variables fisicoquímicas - Test de Pearson

Al analizar los datos de la densidad de *C. furcoides* con las variables fisicoquímicas mediante el Test de Pearson, se pudo observar que 5 parámetros presentaron correlación con el Bloom registrado en el Lago. Al comparar los valores de densidad en los diferentes puntos de muestreos, se pudo comprender mejor qué factores fisicoquímicos pudieron estar asociados de manera significativa en la floración de *C. furcoides*. Como ya se ha mencionado anteriormente, en base a la

densidad se puede dividir en dos grupos los puntos de muestreos del lago, siendo el primero los puntos P1, P5 y P6 donde se observaron la mayor densidad de *C. furcoides*. En este grupo se pudo ver que el pH se mantuvo en un rango de 8,67 - 9,40; la temperatura del agua entre 20,1°C – 20,9°C; la DBO-5 con un rango de 8,11 mg.L⁻¹ – 8,6 mg.L⁻¹; y el Nitrógeno Amoniacal con valores de 0,0200 mg.L⁻¹ – 0,0430 mg.L⁻¹. En tanto que el otro grupo formado por los puntos P2, P3 y P4 los valores de pH se mantuvieron entre 7,26 – 7,42; la temperatura del agua en un rango de 18,9°C – 19,6°C; la DBO-5 con 2,47 mg.L⁻¹ – 6,69 mg.L⁻¹; y el Nitrógeno Amoniacal entre 0,0610 mg.L⁻¹ – 0,0651 mg.L⁻¹. El grado de correlación de los valores observados de los parámetros fisicoquímicos y los registrados con respecto a la densidad de *C. furcoides*, demuestran de manera clara que estos tienen un efecto directo sobre la población de la misma (Tabla 3). El motivo por el cual el Lago presentó dos regiones bien diferenciadas en cuanto a la densidad de *C. furcoides* y una fuerte correlación con la conductividad, el pH y el Nitrógeno Amoniacal, podría deberse al mayor aporte de contaminantes orgánicos del arroyo Pirayú. En el caso de las correlaciones positivas podrían deberse a los procesos de descomposición de los contaminantes orgánicos en nutrientes disponibles para *C. furcoides* que han favorecido en su densidad en los puntos P1, P5 y P6. Mientras que las correlaciones negativas como el nitrógeno amoniacal en dicho puntos pudo deberse al consumo del mismo como nutriente (N) en forma de amoniaco, por esta razón presentaron un menor rango de concentración (0,0200 – 0,0430 mg.L⁻¹) en comparación con los

puntos P2, P3 y P4 (0,0610 – 0,0651 mg.L⁻¹) en donde se registraron menor densidad de *C. furcoides* y donde la elevada conductividad (sales) pudo haber interferido con el crecimiento de esta especie. El factor físico que estaría asociado al consumo de nutrientes podría ser la temperatura del agua (Wang et al., 2010). A diferencia de Almanza (2016) que ha registrado un rango de temperaturas (12°C - 19°C) ideales para la floración de *C. furcoides*, lo observado en el Lago Ypacaraí fue para temperaturas que oscilaron entorno a los 20°C, que se correspondería más con lo registrado por Bustamente (2012), cuyo rango fue de 18°C – 24°C para lagos tropicales (Bustamante Gil et al., 2012; Almanza et al., 2016) favoreciendo la actividad de los microorganismos descomponedores de los contaminantes orgánicos y los procesos relacionados con la floración registrada en el Lago (Wang et al., 2010).

Tabla 3. Coeficiente de correlación de Pearson entre los factores ambientales y *Ceratium furcoides*. *p<0,05; **p<0,01.

Parámetros Físicoquímicos	<i>C. furcoides</i>
Temperatura del agua (°C)	0,83*
pH (Unidad de pH)	0,94**
Conductividad (µS.cm ⁻¹)	-0,94**
DBO5 (20°C) (mg.L ⁻¹)	0,93**
Nitrógeno Amoniacal (mg.L ⁻¹)	-0,89*

CONCLUSIONES

El presente hallazgo es el primer reporte de floración de *C. furcoides* en el lago Ypacaraí, ocurrido en junio 2017; registrándose en los 6 puntos de muestreos establecidos para el estudio. La especie identificada en el laboratorio presentó tres

placas en la epiteca que forman un cuerno largo, mientras que en su hipoteca dos cuernos, con una longitud total de aproximadamente 168 μm . Las aguas presentaron un pH neutro a alcalino, con elevadas concentraciones de nutrientes (N y P), característicos de ecosistemas eutrofizados. Los parámetros fisicoquímicos que tuvieron mayor correlación con la floración fueron, la conductividad, el pH, la DBO-5, la temperatura del agua y el nitrógeno amoniacal. El hallazgo, es compatible con la tendencia en Latinoamérica, reportado por otros autores y reafirma la necesidad de un monitoreo continuo del Lago Ypacaraí y otros cursos de agua. Además, es importante la búsqueda de estrategias para disminuir la entrada de contaminantes al mismo y evitar el riesgo de floración en otros ecosistemas acuáticos asociados.

AGRADECIMIENTOS

A la Itaipú Binacional por el financiamiento para los trabajos de monitoreos trimestrales que actualmente se realizan en el Lago Ypacaraí en colaboración con la Universidad Nacional de Asunción.

REFERENCIAS

- Almanza, Viviana, Carlos E. de M. Bicudo, Oscar Parra, and Roberto Urrutia. 2016. Características morfológicas y limnológicas de las floraciones de *Ceratium furcoides* (Dinophyta) en un lago somero de Chile Central. *Limnetica* 35 (1): 253-268
- APHA. 2012. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22 ed. Washington, DC: Amer. Publ. Health Assoc.
- Benítez, G.A.; Avalos, C.; Araujo, C.; Astigarraga, O.; Escobar, A.; Nuñez, I.; Arenas, R.; Morinigo, C. Enciso, A. y Peralta, I. 2016. Monitoreo de Calidad de Aguas por Campaña de Muestreo en el Lago Ypacaraí. CEMIT-DGICT-UNA.
- Bourrelly, P. 1966. Les Algues D'eau Douce. Vol. 1-3. Paris-Francia: Éditions N. Boubée & Cie.
- Bustamante Gil, C.; Ramírez Restrepo, J.J.; Boltovskoy, A. y Vallejo, A. 2012. Spatial and temporal change characterization of *Ceratium furcoides* (Dinophyta) in the equatorial reservoir Riogrande II, Colombia. *Acta Limnologica Brasiliensia* 24 (02):207 - 219.
- Campanelli, L.C., Tundisi, J. G.; Abe, D. S.; Sidagis-Galli, C y. Matsumura-Tundisi, T. 2017. Record of the occurrence of dinoflagellate *Ceratium furcoides* in a fish farming lake located in the countryside of São Carlos (SP, Brazil). *Brazilian Journal of Biology* 77:426-427.
- Catford, J.A.; Vesik, P.A.; Richardson, D.M. y Pysek, P. 2012. Quantifying levels of biological invasion: towards the objective classification of invaded and invulnerable ecosystems. *Global Change Biology* 18:44-62.
- Edler, L. y Elbrächter, M. 2010. The Utermöhl method for quantitative phytoplankton analysis. En *Microscopic and Molecular Methods for Quantitative Phytoplankton Analysis*, edited by

Benítez Rodas, G. et al. *Ceratium furcoides* en el Lago Ypacaraí

- Cusack, C. y Bresnan, E. Intergovernmental Oceanographic Commission. Bengt Karlson, 114. España: UNESCO - Intergovernmental Oceanographic Commission.
- Haider, S., Naithani, V.; Viswanathan, P.N. y Kakkar, P. 2003. Cyanobacterial toxins: a growing environmental concern. *Pergamon* 52:1-21.
- Hallegraeff, G.M., Anderson, D.M. y Cembella, A.D. 2004. *Manual on harmful marine microalgae*. Francia: UNESCO Publishing.
- Henry, R. 1990. Amônia ou fosfato como agente estimulador do crescimento do fitoplâncton na represa de Jurumirim (Rio Paranapanema, SP). *Rev. Brasil. Biol.* 50 (4):883-892.
- Komárek, J. y Fott, B. 1983. *Das Phytoplankton des Süßwassers*. Alemania: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung.
- Lebret, K.; Kritzberg, E.S. y Rengefors, K. 2013. Population Genetic Structure of a Microalgal Species under Expansion. *PLOS ONE* 8 (12):82510.
- Lu, X.; Tian, C.; Pei, H.; Hu, W. y Xie, J. 2013. Environmental factors influencing cyanobacteria community structure in Dongping Lake, China. *Journal of Environmental Sciences* no. 11:2196-2206.
- Lucena, E. 2008. Aspectos sanitarios de las cianotoxinas. *Higiene y Sanidad Ambiental* 8:291-302.
- Margalef, R. 1983. *Limnología* Barcelona - España.: Omega.
- Meichtry de Zaburlin, N.; Boltovskoy, A.; Costigliolo Rojas, C. y Rodriguez, R.M. 2014. Primer registro del dinoflagelado invasor *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925 en la Argentina y su distribución en el área de influencia del Embalse Yacretá (río Paraná, Argentina-Paraguay). *Limnetica* 33 (1):153-160
- Meichtry de Zaburlin, N.; Vogler, R.; Molina, M.J. y Llano, V. 2016. Potential distribution of the invasive freshwater dinoflagellate *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans (Dinophyta) in South America. *Phycological Society of America*. 52:200-208.
- Nicholls, K.H., Kennedy, W. y Hammett, C. 1980. A fish-kill in Heart Lake, Ontario, associated with the collapse of a massive population of *Ceratium hirundinella* (Dinophyceae). *Freshwater Biology* 10:553-561.
- O'Neil, J. M., Davis, T.W.; Burford, M.A. y Gobler, C.J. 2012. The rise of harmful cyanobacteria blooms: The potential roles of eutrophication and climate change. *Harmful Algae* 14:313-334.
- Pescod, M.B. 1992. Wastewater Characteristics and Effluent Quality Parameters. En *Wastewater Treatment and Use in Agriculture-FAO Irrigation and Drainage Paper*, edited by Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome.
- Pitcher, G.C. y Probyn, T.A. 2011. Anoxia in southern Benguela during the autumn of 2009 and its linkage to a bloom of the dinoflagellate

- Ceratium balechii. *Harmful Algae* 11 (Supplement C):23-32.
- Reynolds, C.S. 2006. The ecology of freshwater phytoplankton. Cambridge. England: Cambridge University Press.
- Ritterbusch, Bárbara. 1988. Estudio Limnológico del Lago Ypacarai. *Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral* 19 (1):11-26.
- Rodrigues, S.C.; Torgan, L. y Schwarzbold, A. 2007. Composição e variação sazonal da riqueza do fitoplancton na foz de rios do delta do Jacuí, RS, Brasil. *Acta bot. bras.* 21 (3):707-721.
- Romero, N.G. 1986. Estudio Limnológico del Lago Ypacarai. Instituto Ciencias Básicas. *Universidad Nacional de Asunción*:188p.
- Santos-Wisniewski, M. J., Silva, L.C.; Leone, I.C.; Laudares-Silva, R. y Rocha, O. 2007. First record of the occurrence of Ceratium furcoides (Levander) Langhans 1925, an invasive species in the hydroelectricity power plant Furnas Reservoir, MG, Brazil. *Braz. J. Biol.* 67 (4):791-793.
- Streble, H. y Krauter, D. 1987. *Atlas de los Microorganismos de Agua Dulce*. Barcelona-España: Ediciones Omega S.A.
- Sukenik, A.; Hadas, O.; Kaplan, A. y Quesada, A. 2012. Invasion of Nostocales (cyanobacteria) to Subtropical and Temperate Freshwater Lakes – Physiological, Regional, and Global Driving Forces. *Frontiers in Microbiology* 3:86.
- Wang, X.; Qin, B.; Gao, G.; Wang, Y.; Tang, X. y Otten, T. 2010. Phytoplankton community from Lake Taihu, China, has dissimilar responses to inorganic and organic nutrients. *Journal of Environmental Sciences* 22 (10):1491-1499.

Efecto genotóxico del extracto etanólico de *Solanum sisymbriifolium* Lam. utilizando el análisis de alteraciones nucleolares en células meristemáticas de *Allium cepa* L.

Farez, D.¹; Gayozo, E.¹; Torres, E.¹; Notto, A.¹

¹Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Laboratorio de Mutagénesis, Carcinogénesis y Teratogénesis Ambiental, Departamento de Biología, San Lorenzo - Paraguay.

E mail del autor: derlis462@gmail.com

Efecto genotóxico del extracto etanólico de *Solanum sisymbriifolium* Lam. utilizando análisis de alteraciones nucleolares en células meristemáticas de *Allium cepa*. Las plantas medicinales poseen gran importancia en Paraguay, debido a su amplio uso popular para el tratamiento de numerosas afecciones. Las hojas de *Solanum sisymbriifolium* es utilizada como analgésico y para tratamiento de afecciones renales, si bien se conocen las propiedades químicas y fisiológicas de la planta, hasta el momento no se ha descrito su actividad toxicológica. A consecuencia de esto, se propuso como objetivo principal determinar los efectos genotóxico del extracto etanólico de hojas de *Solanum sisymbriifolium* empleando el análisis de las alteraciones nucleolares. Para ello se realizó el extracto etanólico de hojas de *S. sisymbriifolium*, de los cuales se obtuvieron concentraciones de 0,1 mg.mL⁻¹, 1 mg.mL⁻¹ y 5 mg.mL⁻¹, y las mismas fueron expuestas a células meristemáticas de *Allium cepa* por 24, 48 y 72 horas. La observación de las células tratadas en el microscopio óptico compuesto se realizó mediante la técnica de impregnación argéntica nucleolar, se contabilizaron 800-840 células por tratamiento y se determinó la proporción nucleolar por tratamiento. Los datos obtenidos se analizaron estadísticamente con el Test T ($p < 0,05$), los cuales evidenciaron que a mayores dosis y tiempo de exposición del extracto etanólico la proporción de nucléolos al igual que su morfología se vieron modificadas, también se observaron partículas nucleolares en el citoplasma y nucleoplasma. Dichos resultados sugieren que el extracto etanólico de *S. sisymbriifolium* posee efectos genotóxicos sobre la organización nucleolar a concentraciones de 5 y 1 mg.mL⁻¹ con 48 y 72 horas de exposición.

Palabras clave: *Allium cepa*, células meristemáticas, genotoxicidad, hojas, nucléolo, *Solanum sisymbriifolium*

Genotoxic effect of ethanolic extract of *Solanum sisymbriifolium* Lam. using analysis of nucleolar alterations in *Allium cepa* L. meristematic cells. Medicinal plants have great importance in Paraguay, due to its wide popular use for numerous affections treatment. Leaves of *Solanum sisymbriifolium* is widely used as an analgesic and renal affections treatment, although the chemical and physiological properties of the plant are known, until now its toxicological activity has not been described. As a result of this, the main objective was to determine the genotoxic effects of the ethanolic extract of *Solanum sisymbriifolium* leaves using analysis of nucleolar alterations. For this, the ethanolic extract of *S. sisymbriifolium* leaves was obtained, from which concentrations of 0.1 mg.mL⁻¹, 1 mg.mL⁻¹ and 5 mg.mL⁻¹ were obtained, and then exposed to *Allium cepa* meristematic cells for 24, 48 and 72 hours. The observation of treated cells in optical microscope has been made by silver impregnation technique, 800-840 cells per treatment were counted and the nucleolar proportion was determined by treatment. The data obtained were analyzed statistically with the T test ($p < 0.05$), which showed that at higher doses and exposure time of the ethanolic extract the proportion of nucleoli as well as their morphology were modified, nucleolar particles were also observed in the cytoplasm and nucleoplasm. These results suggest that the ethanolic extract of *S.*

Steviana, Vol. 9(2), 2017 pp. 36 – 47.

Original recibido el 27 de septiembre de 2017.

Aceptado el 05 de diciembre de 2017.

sisymbriifolium has genotoxic effects on the nucleolar organization at concentrations of 5 mg.mL⁻¹ and 1 mg.mL⁻¹ with 48 and 72 hours of exposure.

Key words: *Allium cepa*, meristematic cells, genotoxicity, leaves, nucleolus, *Solanum sisymbriifolium*

INTRODUCCIÓN

Solanum sisymbriifolium Lam. es una especie nativa del Paraguay, ruderal y maleza de cultivos, tiene una amplia distribución en los departamentos de Alto Paraguay, Central, Cordillera, Ñeembucú, Paraguari, Presidente Hayes (Zuloaga, 2017). Es conocida comúnmente como “Ñuati pytã”, “Mboi rembi`u”, “tutiá,” “tutiá colorada”, es una hierba perenne con agujones amarillos o rojizos, tallos erectos, hojas alternas, decurrentes y profundamente pinnatipartidas o pinnatisectas, sus frutos son bayas de color anaranjado-rojizos (Hadid *et al.*, 2007).

Esta especie es utilizada principalmente en medicina tradicional como anti-inflamatorio para el tratamiento de enfermedades reumáticas y respiratorias (Degen de Arrúa y González, 2014). Las raíces se utilizan en tratamientos hipertensivos, diurético, analgésico, también se la utiliza como emenagogo y regulador de la fertilidad en la mujer (Vaghela *et al.*, 2009; Ibarrola y Degen de Arrúa, 2011). En Argentina, es muy utilizado como antisifilíticos y hepatoprotector, las partes aéreas se emplean para tratar afecciones como la diarrea, infecciones de vías respiratorias y urinarias (Vaghela *et al.*, 2009).

Las hojas en infusión se emplean como analgésico, para dolores de cintura y espalda, también como antifebril y el tratamiento de manchas en la piel, dichas propiedades son destacadas en reportes de

Degen de Arrúa y González (2014) y Cáceres y Machaín (2001).

A pesar de que los estudios citotóxicos y genotóxicos de esta especie son muy escasas. el estudio realizado por Apu y colaboradores (2013), donde se evaluó la toxicidad de hojas de *S. sisymbriifolium* utilizando camarones (*Artemiasalina*) como indicador de toxicidad, estos fueron expuestos a distintas concentraciones del extracto etanólico de las hojas de dicho vegetal, hallándose sus efectos citotóxicos sobre dicho organismo.

Algunos autores han propuesto el análisis de las anormalidades en los núcleos interfásicos como criterios para el estudio genotoxicológico de distintos xenobióticos y sustancias de origen vegetal, entre estas podemos citar la evaluación de las alteraciones nucleolares (Leme y Marin-Morales, 2009; Mazzeo y Marin-Morales, 2015).

El nucléolo consiste en componentes estructurales distinguibles por diferencias en las propiedades de tinción y características ultraestructurales, denominados cuerpos nucleolares, los cuales son regiones de transcripción de ARNr y el ensamblaje de subunidades ribosomales, por lo que son buenos biomarcadores de actividad genotóxica tanto en organismos vegetales como animales (Goessens, 1984; Martín, 2001; Çavas y Ergene-Gözükara, 2003b; Mazzeo y Marin-Morales, 2015).

Por estos motivos, se propone este estudio, determinar el potencial genotóxico del extracto etanólico de hojas de *S.*

sisymbriifolium sobre la organización nucleolar en células meristemáticas del *A. cepa*, a fin de evaluar los efectos de las exposiciones a diferentes concentraciones del extracto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Colecta e identificación de muestras vegetales

La colecta se realizó en el mes de marzo del año 2017, en el campus de la Universidad Nacional de Asunción de la

ciudad de San Lorenzo, en los puntos de colecta representado en la Tabla 1.

Una vez colectadas fueron identificadas, basado en la descripción taxonómica de Burkart (1979) y Pin *et al.* (2009), luego las muestras fueron prensadas, y dejadas a temperatura ambiente ($25^{\circ} \pm 3^{\circ} \text{C}$) hasta su secado total, en ausencia de radiaciones solares y corriente de oxígeno para evitar de esta manera la degradación de los compuestos (Hostettmann *et al.*, 2008).

Tabla 1. Sitios de colecta del material vegetal

Puntos de Colecta	Distrito y Lugar de Colecta	Coordenadas
Punto 1	San Lorenzo, Campus Universitario, UNA	-25.3347264,-57.5198006,21
Punto 2	San Lorenzo, Campus Universitario, UNA	-25.335476, -57.520137
Punto 3	San Lorenzo, Campus Universitario, UNA	-25.3381512,-57.5249444,21

Montaje de cultivo hidropónico de bulbos de Allium cepa

Se seleccionaron 9 bulbos *de Allium cepa*, los cuales fueron limpiados previamente y colocados en un recipiente de plástico (21x30x10 cm) a modo que el agua con oxigenación se encuentre en contacto con el anillo radicular de los mismos, posteriormente fueron llevadas a una incubadora (CHAMBER Ambi-Hi-Lo Lab.-line), a temperatura constante de $20^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ por 48 horas (oxigenación asistida del agua con un burbujeador SOBO Aquarium Air Pump SB-108), para la obtención uniforme de tejido radicular meristemático.

Preparación del extracto acuoso de hojas de S. sisymbriifolium

Las hojas secas fueron molidas con ayuda de un molino manual y guardado en sobres de polietileno de 21 cm x 30 cm. El

macerado de las hojas fue tamizado con ayuda de una malla de 0,05 mm a modo de obtener un triturado homogéneo. Una vez adquirido el material de interés, se pesó con ayuda de una balanza de precisión y se mezcló con el solvente (Etanol 98°) en una proporción de 3:50 (Singh *et al.*, 2011). La solución se dejó reposar por 20 días con agitación diaria, transcurrido este periodo, la solución se filtró con ayuda de un equipo filtrador a modo de separar los residuos del sobrenadante (Singh *et al.*, 2011). El filtrado fue sometido a calentamiento y agitación constante a temperatura de 80°C con el fin de evaporar el solvente empleado y obtener el extracto crudo. Se obtuvo 7,37 gramos del extracto crudo con la cual se realizaron las concentraciones finales de $0,1 \text{ mg.mL}^{-1}$, 1 mg.mL^{-1} y 5 mg.mL^{-1} según consumo popular.

Ensayo de evaluación de alteraciones nucleolares en células meristemáticas de A. cepa

Para este ensayo se emplearon como control negativo, agua destilada y control positivo 8-Hidroxiquinoleína a una dosis de $0,73 \text{ mg.mL}^{-1}$, y se precedió a la exposición a las tres diferentes concentraciones ($0,1 \text{ mg.mL}^{-1}$; 1 mg.mL^{-1} y 5 mg.mL^{-1}) del extracto etanólico de *S. sisymbriifolium*. Para ello se tomaron 5 raíces de aproximadamente 1 cm de longitud, estas se seleccionaron aleatoriamente de 9 bulbos de *Allium cepa* en cultivo, y se realizaron las exposiciones a los tratamientos en tiempos de 24, 48 y 72 horas.

La tinción se realizó empleando una previa fijación de las raíces con una solución de Formaldehído 10% e Hidroquinona 1% en una mezcla de proporción (1:1) por 1 hora a temperatura ambiente ($25^\circ \pm 3^\circ \text{ C}$), una vez transcurrido el tiempo se lavaron las raíces tres veces consecutivas durante 10 minutos en placas diferentes, luego las muestras fueron colocadas en un recipiente con solución de Nitrato de plata al 2%, cubiertas con papel aluminio a modo de mantener la ausencia de luz, colocadas en una estufa a 70° C durante 15 horas (Hizume y Tanaka, 1980).

Finalmente, trascurrido el tiempo se lavaron 3 veces las raíces en placas durante 10 minutos, posteriormente se llevó a cabo el aplastado de las raíces realizando finos con golpes (squash) con una a dos gotas de Ácido acético 50%.

Los preparados fueron observados al microscopio, en primer lugar se realizó el conteo del número de nucléolos presentes en cada una las células, en segundo lugar se observaron la morfología de los

nucléolos y finalmente se contaron un total de 800 a 840 células por tratamiento según Li *et al.* (2015) con modificaciones, las cuales se observaron con ayuda de un microscopio óptico (Boeco Germany).

Análisis estadístico de datos

Los análisis estadísticos de los resultados obtenidos fueron realizados empleando la Prueba T, con un 95% de nivel de confianza y previa comprobación de supuestos, para determinar diferencias entre medias de los tratamientos, para ello se utilizó el paquete estadístico Past versión 3.0 (Hammer *et al.*, 2001). Los gráficos estadísticos se realizaron empleado el programa GraphPad Prism 6.00, La Jolla California USA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La determinación del índice de células se realizó considerando las distintas cantidades de corpúsculos nucleolares de acuerdo al tiempo de exposición; con exposición de 24 horas se observaron de 1 a 3 nucléolos en el 97,61% de las células del control negativo, en el 95,95% de las células con el control positivo, en el 97,38% de las células expuestas a $0,1 \text{ mg.mL}^{-1}$; en el 96,90% de las células expuestas a 1 mg.mL^{-1} y con la dosis 5 mg.mL^{-1} , se observaron en el 94,84% de las células analizadas. Los valores obtenidos con este tiempo de exposición, fueron ligeramente menores en comparación con la observada con el control negativo, sin embargo, las mismas no fueron significativas ($p > 0,05$). Considerando siempre el mismo tiempo de exposición y observados 4 nucléolos en las células, se observaron en el 3,57% de las células analizadas con el control positivo,

Farez, D. *et al.* Efecto genotóxico de *Solanum sisymbriifolium*

en el 4,92 % de las células expuestas a 5 mg.mL⁻¹, y en el 2,39% de las células expuestas al control negativo, concluyendo que este valor es mucho menor al observado con las células expuestas a 5 mg.mL⁻¹ ($p < 0,05$). En las células con 5

nucléolos, ocurrió lo mismo, se observaron en el 0,12% de las células analizadas con la dosis de 5 mg.mL⁻¹ y en el 0,24% con el control positivo con las dosis de 0,1 y 1 mg.mL⁻¹ no se han observado células ($p < 0,05$) (Tabla 2, Fig. 1).

Tabla 2. Porcentaje de variaciones nucleolares encontradas en células de *A. cepa* expuestas a las diluciones del extracto etanólico de *S. sisymbriifolium*

Tratamientos	1-3 Nucléolos	4 Nucléolos	5 Nucléolos	Partículas nucleolares en citoplasma	Partículas nucleolares en nucleoplasma
Tratamiento de 24 horas					
Control Negativo	97,61	2,39	0	0	0
0,73 mg.mL ⁻¹ 8-hidroxiquinoleína	95,95 ^{NS}	3,57 *	0,24 *	0,12 *	0,12 *
0,1 mg.mL ⁻¹	97,38 ^{NS}	2,62 ^{NS}	0 ^{NS}	0 ^{NS}	0 ^{NS}
1 mg.mL ⁻¹	96,90 ^{NS}	3,1 ^{NS}	0 ^{NS}	0 ^{NS}	0 ^{NS}
5 mg.mL ⁻¹	94,84 ^{NS}	4,92 **	0,12 *	0,12 *	0 ^{NS}
Tratamiento de 48 horas					
Control Negativo	97,86	2,14	0	0	0
0,73 mg.mL ⁻¹ 8-hidroxiquinoleína	88,70 ^{NS}	9,75 ***	0,59 *	0,71 *	0,24 *
0,1 mg.mL ⁻¹	93,10 *	6,89 **	0 ^{NS}	0 ^{NS}	0 ^{NS}
1 mg.mL ⁻¹	92,16 *	7,48 **	0,35*	0 ^{NS}	0 ^{NS}
5 mg.mL ⁻¹	90,14 ^{NS}	9,26 ***	0,35 *	0,24 *	0 ^{NS}
Tratamiento de 72 horas					
Control Negativo	97,61	2,38	0	0	0
0,73 mg.mL ⁻¹ 8-hidroxiquinoleína	90,71 ^{NS}	8,81 ***	0,12 *	0,24 *	0,12 *
0,1 mg.mL ⁻¹	93,16 ^{NS}	6,6 ***	0,12 *	0,12 *	0 ^{NS}
1 mg.mL ⁻¹	94,88 ^{NS}	5 **	0 ^{NS}	0,12 *	0 ^{NS}
5 mg.mL ⁻¹	87,92 ***	10,65 **	0,48 *	0,84 *	0,12 *

^{NS}: no significativo * $p < 0,05$ (significativo) ** $p < 0,01$ (considerablemente significativo) *** $p < 0,001$ (altamente significativo).

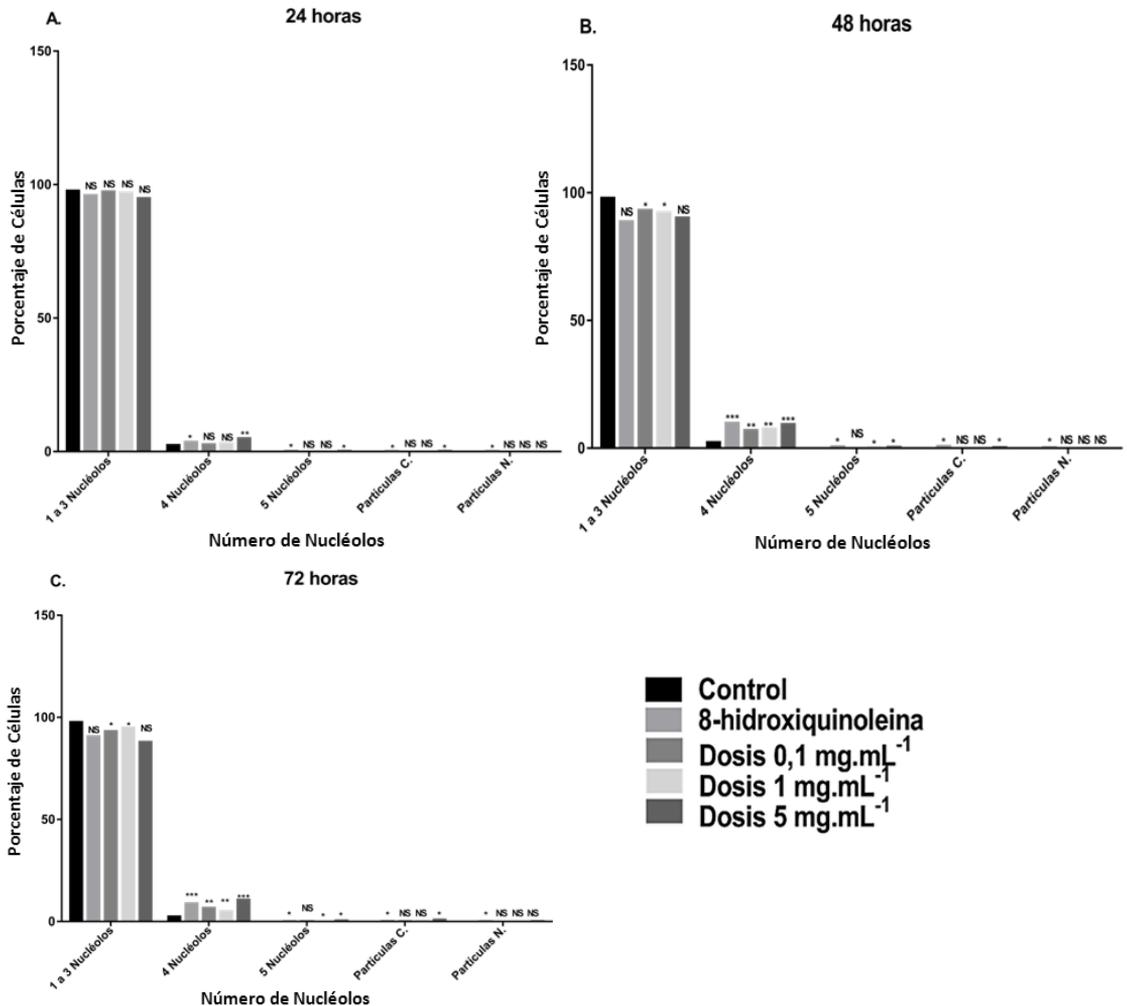


Fig. 1. Porcentaje de variaciones nucleolares encontrados en la exposición del extracto etanólico de *Solanum sisymbriifolium* en el índice de nucléolos de células meristemáticas de *A. cepa*.

Una característica importante de señalar, ha sido la presencia de partículas citoplasmáticas, con 24 horas de exposición, se observaron en el 0,12% de las células analizadas tanto para el control positivo como en la dosis de 5 mg.mL⁻¹. Otro grupo de partículas observadas, han sido las partículas nucleolares dentro del nucleoplasma y específicamente en el 0,12% de las células expuestas al control positivo.

Çavas y Ergene-Gözükara en el año 2003a, habían afirmado que la variación del número de nucléolos es un parámetro valioso que se puede emplear para estudios de genotoxicidad para distintos tipos de sustancias, observándose la presencia de 1 a 3 nucléolos en condiciones normales en las células meristemáticas de *A. cepa*, un número mayor a este nos indicaría efectos sobre la estructura de la región de organización nucleolar (Mazzeo y Marin-

Morales, 2015). Los mismos informaron también que el número de nucléolos y sus alteraciones morfológicas en células interfásicas son indicativos de parámetros funcionales de cambios en el genoma, siendo las regiones de organización nucleolar sensibles a dichos cambios (Çavas y Ergene-Gözükar, 2003b). Se destaca además que las alteraciones en el número y reducción en el tamaño de nucléolos en células de *A. cepa* expuestas a distintas concentraciones del extracto etanólico de *Solanum sisymbriifolium* son similares a los descritos por Arkhipchuk *et*

al. (2004), lo cual menciona que dicho eventos afectan las actividades funcionales del nucléolo, como ser la transcripción de genes ribosomales.

En cuanto a la morfología de los nucléolos, en las células con 1 a 3 nucléolos y expuestas al control negativo presentaron una forma esférica regular y, de tamaño similar, en aquellas células con 4 y 5 nucléolos y con las distintas dosis de exposición, presentaron una forma irregular, amorfa y densa y el tamaño entre las partículas variaba dentro del nucleoplasma celular (Fig. 2).

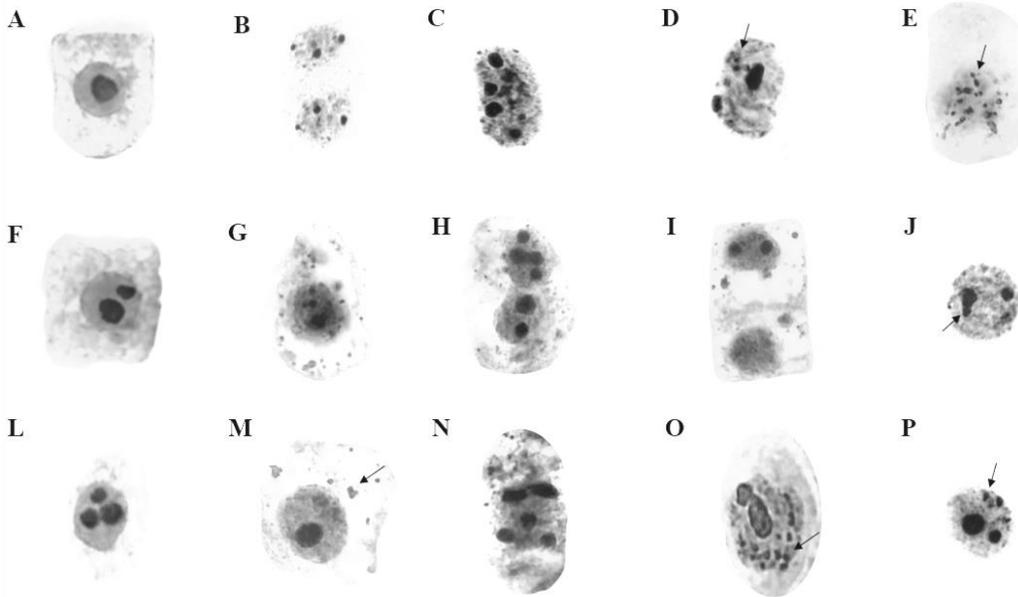


Fig. 2. Variaciones en el número de nucléolos en células meristemáticas de *A. cepa*. **A.** Célula normal 24 horas. **B.** Partículas en el núcleo, control positivo, 72 horas. **C.** Célula con 4 nucléolos 5 mg.mL⁻¹, 48 horas; **D-E.** Partículas en el núcleo (flecha) 1 y 5 mg.mL⁻¹, 72 horas. **F.** Célula normal de 2 nucléolos, 48 horas; **(G)** fragmento citoplasmático (flecha), control positivo, 48 horas. **H.** célula con 4 nucléolos 0,1 mg.mL⁻¹, 72 horas. **I.** Partículas citoplasmáticas 5 mg.mL⁻¹, 72 horas. **J.** nucléolo deforme 5 mg.mL⁻¹, 48 horas. **L.** célula normal con 3 nucléolos, 24 horas. **M.** fragmento citoplasmático (flecha) 5 mg.mL⁻¹, 24 horas. **N.** célula con 5 nucléolos, 5 mg.mL⁻¹, 72 horas. **O.** región de organización nuclear (flecha) control negativo, 24 horas. **P.** partículas en el nucleó (flecha), 5 mg.mL⁻¹, 48 horas.

En cuanto al tiempo de exposición por 48 horas, de 1 a 3 nucléolos por cada célula, se observaron en el 93,10% y 92,16% para las dosis de 0,1 y 1 mg.mL⁻¹ respectivamente, valores que no superaron al 97,86% de las células expuestas al control negativo, pero si se hallaron diferencias significativas esas dosis ($p < 0,05$), sin embargo, se observaron las dosis de 5 mg.mL⁻¹ y el control positivo valores que oscilaron entre 90,14% y 88,70%.

En las células con 4 nucléolos, se observaron en el 9,75% de las células expuestas al control positivo mayor respecto a los demás valores observados respecto al control negativo, el cual se observó en el 2,14%, lo mismo ocurrió para la dosis de 5 mg.mL⁻¹ con 9,26% de células ($p < 0,001$). Las dosis del extracto etanólico han demostrado resultados considerablemente significativos ($p < 0,01$) para 0,1 mg.mL⁻¹ en el 6,89% y 1 mg.mL⁻¹ en el 7,48% de células analizadas, ambos a 48 horas de exposición.

Con respecto a las células que han presentado 5 o más nucléolos, se han observado valores significativos ($p < 0,05$) debido a que con el control negativo no se observaron células con dicha cantidad de nucléolos, con el control positivo se observaron 0,59% de células con tales cantidades de nucléolos y para las dosis de 1 y 5 mg.mL⁻¹, se han obtenido valores similares, 0,35% de células analizadas.

En cuanto a los índices de partículas nucleolares dispersas en el citoplasma, con el tiempo de exposición de 48 horas se han observado en el 0,71% de las células analizadas con el control positivo y en el 0,24% con la dosis de 5 mg.mL⁻¹ ($p < 0,05$), con las demás dosis, 0,1 y 1 mg.mL⁻¹ y con el control negativo, no se han observado

células con partículas dispersas en el citoplasma, esto podría deberse a que las concentraciones de 0,1 y 1 mg.mL⁻¹ son bajas y no exhibieron efectos durante las 48 horas de exposición. Se enfatiza además que no se observaron células con las distintas dosis del extracto al buscar fragmentos nucleolares dentro del nucleoplasma, se observaron solamente con el control positivo, es decir, en el 0,24% de la células analizadas, debido posiblemente a que con ese tiempo de exposición y con las dosis utilizadas, aún no ocasionan efectos evidentes.

Çavas y Ergene-Gözükara en el año 2003a, informaron que el número y tamaño de los nucléolos están directamente relacionados con la proliferación y diferenciación celular, por lo tanto, las alteraciones en el número nucleolar y el tamaño estarían reflejando daños en la activación/inactivación de la síntesis de ARN ribosomal.

Los valores observados en células con 1 a 3 nucléolos y tratadas por 72 horas, se han observado en el 90,71% para el control positivo, en el 93,16% y 94,88% de las células con las dosis 0,1 y 1 mg.mL⁻¹, ambos valores no fueron significativamente diferentes ($p > 0,05$) respecto al control negativo, donde se observó en el 97,61% de las células analizadas, solamente con la dosis de 5 mg.mL⁻¹ en donde se observó un 87,92%, fue altamente significativo ($p < 0,001$).

En cuanto a las células con 4 nucléolos, se obtuvieron valores que superaron al control negativo, un 2,38% de células analizadas, un 8,81% para el control positivo, un 6,16% para la dosis de 0,1 mg.mL⁻¹, un 5% con dosis de 1 mg.mL⁻¹ y con la dosis de 5 mg.mL⁻¹ en el 10,65% de las células analizadas ($p < 0,01$).

En relación a las células con 5 nucléolos, se observaron que tanto en el control positivo como en las dosis de 0,1 mg.mL⁻¹ se observaron valores similares, en el 0,12% de las células analizadas. Cabe destacar que con la dosis de 5 mg.mL⁻¹ se observaron en el 0,48% de las células analizadas, las cuales fueron significativamente distintas al control negativo, pues no se han observado células con 5 nucléolos, como también con la dosis de 1 mg.mL⁻¹.

En cuanto a los cuerpos prenucleolares citoplasmáticos, con tiempo de exposición de 72 horas de tratamiento, se ha observado valores que superan al control negativo, donde no se han observado células, respecto a las dosis de 0,1 mg.mL⁻¹ y 1 mg.mL⁻¹, que se han observado en el 0,12% de las células analizadas, sin embargo, con la dosis de 5 mg.mL⁻¹, se obtuvo un valor de 0,84% de células, presentando diferencias significativas ($p < 0,05$) en comparación con el control negativo.

Según Karpova *et al.* (2006), el aumento del tamaño del nucléolo, resultante de la exposición a sustancias, está íntimamente relacionado con alteraciones en el metabolismo nucleolar, dichas alteraciones conducen a una amplificación génica ribosomal y/o una actividad transcripcional alta, generando una acumulación de los productos de transcripción en el nucléolo.

En cuanto a las células con partículas nucleolares dentro del nucleoplasma, con 72 horas de exposición, se han obtenido valores similares para el control positivo y con la dosis de 5 mg.mL⁻¹, en ambos casos, se observaron 0,12% de las células analizadas, siendo estas significativamente mayor ($p < 0,05$) debido a que no se

observó células de *Allium cepa* con partículas dentro del nucleoplasma en el control negativo. Así mismo, es importante señalar que no se hallaron células con partículas de origen nucleolar en el nucleoplasma en los otros tiempos de exposición (24 horas y de 48 horas), lo cual podría deberse a que aún no se podrían manifestar efectos genotóxicos o citotóxicos con las dosis de 0,1 y 1 mg.mL⁻¹. El fenómeno observado también evidenciaría el hecho de que el extracto utilizado puede ser considerado genotóxico, esto podría deberse a la presencia de alcaloides como solacaproína, solanidina, cuscohigrina, solanina, de entre los cuales la solanina, se ha evidenciado en otro estudio que posee actividad genotóxica empleando tres líneas celulares tumorales humanas, TK-10 (adenocarcinoma renal), MCF-7 (adenocarcinoma de mama) y UACC-62 (melanoma), esto porque la mayoría de los alcaloides interactúan con el ADN como agente intercalante (Cowan, 1999; Sáinz *et al.*, 2004; Ibarrola y Degen de Arrúa, 2011). El número de nucléolos en cada célula corresponde a los centros activos de la síntesis de ARNr en el núcleo interfásico de *Allium cepa*, según Mazzeo y Marin-Morales (2015) mencionan que los nucléolos pueden cambiar su número por anfiplastia, una expresión citológica que puede inducir cambios en la morfología cromosómica con la desaparición de alguna constricción secundaria (no actividad funcional de todos los NORs, presentes en la célula), ubicadas en el extremo de los brazos de los cromosomas, en algunos casos corresponden a las regiones de organización de nucléolos, por lo tanto, las alteraciones en el nucléolo en cuanto a número y tamaño estarían

reflejando daños en la activación/inactivación de la síntesis de ARN ribosómico (Leek *et al.*, 1991).

Finalmente resulta necesario realizar próximos estudios que permitan diferenciar y analizar los genes implicados en la síntesis de ARNr o en todo caso realizar pruebas más específicas que evidencien las alteraciones sobre el número y morfología de los nucléolos en células y su implicancia en la expresión de ARNr.

CONCLUSIONES

Los resultados encontrados sugieren que el extracto etanólico de *S. sisymbriifolium* podría tener efecto genotóxico sobre la actividad biosintética nucleolar, a distintas dosis en tiempos de exposición de 48 y 72 horas afectando específicamente la cantidad y la morfología de las regiones de organización nucleolar en células meristemáticas de *A. cepa*, también se han observado la presencia de una mayor cantidad de nucléolos en concentraciones de $1 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ y $5 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$. Dichos eventos podrían estar alterando la transcripción de ARNr y a su vez generar algún efecto sobre la síntesis proteica en las células analizadas.

Se recomienda continuar la evaluación de las actividades tanto citotóxicas como genotóxicas del extracto etanólico de las hojas de *S. sisymbriifolium*, así como de otros órganos de la planta, empleando otros organismos modelos como *Drosophila melanogaster*, *Vicia faba*, *Daphnia magna*, *Danio rerio*, así como también otros ensayos, como el ensayo cometa y el ensayo de alteraciones cromosómicas en sangre periférica.

AGRADECIMIENTOS

Destacamos el agradecimiento a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y al Departamento de Biología por la predisposición para el uso de los laboratorios y materiales que requería la investigación llevada a cabo. Así también agradecemos a la especialista botánica Prof. Lic. Gloria Delmás por la ayuda en la identificación botánica de los especímenes utilizados en este estudio.

REFERENCIAS

- Arkhipchuk, V.V.; Goncharuk, V.V.; Chernykh, V.P.; Maloshtan, L.N. y Gritsenko, I.S. 2004. Use of a complex approach for assessment of metamizole sodium and acetylsalicylic acid toxicity, genotoxicity and cytotoxicity. *J. Appl. Toxicol.* 24:401–407.
- Apu, A.S.; Bhuyan, S.H.; Matin, M.; Hossain, F.; Khatun, F. y Taiab, A. 2013. Analgesic, neuropharmacological, anti-diarrheal, and cytotoxic activities of the extract of *Solanum sisymbriifolium* (Lam.) leaves. *Avicenna journal of phytomedicine*, 3(4): 302-312.
- Burkart, A. 1979. Flora Ilustrada de Entre Ríos. Colecc. Cient. INTA 6(5): Dicotiledóneas Metaclamídeas. A: Primulales, Plumbaginales, Ebenales, Contortales, Tubiflorales, Callitrichales, Plantaginales.
- Cáceres, M. y Machaín, M. 2001. Manual de uso de hierbas medicinales del Paraguay. Proyecto Paraguay Farmacopea Tradicional, Patrimonio Cultural y Estrategia de

- Desarrollo. Fundación Celestina Pérez de Almada–Oficina Regional de Ciencias y Tecnología para América Latina y el Caribe *UNESCO*.
- Çavas, T. y Ergene-Gözükara, S. 2003a. Evaluation of the genotoxic potential of lambda-cyhalothrin using nuclear and nucleolar biomarkers on fish cells. *Mutat. Res.* 534:93–99.
- Çavas, T. y Ergene-Gözükara, S. 2003b. Micronuclei, nuclear lesions and interphase silver-stained nucleolar organizer regions (AgNORs) as cyto-genotoxicity indicators in *Oreochromis niloticus* exposed to textile mill effluent. *Mutat. Res.* 538: 81–91.
- Cowan, M.M. 1999. Plant products as antimicrobial agents. *Clinical microbiology reviews* 12(4): 564–582.
- Degen De Arrúa, R. y González, Y. 2014. Plantas utilizadas en la medicina popular paraguaya como antiinflamatorias. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*.13(3): 213-231.
- Goessens, G. 1984. Nucleolar structure. *International review of cytology*. 87: 107-158.
- Hadid, M.; Cosa, M.T.; Dottori, N. y Liscovsky, I. J. 2007. Anatomía de la raíz de *Solanumsisymbriifolium* (Solanaceae). *Latin American Journal of Pharmacy*. 26(1): 10-4.
- Hammer, Ř.; Harper, D.A.T. y Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontología Electrónica*. 4(1): 1-9.
- Hizume, M.; Sato, S. y Tanaka, A. 1980 A highly reproducible method of nucleolus organizing regions staining in plants. *Stain Technol.* 55:87–90.
- Hostettmann, K.; Gupta, M. P.; Marston, A. y Ferreira Quiroz, E. 2008. Manual de estrategias para aislamiento de productos naturales bioactivos. Secretaría Ejecutiva de la Organización del Convenio Andrés Bello. Colombia. 234 pp.
- Ibarrola, D.A. y Degen De Arrúa, R.L. 2011. Catálogo ilustrado de 80 plantas medicinales del Paraguay. Facultad de Ciencias Químicas-UNA y Agencia de Cooperación Internacional del Japón, Asunción, Paraguay.
- Karpova, S.S.; Kalaev, V.N.; Artyukhov, V.G.; Trofimova, V.A., Ostashkova, L.G. y Savko, A.D. 2006. The use of nucleolar morphological characteristics of birch seedlings for the assessment of environmental pollution. *Biol. Bull.* 33:73–80
- Leek, R.D.; Alison, M.R. y Sarraf, C.E. 1991. Variations in the occurrence of silver-staining nucleolar organizer regions (AgNORs) in non-proliferating and proliferating tissues. *J. Pathol.* 165:43–51.
- Leme, D.M., y Marin-Morales, M.A. 2009. *Allium cepa* test in environmental monitoring: a review on its application. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*, 682(1), 71-81.
- Li, M., Qin, R., Jiang, W. y Liu, D. 2015. Cytogenetical effects of aluminum on root meristem cells of *Helianthusannuus* L. *Botanical Sciences*, 93(1), 15-22.

- Martín, G.G. 2001. Reiniciación de la transcripción en el ciclo celular: Nucleogénesis. In Anales de la Real Academia Nacional de Farmacia. 67(1):1-48.
- Mazzeo, D.E.C. y Marin-Morales, M.A. 2015. Genotoxicity evaluation of environmental pollutants using analysis of nucleolar alterations. Environmental Science and Pollution Research. 22(13): 9796-9806.
- Pin, A.; González, G.; Marín, G.; Céspedes, G.; Cretton, S.; Christen, P. y Roguet, D. 2009. Plantas Medicinales del Jardín Botánico de Asunción. Asociación Etnobotánica Paraguaya. 441p.
- Sáinz, M.T., Japón, J.B., Peralta, M.G. y Martín-Cordero, C. 2004. Actividad citotóxica de *Solanum melongena* L. Revista de Fitoterapia, 4(2), 149-151.
- Singh, K.P.; Dwevedi, A.K. y Dhakre, G. 2011. Evaluation of antibacterial activities of *Chenopodium album* L. International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology. 2(3): 398-401.
- Vaghela, J.; Rana, M.; Savalia, V. y Sheth, N.R. 2009. Evaluation of antifungal activity of methanolic extract of leaves and stems of *Solanum sibiricum* Lam. Pharmacologyonline. 3: 1-5.
- Zuloaga, F.O. 2017. Flora del Conosur. Disponible en: <http://www2.darwin.edu.ar/proyectos/floraargentina/buscaespecies.asp>

Uso del “yatevo” *Guadua trinii* (Nees) Nees ex Rupr. en artesanía en el Departamento Central, Paraguay

Benítez, B.¹, Bertoni, S.²

¹Universidad Nacional de Asunción-Facultad de Ciencias Exactas y Naturales-Departamento de Biología-Laboratorio de Análisis de Recursos Vegetales.

²Universidad Nacional de Caaguazú-Facultad de Ciencias de la Producción.

E mail: bbenbert@facen.una.py

Uso del “yatevo” *Guadua trinii* (Nees) Nees ex Rupr. en artesanía en el Departamento Central, Paraguay. El breve reporte consiste en el uso de *Guadua trinii* en el Departamento Central, Paraguay; en especial en las ciudades de Asunción, San Lorenzo, Capiatá, Itauguá. El aprovechamiento es esencialmente para fabricación de cestas que lo realizan artesanos de estas ciudades mencionadas. Así también se observó el proceso de elaboración, algunos aspectos del aprovechamiento y la comercialización de la artesanía.

Palabras clave: artesanía, *Guadua trinii*, uso

Use of “yatevo” *Guadua trinii* (Nees) Nees ex Rupr. in crafts from the Central Department, Paraguay. A short report about the use of *Guadua trinii* in the Central Department, Paraguay was made; especially in the cities of Asunción, San Lorenzo, Capiatá and Itauguá. It is used essentially for making baskets by the craftsman of the cities mentioned above. The elaboration process, some aspects of the use and commercialization of the crafts were observed.

Key words: crafts, *Guadua trinii*, use

INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento de las plantas tiene una connotación muy particular en Paraguay, depende esencialmente de factores socioeconómicos que regulan fundamentalmente el comportamiento de los individuos frente a su entorno natural, que puede ser silvestre e intervenido. En el país numerosas publicaciones mencionan que varios representantes de la Familia Poaceae tienen diversidad de aplicaciones, *Sorghum bicolor*, especie introducida, es de uso artesanal y forrajera (Benítez *et al.*, 2009), otros son medicinales (Basualdo *et al.*, 2004), además son muy frecuentes las Poaceae de uso ornamental, en especial las exóticas.

Muchos representantes de esta familia son conocidos comúnmente como “bambu”, cuyas características del tallo hacen su propiedad para utilizarlo en diversos usos, en especial como materia prima para construcción, instrumentos musicales, cestería y otras utilidades.

Varietades de cestería elaboradas en base al tallo de *Guadua trini* (Nees) Nees ex Rupr. han sido observados en diferentes centros de venta en Asunción, en el mercado de San Lorenzo, en Capiatá, en especial en las ciudades periféricas de la capital. Este trabajo forma parte de un Programa de Investigación más amplio referente al aprovechamiento de especies nativas e introducidas en diferentes comunidades del Paraguay. Se presentan datos preliminares sobre las características

Steviana, Vol. 9(2), 2017 pp. 48 – 52.

Original recibido el 27 de septiembre de 2017.

Aceptado el 05 de diciembre de 2017.

de la especie, la colecta de los usuarios, el proceso de elaboración y algunos aspectos que hacen a su comercialización.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los trabajos de campo fueron realizados desde el 2015 al 2017. Fueron colectadas las muestras testigo en la localidad de San Lorenzo, comunidad urbana caracterizada por su intensa actividad comercial. Se realizaron entrevistas semi estructuradas a 5 artesanos quienes proporcionaron los datos de cosecha y elaboración. Además, fueron realizadas observaciones directas en los sitios de trabajo; se observaron las técnicas manuales de trabajo utilizadas para elaborar la artesanía en las casas particulares de los artesanos. Fueron visitados puestos de venta además de sitios de fabricación. La observación in situ de la especie en los áreas donde se desarrolla esta especie, permitió definir los tipos de hábitats preferentes para la propagación de la misma.

El espécimen colectado fue identificado utilizando material bibliográfico de Schmidt y Longhi-Wagner (2008) y Rugolo de Agrasar (2016).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La familia Poaceae, es de distribución cosmopolita, de regiones tropicales y templadas; comprende aproximadamente 700 géneros y 11.000 especies, son dominantes en una gran diversidad de ecosistemas, además de poseer una gran importancia económica para el hombre (Chen *et al.*, 2006; Zuloaga, Rugolo y Anton, 2012). Las Poaceae es una de las 4 familias con mayor número de especies de

plantas vasculares (Biganzoli y Zuloaga, 2015). El género *Guadua* comprende 31 especies que habitan regiones tropicales y sub tropicales de América Central y del Sur (Zuloaga, Rugolo y Anton, 2012).

Guadua trinitii pertenece a la familia Poaceae, sub familia Bambusoideae (Rugolo, 2016), dentro de esta sub familia se incluyen diversas especies con formas herbáceas, arbustivas y leñosas. La distribución abarca Argentina, Brasil y Uruguay (Zuloaga, Rugolo y Anton, 2012).

En cuanto a las utilidades de *Guadua trinitii* entre los Guaraníes de Misiones, Keller (2009) menciona que de la caña con dos entrenudos se confeccionan las fruteras; además es uno de los bambúes más usados para la fabricación de instrumentos musicales y en la construcción y acondicionamiento de viviendas (Keller, 2008, 2010); se utiliza además, para elaboración de cestería para comercializar y trampas para cazar (Crivos, Martínez y Pochettino, 2004); las cañas se utilizan para construcciones rústicas, cercos (Burkart, 1969).

En Paraguay, la especie de referencia, se desarrolla en hábitats como bosques degradados, en sitios muy perturbados, en cursos de agua, terrenos abandonados, patios de casas; es empleada como fuente de recursos económicos en diversas comunidades de Paraguay. Además de su característica propiedad ornamental, protege a los suelos contra la erosión.

En los bosques del Alto Paraná, es frecuente observar esta especie en las depresiones periódicamente inundables.

Los Guaraníes de la Cuenca del Paraná uso siempre esta especie para fabricación de instrumentos musicales como el “tacuapu”; además es frecuente observar

que dentro del tallo hueco introducen enjambres de diferentes especies de meliponides para producir miel.

El espécimen de referencia fue colectado en la Compañía Itauguá Guazú de la ciudad de Itá.

La planta, de unos 20 m de altura, se caracteriza por presentar sus cañas de color verde de aproximadamente de 7-12 cm; erectos en la base, pero decumbentes y flexibles en la parte superior; hojas caulinares envainantes en la base de los tallos; lanceoladas, alternas, envainantes, de mayor tamaño en las ramas más jóvenes, de 5 a 15 cm; con el tallo hueco dividido en nudos y entrenudos; con rizomas tipo paquimorfo (Fig. 1. A).

En Paraguay esta planta es conocida como “tacuarusu”, “yatevo”, la muestra cultivada, fue colectada en el patio de una vivienda. Los artesanos entrevistados mencionaron, que el aprendizaje de las técnicas de trabajo fue a través de sus vivencias cotidianas en el ambiente familiar o a través de la observación de la metodología que observaron en otros artesanos, que aunque no hayan tenido una vivencia diaria, se han involucrado laboralmente con esas personas y de esta manera han asimilado las técnicas que posteriormente fueron aplicando en sus trabajos artesanales.

Fueron observados también las unidades familiares que desarrollan la actividad artesanal como mecanismo laboral, las actividades lo comparten los hijos y los padres. El padre realiza el primer corte o “mboja’o”, “mbovo” en sentido longitudinal de la caña (Fig. 1. B), los cortes que exigían más destreza; los niños acompañados de la madre llevaban a cabo la primera limpieza, los cortes más sencillos. Una vez preparada la lámina el

artesano principal, el padre de familia realizaba el entramado de los cestos (Fig. 1. C-D) en el inicio y lo terminaban las mujeres de la familia. Las herramientas utilizadas comprenden, “kopiha” o “kysepuku”, “kyse guazú”, “kyse’i” que utilizaban según necesidades asociadas al tipo de cestos o “ajaka” que iban a elaborar.

Guadua trinii es cosechada una vez a la semana en un bambusal de una propiedad cercana, cortan con el machete o “kopiha”, aprovechan aproximadamente a los 7 meses de brotación, la colecta está regulada por la cantidad de ventas realizadas semanalmente. Los artesanos entrevistados mencionaron que trabajaban aproximadamente 8 horas por día., de una caña de 15 m de longitud salen aproximadamente 7 canastos. Compran las cañas a los dueños de propiedades donde se desarrollan grandes extensiones de bambusales en la Compañía denominada Caaguazú. La elaboración de canastas para la época navideña es una fuente de recurso importante para las familias, elaboran aproximadamente de 10 a 20 canastas por día. Además elaboran cestas más grandes para panadería, de cada caña de aproximadamente 10 m sale una canasta. Se observa un estilo de canal de comercialización muy simple en donde las ventas pueden partir directamente del artesano al comprador final en las casas donde se elaboran el producto. Además se observaron la presencia de compradores mayoristas cuyo objetivo principal es la reventa de los productos en los centros de venta importantes de ciudades comercialmente más activas como Asunción y San Lorenzo.

Cabe resaltar, que la falta de inserción laboral más formal es uno de los factores

que inciden para que existan un grupo de artesanos que tienen como actividad principal la realización de artesanía y son en muchos casos vendedores directos en las comunidades urbanas y rurales, también se observa la tendencia de

focalización de las ventas en locales que tienen como actividad la venta de estos tipos de artículos, es el caso de numerosos puestos de venta en el Mercado 4 de Asunción y en el Mercado de San Lorenzo.

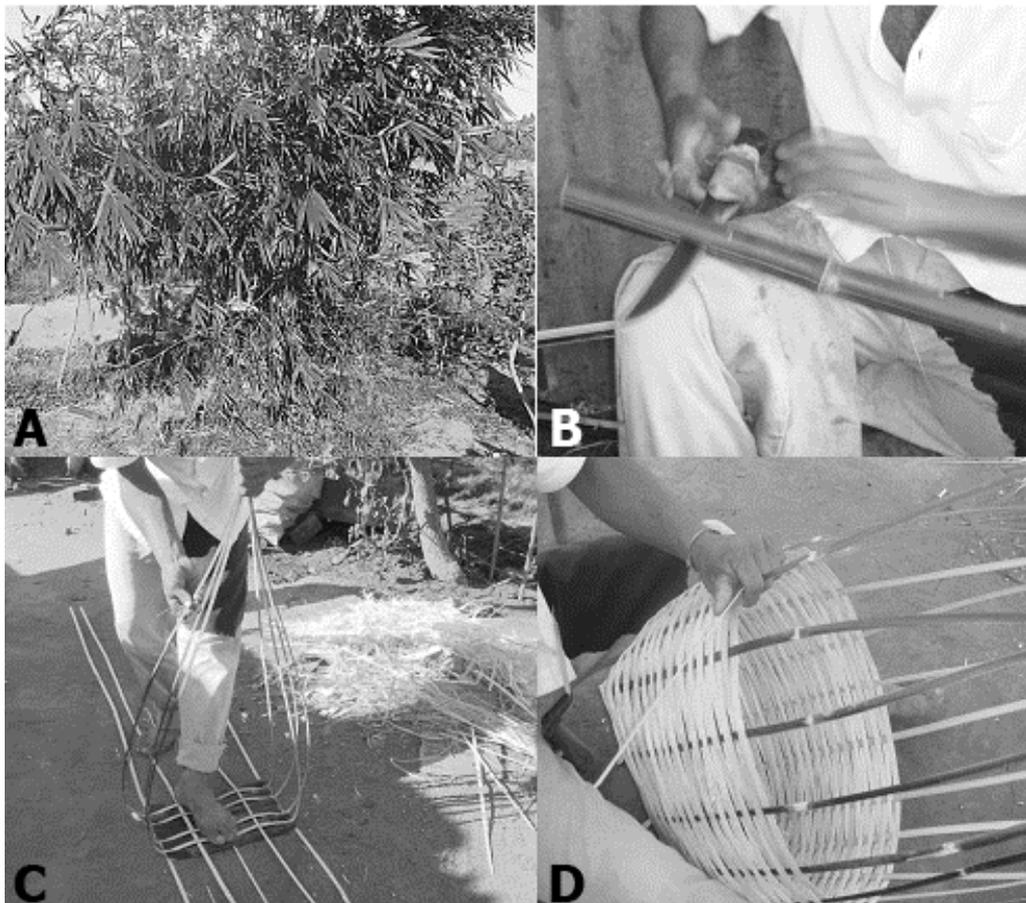


Fig. 1. A. Planta de *Guadua trinii*. (Mat. Ref.: Benítez, 1770) S 25° 28' 15,9'' W 57° 21' 49,11''). B. Corte longitudinal de la caña. C. realización del primer entramado. D. entramado más avanzado de una cesta para panadería.

AGRADECIMIENTOS

Al artesano Edgar Rodríguez, por compartir su amplio conocimiento en la elaboración y la comercialización de canastas. A los informantes de la Ciudad de Itá, Itaugua Guazú, Barcequillo y a los

vendedores de los mercados de Asunción, San Lorenzo.

REFERENCIAS

Basualdo, I., Soria, N., Ortiz, M. y Degen, R. 2004. Plantas medicinales

- comercializados en los Mercados de Asunción y Gran Asunción. Parte I. *Rojasiana* 6 (1): 95-112.
- Benítez, B., Pereira, C., González, F. y Bertoni, S. 2009. Plantas nativas e introducidas utilizadas como fibras en Paraguay; morfología, aprovechamiento y estado de conservación. *Steviana*, Vol. 1. pp. 5-23
- Biganzoli, F. y Zuloaga, F. 2015. Análisis de diversidad de la familia Poaceae en la región austral de America del Sur. *Rodriguésia* 66(2): 337-351.
- Burkart, A. 1969; *Guadua*, pp. 32-35, en A. Burkart (ed), Gramíneas. Fl. II. EntreRíos 6 (2): 1-551. Colección Científica del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires.
- Chen, S.L. et al. 2006. Poaceae. In: Wu, Z.Y.; Raven, P.H. y Hong, D.Y. (eds.). *Flora of China*. Vol. 22 (Poaceae). Science Press and Missouri Botanical Garden Press, Beijing and St. Louis. 752p.
- Crivos, M., Martínez, M.R. y Pochettino, M. L. 2004. Nature and domestic life in the Valle del Cuñapirú (Misiones, Argentina): Reflections on Mby'a-Guaraní ethnobotany. *Agriculture and Human Values* 21: 7-21.
- Keller, H. 2008. Las plantas usadas en la construcción y el acondicionamiento de las viviendas y templos guaraníes en Misiones, Argentina. *Bonplandia* 17(1): 65-81.
- Keller, H. 2009. Plantas textiles de los guaraníes de Misiones, Argentina. *Bonplandia* 18(1): 29-37.
- Keller, H. 2010. Plantas usadas por los guaraníes de Misiones (Argentina) para la fabricación y el acondicionamiento de instrumentos musicales. *Darwiniana* 48(1): 7-16.
- Rugolo, Z.E. 2016. Bambúes Leñosos nativos y exóticos de la Argentina. 1ª ed. Hurlingham. 248 p.
- Schmidt, R. y Longhi-Wagner, H. M. 2008. *Flora Ilustrada Do Rio Grande Do Sul-A triboBambuseae (Poaceae, Bambusoideae) no Rio Grande do Sul, Brasil*. Revista Brasileira de Biociências/Brazilian Journal of Biosciences. Journal of Biosciences.
- Zuloaga, F.O., Rugolo, Z.E. y Anton, A.M. R. 2012. *Flora Vascular de la República Argentina: volumen 3 tomo 1*. 1ª edición. 588 p.

CONTENIDO POR SECCIONES

Ecología

3 – 14

Frecuencia y Ecología de la hemiepífita estranguladora *Ficus enormis* (Mart. ex Miq) Miq. (Moraceae) en dos áreas verdes del Área Metropolitana de Asunción, Paraguay
Martínez, L.; Vogt, C.

Ficología

15 – 25

Influencia de factores fisicoquímicos sobre la biodiversidad de cianobacterias en el Lago Ypacaraí durante el periodo 2012-2014
Benítez Rodas, G.; Villalba Duré, G.; Ávalos de Enciso, C.; Araujo Florentín, C.; Acosta Brítez, R.; Escobar, A.; Astigarraga Escobar, O.; Peralta López, I.; Cardozo Román, C.

26– 35

Primer reporte de floración por *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans en el Lago Ypacaraí – Departamento Central, Paraguay
Benítez Rodas, G.; Dos Santos, M.; Núñez, A.; Villalba Duré, G.; Ávalos de Enciso, C.; Araujo Florentín, C.; Acosta Brítez, R.; Escobar, A.; Arenas, R.; Astigarraga Escobar, O.; Peralta López, I.

Toxicología

36– 47

Efecto genotóxico del extracto etanólico de *Solanum sisymbriifolium* Lam. utilizando el análisis de alteraciones nucleolares en células meristemáticas de *Allium cepa* L.
Farez, D.; Gayozo, E.; Torres, E.; Notto, A.

Nota breve

48 – 52

Uso del “yatevo” *Guadua trinii* (Nees) Nees ex Rupr. en artesanía en el Departamento Central, Paraguay
Benítez, B., Bertoni, S.