



REPORTES CIENTÍFICOS

D E L A F A C E N

ISSN 2078-399X (impreso)

ISSN 2222-145X (online)

Volumen 4

Número 1

2013

Razones para preocuparse y ocuparse de la estadística y de su enseñanza.

Contribución al estudio florístico de la Reserva Natural Laguna Blanca, San Pedro, Paraguay.

Anuros de la Reserva de Recursos Manejados Ybyturuzú. Un enfoque sobre su estado de conservación.

Sólidos en suspensión, erosión y sedimentación en un tramo del Río Paraná, Embalse Yacyretá.

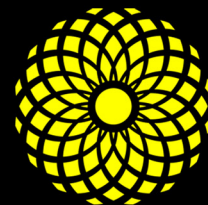
Calidad de agua del Río Tebicuary en cultivos de arroz en los Departamentos de Caazapá, Misiones y Ñeembucú.

Influencia antrópica sobre el parámetro fósforo en el recurso hídrico Arroyo Poti-y de Encarnación. Aplicación de una metodología para el control de la calidad analítica.

Aflatoxinas, un riesgo real.

Diez reglas sencillas para científicos con aspiraciones en países de bajos ingresos.

Diez reglas para lograr la publicación de un artículo científico.



FACEN

Facultad de Ciencias
Exactas y Naturales

PUBLICACIÓN CIENTÍFICA
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN-PARAGUAY

REPORTES CIENTÍFICO DE LA FACEN



Reportes Científicos de la FACEN, publicación Oficial de Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de Universidad Nacional de Asunción, emitida semestralmente. Publica artículos originales, artículos de revisión, temas de actualidad reportes de casos, comunicaciones cortas y cartas al editor en las áreas de Biología, Química, Física, Matemáticas Pura, Matemática Estadística, Geología y Tecnología de Producción. Los trabajos y opiniones que se publican en la revista son de exclusiva responsabilidad de los autores. La revista se reserva todos los derechos.

REPORTES CIENTÍFICOS DE LA FACEN

Dirección postal

Reportes Científicos de la FACEN, Dirección de Investigación de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Campus Universitario, Casilla de Correo 1039, San Lorenzo, Paraguay.

Teléfono/Fax

595 21 585600

E-mail

reportescientificos@gmail.com

Dirección web

<http://www.facen.una.py/es/news/revistacientifica>

Revista indexada a:

Latindex y SciELOParaguay

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN

Dr. Froilán Enrique Peralta Torres
Rector

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

Prof. Constantino Nicolás Guefos Kapsalis, MAE
Decano

Dirección Web

www.facen.una.py

Cuerpo Editorial

Editor en Jefe

Deidamia Franco
FACEN – UNA

Comité Editorial

Dra. Celeste Vega – Centro de desarrollo de la investigación científica (CEDIC)

Dra. Miriam Rolon – Centro de desarrollo de la investigación científica (CEDIC)

Lic. Andrea Weiler, MSc. – FACEN – UNA

Lic. Gladys Ortiz, MSc. – FACEN – UNA

Lic. Cristina Morales, MSc. – Guyrá Paraguay

Dr. Alberto Yanoski – Guyrá Paraguay

Dra. Antonieta Rojas de Arias – OPS- PY

Dr. Robert Owen – Texas Tech University

Dr. Julio Daviña – UNAM Posadas - Argentina

Dra. Ana Honfi – UNAM Posadas - Argentina

Secretaría

Lic. César Benítez Torres, MSc – FACEN – UNA

Lic. Sonia Molinas – FACEN – UNA

Lic. Nery López – FACEN – UNA

Sr. Víctor Filippi Amabile – FACEN – UNA

Diagramación

Dr. Bolívar Garcete, MSc

Revisión y corrección de estilos

Lic. Danilo Fernández, MSc.

Diseño de tapa

Cesar Arce

Rep. cient. FACEN	San Lorenzo (Paraguay)	Vol. 4, Nº 1	enero-junio de 2013	ISSN 2078-399X (versión impresa) ISSN 2222-145X (versión online)
-------------------	------------------------	--------------	---------------------	---

REPORTES CIENTÍFICOS

DE LA FACEN

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Rep. cient. FACEN	San Lorenzo (Paraguay)	Vol. 4, Nº 1	enero-junio de 2013	ISSN 2078-399X (versión impresa) ISSN 2222-145X (versión online)
-------------------	------------------------	--------------	---------------------	---

EDITORIAL

- 3 **Benigno Ricardo Olmedo Garay.** Razones para preocuparse y ocuparse de la estadística y de su enseñanza.

ARTÍCULOS ORIGINALES

- 5-20 **María Vera Jiménez, Carolina Rodríguez & César Benítez.** Contribución al estudio florístico de la Reserva Natural Laguna Blanca, San Pedro, Paraguay.
- 21-33 **Katia Airaldi Wood, Esteban O. Lavilla & Bolívar R. Garcete-Barrett.** Anuros de la Reserva de Recursos Manejados Ybyturuzú. Un enfoque sobre su estado de conservación.
- 34-44 **Hugo A. Rojas.** Sólidos en suspensión, erosión y sedimentación en un tramo del Río Paraná, Embalse Yacretá.
- 45-56 **Hugo A. Rojas & Teófilo A. Díaz.** Calidad de agua del Río Tebicuary en cultivos de arroz en los Departamentos de Caazapá, Misiones y Ñeembucú.
- 57-67 **Hugo A. Rojas.** Influencia antrópica sobre el parámetro fósforo en el recurso hídrico Arroyo Poti-y de Encarnación. Aplicación de una metodología para el control de la calidad analítica.

ARTÍCULO DE REVISIÓN

- 68-81 **Andrea Alejandra Arrúa Alvarenga, Juliana Moura Méndez & Danilo Fernández Ríos.** Aflatoxinas, un riesgo real.

TEMAS DE ACTUALIDAD

- 82-85 **Edgardo Moreno & José-María Gutiérrez.** Diez reglas sencillas para científicos con aspiraciones en países de bajos ingresos.
- 86-88 **Philip E. Bourne.** Diez reglas para lograr la publicación de un artículo científico.

COMUNICADOS DEL CUERPO EDITORIAL

- 89-96 Guía para la presentación de artículos científicos en la revista "Reportes Científicos de la FaCEN".



EDITORIAL

Razones para preocuparse y ocuparse de la estadística y de su enseñanza

Desde los comienzos de la civilización han existido formas sencillas de hacer estadística, las representaciones gráficas y otros símbolos en pieles, rocas, maderas y en las paredes de las cuevas eran utilizadas para contar el número de personas, animales o registrar otros datos. La aplicación de procedimientos estadísticos en algunas civilizaciones antiguas, tales como la egipcia, griega y romana, se realizaban para recuentos de la población con fines tributarios y militares.

Como dijera **David V. Huntsberger**¹: “La palabra estadística a menudo nos trae a la mente imágenes de números apilados en grandes arreglos y tablas, de volúmenes de cifras relativas a nacimientos, muertes, impuestos, poblaciones, ingresos, deudas, créditos y así sucesivamente. Huntsberger tiene razón pues al instante de escuchar esta palabra estas son las imágenes que llegan a nuestra cabeza.

Aunque en un principio la estadística surge a partir de la elaboración de censos, actualmente, su estudio y aplicación adquieren vital importancia, debido a que mediante el cálculo de probabilidades como instrumento de análisis para el estudio de fenómenos relacionados al campo de la agricultura, biología, psicología, medicina, enseñanza, etc, permite la predicción del comportamiento del fenómeno estudiado.

El escritor inglés **Herbert George Weils**², en su célebre frase ha señalado, “Un día las estadísticas serán tan útiles para la vida ciudadana como el leer y escribir”, este pensamiento hoy día se hace realidad ante un mundo globalizado, que trae como consecuencia cambios constantes en todos los órdenes de la sociedad, y por otro lado la tecnología y la internet pone al alcance de la ciudadanía una gran variedad y cantidad de información. Estos hechos exigen, en primer lugar, la utilización, cada vez más, de métodos estadísticos para razonar críticamente y entender el comportamiento del fenómeno estudiado, y en segundo lugar, contar con profesionales formados en ese campo, con capacidad de obtener, organizar, analizar datos y comunicar resultados, que faciliten una correcta toma de decisiones.

Prof. MSC. BENIGNO RICARDO OLMEDO GARAY
Prof. Titular del Departamento de Estadística
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales-UNA

¹Huntsberger, David V (1083). Elementos de Estadística Inferencial, Ed Compañía Editorial Continental. México.

²Herbert George Wells (1866-1946). Escritor y filósofo británico.

CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO FLORÍSTICO DE LA RESERVA NATURAL LAGUNA BLANCA, SAN PEDRO, PARAGUAY

CONTRIBUTIONS FOR A FLORISTIC STUDY OF THE LAGUNA BLANCA NATURAL RESERVE, SAN PEDRO, PARAGUAY

MARÍA VERA JIMÉNEZ¹, CAROLINA RODRÍGUEZ² & CÉSAR BENÍTEZ³

¹Laboratorio de Análisis de Recursos Vegetales, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Email: maridavera@gmail.com.

²Departamento de Botánica, Jardín Botánico y Zoológico de Asunción. Asociación Etnobotánica Paraguaya.

³Dirección de Investigación, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Asunción.

Resumen: La Reserva Natural Laguna Blanca presenta formaciones vegetales bien diferenciadas y representativas. Ubicada en un gran parche del Cerrado dentro del Bosque Atlántico, está rodeada de humedales con vegetación acuática. El propósito del trabajo fue clasificar y describir las formaciones vegetales de la Reserva Natural Laguna Blanca, en base a las especies presentes y la fisonomía de la vegetación. Para ello fueron establecidos transectos georeferenciados de 50 m de largo, distanciados a 100 m entre sí. Se registraron las especies observadas, comunidades vegetales y observaciones ecológicas generales; se colectaron muestras de ejemplares fértiles. Fueron identificadas 181 especies agrupadas en 160 géneros y 71 familias botánicas. Se reconocieron y describieron los siguientes tipos de formaciones vegetales: Sabana clara arbolada o Cerrado (sentido lato), Cerradón, Cerrado (sentido estricto), Campo sucio de Cerrado y Campo limpio de Cerrado; Bosque Sub-húmedo y semicaducifolio; Bosque Higrófilo Ribereño; Humedales o Vegetación higrófila; Zona Degradada.

Palabras clave: Laguna Blanca, Cerrado, formaciones vegetales.

Abstract: The Laguna Blanca Natural Reserve has differentiated and representative vegetation. It is located in a large patch of the Cerrado inside the Atlantic Forest, it is surrounded by wetlands with aquatic vegetation. The purpose of this study was to classify and describe the vegetation of the Laguna Blanca Nature Reserve, taking into account the species found and the *vegetation physiognomy*. Georeferenced transects of 50 m long were established, spaced at 100 m from each other. Observed species were registered, along with plant communities and general ecological observations; samples of fertile specimens were collected. 181 species were identified, and they were distributed into 160 genus and 71 botanical families. The following types of vegetation were recognized and described: Sabana clara arbolada o Cerrado (sentido lato), Cerradón, Cerrado (sentido estricto), Campo sucio de Cerrado y Campo limpio de Cerrado; Bosque Sub-húmedo y semicaducifolio; Bosque Higrófilo Ribereño; Humedales o Vegetación higrófila; Zona Degradada.

Keywords: Laguna Blanca, Cerrado, *vegetation physiognomy*.

INTRODUCCIÓN

Las sabanas cubren casi el 20% de la superficie de la tierra en un cinturón entre 15° y 20° de latitud en ambos hemisferios (Cole, 1986). Generalmente se las clasifica en sabanas estacionales húmedas y secas, dependiendo de la cantidad de precipitación y la duración de los períodos de sequía (Eiten, 1972). Las características del suelo son muy importantes en la determinación de la fitofisionomía, principalmente la humedad y los nutrientes (Montgomery & Askew, 1983). El fuego, la vegetación herbácea y el manejo del paisaje juegan diferentes papeles en cada región, y son por lo tanto considerados como

determinantes secundarios en estos ecosistemas (Medina, 1987; Felfili y Da Silva, 1993).

La región del Cerrado tiene una superficie de 1,5 a 1,8 millones de km² y se localiza principalmente en el centro de Brasil, con pequeñas áreas que se extienden hacia el noreste de Paraguay y el este de Bolivia. La región del Cerrado ocupa una posición central en relación con los otros biomas importantes de América del Sur, ya que tiene extensas fronteras con los dos mayores bloques de bosques de América del Sur (Amazonia y la Mata Atlántica), así como con las dos mayores regiones secas de América del Sur (Caatinga y Chaco) (Cardoso

Da Silva, 1998). El clima en la región del Cerrado es tropical estacional, con un periodo seco (mayo a septiembre-octubre) que coincide con los meses más fríos del año (Nimer, 1979). La precipitación media anual en esta región varía de 1,250 a 2,000 mm, y la temperatura media anual de 20 ° a 26 ° C (Ab'Saber, 1983).

La vegetación del Cerrado varía en su estructura desde "Campo Limpio", un pastizal con muy pocas plantas madereras o de poca altura, a "Cerradón", un tipo de bosque denso con el dosel más o menos cerrado (Eiten, 1972), con toda una gama intermedia de hábitats entre estos dos tipos. Los cerrados son también el hogar de muchos parientes silvestres de plantas cultivadas, incluyendo especies de yuca, maní, guayaba y piña (Wood et al, 2011).

El área de estudio, la "Reserva Natural Laguna Blanca", se encuentra ubicada en el extremo Nor-Este del Departamento de San Pedro, en el Distrito de Santa Rosa del Aguaray, a unos 27 km en línea recta y en dirección Este de la Ciudad Santa Rosa del Aguara'y Guasú y Ruta Internacional N° 3 Gral. Elizardo Aquino (Macedo & Villalba, 2008). La Reserva Natural Laguna Blanca corresponde a la Ecorregión Selva Central según el documento "Áreas prioritarias para la conservación en la Región Oriental del Paraguay", CDC (1990). Ya en 1990, el CDC resalta que la Laguna Blanca posiblemente sea el único lago del país desde el punto de vista ecológico, con profundidades que alcanzan los 8 metros .

El clima del área es el subtropical, que se caracteriza por una marcada bimodalidad térmica, con largos períodos de alta temperatura y humedad, y de cortos períodos secos y fríos. El marco climático para el área está dado por temperaturas medias de 22° C a 23° C y por una pluviometría entre 1.400 y 1.500 mm. Los suelos correspondientes a la propiedad pertenecen a los grupos Entisol, Inceptisol y Ultisol, de acuerdo al mapa de suelos (MAG/DOA, 1995).

Los tipos de cobertura predominantes corresponden a las diferentes formaciones del tipo de vegetación *Cerrado*.

Laguna Blanca, está caracterizada principal-

mente, por un lago asentado sobre arena blanca de origen calcáreo, lo que hace que sus aguas sean totalmente transparentes. Tiene una superficie de 150 ha, y profundidad de aproximadamente 7m. Es uno de los sitios más estudiados por investigadores nacionales y extranjeros, ya que su atractivo también radica en que se encuentra enclavada en dos ecosistemas bien definidos, el Bosque Atlántico del Alto Paraná y el Cerrado (Viré et al, 2011)

Los objetivos del trabajo fueron: clasificar y describir detalladamente las formaciones vegetales de la Reserva Natural Laguna Blanca, en base a las especies y a la fitofisonomía de la vegetación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un análisis multitemporal de la zona de estudio con imágenes satelitales tipo LANDSAT 5TM e imágenes de Google map. Se acompañó el análisis con cartografía digital de CENSALES 2002, se procesó el SIG con el programa ArgGis 10 y se caracterizó preliminarmente el terreno, se establecieron los puntos para el muestreo. El trabajo de campo, se llevó a cabo en los meses de julio, agosto y diciembre de 2011, en la Reserva Privada Laguna Blanca, ubicada en el Departamento de San Pedro, Paraguay. Según los puntos de observación previamente acordados, se establecieron transectas georreferenciadas de 50 m de largo cada una, distanciadas a 100 m. Se registraron las especies observadas, comunidades vegetales y observaciones del ambiente como suelo, humedad relativa del aire, cantidad de luz (Villarreal et al, 2006). Se puso especial énfasis en las especies amenazadas y endémicas.

Se confeccionó un mapa digital de las comunidades vegetales observadas (Figura 1) y se obtuvo un listado de las especies observadas y colectadas, por unidades de clasificación. Los ejemplares originales de las especies colectadas fueron depositados en el Herbario de la Facultad de Ciencias Químicas (FCQ) de la Universidad Nacional de Asunción.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se identificaron 181 especies diferentes, pertenecientes a 160 géneros y 71 familias botánicas.

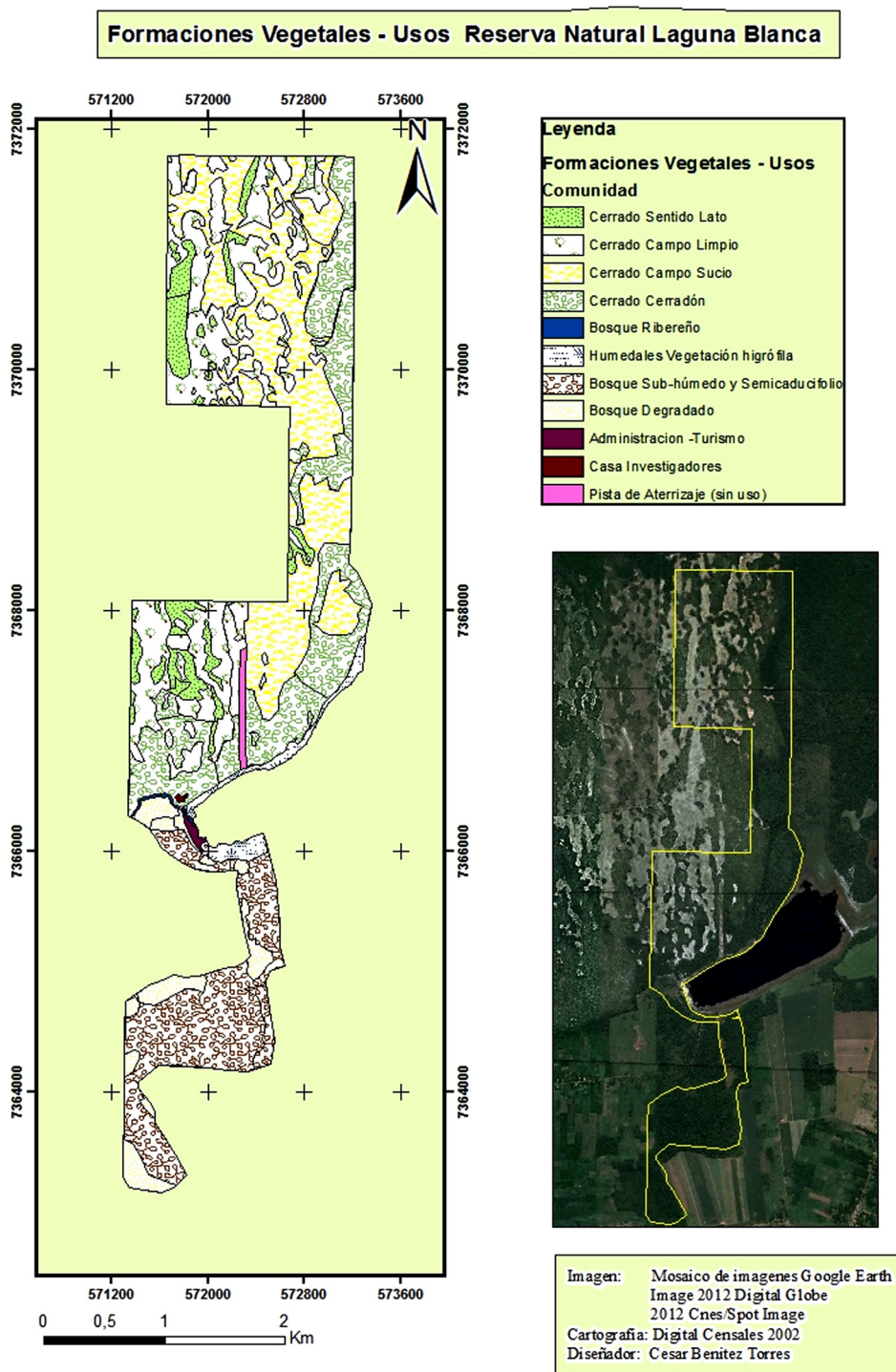


Figura 1. Formaciones Vegetales de la Reserva Natural Laguna Blanca.

Tabla 1. Listado de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas identificadas en las formaciones del Cerrado.

N°	Familia Botánica	Nombre científico	Nombre común	Hábitat
1	Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium arachnoideum</i> (Kaulf.) Maxon		CE
2	Gleicheniaceae	<i>Dicranopteris flexuosa</i> (Schrad.) Underw.		CE
3	Arecaceae	<i>Allagoptera</i> sp.		CE
4	Arecaceae	<i>Allagoptera</i> sp.		CE
5	Arecaceae	<i>Butia</i> sp.	jata'i	CE
6	Apocynaceae	<i>Mandevilla petraea</i> (A. St.-Hil.) Pichon	piña silvestre	CE
7	Bromeliaceae	<i>Ananas ananassoides</i> (Baker) L.B. Sm.	karaguatá	CE
8	Bromeliaceae	<i>Bromelia balansae</i> Mez	ybira	CE
9	Bromeliaceae	<i>Pseudananas sagenarius</i> (Arruda) Camargo		CE y BSHS
10	Bromeliaceae	<i>Tillandsia</i> cft <i>reichenbachii</i> Baker		CE
11	Cyperaceae	<i>Fimbristylis</i> sp.		CE
12	Poaceae	<i>Andropogon</i> sp.	aguará ruguái	CE
13	Poaceae	<i>Loudetia flammida</i> (Trin.) C.E. Hubb.		CE
14	Poaceae	<i>Merostachys</i> sp.	takua pi	CE
15	Poaceae	<i>Setaria</i> sp.		CE
16	Anacardiaceae	<i>Anacardium humile</i> A. St.-Hil.	kajurã	CE
17	Annonaceae	<i>Duguetia furfuracea</i> (A. St.-Hil.) Benth. & Hook. f.		CE
18	Annonaceae	<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) C. Mart.		CE
19	Apocynaceae	<i>Aspidosperma macrocarpon</i> C. Mart.		CE
20	Apocynaceae	<i>Forsteronia</i> sp.		CE
21	Apocynaceae	<i>Mandevilla petraea</i> (A. St.-Hil.) Pichon		CE
22	Balanophoraceae	<i>Langsdorffia hypogaea</i> Mart.		CE
23	Bignoniaceae	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	tajy rosado	CE
24	Bignoniaceae	<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	tajy amarillo	CE
25	Bignoniaceae	<i>Jacaranda caroba</i> (Vell.) DC.		CE
26	Bignoniaceae	<i>Jacaranda micrantha</i> Cham.	karova'i	CE
27	Bignoniaceae	<i>Pyrostegia venusta</i> (Ker Gawl.) Miers	ysypo tatá	CE
28	Bignoniaceae	<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore	paratodo	CE
29	Bombacaceae	<i>Eriotheca gracilipes</i> (K. Schum.) A. Robyns		CE
30	Bursleraceae	<i>Protium</i> crf <i>heptaphyllum</i>	ysy	CE
31	Cactaceae	<i>Cereus stenogonus</i> K. Schum.		CE
32	Cactaceae	<i>Opuntia</i> sp.		CE
33	Caryocaraceae	<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess. ssp. brasiliense		CE
34	Clusiaceae	<i>Rhedia brasiliensis</i> (Mart.) Planch. & Triana	pakuri	CE
35	Cochlospermaceae	<i>Cochlospermum regium</i> (Schrank) Pilg.	mandyjumi	CE
36	Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum deciduum</i> A. St.-Hil. var. <i>deciduum</i>		CE
37	Euphorbiaceae	<i>Cnidocolus</i> sp.		CE

Referencias: Cerrado: CE, Bosque Subhúmedo y semicaducifolio: BSHS.

Tabla 1 (continuación). Listado de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas identificadas en las formaciones del Cerrado.

N°	Familia Botánica	Nombre científico	Nombre común	Hábitat
38	Euphorbiaceae	<i>Microstachys hispida</i> (Mart.) Govaerts		CE
39	Fabaceae	<i>Alternanthera</i> sp.		CE
40	Fabaceae	<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Spig.	kurupa'y	CE
41	Fabaceae	<i>Andira humilis</i> Mart. ex Benth.		CE
42	Fabaceae	<i>Bauhinia</i> sp.	pata de Buey	CE
43	Fabaceae	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	kupa'y	CE
44	Fabaceae	<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	lorito pysa	CE
45	Fabaceae	<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne var. <i>stigonocarpa</i>	jata'yva	CE
46	Fabaceae	<i>Myroxylon peruiferum</i> L. f.	incienso colorado	CE
47	Fabaceae	<i>Samanea tubulosa</i> (Benth.) Barneby & J.W. Grimes	manduvirá	CE
48	Fabaceae	<i>Senna paradictyon</i> (Vogel) H.S. Irwin & Barneby		CE
49	Fabaceae	<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville		CE
50	Hippocrateaceae	<i>Tontelea micrantha</i> (Mart. ex Schult.) A.C. Sm.		CE
51	Lauraceae	<i>Nectandra</i> sp.		CE
52	Lauraceae	<i>Ocotea</i> sp.		CE
53	Lauraceae	<i>Ocotea</i> sp.		CE
54	Lythraceae	<i>Lafoensia vandelliana</i> Cham. & Schldtl.	morosyvö	CE
55	Malpighiaceae	<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth		CE
56	Malpighiaceae	<i>Byrsonima intermedia</i>		CE
57	Melastomataceae	<i>Miconia</i> sp.		CE
58	Melastomataceae	<i>Tibouchina</i> sp.		CE
59	Moraceae	<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul		CE
60	Myrsinaceae	<i>Myrsine parvula</i> (Mez) Otegui	canelón	CE
61	Myrtaceae	<i>Campomanesia adamantium</i> (Cambess.) O. Berg	guaviramí	CE
62	Myrtaceae	<i>Campomanesia</i> sp.	guaviramí	CE
63	Myrtaceae	<i>Myrcia</i> cfr <i>guianensis</i> (Aubl.) DC.		CE
64	Ochnaceae	<i>Ouratea</i> cfr <i>spectabilis</i>		CE
65	Rubiaceae	<i>Borreria</i> sp.		CE
66	Rubiaceae	<i>Psychotria</i> sp.		CE
67	Rutaceae	<i>Helietta apiculata</i> Benth.	yvyrá ovi	CE
68	Sapotaceae	<i>Pouteria subcaerulea</i> (Pierre) Engl.		CE
69	Solanaceae	<i>Solanum lycocarpum</i> A. St.-Hil.	aguará rembi'u	CE
70	Styracaceae	<i>Styrax leprosus</i> Hook. & Arn.		CE
71	Vochysiaceae	<i>Qualea</i> sp.		CE
72	Vochysiaceae	<i>Qualea grandiflora</i> C. Mart.		CE
73	Vochysiaceae	<i>Vochysia</i> sp.		CE
74	Xyridaceae	<i>Xyris</i> cfr <i>jupicai</i>		CE

Referencias: Cerrado: CE, Bosque Subhúmedo y semicaducifolio: BSHS.



Figura 2. a) Cerradon; b) Cerrado (sentido estricto)

Las especies identificadas, con sus familias, nombres científicos y nombres comunes, se presentan en las Tablas 1, 2, 3 y 4.

Las formaciones vegetales identificadas fueron:

1. Sabana clara arbolada (Cerrados) (Mereles, 2007). Cerrado (sentido lato) (Eiten, 1994).
 - 1.1. Cerradón.
 - 1.2. Cerrado (sentido estricto).
 - 1.3. Campo sucio de Cerrado.
 - 1.4. Campo limpio de Cerrado.
2. Bosque Sub-húmedo y semicaducifolio (Mereles, 2007), Bosque Seco Estacional Neotropical (Oakley & Prado, 2011).
3. Bosque Higrófilo Ribereño (Mereles, 2007).
4. Humedales - Vegetación higrófila (alrededores de la laguna).
5. Zona Degradada (asentamientos humanos).

A continuación se describen cada una de las citadas formaciones.

1. Sabanas arboladas y arbustivas (Cerrado), (Mereles, 2007); Cerrado (sentido lato), (Eiten, 1994)

1.1. Cerradón (Figura 2a)

Es la forma más alta de cerrado (sentido lato). El dosel arbóreo, generalmente de altura irregular, varía de un nivel general, en diferentes lugares, de 7

hasta 15m, con árboles individuales pudiendo llegar a 18 o 20 m (Eiten, 1994). En cerradones de dosel cerrado o abierto, debajo de los árboles, ocurre un sub-bosque arbustivo, constituido por árboles pequeños de 3m de altura, arbustos, a veces tacuaras, palmeras acaules o con troncos cortos y bromelias grandes terrestres. El sub-bosque raramente está ausente, ocurre como camada dispersa (menos de 10% de cobertura), abierta (10-60%) o cerrada (más de 60%), (Eiten, 1994).

Los sitios estudiados presentan una cobertura arbórea con una altura máxima general de 15m, con algunos emergentes de 20m. Por debajo del estrato superior se observa un segundo estrato de 3 a 6 o 7m. Y por debajo de este último se observa el sotobosque, de hasta 2m. de altura, formado por hierbas, subarbustos y arbustos, en algunos casos acaules.

El estrato arbóreo está formado por las siguientes especies: *Myroxylon peruiferum* (inciense colorado), *Copaifera langsdorfii* (kupa'y), *Dimorphandra mollis* (lorito pysä), *Qualea grandiflora*, *Tabebuia aurea* (paratodo), *Handroanthus impetiginosus* (tajy rosado), *H. ochraceus* (tajy amarillo) y *Caryocar brasiliense*.

El segundo estrato está formado por árboles de pequeño porte, como por ejemplo: *Protium heptaphyllum* (ysy), *Brosimum gaudichaudii*, *Lafoensia vandelliana* (morosyvo), *Byrsonima coccolobifolia*,

Tabla 2. Listado de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas identificadas en las formaciones Bosque Sub-húmedo y semicaducifolio y Bosque Ribereño.

N°	Familia Botánica	Nombre científico	Nombre común	Hábitat
1	Cyatheaceae	<i>Cyathea atrovirens</i> (Langsd. & Fisch.) Domin	chachi	BR
2	Polypodiaceae	<i>Microgramma vacciniifolia</i> (Langsd. & Fisch.) Copel.	angujá ruguai	BR
3	Polypodiaceae	<i>Plecluma paradiseae</i> (Langsd. & Fisch.) M.G. Price		BR
4	Polypodiaceae	<i>Pleopeltis pleopeltifolia</i> (Raddi) Alston		BSHS
5	Pteridaceae	<i>Adiantum pseudotinctum</i> Hieron.	kulantrillo ka'aguy	BSHS
6	Pteridaceae	<i>Adiantum serrato-dentatum</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.		BSHS
7	Thelypteridaceae	<i>Thelypteris abbiattii</i> C.F. Reed		BR
8	Araceae	<i>Philodendron bipinnatifidum</i> Schott	guembé	BSHS
9	Arecaceae	<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.	mbokaja, cocotero	BSHS
10	Arecaceae	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	Pindó	BSHS
11	Bromeliaceae	<i>Bromelia balansae</i> Mez	karaguatá	CE y BSHS
12	Bromeliaceae	<i>Pseudananas sagenarius</i> (Arruda) Camargo	Ybira	CE
13	Cyperaceae	<i>Cyperus</i> sp.		BSHS
14	Cyperaceae	<i>Scleria latifolia</i> Sw.		BR
15	Diocoreaceae	<i>Dioscorea cfr coronata</i> Hauman		BSHS
16	Herreriaceae	<i>Herreria montevidensis</i> Klotzsch ex Griseb.	zarzaparrilla	BSHS
17	Marantaceae	<i>Calathea cfr grandiflora</i>		BSHS
18	Marantaceae	<i>Calathea</i> sp.		BSHS
19	Orchidaceae	<i>Campylocentrum</i> sp.		BSHS
20	Orchidaceae	<i>Oeceoclades maculata</i> (Lindl.) Lindl.		BSHS y BR
21	Orchidaceae	<i>Oncidium</i> sp.		BSHS
22	Poaceae	<i>Ocellochloa stolonifera</i> (Poir.) Zuloaga & Morrone		BSHS
23	Smilacaceae	<i>Smilax campestris</i> Griseb.	ju'a peka	BSHS
24	Acanthaceae	<i>Justicia brasiliana</i> Roth		BSHS
25	Amaranthaceae	<i>Gomphrena</i> sp.		BSHS
26	Amaranthaceae	<i>Iresine diffusa</i> Humb. & Bonpl. Ex Willd.	mboi ka'a	BSHS
27	Apiaceae	<i>Hydrocotyle</i> sp.	akaryso	BSHS
28	Apocynaceae	<i>Prestonia coalita</i> (Vell.) Woodson		BSHS
29	Apocynaceae	<i>Tabernaemontana catharinensis</i> A. DC.	sapirangy	BSHS
30	Aristolochiaceae	<i>Aristolochia gibertii</i> Hook. var. gibertii	Patito	BSHS
31	Asteraceae	<i>Chaptalia nutans</i> (L.) Pol.		BSHS
32	Asteraceae	<i>Elephantopus mollis</i> Kunth		BSHS
33	Asteraceae	<i>Gochnatia polymorpha</i> (Less.) Cabrera ssp. Polymorpha	ka'ambara	BSHS
34	Asteraceae	<i>Porophyllum ruderale</i> (Jacq.) Cass.	tuja renypy'a	BSHS
35	Asteraceae	<i>Senecio</i> sp.	agosto poty	BSHS
36	Balanophoraceae	<i>Lophophytum mirabile</i> Schott & Endl. ssp. <i>bolivianum</i> (Wedd.) B.Hansen	yvoty vyv, flor de piedra	BSHS
37	Bignoniaceae	<i>Dolichandra unguis-cati</i> (L.) L.G. Lohmann	uña de gato	BSHS
38	Bignoniaceae	<i>Fridericia cfr pubescens</i> (L.) L.G. Lohmann		BSHS

Referencias: Bosque Sub-húmedo y semicaducifolio: BSHS; Bosque Ribereño: BR; Cerrado: CE

Tabla 2 (continuación). Listado de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas identificadas en las formaciones Bosque Sub-húmedo y semicaducifolio y Bosque Ribereño.

N°	Familia Botánica	Nombre científico	Nombre común	Hábitat
39	Bignoniaceae	<i>Fridericia sp. (flores rosado-lilaceas)</i> VER		BSHS
40	Bignoniaceae	<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	tajy hü	BSHS
41	Boraginaceae	<i>cfr Tournefortia paniculata</i>		BSHS
42	Boraginaceae	<i>Cordia americana</i> (L.) Gottschling & J.S. Mill.	guajayvi	BSHS
43	Boraginaceae	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	peterevy	BSHS
44	Boraginaceae	<i>Heliotropium transalpinum</i> Vell.		BSHS
45	Burseraceae	<i>Protium cfr heptaphyllum</i>	Ysy	BSHS y CE
46	Cactaceae	<i>Brasiliopuntia sp.</i>		BSHS
47	Cactaceae	<i>Pereskia aculeata</i> Mill.	ysypo morí	BSHS
48	Cecropiaceae	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	amba'y	BR
49	Celtidaceae	<i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sarg.		BSHS
50	Celtidaceae	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	kurundi'y	BSHS
51	Convolvulaceae	<i>Ipomoea sp.</i>		BSHS
52	Euphorbiaceae	<i>Acalypha communis</i> Müll. Arg.	niño rataindy	BSHS
53	Euphorbiaceae	<i>Jatropha sp.</i>		BSHS
54	Euphorbiaceae	<i>Sapium haematospermum</i> Müll. Arg.		BSHS
55	Euphorbiaceae	<i>Tragia volubilis</i> L.		BSHS
56	Fabaceae	<i>Acacia sp.</i>	Jukerí	BSHS
57	Fabaceae	<i>Albizia niopoides</i> (Spruce ex Benth.) Burkart	yyra ju	BSHS
58	Fabaceae	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan var. cebil (Griseb.) Altschul	kurupa'y kuru	BSHS
59	Fabaceae	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	kupa'y	BSHS y CE
60	Fabaceae	<i>Crotalaria cfr lanceolata</i>		BSHS
61	Fabaceae	<i>Inga affinis</i> DC.	inga guasu	BSHS
62	Fabaceae	<i>Holocalyx balansae</i> Micheli	alecrín	BSHS
63	Fabaceae	<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	yyra pytâ	BSHS
64	Fabaceae	<i>Samanea tubulosa</i> (Benth.) Barneby & J.W. Grimes	manduvirá	BSHB y CE
65	Hippocrateaceae	<i>Hippocratea volubilis</i> L.		BSHS
66	Melastomataceae	<i>Miconia cfr rufescens</i>		
67	Meliaceae	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Cedro	BSHS
68	Meliaceae	<i>Trichilia catigua</i> A. Juss.		BSHS
69	Meliaceae	<i>Trichilia elegans</i> A. Juss.		BSHS
70	Moraceae	<i>Dorstenia brasiliensis</i> Lam.	taropé	BSHS
71	Moraceae	<i>Ficus sp.</i>	guapo'y	BSHS
72	Moraceae	<i>Maclura tinctoria</i> (L.) Steud. ssp. mora (Griseb.) Vázq. Avila	tatajyva	BSHS
73	Myrtaceae	<i>Myrcia obtecta</i> (O. Berg) Kiaersk. var. Obtecta	typycha ka'ati	BSHS
74	Oxalidaceae	<i>Oxalis sp.</i>		BSHS
75	Passifloraceae	<i>Passiflora sp.</i>		BSHS

Referencias: Bosque Sub-húmedo y semicaducifolio: BSHS; Bosque Ribereño: BR; Cerrado: CE

Tabla 2 (continuación). Listado de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas identificadas en las formaciones Bosque Sub-húmedo y semicaducifolio y Bosque Ribereño.

N°	Familia Botánica	Nombre científico	Nombre común	Hábitat
76	Piperaceae	<i>Piper amalago</i> L.	yryvu retyma	BSHS
77	Rubiaceae	<i>Coussarea</i> sp.		BSHS
78	Rubiaceae	<i>Faramea</i> sp.		BSHS
79	Rubiaceae	<i>Palicourea rigida</i> Kunth		BSHS
80	Rubiaceae	<i>Psichotria</i> sp.		BSHS
81	Rubiaceae	<i>Randia armata</i> (Sw.) DC. var. <i>armata</i>		BSHS
82	Rutaceae	<i>Balfouriodendron riedelianum</i> (Engl.) Engl.	guatambú	BSHS
83	Rutaceae	<i>Citrus aurantium</i> L.		BSHS
84	Rutaceae	<i>Esenbeckia</i> cfr. <i>febrifuga</i> (A. St.-Hil.) A. Juss. ex Mart.	yvyra ovi mi	BSHS
85	Rutaceae	<i>Zanthoxylum petiolare</i> A. St.-Hil. & Tul.	tembetary say'ju	BSHS
86	Rutaceae	<i>Zanthoxylum</i> sp.	tembetary hü	BSHS
87	Salicaceae	<i>Prockia crucis</i> P. Browne ex L.		BSHS
88	Sapindaceae	<i>Allophylus edulis</i> (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Hieron. ex Niederl.	Kokú	BSHS
89	Sapindaceae	<i>Paullinia meliifolia</i> Juss.		BSHS
90	Solanaceae	<i>Cestrum strigilatum</i> Ruiz & Pav.		BSHS
91	Tiliaceae	<i>Luehea divaricata</i> Mart.	ka'a oveti	BSHS
92	Tiliaceae	<i>Triumfetta semitriloba</i> Jacq.		BSHS
93	Trigoniacae	<i>Trigonia nivea</i> Cambess.		BSHS
94	Violaceae	<i>Hybanthus</i> cfr. <i>communis</i>		BSHS

Referencias: Bosque Sub-húmedo y semicaducifolio: BSHS; Bosque Ribereño: BR; Cerrado: CE

Samanea tubulosa (manduvirá), *Hymenaea stigonocarpa* var. *stigonocarpa*, *Anadenanthera peregrina*, *Stryphnodendron adstringens*, *Nectandra* sp. y *Aspidosperma macrocarpon*.

En el sotobosque se observan: *Smilax campestris* (ju'a peká), *Pseudananas sagenarius* (ybira), *Cyperus* sp., *Allagoptera* sp., *Andira humilis*, *Pyrostegia venusta* (ysypo tatá), *Bauhinia* sp., *Jacaranda caroba*, *Duguetia furfuracea*, *Ananas ananassoides*, *Trigonia nivea*, *Erythroxylum deciduum* var. *deciduum*, *Myrcia* cfr. *guianensis* y otras.

Es importante mencionar la presencia de la especie *Langsdorffia hypogaea* Mart., de la familia Balanophoraceae, una especie rara, parásita de raíces y que se encuentra en abundancia en esta formación vegetal.

1.2. Cerrado (sentido estricto) (Figura 2b)

Las formas de Cerrado de “arboleda de arbustos

y árboles” y sus variantes con todos los árboles bajos (menores de 7m) o de sub-bosque cerrado, bien como “arboleda baja”, “matorral abierto” o “matorral cerrado”, son todas formas de cerrado en sentido estricto (Eiten, 1994).

El Cerrado sentido estricto o sensu stricto presenta una menor cobertura de gramíneas y una mayor cobertura arbustivo-arbórea (Henriques, 2005).

En los puntos de muestreo se observaron las variantes de arboleda baja y matorral abierto. Las especies observadas en las formaciones vegetales fueron: ejemplares aislados y en algunos puntos agregados de *Anadenanthera peregrina* (kurupa' y kuru), *Tabebuia aurea* (paratodo), *Handroanthus ochraceus* (tajy amarillo), *Dimorphandra mollis* (lorito pysä), *Cereus stenogonus*, *Aspidosperma macrocarpon*, *Erytheca gracilipes*, *Vochysia tucanorum* y *Styrax leprosus*.

Entre los arbustos, subarbustos y las hierbas

observadas se mencionan: *Jacaranda micrantha* (karova'i), *Cochlospermum regium* (mandyjurä), *Mandevilla petraea*, *Anacardium humile* (kaju rä), *Duguetia furfuracea*, *Cnidoscopus* sp., *Microstachys hispida*, *Byrsonima intermedia*, *Ouratea cfr spectabilis*, *Andropogon* sp., *Loudetia flammida*, *Palicourea rigida*, *Jacaranda caroba*, *Bromelia balansae* y numerosas Myrtaceas y Arecaceas, entre las que se mencionan *Campomanesia adamantium* (guavirami), *Psidium sp1*, (katuava), *Allagoptera sp.*, entre otras.

1.3. Campo sucio de Cerrado (Figura 3a)

Son las formas sabánicas de cerrado con cobertura leñosa de menos de 10%, pero mayor que cero. Los elementos de la camada leñosa pueden ser solamente árboles, árboles más arbustos y otros elementos de matorral o solamente arbustos; distribuidos individualmente o en pequeños agrupamientos. Las sabanas de cerrado ocurren sobre terreno plano o levemente inclinado (Eiten, 1994).

En el área de estudio, estos campos fueron observados en los alrededores de la antigua pista de aterrizaje, dominados principalmente por las

especies *Andropogon* sp. y *Loudetia flammida*.

Se observaron entre las especies arbóreas aisladas a: *Tabebuia aurea* (paratodo), *Handroanthus ochraceus* (taju say'ju), *Byrsonima coccolobifolia* y *Dimorphandra mollis* (lorito pysä). Entre los arbustos y subarbustos observados se mencionan: *Macrosiphonia petrea*, *Duguetia furfuracea*, *Annona dioica*, *Anacardium humile* y *Campomanesia adamantium* (guavirami).

1.4. Campo limpio de Cerrado (Figura 3b)

Es la fisonomía del Cerrado con más alta cobertura de gramíneas. Según Eiten (1992) está constituido solamente por la camada rastrera. El campo limpio de cerrado tiene una composición florística casi idéntica a la camada rastrera del campo sucio (Eiten, 1994).

En los sitios de muestreo ésta formación se presentó dominada por las familias Xyridaceae y Cyperaceae. Con ejemplares de los géneros *Xyris* y *Fimbristylis*, respectivamente. Fue posible observar especies aisladas de los géneros *Croton* (Euphorbiaceae), *Borreria* (Rubiaceae), *Crotalaria* y *Alternanthera* (Fabaceae) y *Tibouchina* (Melas-

Tabla 3. Listado de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas identificadas en las formaciones de los Humedales y Bosques Ribereños.

N°	Familia Botánica	Nombre científico	Nombre común	Hábitat
1	Blechnaceae	<i>Blechnum serrulatum</i> Rich.		HU
2	Cyatheaceae	<i>Cyathea atrovirens</i> (Langsd. & Fisch.) Domin	Chachi	BR y HU
3	Dennstaedtiaceae	<i>Lindsaea</i> sp.		HU
4	Polypodiaceae	<i>Microgramma vacciniifolia</i> (Langsd. & Fisch.) Copel.	angujá ruguai	BR y HU
5	Polypodiaceae	<i>Pechuma paradiseae</i> (Langsd. & Fisch.) M.G. Price		BR y HU
6	Pteridaceae	<i>Pityrogramma calomelanos</i> (L.) Link var. <i>calomelanos</i>		HU
7	Thelypteridaceae	<i>Thelypteris abbiattii</i> C.F. Reed		HU
8	Cyperaceae	<i>Eleocharis</i> sp.		HU
9	Cyperaceae	<i>Scleria cfr distans</i> Poir.	kapi'i katī	BR y HU
10	Cyperaceae	<i>Scleria latifolia</i> Sw.		BR y HU
11	Xyridaceae	<i>Xyris</i> sp.		HU
12	Alismataceae	<i>Sagittaria rhombifolia</i> Cham.		HU
13	Cecropiaceae	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	amba'y	BR y HU
14	Mayacaceae	<i>Mayaca sellowiana</i> Kunth		HU
15	Melastomataceae	<i>Miconia cfr rufescens</i>		HU
16	Menyanthaceae	<i>Nymphoides indica</i> (L.) Kuntze		HU
17	Onagraceae	<i>Ludwigia</i> sp		HU

Referencias: Humedales: HU; Bosque Ribereño: BR

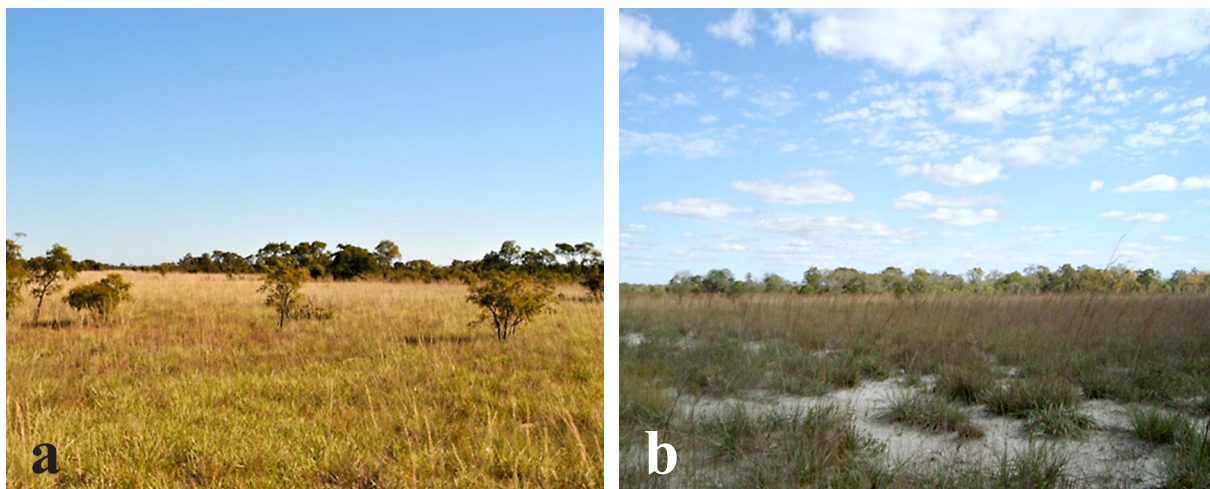


Figura 3. a) Campo sucio de Cerrado; b) Campo limpio de Cerrado.

tomataceae), todas herbáceas.

2. Bosque Sub-húmedo y semicaducifolio (Mereles, 2007), Bosque Seco Estacional Neotropical (Oakley & Prado, 2011) (Figura 4a)

Son los bosques que se desarrollan con una precipitación que no supera los 1700 mm, sobre suelos francos a franco-arenosos y pierden sus hojas en forma parcial o a veces total, a los efectos de la floración; se estima que más de 50% de las especies leñosas pierden sus hojas al menos una vez al año; poseen entre 3 a 4 estratos de vegetación, con lianas y epífitas en su interior (Mereles, 2007).

El área de estudio es un remanente boscoso, sometido en el pasado a extracción selectiva de madera y en proceso de recuperación. Se diferencian en él tres estratos definidos, el estrato alto alcanza 20 m. de altura, el segundo entre 10 y 15 m; y el bajo es menor a los 10m. Las especies más abundantes pertenecen a la familia Fabaceae,

incluyendo a: *Anadenanthera colubrina* var. cebil (kurupa'y kuru), *Peltophorum dubium* (yvyrá pytä), *Albizia niopoides* (yvyrá ju), *Copaifera langsdorffii* (kupa'y), *Samanea tubulosa* (manduvirá) y *Holocalyx balansae* (alecrín), además también están representados, *Balfourodendron riedelianum* (guatambú), *Handroanthus heptaphyllus* (tajy hü), *Allophylus edulis* (kokü) y *Cordia americana* (guajayvi).

En el estrato medio se encuentran: *Trichilia catigua* (catigua pytä), *Tabernaemontana catharinensis* (sapiroangy), *Acrocomia aculeata* (mbocajá), *Maclura tinctoria* (tatajyva), *Citrus aurantium* (apepú), *Luehea divaricata* (ka'a oveti), *Sapium haematospermum* (kurupika'y).

El estrato bajo está compuesto por árboles de pequeño porte y algunas especies arbustivas y subarbustivas tales como: *Trichilia elegans*, *Pereskia nemorosa*, *Piper amalago*, *Cestrum stri-*

Tabla 4. Listado de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas identificadas en las Zonas Degradadas.

Nº	Familia	Nombre científico	Nombre común	Hábitat
1	Arecaceae	<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.	Mbocajá	ZD
2	Celastraceae	<i>Plenckia populnea</i> Reissek		ZD
3	Phytolaccaceae	<i>Phytolacca dioica</i> L.	Ombú	ZD
4	Poaceae	<i>Megathyrsus maximus</i> (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs var. <i>maximus</i>	pasto colonial	ZD

Referencias: Zona Degradada: ZD



Figura 4. a) Bosque Sub-húmedo y Semicaducifolio; b) Bosque Ribereño.

gilatum y regeneraciones de las especies arbóreas del estrato alto.

Entre las especies herbáceas presentes en el sotobosque se citan: *Oeceoclades maculata*, *Pseudananas sagenarius*, *Lithachne pauciflora*, *Hippocratea volubilis*, *Philodendron bipinnatifidum* (guembé), *Herreria montevidensis* (zarzaparrilla), *Bromelia balansae* (karaguatá), *Dorstenia brasiliensis* (taropé), *Chaptalia nutans* (diente de león), *Paullinia meliifolia*, *Hybanthus communis* y helechos tales como *Adiantum serratodentatum*, *Adiantum pseudotinctum*, *Pleopeltis pleopeltifolia* y *Microgramma vacciniifolia*. También se observó la presencia de la especie africana introducida *Panicum máximum*, en los límites de la formación vegetal.

También es importante mencionar la presencia de la especie *Lophophytum mirabile* Schott & Endl. ssp. *bolivianum* (Wedd.) B.Hansen, que al igual que *Langsdorffia*, pertenece a la familia Balanophora-

ceae y es parásita de raíces.

El suelo del bosque se presenta cubierto de hojarasca, con un espesor promedio de 1,5 cm.

3. Bosque Higrófilo Ribereño (Mereles, 2007) (Figura 4b)

Son formaciones ligadas al agua, sea de las inundaciones o de las lluvias; según el caso, se desarrollan a lo largo de los grandes ríos (Paraná, Paraguay), ríos de menor caudal, arroyos y otros cuerpos de agua, permanentes o temporarios como las lagunas, los riachos o las aguadas varias. Las especies se caracterizan porque soportan cierto grado de asfixia en los suelos, originados por las inundaciones temporales a las que se encuentran sometidas (Mereles, 2007).

El bosque observado presenta algunos componentes de la formación Bosque Subhúmedo Semicaducifolio, variando de acuerdo a la composición del suelo. No se distinguen estratos y la altura de

Tabla 5. Cuadro Comparativo del Número de Familias, Géneros y Especies.

Unidades de Vegetación	N° de Familias	N° de Géneros	N° de Especies
Sabanas: Cerrado (Cerradón, Cerrado sentido estricto, Campo Sucio, Campo Limpio)	37	68	74
Bosques: Bosque Subhúmedo y Semicaducifolio y Bosque Ribereño	46	88	94
Humedal	14	16	17

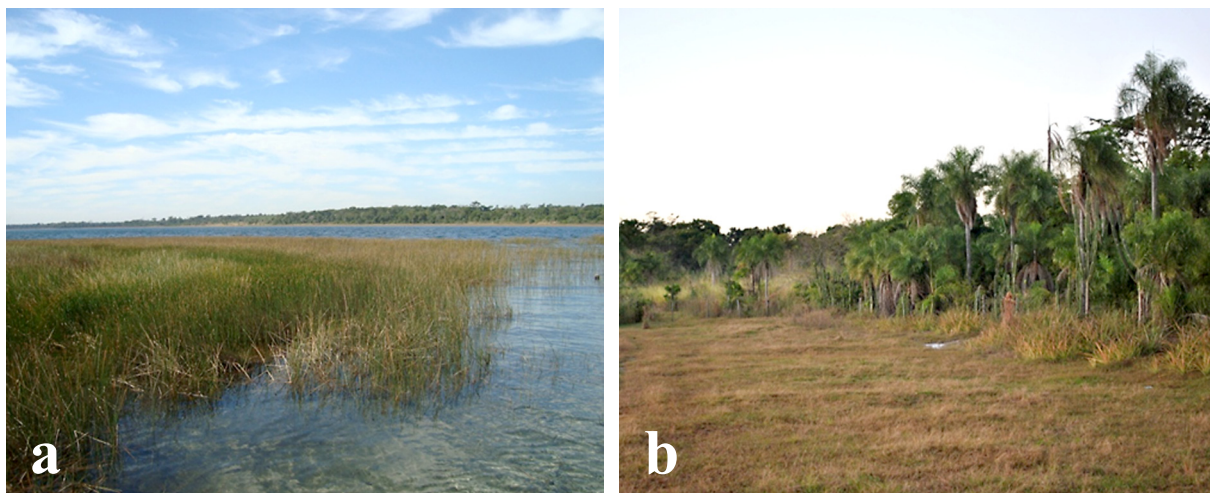


Figura 5. a) Humedales-Vegetación higrófila; b) Zona Degradada.

los árboles oscila entre 10 y 12 m.

Las principales especies observadas son: *Protium heptaphyllum* (ysy), *Luehea divaricata* (ka'a oveti), *Inga affinis* (ingá guasu), *Cecropia pachystachya* (amba'y), yvyrá pytä (*Peltophorum dubium*) entre otras.

En el sotobosque pueden observarse algunas especies tales como: *Oeceoclades maculata*, *Peccluma paradiseae*, *Cyathea atrovirens*, *Miconia* sp., *Psichotria* sp. y otras.

4. Humedales - Vegetación higrófila (alrededores de la laguna) (Figura 5a)

Son ecosistemas sumamente dinámicos, caracterizados por la presencia de agua, estancada o corriente, y con límites difíciles definir (Mereles, 2007). La conocida Laguna Blanca, es de naturaleza exorreica, da origen al nacimiento de numerosos tributarios del río Aguaray Guazu, afluente éste del río Paraguay y se conoce poco de su geología (Mereles, 2004).

En el apartado Bosque Higrofilo Ribereño, se describe la vegetación que acompaña a uno de los arroyos que nacen en la laguna. Los alrededores de la laguna, están colonizados por especies palustres tales como: *Blechnum serrulatum*, *Xyris jupicai*, *Mayaca sellowiana*, *Sagittaria rhombifolia*, *Nymphoides indica*, *Ludwigia* spp., *Typha* sp., *Eleocharis* spp., *Tibouchina* sp., entre otras. La presencia de dichas especies está condicionada por

la fluctuación del agua.

5. Zona Degradada (asentamientos humanos) (Figura 5b)

Aunque no constituyen una formación vegetal en sí, es necesario mencionar las áreas de asentamientos humanos por separado, debido a que presentan características distintas a las descritas en los apartados anteriores.

En ellas se ha eliminado el sotobosque para la instalación de viviendas, y se ha dejado una cobertura arbórea compuesta por: *Xylopia aromatica* (principalmente), *Hymenaea stigonocarpa* var. *stigonocarpa*, *Samanea tubulosa* (manduvirá), *Plenckia populnea*, *Protium heptaphyllum* (ysy) y *Phytolacca dioica*, entre otras.

El suelo es arenoso y está parcialmente cubierto de hojarasca y algunas gramíneas y herbáceas rastreras.

La cantidad de especies identificadas por unidad de clasificación se presentan en el siguiente cuadro, acompañado por el siguiente que contiene las especies amenazadas identificadas.

Aunque el número de especies identificadas en la formación de Cerrado, sea inferior a la del Bosque, se resalta que el número de especies amenazadas en ambas, es prácticamente igual, lo que le otorga una importancia particular al Cerrado, debido a su restringida distribución en el país.

Tabla 6. Especies Amenazadas encontradas en la Reserva Natural Laguna Blanca.

Nº	Familia	Nombre científico	Nombre común / Formación vegetal	UICN, 2010	*SEAM (524/06)	*SEAM (1609/06)	SEAM (2243/06)	CITES (2008)	CDC (2004)
1	Anacardiaceae	<i>Anacardium humile</i> A. St.-Hil.	kajurá /CE						N3
2	Apocynaceae	<i>Mandevilla petraea</i> (A. St.-Hil.) Pichon	CE						N2N3
3	Arecaceae	<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.	mbokaja, cocotero/CE						N3
4	Balanophoraceae	<i>Langsdorffia hypogaea</i> Mart.	CE						N2
5	Balanophoraceae	<i>Lophophytum mirabile</i> Schott & Endl. ssp. <i>bolivianum</i> (Wedd.) B. Hansen	yvoty yvy, flor de piedra/ BSHS						N3
6	Bignoniaceae	<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	tajy hü/BSHS		CR		Si		N3
7	Bignoniaceae	<i>Jacaranda micrantha</i> Cham.	karova'i/CE						N3
8	Bombacaceae	<i>Eriotheca gracilipes</i> (K. Schum.) A. Robyns	CE						N3N4
9	Boraginaceae	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	peterevy/BSHS		EN		Si		
10	Burseraceae	<i>Protium crf heptaphyllum</i>	ysy/CE						N2
11	Cactaceae	<i>Brasiliopuntia</i> sp.	BSHS					II	
12	Cactaceae	<i>Cereus stenogonus</i> K. Schum.	CE					II	
13	Cactaceae	<i>Opuntia</i> sp.	CE					II	
14	Cactaceae	<i>Pereskia aculeata</i> Mill.	ysypo mori/BSHS					II	
15	Cyatheaceae	<i>Cyathea atrovirens</i> (Langsd. & Fisch.) Domin	chachi/BSHS		EN		Si		N1
16	Fabaceae	<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	lorito pysa/CE		EN	EN	Si		N3N4
17	Fabaceae	<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne var. <i>stigonocarpa</i>	jata'yva/CE						N3
18	Fabaceae	<i>Myroxylon peruiferum</i> L. f.	incienco colorado/CE		EN		Si		
19	Herreriaceae	<i>Herreria montevidensis</i> Klotzsch ex Griseb.	zarparrilla/BSHS		EN	EN	Si		N3N4
20	Meliaceae	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	cedro/BSHS	EN	CR		Si		
21	Orchidaceae	<i>Campylocentrum</i> sp.	BSHS					II	
22	Orchidaceae	<i>Oeceoclades maculata</i> (Lindl.) Lindl.	BSHS					II	
23	Orchidaceae	<i>Oncidium</i> sp.	BSHS					II	
24	Rutaceae	<i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engl.) Engl.	guatambú/BSHS	EN	CR		Si		N2N3
25	Theophrastaceae	<i>Clavija nutans</i> (Vell.) B. Ståhl	jagua ku/BSHS						N3

Referencias:

UICN, 2010: CR (en peligro crítico), EN (en peligro), VU (vulnerable)

CDC (Centro de Datos para la Conservación del Paraguay):**N1** En peligro crítico en el país debido a su rareza (5 o menos localizaciones, muy pocos individuos o hectáreas)**N2** En peligro en el país debido a su rareza (6-20 localizaciones, pocos individuos o hectáreas), u otros factores que lo hagan muy propensos a desaparecer del país o región.**N3** El elemento es raro en el país o si bien es abundante, es perseguido por el hombre.**CITES:****Apéndice I** Especies con mayor peligro de extinción, amenazadas. Se prohíbe el comercio internacional. Aunque puede autorizarse la exportación para la investigación científica.**Apéndice II** Especies no necesariamente amenazadas de extinción, pero que podrían llegar a estarlo sin control del comercio. Puede autorizarse comercio concediendo un permiso de exportación o un certificado de reexportación.

CONCLUSIÓN

Se clasificaron y describieron las formaciones vegetales de la Reserva Natural Laguna Blanca, identificando en ella tres grandes unidades de clasificación: sabanas, bosques y humedales.

La formación vegetal sabana, denominada Sabana clara arbolada o Cerrado (sentido lato), se subdividió en: cerradón, cerrado (sentido estricto), campo sucio de Cerrado y campo limpio de Cerrado, cada una de ellas con su fisonomía y especies características, pero compartiendo algunas especies.

Los bosques descritos fueron: bosque Subhúmedo y Semicaducifolio; y bosque Higrófilo Ribereño. La primera es una formación vegetal en proceso de recuperación y la segunda, la que acompaña a los cauces hídricos menores.

Los humedales, ligados directamente a la laguna y sus fluctuaciones temporales, cuyos límites no están bien definidos con respecto al bosque ribereño y que están conformados casi exclusivamente por especies acuáticas y palustres.

Además se menciona una última unidad: "las zonas degradadas", formadas por asentamientos humanos, caminos de tránsito permanente y semi-permanente y límites de la propiedad.

En total fueron identificadas 181 especies distribuidas en 160 géneros y 71 familias botánicas en las formaciones vegetales y 25 especies encontradas se encuentran dentro de alguna categoría de amenaza.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los dueños de la Reserva Natural Laguna Blanca, a la US Fish and Wildlife Service "Wildlife Without Borders--Latin America and the Caribbean" program, a la Universidad Texas Tech, a la Fundación Para La Tierra, y a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UNA, PY) por hacer posible el trabajo.

LITERATURA CITADA

- AB'SABER, A. N. 1983. O domínio dos cerrados: Introdução ao conhecimento. Rvta. Serv. Publ. 111: 41-55.
- COLE, M. M. 1986. The savannas: biogeography and geobotany. Academic Press, London.

438pp.

- EITEN, G. 1972. The cerrado vegetation of Brazil. Botanical. Review 38:201-341.
- EITEN, G. 1994. Vegetacao do Cerrado. En: Cerrado: NOVAES PINTO, M (Org.). Caracterizacao, Ocupacao e Perspectivas. 2º Edición. Editora Universidade de Brasilia. Brasilia. 681pp.
- CARDOSO DA SILVA, J.M. 1998. Integrating Biogeography and Conservation: an Example with Birds and Plants of the Cerrado Region. An. Acad. Bras. Ci., 70 (4):881-889.
- CABRERA, A. L.; A. WILLINK. 1973. Biogeografía de América Latina. Serie de Biología. Monografía Nº 13. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington.
- HENRIQUES, R.P. 2005. Influencia da história, solo e fogo na distribucao e dinâmica das fotofisionomias no bioma do Cerrado. En: SCARIOT, A.; SOUZA-SILVA, J.C.; FELFILLI, J.M. (Organizadores). Cerrado: Ecología, Biodiversidade e Conservacao. Ministerio do Meio Ambiente, Brasilia. 439pp.
- INNOCENCIO, N.R. 1989. Hidrografía. In: Geografía do Brasil – Região Centro-Oeste (Duarte, A.C., ed.). Rio de Janeiro: FIBGE – Directoria de Geociências. Pp. 35-51.
- MARÍN, G.; JIMÉNEZ, M.; PEÑA-CHOCARRO S.; KNAPP. 1998. Plantas Comunes de Mbaracayú. The Natural History Museum, London. 172pp.
- MACEDO, A.; VILLALBA, J.; 2008. Justificativa Técnica – Reserva Natural Laguna Blanca. Red Paraguaya de Conservación en Tierras Privadas. 98pp.
- MERELES, F. 2007. La Diversidad Vegetal en el Paraguay. En: SALAS-DUEÑAS, D.A.; FACETTI J.F. Biodiversidad del Paraguay – Una aproximación a sus realidades. 1º Ed. Fundación Moisés Bertoni. USAID, GEF/BM. 89-100pp.
- MERELES, M. F. 2004. Los Humedales del Paraguay: principales tipos de vegetación. En: SALAS-DUEÑAS, D.A., MERELES, F.;

- YANOSKY, A. Los Humedales del Paraguay. Comité Nacional de Humedales del Paraguay (CNH). 1° Edición. Asunción, Paraguay. 190pp.
- MONTGOMERY, R.F.; ASKEW, G. P. 1983. Soils of tropical savannas. Pp. 63-78 in F. Bourliere (ed). Tropical savannas. Ecosystems of the world. Elsevier, Amsterdam.
- NIMER, E. 1979. Climatología do Brasil. Río de Janeiro: IBGE.
- OAKLEY, L.; PRADO, D. 2011. El Dominio de los Bosques Secos Estacionales Neotropicales y la presencia del Arco Pleistocénico en la República del Paraguay. *Rojasiana* Vol. 10 (1) 2011:55-75.
- PIN, A.; SIMON S. 2004. Guía ilustrada de los Cactus del Paraguay. Secretaría del Ambiente y Universidad de Barcelona. 198pp
- PIN, A.; GONZÁLEZ, G.; MARÍN, G.; CÉSPEDES, G.; CRETTON, P.; CHRISTEN, P.; ROGUET, D. 2009. Plantas Medicinales del Jardín Botánico de Asunción. Municipalidad de Asunción/ Municipalidad de Ginebra, Suiza/ Asociación Etnobotánica Paraguaya. Paraguay-Asunción.
- VILLARREAL H.; ÁLVAREZ, S.; CÓRDOBA, F.; ESCOBAR, G.; FAGUA, F.; GAST, H.; MENDOZA, M. OSPINA, M.; UMAÑA., A. 2006. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Segunda edición. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 236 p
- WOOD, J.; MAMANI, F.; POZO, P.; SOTO, D.; VILLARROEL, D. Guía Darwin de las plantas de los Cerrados de la Chiquitanía. Oxford & Royal Botanic Gardens, Kew; Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado, Herbario Nacional de Bolivia. 212 pp.

ANUROS DE LA RESERVA DE RECURSOS MANEJADOS YBYTURUZÚ. UN ENFOQUE SOBRE SU ESTADO DE CONSERVACIÓN

ANURANS FROM YBYTURUZÚ MANAGED RESOURCES RESERVE. A FOCUS ON THEIR CONSERVATION STATUS

KATIA AIRALDI WOOD¹, ESTEBAN O. LAVILLA² & BOLÍVAR R. GARCETE-BARRETT³

¹Colección Zoológica de la FACEN, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FACEN), Departamento de Biología, Universidad Nacional de Asunción (UNA), San Lorenzo-Paraguay. kairaldi@gmail.com

²Instituto de Herpetología, Fundación Miguel Lillo, San Miguel de Tucumán-Argentina. eolavilla@gmail.com

³Departamento de Biología, FACEN, UNA. bolosphex@gmail.com

Resumen: La Reserva de Recursos Manejados del Ybyturuzú (RRMY) (Departamento Guairá, Paraguay) localizada en el Bioma Bosque Atlántico, se encuentra amenazada por el avance de la deforestación, deterioro hidrológico y fragmentación de hábitat. Entre los años 2008 y 2011 se realizaron estudios para conocer la riqueza, composición y estado de conservación de las especies de anfibios de dicha reserva. La RRMY alberga al menos el 30 % de los anfibios anuros citados para el país. Se confirman ocho registros nuevos para Guairá, la presencia de dos especies amenazadas: *Hypsiboas curupi* y *Melanophryniscus devincenzii*, así como especies endémicas de la ecorregión y especialistas de hábitats dentro de la RRMY. Se destaca la importancia de la RRMY para la conservación de los anfibios a nivel nacional, mediante un análisis de comparación preliminar de riqueza y composición de especies entre la RRMY y otras unidades de conservación de la ecorregión.

Palabras claves: *Anfibios, anuros, Reserva de Recursos Manejados Ybyturuzú, Guairá, Paraguay.*

Abstract: The Ybyturuzú Managed Resources Reserve (RRMY in Spanish) (Guairá Department, Paraguay) located in the Atlantic Forest Bioma, is seriously endangered by the advance of deforestation, hydrological degradation and habitat fragmentation. Between 2008 and 2011, studies directed to know the richness, composition and conservation status of the amphibian species of this reserve were conducted. The RRMY is the living place for at least 30% of the anuran amphibia known from Paraguay. Eight new records are confirmed for the Guairá Department, as well as the existence of species of wide distribution and habitat use, species endemic to the ecoregion and habitat specialist amphibia. The conservation status of the species was analyzed, two species are under threat: *Hypsiboas curupi* at national level and *Melanophryniscus devincenzii* at regional level. The importance of RRMY for amphibian conservation at the national level was highlighted by a preliminary comparative analysis of species richness and composition between the RRMY and other conservation units in the ecoregion.

Palabras claves: *Amphibia, Anura, Ybyturuzú Managed Resources Reserve, Guairá, Paraguay.*

INTRODUCCIÓN

Los anfibios son componentes significativos de la biota, dada su abundancia y significado funcional en la mayoría de los hábitats terrestres y dulceacuícolas de las regiones tropicales, subtropicales y templadas. En la actualidad se conoce la existencia de más de 6900 especies de anfibios en casi todo el mundo, la mitad representada en América Latina (Duellman 1999). Desde mediados de la década de 1980, se descubrió que los anfibios están sufriendo procesos sostenidos de disminuciones poblacionales y extinciones con una tasa más alta que la de cualquier otro grupo de vertebrados. Se calcula

que cerca del 32% de las especies se encuentran amenazadas de extinción (UICN 2013), niveles que no se registraban desde la desaparición de los dinosaurios. Entre las causas más importantes se citan: la expansión de la frontera agropecuaria, la aparición de enfermedades emergentes, diversos factores relacionados con el contexto social y factores relacionados con el cambio climático global, entre otros (Lavilla 2009).

Paraguay es un país con una fauna herpetológica muy diversa, como consecuencia de que en el país convergen 5 ecorregiones: Chaco Húmedo, Chaco Seco, Bosque Atlántico, Cerrado, y Pantanal

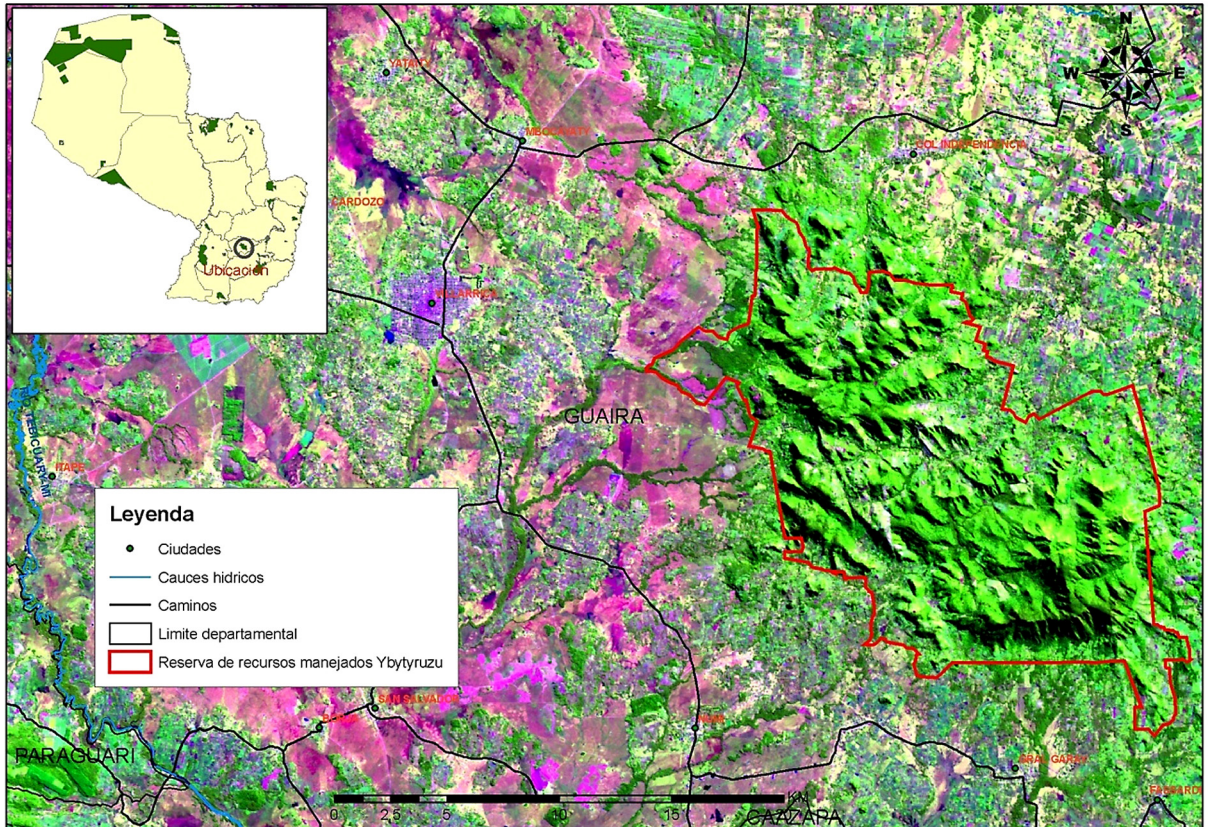


Figura 1. Imagen satelital de la RRMY y su ubicación en el Departamento Guairá en el Paraguay. Referencia: Mapa de arriba a la izquierda representa a las áreas protegidas del Paraguay (en verde).

(Dinerstein *et al.* 1995), habiéndose registrado 85 especies, 28 géneros y 10 familias que incluyen 3 especies de cecilias y 82 especies de anuros (ranas y sapos) (Brusquetti & Lavilla 2006; 2008, Brusquetti *et al.* 2007, Céspedes & Motte 2007, Airaldi *et al.* 2009, Brusquetti & Netto 2009, Pyron & Wiens 2011, Frost 2014).

A nivel nacional, los trabajos realizados con los anfibios se centraron en listados e inventarios incompletos en su mayoría, y se estima que es la fauna menos conocida a nivel de Sudamérica. Asimismo existen grandes vacíos en las áreas de sistemática, anatomía y fisiología, biogeografía, biología, ecología y el estado de conservación de las poblaciones de anfibios del país.

La Reserva de Recursos Manejados de Ybyturuzú (RRMY), se localiza dentro del Bioma Bosque Atlántico, sitio de alta prioridad para la conservación de la biodiversidad global y uno de

los ecosistemas más amenazados del planeta. La RRMY cuenta con una elevada diversidad biológica, paisajística y cultural representativa de la ecorregión, no obstante se encuentra sumamente amenazada principalmente por el avance de la deforestación. En este contexto, se presenta este trabajo de investigación cuyos objetivos principales fueron determinar la riqueza y composición de la anurofauna de la RRMY, analizar su estado de conservación y destacar la importancia de la Reserva como área clave para la conservación de los anfibios del Paraguay.

MATERIALES Y MÉTODOS

La RRMY se halla en el Departamento Guairá ($25^{\circ} 50' 50''$ S, $56^{\circ} 13' 11''$ W), región Oriental del Paraguay, con una extensión de 25.571 hectáreas de las cuales 12.000 has incluyen bosques no degradados. La humedad relativa fluctúa entre

60 y 90 %, la temperatura media anual es 22° C y precipitación media anual es de 1.600 mm. El paisaje es muy quebrado con cerros de gran altura y valles relativamente profundos, con una altitud que va hasta 842 msnm (el Cerro Tres Candú, punto más alto del país) (Ibarra & Núñez 1998, Guyra Paraguay 2008) (Fig. 1).

El Ybyturuzú tiene nacientes importantes cursos de agua que forman parte de la sub cuenca del Río Tebicuary-mi, cuenca del Río Paraguay (Ibarra & Núñez 1998, Guyra Paraguay 2008). Forma parte de la ecorregión Selva Central (CDC 1990) y del Bioma Bosque Atlántico (Dinerstein *et al.* 1995). Los bosques son densos, semidecíduos, altos y con varios estratos; el más alto alcanza 30 m de altura formado por especies caducifolias como el lapacho (*Tabebuia heptaphylla*), el cedro (*Cedrela fissilis*), el yvyra pytä (*Peltophorum dubium*), entre otros (Ibarra & Núñez 1998). En el sotobosque se encuentran helechos, hierbas de hojas anchas, y gramíneas. Abundan lianas (bignoniáceas, sapindáceas) y epífitas (orquídeas, cactáceas, aráceas, bromeliáceas) y en los claros del bosque se destaca la presencia de takuarembó (*Chusquea ramosissima*) y takuapi (*Merostachys clausenii*), que indican áreas distur-

badas y procesos de regeneración natural (Guyra Paraguay 2000, 2008).

Se dividió la Reserva en cuatro zonas: norte, sur, centro y oeste, siguiendo las formaciones vegetales identificadas por SEAM & Altermida (2001), las vías de acceso al área de estudio y en base a las cinco salidas de campo realizadas anteriormente por Airaldi & Carosini (2009) (Fig. 2, Anexo I). Se llevaron a cabo cuatro salidas de campo durante febrero-marzo y noviembre 2010; enero y febrero del 2011. La metodología consistió en búsqueda activa diurna y nocturna de los anfibios, y Relevamientos por Encuentros Visuales (REV) consistentes en transectas de 50 m y trampas pozo con cercas siguiendo a Heyer *et al.* (1994). Ejemplares representativos fueron capturados, identificados, fotografiados, luego fijados en formol al 10% y preservados en alcohol al 70%, para ser depositados en la Colección Zoológica de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Asunción, Paraguay (CZCEN) (Permiso de Colecta de la SEAM: N° 06/11).

La curva de acumulación de especies se realizó con los resultados del presente trabajo y los obtenidos por Airaldi & Carosini (2009). Para analizar el

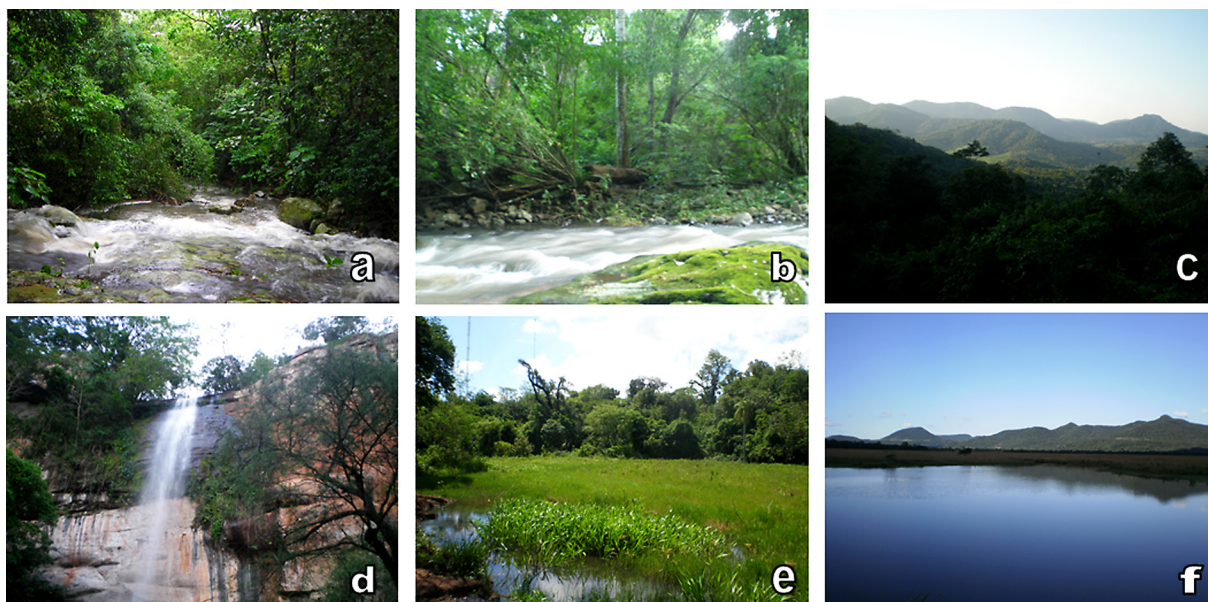


Figura 2. Área de estudio de la RRMY a) Arroyo Pirapomi, Comunidad Palmito (zona sur), b) Arroyo Guazú (zona central), c) Bosque de colina en serranías, Comunidad Ita Azul (zona central) d) Salto Suizo (Arroyo Librada, zona norte), e) Laguna en el Cerro Acatí (zona norte), f) Laguna Comunidad Tororo (zona oeste).



Figura 3. Anfibios anuros de la RRMY **a)** *Dendropsophus minutus*, **b)** *Dendropsophus nanus*, **c)** *Hypsiboas caingua*, **d)** *Hypsiboas curupi*, **e)** *Hypsiboas faber*, **f)** *Trachycephalus typhonius*, **g)** *Phyllomedusa azurea*, **h)** *Leptodactylus mystacinus*, **i)** *Leptodactylus labyrinthicus*, **j)** *Leptodactylus podicipinus*, **k)** *Physalaemus cuvieri*, **l)** *Odontophrynus americanus*, **m)** *Rhinella schneideri*, **n)** *Rhinella ornata*, **o)** *Melanophryniscus devincenzii*, **p)** *Elachistocleis bicolor*.

estado de conservación se siguió la categorización de la UICN (2013) a nivel regional, la categorización de la herpetofauna paraguaya de Motte *et al.* (2009) a nivel nacional y los análisis de amenazas de la RRMY (SEAM & Altevrida 2001). Para resaltar la importancia de la Reserva se llevó a cabo un análisis de comparación preliminar de la riqueza y composición de anfibios de la RRMY con otras unidades de conservación del Bosque Atlántico en el Paraguay, basado en datos de Brusquetti & Lavilla (2006), Itaipú Binacional (2006) y Núñez (2012). Se calcularon los índices de similitud entre la RRMY y las áreas de conservación comparadas. Para confrontar la composición de especies de anfibios entre las unidades de conservación se utilizó el Coeficiente de similitud de Jaccard propuesto en

Moreno (2001):

$$I_J = \frac{c}{a + b - c}$$

Donde a = número de especies presentes en el sitio A, b = número de especies presentes en el sitio B, c = número de especies presentes en ambos sitios A y B.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se registraron 25 especies de anuros en la Reserva, 30% de las especies citadas para Paraguay, pertenecientes a 12 géneros y 5 familias (Fig. 3, Tabla 1, Anexo II). Se cita ocho especies nuevas para el Departamento Guairá: *Dendropsophus minutus*, *Phyllomedusa azurea*, *Leptodactylus elenae*, *Lep-*

Leptodactylus mystacinus, *Leptodactylus labyrinthicus*, *Physalaemus cuvieri*, *Odontophrynus americanus* y *Rhinella ornata*. Las zonas norte y sur de la RRMY presentaron mayor riqueza con 23 especies (Tabla 1). El mayor esfuerzo de muestreo fue llevado a

cabo en la zona central y el menor en la zona oeste.

Anfibios que podrían considerarse de amplia distribución dentro de la Reserva, ya que fueron localizados en todas la zonas estudiadas son *Dendropsophus nanus*, *Hypsiboas faber*, *Hypsiboas*

Tabla 1. Anfibios anuros de la Reserva de Recursos Manejados Ybyturuzú (RRMY), distribución local (en la RRMY), distribución ecorregional (en el país) y estado de conservación (LC: Preocupación Menor, DD: Datos Deficientes, EN: En Peligro de Extinción). Referencias: (?) la presencia de esta especie debe ser confirmada con material de referencia, (*) especie no categorizada a nivel nacional.

Taxón	Distribución local				Distribución ecorregional					Estado de conservación	
	Norte	Sur	Oeste	Central	Bosque Atlántico	Chaco Húmedo	Chaco Seco	Cerrado	Pantanal	UICN 2013	Motte <i>et al.</i> 2009
Hylidae											
<i>Dendropsophus minutus</i>	•	•		•	•	•				LC	LC
<i>Dendropsophus nanus</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	LC	LC
<i>Hypsiboas caingua</i>		•		•	•	•				LC	LC
<i>Hypsiboas curupi</i>	•	•		•	•					LC	EN
<i>Hypsiboas faber</i>	•	•		•	•					LC	LC
<i>Hypsiboas raniceps</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	LC	LC
<i>Scinax cf. fuscomarginatus</i>			?		•	•		•		LC	LC
<i>Scinax fuscovarius</i>	•	•	•	•	•	•	•	•		LC	LC
<i>Scinax nasicus</i>	•	•			•	•	•	•	•	LC	LC
<i>Trachycephalus typhonius</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	LC	LC
<i>Phyllomedusa azurea</i>	•	•	•	•	•	•	•		•	DD	LC
Leptodactylidae											
<i>Adenomera diptyx</i>	•	•	•	•	•	•			•	LC	LC
<i>Leptodactylus elenae</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	LC	LC
<i>Leptodactylus fuscus</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	LC	LC
<i>Leptodactylus labyrinthicus</i>	•			•	•	•		•		LC	LC
<i>Leptodactylus latrans</i>	•	•		•	•	•	•	•	•	LC	LC
<i>Leptodactylus mystacinus</i>	•	•		•	•	•	•			LC	LC
<i>Leptodactylus podicipinus</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	LC	LC
<i>Physalaemus albonotatus</i>	•	•		•	•	•	•	•	•	LC	LC
<i>Physalaemus cuvieri</i>	•	•		•	•	•		•		LC	LC
Odontophrynidae											
<i>Odontophrynus americanus</i>	•	•		•	•	•				LC	LC
Bufonidae											
<i>Melanophryniscus devincenzii</i>	•	•			•					EN	*
<i>Rhinella ornata</i>	•	•		•	•					LC	LC
<i>Rhinella schneideri</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	LC	LC
Microhylidae											
<i>Elachistocleis bicolor</i>	•	•		•	•	•	•	•	•	LC	LC

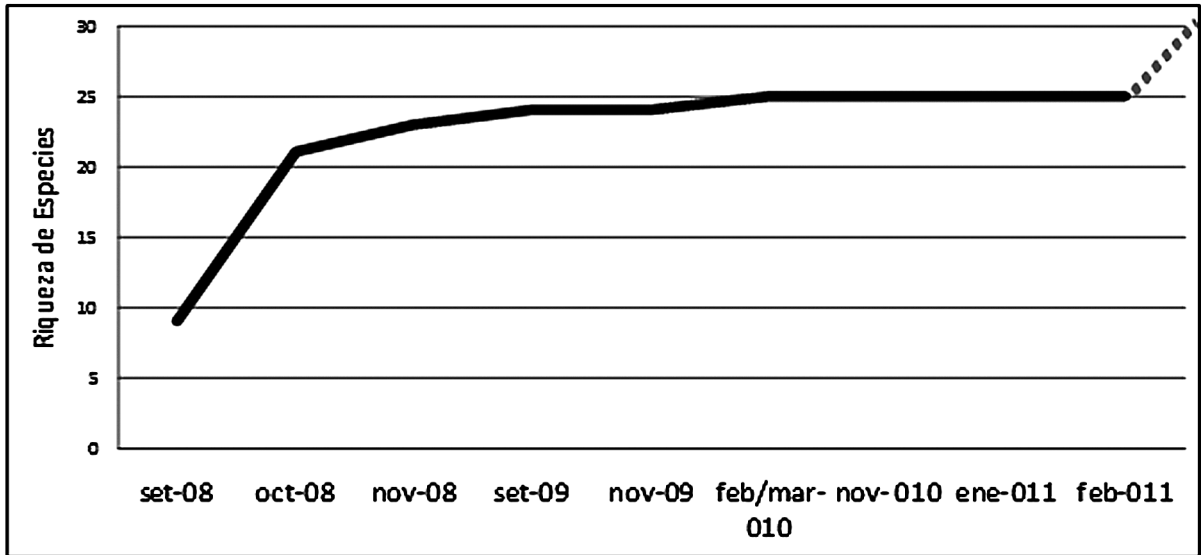


Figura 4. Curva de acumulación de especies de anuros en la RRMY. La línea punteada indica una predicción de mayor riqueza de especies para el área de estudio. Referencias: (set 08) setiembre 2008, (oct 08) octubre 2008, (nov 08) noviembre 2008, (set 09) setiembre 2009, (nov 09) noviembre 2009 (Airaldi & Carosini 2009), (feb/mar 010) febrero/marzo 2010, (nov 010) noviembre 2010, (ene 011) enero 2011, (feb 011) febrero 2011.

raniceps, *Scinax fuscovarius*, *Trachycephalus typhonius*, *Phyllomedusa azurea*, *Adenomera dipyx*, *Leptodactylus elenae*, *Leptodactylus fuscus*, *Leptodactylus podicipinus* y *Rhinella schneideri*. Las especies más comunes y frecuentes de la RRMY fueron *Rhinella schneideri*, *Scinax fuscovarius* e *Hypsiboas raniceps* (Anexo II). Estas últimas se distribuyen ampliamente en Sudamérica y en el país, presentando hábitos de alimentación, reproducción y uso de hábitats no muy estrictos. Suelen ser muy abundantes, se encuentran bien representadas en las unidades de conservación a nivel nacional, y algunas habitan incluso en ambientes urbanos y suburbanos (Motte *et al.* 2009).

Un primer listado de anfibios de la RRMY sin mencionar material de referencia, fue presentado por SEAM & Altervida (2001), ya que en el Libro de Colecciones del Museo de Historia Natural (Aquino *et al.* 1996) no se registraron anfibios para el Departamento Guairá. Unos años después se citaron 13 especies de anfibios para el área de amortiguamiento y límites de la RRMY (Brusquetti & Lavilla 2006), y recién durante los años 2008 y 2009 se llevó a cabo un listado preliminar con 24 especies de anfibios para la Reserva (Airaldi &

Carosini 2009).

La curva de acumulación de especies describe una tendencia a estabilizarse a partir de febrero-marzo del 2010 (Fig. 4). No obstante, es probable que aumente la diversidad de anfibios, debido a que existen trabajos en el área de influencia de la Reserva, que citan especies que aún no fueron registradas en la misma (Brusquetti & Lavilla 2006, Núñez 2012).

Se registraron dos especies amenazadas categorizadas como En Peligro (EN): *Hypsiboas curupi*, a nivel nacional (Motte *et al.* 2009) y *Melanophryniscus devincenzii* a nivel regional (UICN 2013). *Hypsiboas curupi* fue registrada sólo en tres localidades dentro de la Reserva, en la zona sur en la Comunidad Palmito (Arroyo Pirapomi en el Cerro Tres Candú; y en el Ao. Capi'i); y en la zona norte en una naciente del Arroyo Tacuara. *H. curupi* fue localizada hasta 400 msnm en el Cerro Tres Candú, siempre asociada a las nacientes utilizando como sustrato principalmente las rocas, vegetación arbustiva, ramas y troncos caídos en el agua. Es importante destacar que esta especie es especialista de arroyos asociados a zonas boscosas del Bosque Atlántico. A nivel regional, la especie

no se encuentra amenazada debido a su distribución amplia, población grande presumible, pero de tendencia poblacional desconocida (Angulo 2008). No obstante, en el país presenta una distribución disjunta (Guairá, Caazapá e Itapúa) y se encuentra amenazada principalmente por pérdida de hábitat (Brusquetti & Lavilla 2006; Motte *et al.* 2009).

Melanophryniscus devincenzii no se encuentra categorizada a nivel nacional. Fue registrada en dos localidades dentro de la RRMY: en la zona sur en el Ao. Pirapomi (Airdi *et al.* 2009) y en la zona norte en la Comunidad Rancho Cuatro cerca del Ao. Tacuara. Presentó reproducción explosiva luego de lluvias intensas y utilizó como sitio reproductivo el agua de escorrentía en pendiente a lo largo de caminos y campos abiertos en las colinas de la Reserva, donde fue localizada vocalizando y en amplexo. Su distribución en el país se encontraría muy restringida a la Reserva San Rafael (Departamento Itapúa) (Núñez 2011) y en las localidades mencionadas para la RRMY. A nivel regional se encuentra amenazada (EN) debido a su área de distribución restringida y severamente fragmentada, además de una tendencia poblacional en disminución. Según Amphibiaweb (2014) las principales amenazas son la pérdida y fragmentación del hábitat, y la contaminación del suelo y agua debido a prácticas agrícolas. Las poblaciones de Argentina son consideradas como insuficientemente conocidas y amenazadas por la conversión de su hábitat natural (Lavilla *et al.* 2000; Lavilla *et al.* 2004) y las poblaciones de Uruguay son consideradas como amenazadas (Maneyro & Langone 2001).

Cuatro de las especies colectadas son endémicas del Bosque Atlántico y dos especies poseen requerimientos particulares de hábitats (Tabla 1, Anexo II) (Straneck *et al.* 1993, Brusquetti & Lavilla 2006, García *et al.* 2007). *Rhinella ornata* debería ser considerada de especial atención a nivel nacional, ya que la misma fue registrada reproduciéndose únicamente en sectores del Arroyo Capi'i (zona sur), en el Arroyo Librada (Salto Suizo, zona norte) y en el Arroyo Guazú (zona central) de la Reserva. Los individuos fueron localizados en los cauces de los arroyos, asociados a bosques ribereños con un sustrato rocoso principalmente. Es probable que la especie requiera condiciones específicas que la hagan selectiva de ciertos tipos de hábitats para reproducirse. A nivel nacional y regional, se desconoce el estado de sus poblaciones, y como especie exclusiva de selvas del Bosque Atlántico (Baldissera 2008; Brusquetti & Lavilla 2006), podría encontrarse bajo amenaza por la deforestación y fragmentación.

Al comparar la riqueza y composición de anfibios de la RRMY con otras áreas de conservación del Bosque Atlántico en el Paraguay, se comprobó gran coincidencia de especies con la Reserva para Parque Nacional San Rafael. Sin embargo, los valores de similitud más elevados se dan con el Parque Nacional Ybycui y la Reserva Natural del Bosque Mbaracayú, áreas protegidas que se encuentran distantes a la Reserva del Ybyturuzú (Tabla 2). Estos valores deben ser considerados con precaución, debido a que existen sitios con mayor esfuerzo de muestreo que otros. Análisis comparativos como los

Unidades de Conservación	RRMY	
	Nº especies compartidas	Coefficiente de similitud de Jaccard
Parque Nacional Caazapá	7	0.26
Unidades de conservación de la Entidad Binacional Itaipu	11	0.38
Reserva para Parque Nacional San Rafael	20	0.49
Parque Nacional Ybycui	18	0.56
Reserva Natural del Bosque Mbaracayú	19	0.56

Tabla 2. Número de especies de anfibios compartidas y coeficiente de similitud entre la Reserva de Recursos Manejados Ybyturuzú (RRMY) y unidades de conservación del Bosque Atlántico en el Paraguay.

realizados, son de suma importancia al momento de elaborar propuestas de conservación de sitios y de especies.

Al finalizar este trabajo se corroboró que la RRMY constituye un área clave para poblaciones activas y reproductivas de especies de anfibios amenazadas, de distribución restringida al Bosque Atlántico del Paraguay, y de especies con requerimientos particulares de hábitats. La Reserva de Recursos Manejados Ybyturuzú representa sólo el 1% del Bosque Atlántico (Cartes 2006) y alberga el 50 % de la riqueza de especies de anfibios de dicha ecorregión a nivel nacional. Gran parte de las nacientes y los cursos hídricos de la RRMY se encuentran degradados y amenazados por la contaminación, deforestación, por el pastoreo para ganado, fragmentación de hábitat, entre otros (SEAM & Altervida 2001); por lo que urgen medidas para asegurar la conservación de la biodiversidad, en especial de las especies amenazadas identificadas en el área de estudio.

RECOMENDACIONES

Se sugiere continuar los estudios a nivel local, especialmente con las especies amenazadas, endémicas, indicadoras o especialistas de hábitats. Además se recomienda desarrollar estrategias de conservación para las especies *Hypsiboas curupi* y *Melanophryniscus devincenzii*, y considerar a *Rhinella ornata* de especial atención, debido a sus requerimientos de hábitats particulares.

AGRADECIMIENTOS

A la FACEN (UNA) y al Decano N. C. Guefos, al Departamento de Biología y a la Dirección de Investigación de la FACEN. A E. Torres, D. Franco, A. Weiler y K. Núñez. Al Dr. J. Escribá y Flia. Villalba. A los propietarios de las Fincas de la Reserva que permitieron este trabajo. A los voluntarios del trabajo de campo: L. Romero, D. Bueno, A. Bonzi, A. Caballero, M. Ferreira, F. Páez, M. Vera, A. Carosini, M. Dujak, J. López, G. Zárate. A H. Cabral por la elaboración de mapas. Altervida y Guyra Paraguay por el apoyo logístico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIRALDI, K & A. CAROSINI. 2009. Anfibios del Ybyturuzú. Investigación y estudios de la UNA. Dirección General de Investigaciones Científica y Tecnológica-UNA, San Lorenzo. Paraguay. *Inédito*.
- AIRALDI K.; D. BALDO & E. LAVILLA. 2009. Amphibia, Anura, Bufonidae, *Melanophryniscus devincenzii*: First record for Paraguay and geographic distribution map. *Check List* 5(3): 377-379.
- AMPHIBIAWEB: Information on amphibian biology and conservation. [web application]. 2014. Berkeley, California: AmphibiaWeb. Consultado Mayo 2014. Disponible en <http://amphibiaweb.org/>.
- AQUINO, L. N. SCOTT & M. MOTTE. 1996. Colecciones de Flora y Fauna del Museo Nacional de Historia Natural del Paraguay, Inventario Biológico Nacional / MNHNP / DPNVS / SSERNMA / MAG Asunción, PY. 385-386.
- ANGULO A. 2008. *Hypsiboas curupi*. In: IUCN 2014. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.2. Consultado Mayo 2014. Disponible en www.iucnredlist.org.
- BALDISSERA F., 2008. *Rhinella ornata*. In: IUCN 2014. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.2. Consultado Mayo 2014. Disponible en www.iucnredlist.org.
- BRUSQUETTI, F. & E. LAVILLA. 2006. Lista Comentada de los Anfibios de Paraguay. *Cuad. Herpetol.*, 20 (2): 3-79.
- BRUSQUETTI, F. & E. LAVILLA. 2008. Amphibia, Anura, Hylidae, *Hypsiboas curupi*: First record for Paraguay. *Check List* 4(2): 145, 2008.
- BRUSQUETTI, F. & F. NETTO. 2009. *Physalaeus santafecinus* Barrio, 1965 (Anura, Leiuperidae) en la República del Paraguay. *Cuad. Herpetol.*, 23 (1): 63-65.
- BRUSQUETTI, F.; D. BALDO & M. MOTTE. 2007. Amphibia, Anura, Bufonidae, *Melanophryniscus krauczuki*: Geographic distribution map and first record for Paraguay.

- Check List* 3(2): 141-142.
- CARTES, J. 2006. El Bosque Atlántico en Paraguay, Biodiversidad, Amenazas y Perspectivas. State of Hotspots Series. Conservation International-Center for Applied Biodiversity Science-Guyra Paraguay. Asunción, PY.
- CENTRO DE DATOS PARA LA CONSERVACIÓN (CDC). 1990. Áreas Prioritarias para la Conservación en la Región Oriental del Paraguay.
- CÉSPEDÉZ, J & M. MOTTE. 2007. Una nueva especie de *Melanophryniscus* Gallardo, 1961 de Paraguay (Amphibia: Anura: Bufonidae). *FACENA* 23: 31-42.
- DINERSTEIN, E.; D. M. OLSON; D. J. GRAHAM; A. L. WEBSTER; S. A. PRIMM; M. P. BOOKBINDER, & G. LEDEC. 1995. Una evaluación del estado de conservación de las ecorregiones terrestres de América Latina y el Caribe. WMF-Banco Mundial.
- DUELLMAN, W. E. (ed). 1999. Patterns of Distribution of Amphibians: A Global Perspective. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- FROST, D. 2014. Amphibian Species of the World: an Online Reference. American Museum of Natural History, New York, USA. Version 6.0 Consultado Mayo 2014. Disponible en <http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia/>
- GARCIA, P. C. A., J. FAIVOVICH AND C. F. B. HADDAD. 2007. Redescription of *Hypsiboas semiguttatus*, with the description of a new species of the *Hypsiboas pulchellus* group. *Copeia* 4: 933-951.
- GUYRA PARAGUAY. 2000. Informe Técnico: Parque Nacional Ybyturuzú. Inédito. Guyra Paraguay: Proyecto de "Identificación de los sitios prioritarios para la Conservación del BAAPA". WWF.
- GUYRA PARAGUAY. 2008. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves en Paraguay. 1º Ed. Guyra Paraguay/Bird Life International. Asunción, PY.
- HEYER, W.R.; M.A DONNELLY; W. MCDIARMID; L.A. HAYEK, & M.S. FOSTER (eds.). 1994. Measuring and monitoring biological diversity: Standard methods for amphibians. Smithsonian Institution Press, Washington.
- IBARRA, J & F. NÚÑEZ. 1998. Un estudio de caso en las Serranías del Yvytyrusu, Paraguay. World Rainforest Movement. Consultado Marzo 2014. Disponible en <http://www.wrm.org.uy/>
- ITAIPÚ BINACIONAL. 2006. Biota: Vertebrados del Área de Itaipú. Nº 2. Súper Intendencia de Gestión Ambiental. Ciudad del Este-Paraguay.
- LAVILLA, E. O. 2009. Declinaciones poblacionales y extinciones en Anfibios Argentinos. *In*: Montero R. & A. Autino (eds). Sistemática y Filogenia de los Vertebrados, con énfasis en la fauna argentina. Edición de los autores, Tucumán. P: 165-169.
- LAVILLA, E. O.; M. L. PONSSA; D. BALDO; N. BASSO; A. BOSSO; J. CÉSPEDEZ; J. C. CHEBEZ; J. FAIVOVICH; L. FERRARI; R. LAJMANOVICH; J. A. LANGONE, P. PELTZER; C. UBEDA; M. VAIRA & F. VERA CANDIOTI. 2000. Categorización de los Anfibios de Argentina. *Categorización de los Anfibios y Reptiles de la República Argentina*: 11-34.
- LAVILLA, E.; I. DI TADA & J. LANGONE. 2004. *Melanophryniscus devincenzii*. *In*: IUCN 2014. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.2. Consultado Mayo 2014. Disponible en www.iucnredlist.org.
- MANEYRO, R. & J. A. LANGONE. 2001. Categorización de los anfibios del Uruguay. *Cuad. herpetol.* 15 (2): 107- 118.
- MORENO, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol 1. Zaragoza, ES.
- MOTTE, M.; K. NÚÑEZ; P. CACCIALI; F. BRUSQUETTI; N. SCOTT & A. L. AQUINO. 2009. Categorización del Estado de Conservación de los Anfibios y Reptiles de Paraguay. *Cuad. herpetol.*, 23 (1): 5-18.
- NÚÑEZ, K. 2011. Geographic Distribution *Mela-*

nophryniscus devincenzii Herpetol. Rev., 42(1): 107.

NÚÑEZ, K. 2012. La herpetofauna de un fragmento de Bosque Atlántico en el Departamento Itapúa, Paraguay. *Bol. Asoc. Herpetol. Esp.* 23 (2).

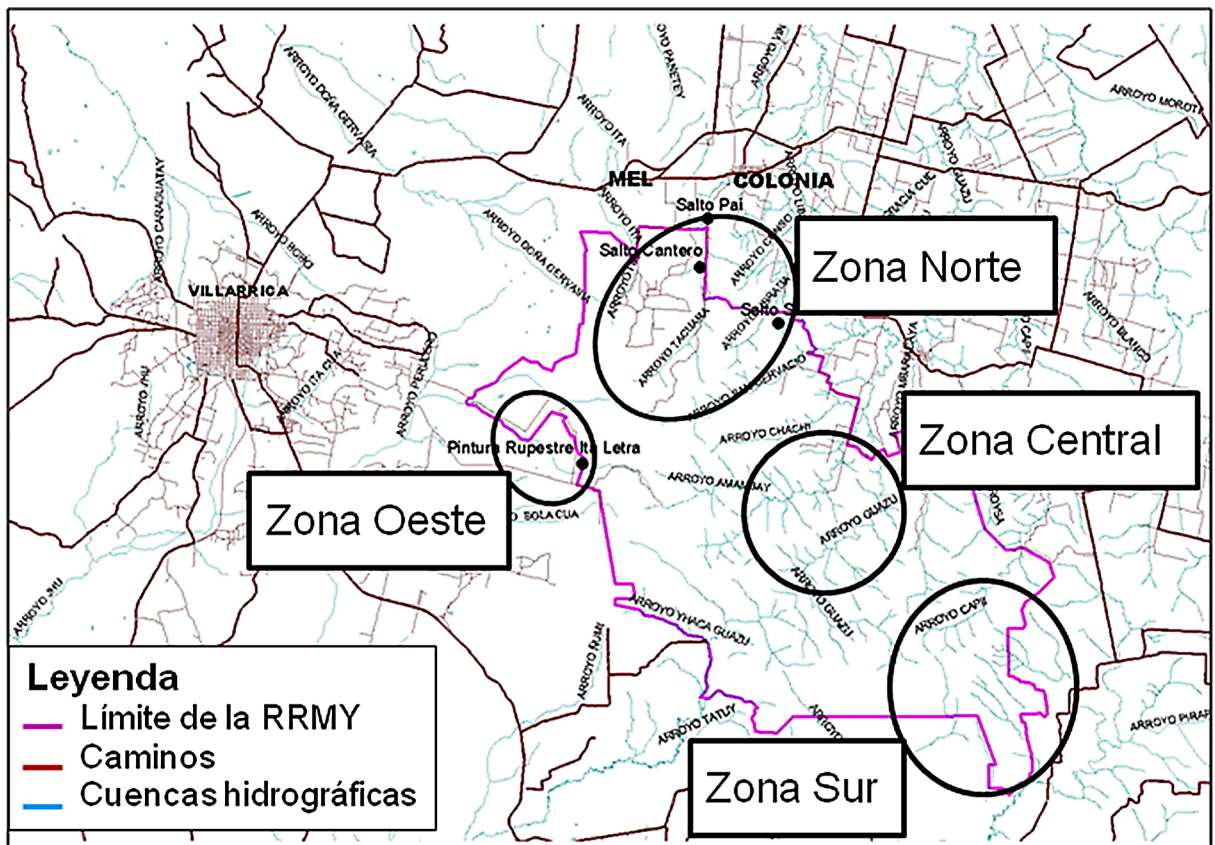
PYRON R.A. & J.J. WIENS. 2011. A large-scale phylogeny of Amphibia including over 2,800 species, and a revised classification of extant frogs, salamanders, and caecilians. *Molecular Phylogenetics and Evolution.* Vol. 61: 543–583.

SEAM & ALTERVIDA. 2001. Evaluación Ecológica Rápida de la Reserva de Recursos Manejados Ybyturuzú, Guairá, Paraguay. *Inédito.*

STRANECK R.; E.V. DE OLMEDO & G. CAR-RIZO. 1993. Catálogo de Voces de Anfibios Argentinos. Parte 1. Ediciones L.O.L.A. Buenos Aires, AR.

UICN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.2. Consultado en Mayo 2014. Disponible en www.iucnredlist.org

Anexo I. Área de estudio dentro de la RRMV: cuencas hídricas y zonificación



Anexo II. Historia natural de los anfibios de la Reserva de Recursos Manejados Ybyturuzú (RRMY) y su estado de conservación a nivel local, nacional y regional.

Taxón	Historia Natural	Estado de Conservación
Hylidae		
<i>Dendropsophus minutus</i>	Nocturna, arborícola. Vocaliza en cuerpos de agua permanentes naturales y antropizados, y temporales, hasta 700 msnm (Cerro Akati). Vocaliza sobre vegetación acuática-palustre como <i>Eicchornia sp.</i> (Pontederiaceae), vegetación alta emergente, vegetación herbácea y arbustiva a orillas de los cuerpos de agua.	A nivel local en la RRMY fue registrada frecuentemente, a nivel nacional es de amplia distribución (Motte <i>et al.</i> 2009), y a nivel regional es común, con población estable, extensa distribución y tolerancia a una amplia gama de hábitats (UICN 2013).
<i>Dendropsophus nanus</i>	Nocturna, arborícola. Vocaliza en ecosistemas lénticos y lóticos, hasta 600 msnm, sobre veg. herbácea, arbustiva y acuática alrededor de los cuerpos de agua temporales y permanentes como tajamares y lagunas.	A nivel local fue registrada frecuentemente, a nivel nacional se encuentra presente en todos los departamentos (Brusquetti & Lavilla 2006). Muy común, población grande y estable, amplia distribución y tolerancia a varios tipos de hábitats a nivel regional (UICN 2013).
<i>Hypsiboas caingua</i>	Nocturna, arborícola. Asociada a cuerpos de agua permanentes como lagunas, arroyos, nacientes, y aguadas formadas en bajos inundables, sobre veg. herbácea y arbustiva hasta 100 cm sobre el suelo.	A nivel local es una especie frecuente en las zonas sur y central de la RRMY. Población estable y común en la región oriental del Paraguay, amenazada por la conversión de tierra para ganadería (Motte <i>et al.</i> 2009), y presenta población estable a nivel regional (UICN 2013).
<i>Hypsiboas curupi</i>	Nocturna, arborícola. Vocaliza en nacientes y arroyos con bosques ribereños, sobre rocas, veg. arbustiva, ramas y troncos caídos hasta 400 msnm. Puesta de huevos dentro de una masa gelatinosa en ramas de <i>Ureia baccifera</i> (Urticaceae) y larvas se desarrollan en piletas naturales con sustrato rocoso en arroyos.	A nivel local fue registrada sólo en el norte y sur de la RRMY en tres localidades. A nivel nacional se encuentra amenazada con categoría <i>En Peligro (EN)</i> , presenta distribución reducida y endémica de la ecorregión Bosque Atlántico (Motte <i>et al.</i> 2009). Presenta tendencia poblacional desconocida, con distribución amplia a nivel regional (UICN 2013).
<i>Hypsiboas faber</i>	Nocturna, arborícola. Asociada a tajamares, lagunas, ribera de arroyos con bosques en galería, sobre veg. herbácea, acuática, arbórea, troncos caídos, suelo y rocas hasta 600 msnm, luego de fuertes lluvias. Se registraron peleas entre individuos en zona de reproducción y cuidado del nido por parte del macho, construido de barro dentro del cuerpo de agua.	A nivel local fue asociada frecuentemente a bosques en galería y ribereños. A nivel nacional es endémica del Bosque Atlántico (Motte <i>et al.</i> 2009). Presenta población estable y abundante, de amplia distribución, amenazada por la deforestación a nivel regional (UICN 2013).
<i>Hypsiboas raniceps</i>	Nocturna, arborícola. Asociada a aguadas, tajamares y arroyos, al borde de caminos, ribera de arroyos, sobre veg. herbácea, arbustiva y arbórea, en el suelo y rocas.	A nivel local, especie más común encontrada en todo tipo de ambiente, y a nivel nacional es común y de amplia distribución (Motte <i>et al.</i> 2009). A nivel regional presenta población estable (UICN 2013).
<i>Scinax fuscovarius</i>	Asociada a cuerpos de aguas temporales y permanentes como arroyos y tajamares, también en campos abiertos, pastura para ganado y en viviendas, utilizando como sustrato veg. arbustiva, pastizales, rocas y suelo. Fue registrada en lagunas temporales a 700 y 800 msnm.	A nivel local y nacional (Motte <i>et al.</i> 2009) es una especie común y de amplia distribución. A nivel regional presenta población estable y es común incluso en áreas deforestadas (UICN 2013).
<i>Scinax nasicus</i>	Vocaliza en aguadas temporales y tajamares sobre vegetación herbácea, arbórea, y suelo.	A pesar de ser una especie común a nivel nacional y encontrarse en todo el país (Motte <i>et al.</i> 2009), fue registrada a nivel local sólo en dos localidades. No presenta amenazas y es una especie común (Motte <i>et al.</i> 2009). A nivel regional presenta población estable, se adaptan a cambios en su ambiente (UICN 2013).

Anexo II (continuación). Historia natural de los anfibios de la Reserva de Recursos Manejados Ybyturuzú (RRMY) y su estado de conservación a nivel local, nacional y regional.

Taxón	Historia Natural	Estado de Conservación
<i>Trachycephalus typhonius</i>	Nocturna, arbóricola. Asociada a aguadas temporales, lagunas, ríos y zonas boscosas, sobre lianas, rocas y troncos caídos. Fue registrada hasta 800 msnm. Vocaliza en árboles hasta 5 m. de altura y flotando en el agua.	A nivel local y nacional (Motte <i>et al.</i> 2009) es una especie común. A nivel regional presenta población estable, tolera amplia gama de hábitats y es común, sin mayores amenazas (UICN 2013).
<i>Phyllomedusa azurea</i>	Arbóricola. Asociada a cuerpos de agua estacionales, lagunas, tajamares y nacientes, vocaliza perchada a veg. herbácea (Polygonaceae, Asteraceae), acuática-palustre, arbustiva y arbórea hasta una altura de 100 cm, y a orillas del agua hasta 600 msnm.	A nivel local fue registrada en todas las zonas de la RRMY. A nivel regional se desconoce el estado de sus poblaciones y sobre su historia natural (UICN 2013). Sus amenazas son la modificación de su hábitat. Podría tolerar cambios en su hábitat y vivir en bosques secundarios (Amphibiaweb 2014).
Leptodactylidae		
<i>Adenomera diptyx</i>	Nocturna y diurna, terrestre. Vocaliza en arroyos, nacientes, aguadas, bosques ribereños y de colina, campos abiertos inundables y pastura para ganado. Usa como sustrato el suelo y vegetación herbácea. Colectado con trampas pozo.	Especie común en todas las zonas estudiadas de la RRMY. A nivel nacional (Motte <i>et al.</i> 2009) se conoce muy poco sobre la especie. Especie común, población estable y de amplia distribución, presenta tolerancia a una amplia gama de hábitats a nivel regional (UICN 2013).
<i>Leptodactylus elenae</i>	Nocturna y diurna, terrestre. Vocaliza cerca de cuerpos de agua; nacientes, arroyos y bosques ribereños, campos abiertos y pasturas para ganado, bajo veg. herbácea, troncos y sobre rocas y suelo.	A nivel local la especie fue registrada frecuentemente. Especie común, no se conoce el estado de sus poblaciones, y tiene amplia distribución a nivel regional. No presenta amenazas, pero podría no adaptarse a cambios antrópicos (UICN 2013).
<i>Leptodactylus fuscus</i>	Nocturna, terrestre. Vocaliza cerca de cuerpos de aguas temporales y permanentes: arroyos, nacientes, y tajamares, bosques, campos abiertos y pastura para ganado, sobre veg. herbácea y en el suelo hasta 600 msnm.	A nivel local y nacional (Motte <i>et al.</i> 2009) es común y frecuente. A nivel regional se presume población estable, debido a su amplia distribución, tolerancia a una amplia gama de hábitats y porque vive en ambientes modificados (UICN 2013).
<i>Leptodactylus labyrinthicus</i>	Nocturna, terrestre. Asociado a orillas y dentro de cuerpos de aguas permanentes como fosas profundas, lagunas, arroyos, tajamares abiertos y con cobertura boscosa hasta 600 msnm. Fueron registrados vocalizando en el suelo, vegetación herbácea y en el agua.	A nivel local fue localizada frecuentemente en las zonas norte y central. A nivel nacional se encuentra en la Región Oriental (Brusquetti & Lavilla 2006). A nivel regional común, presenta población estable, tolera amplia gama de hábitats, y es cosechada para consumo humano (UICN 2013).
<i>Leptodactylus latrans</i>	Terrestre. Asociada a lagunas, tajamares, campos abiertos y con cobertura boscosa sobre el suelo, barro, en el agua y asociada a veg. Herbácea y acuática-palustre hasta 600 msnm.	Especie común y frecuente a nivel local y nacional (Motte <i>et al.</i> 2009). Común y población estable, de amplia distribución y tolerancia a varios tipos de hábitats, especie cosechada para consumo humano a nivel regional (UICN 2013).
<i>Leptodactylus mystacinus</i>	Nocturna, terrestre. Encontrada en tajamares, lagunas hasta 800 msnm, en bajos inundables, charcas, nacientes de arroyos, bosques de colina y campos abiertos. Juveniles encontrados enterrados cerca de una naciente.	Especie común localmente y a nivel nacional (Motte <i>et al.</i> 2009). A nivel regional es común, presenta población estable, con amplia distribución, se adapta bien a las perturbaciones y se encuentra en zonas deforestadas (UICN 2013).
<i>Leptodactylus podicipinus</i>	Diurna y nocturna, terrestre. Asociada a todo tipo de hábitats: tajamares, arroyos y nacientes, lagunas, charcas, aguadas en campos abiertos, en el agua, sobre rocas y suelo, entre vegetación herbácea y acuática-palustre.	Especie común, frecuente registrada en todas las zonas muestreadas a nivel local, de amplia distribución a nivel nacional (Motte <i>et al.</i> 2009). A nivel regional es común y de amplia distribución, presenta tolerancia de hábitats y población estable (UICN 2013).

Anexo II (continuación). Historia natural de los anfibios de la Reserva de Recursos Manejados Ybyturuzú (RRMY) y su estado de conservación a nivel local, nacional y regional.

Taxón	Historia Natural	Estado de Conservación
<i>Physalaemus albonotatus</i>	Terrestre. Asociada a diversos ambientes: arroyos, tajamares, campos abiertos y en charcas a los costados de caminos de tierra, sobre vegetación herbácea o en el agua.	Especie común a nivel local, y nacional, presente en casi todo el país (Brusquetti & Lavilla 2006, Motte <i>et al.</i> 2009). Población estable, amplia distribución y tolerancia a una amplia gama de hábitats a nivel regional (UICN 2013).
<i>Physalaemus cuvieri</i>	Terrestre. Asociada a bajos inundables, tajamares, lagunas, arroyos pequeños y grandes, campos abiertos, sobre vegetación herbácea, agua y suelo hasta 600 msnm.	Especie común y frecuente a nivel local, y a nivel nacional (Motte <i>et al.</i> 2009). Población estable, amplia distribución y tolerancia a una amplia gama de hábitats a nivel regional (UICN 2013).
Odontophrynidae		
<i>Odontophrynus americanus</i>	Nocturna, fosorial. Asociada a cuerpos de agua temporales formado luego de fuertes lluvias, en campos abiertos y zona boscosa, bosques ribereños, sobre vegetación herbácea, troncos y ramas y en el agua, hasta 800 msnm.	Especie común a nivel local, y de amplia distribución a nivel nacional (Motte <i>et al.</i> 2009). A nivel regional es común, tolera las modificaciones del hábitat y su población permanecería estable (UICN 2013).
Bufoidea		
<i>Melanophryniscus devincenzii</i>	Diurna, terrestre. Reproducción explosiva. Se la encontró vocalizando y en amplexo luego de fuertes lluvias, asociada a aguas de escorrentía proveniente de lluvias, en pendientes al borde de camino, en campo abierto y en área boscosa cerca de nacientes.	A nivel local fue registrada sólo en el norte y sur de la Reserva. A nivel nacional es una especie rara, presenta distribución restringida al Bosque Atlántico (Airaldi <i>et al.</i> 2009, Núñez 2011) y no se encuentra categorizada. A nivel regional se encuentra <i>En Peligro (EN)</i> amenazada por pérdida de hábitat y contaminación del suelo, presenta población con distribución restringida y fragmentada, y tendencia poblacional en disminución (UICN 2013).
<i>Rhinella ornata</i>	Nocturna y diurna, terrestre. Adultos vocalizan a partir de las 19:30 hs, alrededor de piletas de agua formada en cauces de arroyos rocosos con bosque ribereño, sobre rocas, entre vegetación acuática ribereña (<i>Commelina sp.</i>) o desde el agua. Juveniles y larvas asociados a orillas del agua de los arroyos de sustrato arenoso y rocoso. También fueron encontrados ejemplares desplazándose en zona boscosa (bosques de colina) y zona abierta. Colectada con trampas pozo.	A nivel local fue encontrada con menor ocurrencia, reproduciéndose en determinados sectores de los siguientes arroyos de la Reserva: Ao. Librada (Salto Suizo, zona norte), Ao. Guazú (zona central) y Ao. Capi'i (zona sur). A nivel nacional es exclusiva del Bosque Atlántico (Brusquetti & Lavilla 2006), amenazada por pérdida de hábitat, y a nivel regional se encuentra en muchas localidades y se desconoce el estado de sus poblaciones (UICN 2013).
<i>Rhinella schneideri</i>	Nocturna y diurna, terrestre. Asociada a todo tipo de ambientes: campos abiertos, boscosos, arroyos y ambientes antropizados hasta 600 msnm, sobre sustrato rocoso, suelo y vegetación herbácea. Adultos y juveniles fueron observados desplazarse al costado de caminos y cerca de viviendas.	A nivel local es una especie común y frecuente, a nivel nacional es común y de amplia distribución (Motte <i>et al.</i> 2009), y a nivel regional es común, población estable y en aumento. Se adapta a cambios en su ambiente y se la encuentra en el comercio internacional de mascotas (UICN 2013).
Microhylidae		
<i>Elachistocleis bicolor</i>	Nocturna, fosorial. Asociada a ambientes abiertos y cerrados, en arroyos, lagunas temporales y charcas formados luego de las lluvias hasta 800 msnm, sobre vegetación herbácea, suelo o dentro del agua.	A nivel local es una especie común, frecuente a nivel nacional de amplia distribución (Motte <i>et al.</i> 2009). Población estable y abundante y tolera la modificación de su hábitat a nivel regional (UICN 2013).

SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN, EROSIÓN Y SEDIMENTACIÓN EN UN TRAMO DEL RÍO PARANÁ, EMBALSE YACYRETÁ

SUSPENDED SOLIDS, EROSION AND SEDIMENTATION ALONG A SECTION OF THE PARANÁ RIVER, YACYRETÁ RESERVOIR

HUGO A. ROJAS¹

¹Docente Investigador. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. UNA. Email: hugoarnulfor@gmail.com

Resumen: Se realiza un balance de los Sólidos Suspendidos considerando el ingreso y egreso del embalse y aguas mas abajo, a los efectos de analizar la sedimentación o floculación de coloides en el embalse, así como las potenciales erosiones aguas abajo de la presa, con datos colectados entre los años 1982 y 2009, de los sólidos suspendidos, la turbidez y la transparencia relacionados con el caudal medidos en las estaciones de monitoreo del Sistema Yacyretá, denominadas Ingreso al Sistema, en el Eje Candelaria/ Campichuelo; Egreso por los Vertederos Principal y Añá Cuá y Salida del Sistema, en el eje Itá Ibaté/ Panchito López, aplicando una estadística comparativa, entre las mismas. Las medianas obtenidas fueron volcadas en gráficos de evolución con el caudal, acompañadas de máximos y mínimos del mes correspondiente. Se analizó, el comportamiento de los sólidos suspendidos en función del caudal, graficando las medianas promedio en función del tiempo, mostrando los valores extremos de cada mes. Por último, se buscó conocer la tendencia aplicando el test Kendall. Se comprobó la disminución de los valores medios de sólidos en el Ingreso al Sistema. Los resultados mostraron condiciones de Tendencia decreciente altamente significativa, para los valores de sólidos. Los coeficientes de correlación de sólidos con el caudal fueron muy bajos, pero con los parámetros indirectos, transparencia y turbidez, tuvieron un mejor ajuste. Los parámetros indirectos entre sí y con los sólidos, tuvieron mejores coeficientes de correlación. Entre los años 2001/ 2009, se encontró similar tendencia de disminución de sólidos en el Ingreso, aunque los picos fueron cada vez menos acentuados, con niveles de tendencias decrecientes fuertemente significativos, con aumento de la transparencia y estabilización en los últimos años, sin diferencia significativa al igual que la turbidez ($\alpha=0,05$). Para los Vertederos Principal y Añá Cuá no existe una correlación aceptable con el caudal, sí un mejor ajuste entre los sólidos vs. turbidez y la transparencia vs. turbidez, con diferencia significativa ($\alpha=0,05$) entre la estación Ingreso y Egreso. El promedio de sólidos en el Ingreso es mayor que el de Salida por los Vertederos, sugiriendo sedimentación en el embalse. Asumiendo régimen estacionario, de febrero 2001 a noviembre 2009, se detecta diferencia entre las medianas. En la Salida del Sistema los sólidos vs. caudal con ajuste de retraso de 24 horas tuvieron una correlación bastante aceptable. Se observó crecimiento de los sólidos a la Salida del Sistema, asociados con fenómenos de erosión o aporte de la cuenca en el tramo, aunque en los últimos años se nota cierta disminución en el rango de valores de los sólidos.

Palabras clave: sólidos, embalse, sedimentación.

Abstract: It takes stock of suspended solids, considering both the inflow and outflow of the reservoir and water immediately below, for the purposes of analyzing both sedimentation and flocculation of colloids in the reservoir, as well as the potential erosion downstream of the dam with Data from 1982 to 2009, suspended solids, turbidity and transparency related to the flow monitoring stations Yacyretá System, namely: login, on Axis Candelaria / Campichuelo; Exit for Main Landfills and Añá Cuá and system output, Itá-axis Ibaté / Panchito Lopez. We applied a comparative descriptive statistics, including entry and Exit Dam and Reservoir and System Output. The median values obtained were overturned on evolution graphs with the flow, accompanied by maximum and minimum of each month. We analyzed the behavior of suspended solids as a function of flow, plotting the average medium versus time, showing the extremes of each month, using the analysis of variance between points. Finally, we sought to know the tendency of solids, turbidity and transparency, using the Kendall test. We confirmed the decrease in the mean values of solids entering the system. The results showed conditions highly significant decreasing trend for both solid values such as those referring to the flow. The strong correlation coefficients with the flow were very low, but with transparency indirect parameters turbidity had a better fit. Indirect parameters to each other and with solids had better correlation coefficients. Between the years 2001/ 2009, found similar strong trend of decreasing in income, although the peak became less pronounced, with levels strongly significant decreasing trends, with increased transparency and stability in recent years, with

no difference significantly as turbidity ($\alpha = 0.05$). For Home and Landfill Añá Cuá there is a good correlation with the flow, with best fit between the solid vs. vs. turbidity and transparency. Inference, significant difference ($\alpha = 0.05$) between station revenues and expenses. The average solid income is greater than the output from landfills, suggesting sedimentation in the reservoir. Assuming steady from February 2001 to November 2009, differences were detected between the medians. In the System Output, the solids vs flow rate adjustment delay of 24 hours had a correlation quite acceptable. It was noted solid growth in the system output, associated with phenomena of erosion or provide watershed in the section, although in recent years there has been some decline in the value range of solids.

Key word: *solids, reservoir, sedimentation*

INTRODUCCIÓN

La presencia de un embalse produce modificaciones en los modelos de circulación del agua, sedimentación y/o floculación, generando la acumulación de sedimentos (O' Conner, D. J., 1976)

Muchos lagos y embalses poseen una entrada y una salida, por lo que se les puede considerar ríos de caudal lento. El tiempo de residencia, asegura que las aguas se irán clarificando por la actividad bacteriana eliminando materia orgánica, además de los procesos de floculación y sedimentación, convirtiéndose en sedimentadores de partículas, (Steele, T. E., 1971).

Una manera de determinar la carga en suspensión es la medición de esa carga, utilizando medidores normalizados. Los procedimientos de toma de datos y procesamiento, tropiezan sin embargo, con una serie de inconvenientes derivados de las simplificaciones que deben hacerse, para que el método resulte práctico. (Gems, *Agua Guía metodológica Guide to Hidrological Practices*, OMM, 1974); (Manual for Stream Gauging, OMM, 1978); (Solomon, S.I., 1971)

Una de esas simplificaciones, es suponer que existe una relación única entre los caudales líquido y sólido, lo cual es cierto solamente en contadas ocasiones. Los pares de puntos, que se obtienen a partir de series de aforos líquidos y sólidos simultáneos, presentan siempre una gran dispersión alrededor de las curvas teóricas de ajuste que se calculan por métodos numéricos. Para poder explicar la causa de esa dispersión, es necesario tener en cuenta otras variables que derivan de los procesos erosivos en la cuenca y del régimen de transporte del curso, (Manual for Stream Gauging, OMM 1978); (Steele, T. E.; Jennings M.E., 1972).

En este trabajo, se utilizan los datos de archivo de los Convenios de Calidad de agua, ICB/ COMIP y EBY/ FaCEN, efectuando un análisis del comportamiento y tendencia de los sólidos suspendidos e indicadores indirectos como la transparencia y la turbidez, relacionados con el flujo o caudal. El balance de los sólidos suspendidos, se efectúa considerando el ingreso y egreso inmediato del embalse y aguas abajo, a los efectos de analizar tanto la sedimentación o floculación de coloides, como las potenciales erosiones aguas abajo, determinando sobre la base del Análisis de Tendencia su comportamiento, especificando la reducción del flujo máxico de los sólidos durante la última década.

MATERIALES Y METODOS

Se realiza una recopilación de datos de archivo, desde el año 1983, de los sólidos en suspensión (Programa Calidad de agua, Informe Final FaCEN/ E.B.Y. 2001), en la que se estudia el comportamiento de los sólidos suspendidos en función del caudal, desarrollando una estadística comparativa de las medianas en función del tiempo, verificando los valores extremos de cada mes. Con el Análisis de Varianza, se busca la existencia de diferencias espaciales y temporales (Pérez, C. L. 2004), observando la tendencia de los sólidos, la turbidez y la transparencia, con el test Kendall. (Kendall M. G.; Sundrum R. M., 1953).

Con la misma metodología y criterio se analizan los datos del periodo 2001-2009, de las mismas estaciones: Entrada al Sistema, sección Candelaria/ Campichuelo, la Salida de los Vertederos Principal y Añá Cuá y la Salida del Sistema, en la sección Itá Ibaté/ Panchito López a unos 80 Km. aguas abajo, nuevamente en condición de río.

Para la determinación de la tendencia frecuentemente se utiliza la regresión lineal de la variable de interés con el tiempo. La hipótesis nula, es que la variable y el tiempo no están correlacionados y las suposiciones de fondo son, que los valores están normal, independiente, e idénticamente distribuidos en el tiempo. Si la pendiente de la ecuación de regresión llega a ser estadísticamente significativa, la tendencia está sostenida, (Montgomery, D. 2005).

En general, los valores de Calidad de agua tienen su temporada, son sesgados y están sucesivamente correlacionados, contradiciendo la suposición de estacionalidad, normalidad e independencia de la variable casual requerida, para calcular la distribución de probabilidad, en el test de regresión para tendencia. La estacionalidad, agranda la variación utilizada en el test t, el sesgo incrementa el error Standard de la pendiente estimada y la correlación real, levanta el nivel relativo actual de α al nivel seleccionado (Kendall M. G.; Sundrum R. M., 1953; Bradley V. J. 1968)

El test de distribución que sirve como base para el ensayo de tendencia en este estudio, es el Kendall TAU (Kendall, M. G. 1975; Kendall, M. G., 1955). La hipótesis nula es que la variable casual es independiente del tiempo. La única suposición de fondo necesaria, es que la variable casual es independiente e idénticamente distribuida, para cualquier distribución. En este test, son comparados

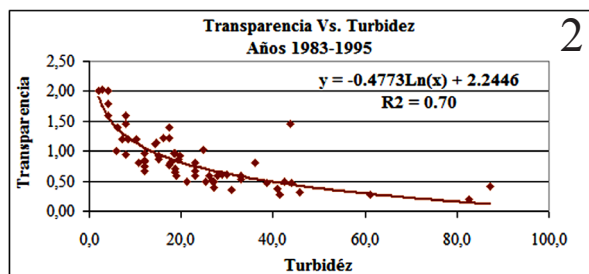
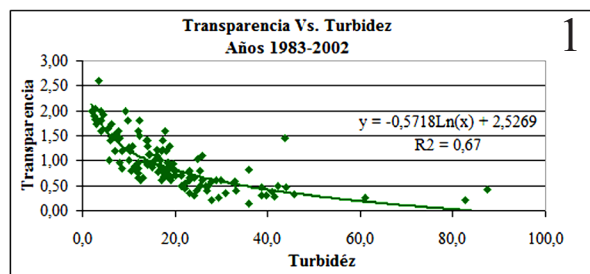
todos los pares de valores; si el último valor (en tiempo) es más alto, se marca con un (+) (positivo); si el valor último es más bajo, con un (-) (menos). Si no hay tendencia en los datos, la condición está en igualdad, de que un valor sea mayor o menor que uno de sus antecesores. En ausencia de una tendencia, el número de (+) sería casi el mismo que el número de (-). Sin embargo, si hay más n° de (+) que n° de (-), los últimos valores en las series, serían más frecuentemente mayores que aquellos primeros y sólo podría esperarse una tendencia para arriba. Similarmente, si hay más (-) que (+), se espera una tendencia para abajo.

Como un asistente al test se define el estimador de pendiente, como la mediana de las diferencias (expresadas como pendientes) de pares ordenados de valores que son comparados en el test. Para indicar si existe una tendencia, puede ser conveniente estimar la magnitud de tal tendencia. Esta magnitud se expresa aquí como una pendiente (valor por unidad de tiempo), aunque esto no implique la aceptación de una tendencia lineal. En lugar de registrar un (+) o (-) para cada comparación, simplemente se registra la diferencia dividida por el número de años, separando los valores puntuales. La mediana de estas diferencias se toma como el cambio por año, debido a la tendencia. (Kendall M. G., 1975)

Según el Manual on Stream Gauging, OMS, 1978, en muchos ríos, las concentraciones de só-

Tabla 1. Ajustes con los datos del periodo 1983-2002 en la Entrada al Sistema.

Periodo	Parámetros	Función	R2
Años 1983 - 1995	Transparencia vs Turbidez	$y = -0.4773 \ln(x) + 2.2446$	0,70
Años 1983 - 2002	Transparencia vs Turbidez	$y = -0.5718 \ln(x) + 2.5269$	0,67
Años 1995 - 2002	Sólidos vs Caudal	$y = 5E-08x^{1,9484}$	0,63
	Transparencia vs Caudal	$y = 882718 x^{-1,4438}$	0,61
	Sólidos vs. Turbidez	$y = 2.1863 e^{0,0682 x}$	0,68
	Sólidos vs Transparencia	$y = 6.9808 x^{-1,1521}$	0,71
	Transparencia vs Turbidez	$y = 2.3225 e^{-0,0601x}$	0,71



Gráficos 1-2. Ajustes entre la transparencia vs. turbidez. **1)** Ajuste en el periodo 1983-2002 con una función logarítmica $R^2 = 0,67$. **2)** Mejor ajuste del periodo 1983-1995 mediante una función logarítmica con $R^2 = 0,70$.

lidos suspendidos están referidas a la descarga de los mismos, pudiendo ser un fenómeno complejo. Como base de condiciones de flujo, mucho sólido puede proceder de fuentes puntuales de carga y una disminución en el flujo tendería a estar acompañado de un incremento en la concentración. Por otro lado, la ocurrencia de un temporal sobre la cuenca, puede causar erosión y transporte de cantidades sustanciales de material en suspensión, por lo que un incremento en el flujo puede causar un incremento en las concentraciones. Dependiendo de la relativa importancia de estos dos procesos (dilución y erosión), la pendiente de la relación de descarga y concentración de sólidos puede ser negativa, positiva o quizás ambos.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para la sección Entrada al Sistema, se trató de encontrar una función Sólido – Caudal que arrojara un coeficiente de determinación aceptable, con un ajuste temporal del caudal con atraso de un día; las funciones probadas registraron coeficientes bastante menores a uno.

En la Tabla 1. Con los datos del periodo 1983-2002, se obtuvieron valores de $R^2 = 0,22$, $0,27$ y $0,46$ para la relación Sólidos, Turbidez y Transparencia Vs. Caudal, respectivamente, éste último en una función potencial. Sin embargo, la transparencia y turbidez, ajustaron con $R^2 = 0,67$ en una función logarítmica como se ilustra en el Gráfico 1.

Con los datos del periodo años 1983-1995, se consiguió mejorar el ajuste con el caudal, con coeficientes de correlación, R^2 de $0,63$, $0,52$ y $0,61$ para sólidos, turbidez y transparencia, respectivamente.

Los parámetros indirectos entre sí y con los sólidos, mejoraron sus coeficientes, siendo la transparencia vs. Turbidez la de mejor correlación mediante una función exponencial con $R^2 = 0,70$ (Gráfico 2) y los sólidos con la turbidez con un $R^2 = 0,68$ ambos con una función exponencial.

Período años 1998-2002

Para el periodo 1998-2002, no se encontró una correlación aceptable entre los sólidos, los parámetros indirectos, y el caudal, en la Salida por los Vertederos Añá Cuá y Principal. Los coeficientes de correlación, bastante menores que la unidad, indican una pobre correlación con el caudal, apenas $R^2 = 0,30$, sólidos vs. caudal, en el Vertedero Principal. Para los parámetros indirectos entre sí, y los sólidos, el mejor ajuste se tuvo en la Vertedero Principal, con $R^2 = 0,62$ (Tabla 2); entre los sólidos y la turbidez, con una función exponencial, mientras que en el Vertedero Añá Cuá, la mejor correlación $R^2 = 0,68$ fue entre la transparencia y la turbidez también con una función exponencial (Tabla 3).

La Tabla 4, en la estación Salida del Sistema, los sólidos contra el caudal tuvieron un ajuste bas-

Tabla 2. Periodo 1998-2002, funciones de ajuste y coeficientes de correlación a la salida del Vertedero Principal.

Parámetros	Vertedero Principal	R^2
Sólidos vs. Turbidez	$y = 0.3201 e^{0.1411x}$	0,62
Sólidos vs Transparencia	$y = -4.6068 \ln(x) + 5.0138$	0,52
Transparencia vs Turbidez	$y = 2.2323 e^{-0.0511x}$	0,58

Tabla 3. Periodo 1998-2002, funciones de ajuste y coeficientes de correlación a la salida del Vertedero Añá Cuá.

Parámetros	Vertedero Añá Cuá	R ²
Sólidos vs. Turbidez	$y = 0.2007x^{1.1082}$	0,52
Sólidos vs Transparencia	$y = 3.4464 x^{-1.3111}$	0,43
Transparencia vs Turbidez	$y = 2.3464 e^{-0.0568x}$	0,68

tante aceptable a través de una función lineal, R² = 0,65. Los demás parámetros con el caudal, dieron un ajuste bajo, un R² = 0,42 para la transparencia. Los parámetros de correlación inversa, como la transparencia y la turbidez, ajustaron a través de una función exponencial con R² = 0,58.

Período años 2002-2010

En el Ingreso al Sistema en los años 2002-2010 disminuyeron totalmente los coeficientes de correlación entre caudal y sólidos y demás parámetros relacionados, de 0,26 a 0,34, sin embargo, los coeficientes de sólidos y parámetros indirectos alcanzaron valores de R² inmejorables: Sólidos vs. Turbidez R² = 0,93 (lineal), Sólidos vs. Transparencia R² = 0,84 (potencial), y Turbidez vs. Transparencia R² = 0,89 (potencial) (Tabla 5) y Gráficos 3-5.

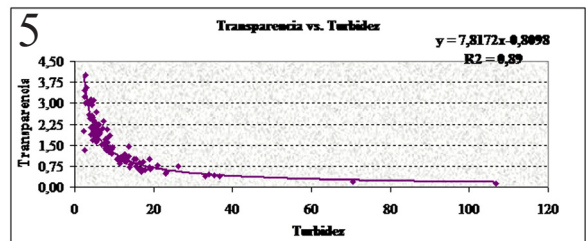
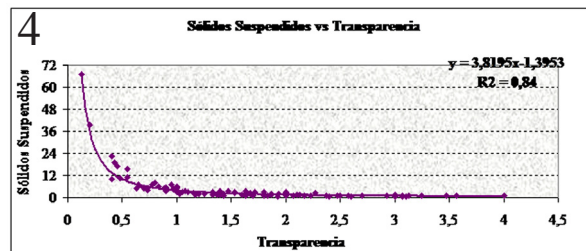
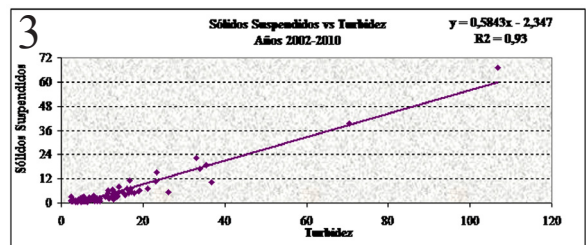
Tabla 4. Funciones de ajuste y coeficientes de correlación con el caudal en la sección Salida del Sistema en el periodo años 1998-2002.

Salida del Sistema. Periodo 1998-2002		R ²
Sólidos vs Caudal	$y = 0.0008x - 4.8628$	0,65
Turbidez vs Caudal	$y = 0.0008x + 2.2638$	0,26
Transparencia vs Caudal	$y = 2.6847 e^{-6E-05x}$	0,42
Sólidos vs. Turbidez	$y = 2.5264 e^{0.051x}$	0,38
Sólidos vs Transparencia	$y = -6.4702 \ln(x) + 7.2642$	0,42
Transparencia vs Turbidez	$y = 2.027 e^{-0.0477x}$	0,58

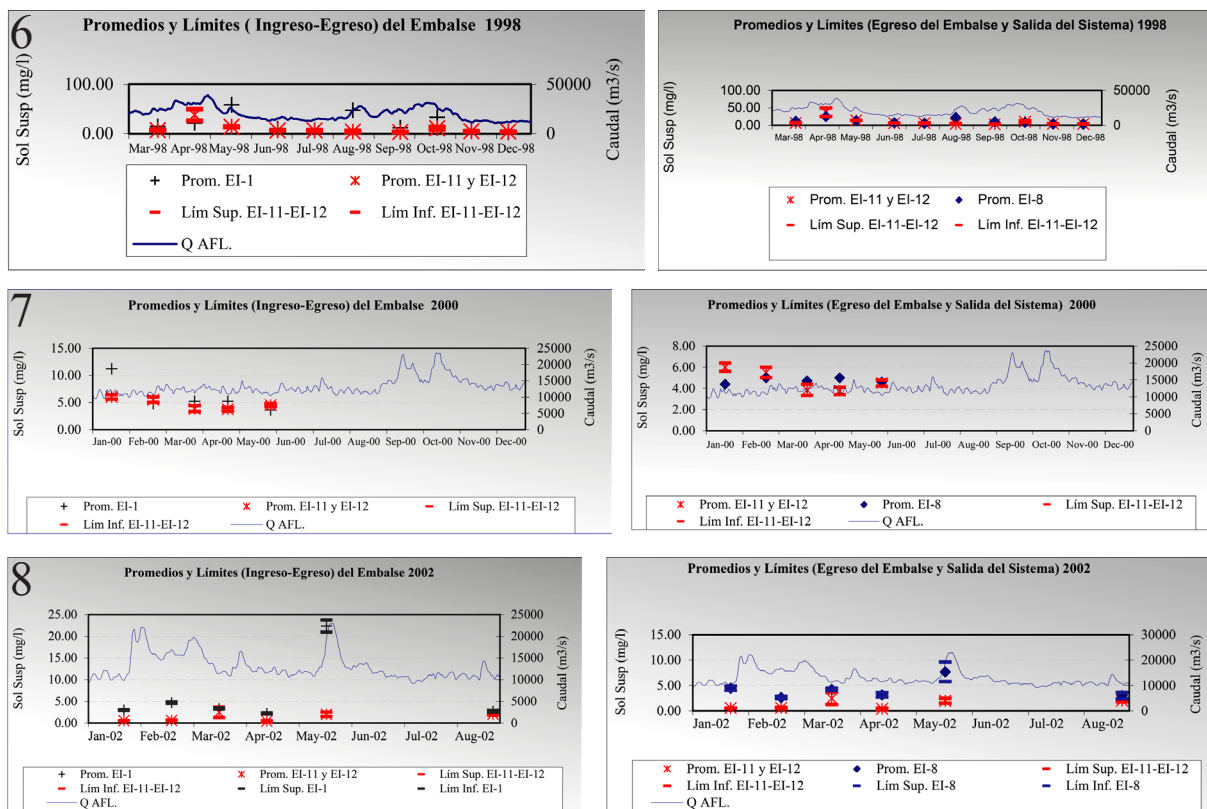
Tabla 5. Ajustes en el periodo años 2002-2010 para los parámetros indirectos en el Ingreso al Sistema.

Ingreso. Funciones de mejor ajuste Periodo 2002-2010		R ²
Sólidos vs. Turbidez	$y = 0,5843x - 2,347$	0,93
Sólidos vs. Transparencia	$y = 3,8195 x-1,3953$	0,84
Transparencia vs. Turbidez	$y = 7,8172 x-0,8098$	0,89

Considerando los datos generados desde el año 1982, pareciera existir una disminución de los valores medios para la estación ubicada en el Ingreso al Sistema. Dicha tendencia podría estar afectada por una disminución de los aportes externos no naturales o por una variabilidad natural en los valores, ya sea por efectos estacionales (dentro



Gráficos 3-5. Correlaciones de sólidos suspendidos, transparencia y turbidez entre los años 2002-2010. 3) Sólidos suspendidos vs. turbidez. 4) Sólidos suspendidos vs. transparencia. 5) Transparencia vs. turbidez.



Gráficos 6-8. Evolución de sólidos suspendidos vs. caudal. 6) Para el año 1998. 7) Para el año 2000. 8) Para el año 2002.

de cada año) o por los asociados a las distintas condiciones meteorológicas, y fundamentalmente, al acondicionamiento dado por la existencia de represas aguas arriba.

A los datos del año 1998, se le aplicó una estadística descriptiva entre el Ingreso-Egreso del Embalse y el Egreso del Embalse-Salida del Sistema. Las medianas obtenidas fueron volcadas en gráficos de evolución con el caudal, acompañadas de máximos y mínimos del mes correspondiente. Se encontraron diferencias significativas entre valores medios, siendo mayor en la Salida del Sistema que a la Salida de los Vertederos, sugiriendo un aporte de sólidos, aguas abajo de los mismos (Gráfico 6)

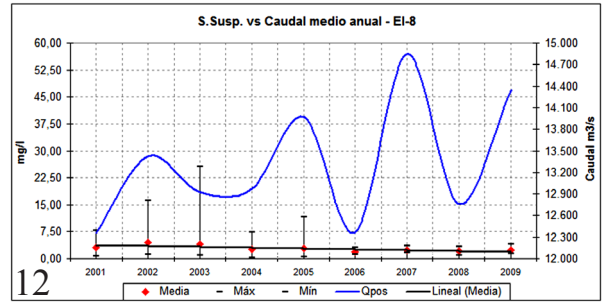
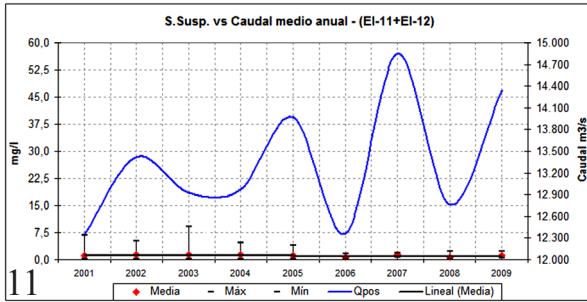
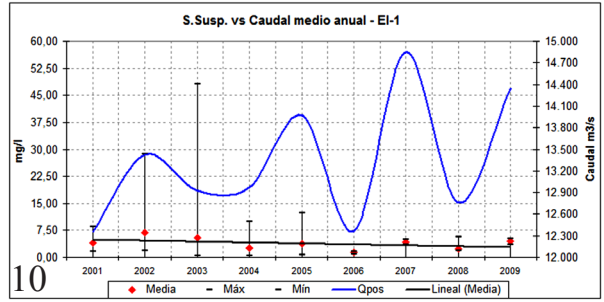
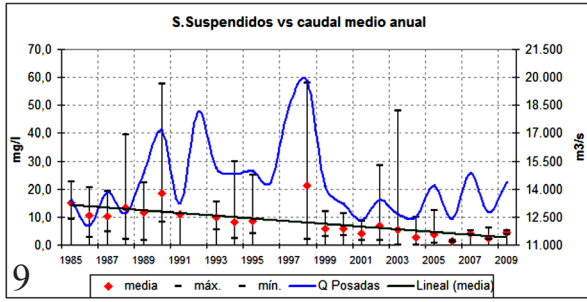
Con los datos del año 2000, se encontró diferencia significativa ($\alpha=0,05$) entre el Ingreso al Sistema y la Salida por los Vertederos, con el valor promedio de entrada mayor que el de salida, sugiriendo una probable sedimentación en el embalse (Gráfico 7).

A partir de los datos generados en el año 2002

(Gráfico 8), se observa una considerable disminución de los sólidos en la entrada al Sistema como a la salida del mismo. Esto sugiere una posible sedimentación aguas arriba, con la consiguiente disminución de los aportes de sólidos al Sistema.

Analizando los sólidos suspendidos ingresantes al Sistema, desde el año 1985 al 2009 (Gráfico 9), se observan picos aislados de máximos en épocas de crecida que en los últimos seis años son cada vez menos pronunciados. Para la cuenca del Alto Paraná, el proceso de mayor peso está vinculado a la erosión, existiendo una dependencia directa con el caudal (Drago, 1975). Pero, la presencia de embalses aguas arriba, como la de Itaipú y la ubicada sobre el Iguazú, alterarían dicha correspondencia, estando asociada al manejo hidráulico, de acuerdo a las profundidades de erogación.

Los fenómenos de retención de sólidos aguas arriba de Yacyretá, la probable sedimentación/ floculación de los coloides en el embalse, y la erosión



Gráficos 9-12. Sólidos suspendidos vs. caudal medio anual. **9-10)** Correspondientes al caudal medio ingresante en el Sistema. **9)** Correspondiente a los años 1985 al 2009. **10)** Correspondiente a los años 2001 al 2009. **11-12)** Correspondientes al caudal medio de salida entre los años 2001 al 2009. **11)** Correspondiente al caudal de salida de los vertederos. **12)** Correspondiente al caudal de salida del sistema.

aguas abajo del mismo, se ilustran en los siguientes gráficos. Los valores medios anuales entre los años 2001 y 2009, indican un menor ingreso de sólidos (Candelaria) en el tiempo (Gráfico 10).

El decrecimiento de los sólidos a la salida de los Vertederos (EI-11 + EI-12), con relación a su ingreso en la EI-1 (Candelaria), estarían señalando la sedimentación de una fracción de los sólidos en el embalse (Gráfico 11).

En el Gráfico 12, evolución en los años 2001 al 2009, se visualiza el crecimiento de los sólidos suspendidos a la salida del Sistema, asociado a fenómenos de erosión o aporte de la cuenca en el tramo notándose en los últimos años, cierta disminución en el rango de los sólidos a la Salida.

Asumiendo régimen estacionario, constancia en las concentraciones de sólidos por estación, la diferencia entre las medianas y rangos de valores máximos y mínimos de los sólidos suspendidos totales entre el ingreso al Sistema y la salida del Embalse por los Vertederos, muestran una muy factible sedimentación de una fracción de los sólidos suspendidos en el embalse (Gráfico 13)

En el análisis entre el Ingreso al Sistema y el Egreso del Embalse (Figura 14), muestra los potenciales fenómenos de erosión que se manifiesta entre las dos salidas del embalse (Vertederos) y la Sección del Río Paraná, a la altura del eje Itá Ibaté/ Panchito López, a 80 Km. aguas debajo, Salida del Sistema.

Sobre esta base, se analizó estadísticamente la existencia de diferencias significativas entre los promedios de las estaciones, para cada campaña (Tabla 6). De acuerdo al test ANOVA, la componente de variación debido a la heterogeneidad espacial

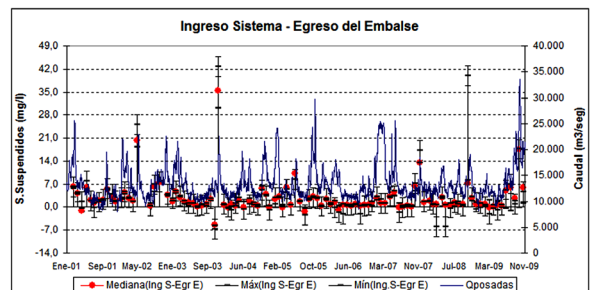


Gráfico 13. Disminución de los sólidos a la salida del embalse (Vertederos), son relación al ingreso al Sistema, con datos del periodo feb/2001 a nov/2009.

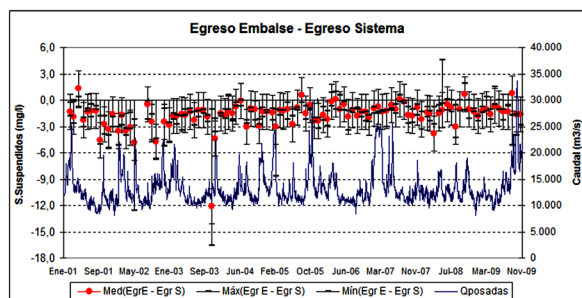


Gráfico 14. Diferencia de la mediana, máximo y mínimo de los sólidos suspendidos vs. caudal medio anual años 2001 al 2009 entre el egreso del embalse y egreso del sistema.

entre el Ingreso y la Salida por los vertederos, es significativamente más fuerte que aquella inherente a las fuentes de variación operativas. La componente temporal de variación no es significativa frente a las otras fuentes de variación

De acuerdo a ANOVA, la componente de variación debido a la heterogeneidad espacial entre la Salida por los Vertederos y la Salida del Sistema es significativamente más fuerte que aquella inherente a las fuentes de variación operativas; dicha diferencia sería equivalente a una potencial erosión o aporte alóctono de la cuenca intermedia.

La componente de variación temporal es también significativamente más fuerte que las otras fuentes de variación (Tabla 7).

Los fenómenos de retención de Sólidos aguas

arriba, la probable sedimentación/ floculación de los coloides en el embalse, y la erosión aguas abajo del mismo, fueron analizados estadísticamente mediante el Test Kendall (Tabla 8), el cual determina una tendencia decreciente de sólidos, tanto en la Entrada como en la Salida del Sistema. Los niveles decrecientes muestran ser fuertemente significativos, de acuerdo a los criterios empleados, $\alpha < 0,1$. Estas tendencias pueden estar asociadas a la tasa de erogación aguas arriba, como el manejo de suelos en la cuenca intermedia y fundamentalmente a la existencia de embalses aguas arriba, que actúan como retentores de sedimentos.

Para la interpretación del test de tendencia quedan establecidas las siglas, indicando en los cuadros correspondientes del resumen lo siguiente: S (TEND) indica la dirección de la tendencia; el grado de significancia viene dado por el valor de Z calculado (en valor y signo), con relación al teórico de 1,28; esta significancia viene representada por el N° de asteriscos en la última columna. Si el valor de Z calculado es menor que el valor teórico asumido (1,28), la tendencia es NS (no significativa).

Las lecturas de turbidez ya no presentan tendencia significativa, debido a un fuerte decrecimiento o aumento de la transparencia, observado en los últimos años (Tabla 9).

Tabla 6.

FUENTES DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	COMPROBACIÓN DEL TEST F	
Heterogeneidad temporal	11069,90	102	108,5	CM3/CM2= 0,02	F (102,103, 0,05)=1,39
Heterogeneidad espacial entre Ingreso al Sistema y Egreso del Embalse	744381,37	103	7227,0	CM2/CM1= 3100,7	F (103,822, 0,05)=1,26
Heterogeneidad debido al Muestreo y Análisis Químico	1916,28	822	2,3	-	-

Tabla 7.

FUENTES DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	COMPROBACIÓN DEL TEST F	
Heterogeneidad temporal	2621, 24	102	25, 7	CM3/CM2= 2,23	F (102,103, 0,05)=1,39
Heterogeneidad espacial entre Egreso del Embalse y Egreso del Sistema.	1186, 45	103	11,5	CM2/CM1= 6,82	F (103,824, 0,05)=1,26
Heterogeneidad debido al Muestreo y Análisis Químico	1391, 48	824	1,7	-	-

CONCLUSIONES

La concentración de sólidos suspendidos, referida a las descargas presenta una relación compleja en el Río Paraná. Suponiendo que el origen de sólidos procede de los caudales de la cuenca superior que transporta el material originado por el lavado de los suelos, se podría suponer que un aumento en la concentración del sedimento en suspensión vendría asociado al aumento de la turbidez. Igualmente, la ocurrencia de fuertes lluvias, puede causar la erosión y el transporte de cantidades sustanciales de material en suspensión, independientemente del caudal. Los dos procesos, dilución y erosión o aporte de sólidos, pueden funcionar conjuntamente,

dependiendo de la importancia relativa de los procesos.

Para la cuenca del Alto Paraná, el proceso de mayor peso está vinculado a la erosión, existiendo una dependencia directa con el caudal, pero la existencia de embalses aguas arriba, como la de Itaipú y la ubicada sobre el Iguazú, alteran dicha correspondencia, estando asociada al manejo hidráulico de acuerdo a las profundidades de erogación

El tratamiento de variabilidad espacial/temporal aplicado a los datos de sólidos, campaña por campaña y por estación, indicó una disminución de sólidos en el Ingreso (EI-1 Candelaria) con el paso de los años, sugiriendo la retención de sólidos aguas arriba de Yacyretá.

Tabla 8.

ESTACIÓN	(TEND) S	TAU kendall	Z CALC.	SIGNIFICANCIA
Ingreso al Sistema	- 96	- 0, 24	-3, 05	***
Salida de los Vertederos	- 12	- 0,03	- 0,35	NS
Salida del Sistema	- 120	- 0,31	- 3,82	***

Tabla 9.

ESTACIÓN	(TEND) S	TAU kendall	Z CALC.	SIGNIFICANCIA
EI-1 Candelaria Ingreso al Sistema	26	0,07	0,80	NS
EI-8 Itá Ibaté Salida del Sistema	- 1	0,00	0,00	NS

Se comprobó una tendencia decreciente de sólidos en el Ingreso al Sistema, condicionado fundamentalmente por la existencia de embalses aguas arriba. Dichos niveles de tendencia decreciente mostraron ser significativos de acuerdo a los criterios empleados en la referencia citada $\alpha < 0,1$.

Decrecimiento de los sólidos a la salida de los Vertederos (EI-11 + EI-12), con relación a su ingreso en la EI-1 (Candelaria), indicando una probable sedimentación de una fracción de los sólidos en el embalse.

Crecimiento de los sólidos suspendidos a la Salida del Sistema, pudiendo asociarse a fenómenos de erosión o aporte de la cuenca en el tramo, con cierta disminución en el rango de los sólidos en los últimos años.

Las diferencias entre las estaciones Ingreso al Sistema y Egreso del embalse, como también Egreso del embalse y la Salida del Sistema, son significativamente mayores a aquella variabilidad inherente a las fuentes operativas (muestreo y análisis).

Assumiendo régimen estacionario, se detecta sedimentación de una fracción de los sólidos suspendidos en el embalse. Igualmente, bajo las mismas condiciones, se observaron potenciales fenómenos de erosión, que se estarían dando entre la Salida por los Vertederos y la Salida del Sistema.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento a las autoridades y al personal del Laboratorio de agua de la Entidad Binacional Yacyretá, por el apoyo recibido para la realización de este trabajo, su publicación y divulgación en el

ámbito Científico y Académico de la Universidad Nacional de Asunción.

BIBLIOGRAFÍA

- Bradley V. J. 1968. *Distribution Free Statistics*. Nueva York: Prentice-Hall Englewood Cliffs. 840 p.
- Bonetto A. 1976. *Calidad de las Aguas del Río Paraná. Introducción a su estudio ecológico*. Dirección Nacional de Construcciones Portuarias y Vías Navegables. Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas (INCYTH). Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Oficina de Cooperación Técnica de la ONU.
- Brown, M. B.; Forsythe, A. B. 1974. Robust Tests for the Equality of Variances. *Journal of the American Statistical Association*, 69, p364-367.
- Depetris, P. J. 1976. *Hydrochemistry of the Paraná River*. *Limnology and Oceanography*. Vol. 21 (5) p. 736-739.
- Kendall M.G.; Sundrum R.M. 1953. *Distribution-Free Methods and Order Propertie Review of the International Statistical Institute*, 21:3, 124-134.
- Kendall M.G. 1955. *Rank Correlation Methods*. 2ª Ed. Nueva York. Kafner.
- Lilliefors, H. W. 1967. On the Kolmogorov-Smirnov tests for normality with mean and variance unknown. *Journal of the American Statistical Association*, 62: 399-402.
- Loh, W. Y. 1987. Some Modifications of Levene's Test of Variance Homogeneity. *Journal of*

- Statistical Computation and Simulation, 28, p213-226.
- Montgomery, D. 2005. Diseño y Análisis de Experimentos. México: Editorial Limusa. Cap. 3, p. 76-83: Experimentos con un solo factor: el análisis de varianza.
- Álvarez Tagliabue, C.U.; A.N. Menéndez; M. Perayre; M. Cardinali; L. Chamorro. Metodología de Modelación del transporte de Sólidos Suspendidos en Reservorios. C.U. Instituto Nacional del Agua (INA), Entidad Binacional Yacyretá (EBY) INA, Casilla de Correo 21, 1802 Aeropuerto Ezeiza, Argentina, (54-11) 4480-4500, cuat@ina.gov.ar.
- O'Conner, D. J. 1976. The concentration of dissolved solids and river flow, Water Resources Research, Vol. 12, N° 2, abril, pp. 279-294.
- OMS. 1978. Water Quality Surveys, IHD/WHO Working Group on the Quality of Water, París
- OMS. 1974. Guide to Hydrological Practices, Publicación N° 168, Ginebra.
- OMS. 1978. Manual on Stream Gauging, Ginebra
- Pérez, C. L. 2004. Técnicas de Análisis Multivariante de Datos. Madrid: Pearson Prentice Hall. Cap. 2, p. 55-65: Primeros pasos en el análisis multivariante. Análisis exploratorio de datos.
- Solomon, S. I. 1996. Statistical association between hydrologic variables, in Proceedings of Hydrology Symposium N° 5, Statistical Methods in Hydrology, National Research Council of Canada, Queen's Printer, Ottawa, pp. 55-113
- Steele, T. E. 1971. The role of network design in the management and control of streamflow water quality, Proceeding of the U. S. – Japan Bilateral Seminar in Hydrology, Honolulu, Hawaii, enero, in Systems Approach to Hydrology (Ed. V. Yevjevich) pp. 395-423.
- Steele, T. E.; M.E. Jennings. 1972. Regional Analysis of Stream flow Chemical Quality in Texas, Water Resources Research, Vol. 8, N° 2, pp. 460-477.
- WMO. 1981. Guide to Hydrological Practices, Vol. 2, 4ta Edition, N° 168.
- WMO. 1980. Manual on Stream Gauging, Vol. 2, Operational Hydrology Report N° 13, WMO N° 519, Geneva.
- WMO. 1988. Manual on Water Quality Monitoring. Planning and Implementation of Sampling and Field Testing. Operational Hydrology Report N° 27, WMO N° 680, Geneva.

CALIDAD DE AGUA DEL RÍO TEBICUARY EN CULTIVOS DE ARROZ EN LOS DEPARTAMENTOS DE CAAZAPÁ, MISIONES Y ÑEEMBUCÚ**WATER QUALITY OF THE TEBICUARY RIVER IN RICE CULTURES IN THE DEPARTMENTS OF CAAZAPÁ, MISIONES AND ÑEEMBUCÚ**HUGO A. ROJAS^{1*} & TEÓFILO A. DÍAZ²¹Docente Investigador de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. UNA.²Encargado de Cátedra, Departamento de Estadística FACEN

*Email: hugorojas@gmail.com

Resumen: El objetivo del proyecto, fue evaluar el impacto de las prácticas actuales de la producción de arroz sobre el ecosistema, valorando la contaminación y el riesgo eco toxicológico por el uso de plaguicidas y fertilizantes. Se han establecido tres estaciones de muestreo en Arrozales (1, 2 y 3) en los Departamentos de Caazapá, Misiones y Ñeembucú, en la entrada y salida de los arrozales y en el mismo Río Tebicuary, en San Rafael y en Ciervo Blanco. Se realizaron cuatro campañas de calidad de agua, cubriéndose tres periodos del ciclo agrológico. Para la metodología operativa, se siguieron las normas GEMS/AGUA y del Standard Methods. Se midieron oxígeno disuelto, pH, conductividad, N-NH₃, Nitrito, N-NO₃, NTK, O-Fosfato, P-Total, D.B.O.₅, D.Q.O., Arsénico, Cobre, Cadmio, Plomo, Mercurio y Biocida. Se realizó una estadística descriptiva, la prueba de Kruskal-Wallis y ANOVA, probabilidades asociadas y sus tamaños de muestras. Se describe la probabilidad asociada a la homogeneidad de la varianza (Levene) y a la existencia o no de diferencia significativa de medias y medianas (U de Mann-Whitney). Se confeccionan las gráficas de barra de error de la media, con intervalo de confianza del 95%, en una comparación entre la entrada y la salida de los arrozales y el río Tebicuary. Se utilizó el método de la DMS, como prueba de post-hoc, para detectar diferencias de medias por pares. En el Arrozal (1) los parámetros Oxígeno Disuelto, pH, Turbidez, N-Nitrato, N-Amoniacal, N-Total Kjeldall, P-Total, D.B.O.₅, D.Q.O. fueron homogéneos con la prueba de Levene. La Conductividad y el Nitrito, heterogéneos. Los valores de O-Fosfato constantes. No se detectaron diferencias significativas en los valores promedios para: Oxígeno Disuelto, pH, N-Nitrato, N-Amoniacal, N-Total Kjeldall, P-Total, D.B.O.₅ y D.Q.O. En Nitrito no se detectó diferencia en las medianas. En la Turbidez se detectó diferencia significativa con el mayor valor a la salida y la Conductividad con diferencia significativa de las medianas con el mayor valor a la salida. En Nitrito no se detectó diferencia en las medianas. En el Arrozal (2) los valores de O-Fosfato fueron constantes. Todas las variables cumplen con la homogeneidad (Levene). No se detectó diferencia significativa en los valores promedios. En el Arrozal (3) las variables Oxígeno Disuelto, pH, Conductividad, N-Nitrato, Nitrito, N-Amoniacal, N-Total Kjeldall, P-Total, O-Fosfato, D.B.O.₅ y D.Q.O. fueron homogéneos y no dieron diferencia significativa en los promedios. La Turbidez presenta heterogeneidad y no arroja diferencia significativa en las medianas. Los análisis de biocida Cipermetrina, Imidacloprid y Carbaril en muestras de agua no arrojaron resultados positivos. No se han detectado metales pesados como Arsénico, Plomo, Cadmio o Cobre en el agua de entrada y salida ni en sedimentos analizados.

Palabras clave: *Calidad de agua, mercurio, arrozales, sur de Paraguay, río Tebicuary.*

Abstract: The project's objective was to evaluate the impact of current practices of rice production on the ecosystem, assessing pollution and eco toxicological risk from the use of pesticides and fertilizers. They have established three sampling stations in Rice (1, 2 and 3) in the Departments of Caazapá Neembucú and Missions, at the entrance and exit of the paddy and Tebicuary River in San Rafael and White Deer. There were four water quality campaigns, covering three periods agrological cycle. For operational methodology followed the rules GEMS / WATER and Standard Methods. Were measured dissolved oxygen, pH, conductivity, NH₃-N, Nitrite, N-NO₃, TKN, O-phosphate, P-Total, BOD₅, COD, Arsenic, Copper, Cadmium, Lead, Mercury and biocide. We conducted a descriptive statistics, the Kruskal-Wallis ANOVA, associated probabilities and sample sizes. It describes the probability associated with the homogeneity of variance (Levene) and the existence of significant difference means and medians (Mann-Whitney). They are made of bar graphs the average error, with a confidence interval of 95%, on a comparison between the input and output of paddy fields and San Rafael and White Deer. We used the method of the DMS, as post-hoc test to detect pair wise mean differences. In Paddy (1) the

parameters Dissolved Oxygen, pH, Turbidity, Nitrate N-, N-Ammonia, N-Total Kjeldall, P-Total, BOD5, COD were homogeneous with the Levene test. The conductivity and nitrite, heterogeneous. Values O-phosphate constant. No significant differences in the mean values for: dissolved oxygen, pH, nitrate-N, N-Ammonia, N-Total Kjeldall, P-Total, BOD5 and COD Nitrite was not detected in difference in medians. Turbidity in the significant difference was detected with the highest output value and significant difference Conductivity of medium with the highest output value. Nitrite was not detected in difference in medians. In Paddy (2) O-Phosphate values were constant. All variables meet the homogeneity (Levene). No significant difference was detected in the mean values. In Paddy (3) variables Dissolved Oxygen, pH, Conductivity, N-Nitrate, Nitrite, N-Ammonia, N-Total Kjeldall, P-Total, O-Phosphate, BOD5 and COD were homogeneous and gave no significant difference in the averages. Turbidity throws presents heterogeneity rather significant difference in the medians. Cypermethrin biocide tests, imidacloprid and carbaryl in water samples tested positive. No detected heavy metals like arsenic, lead, cadmium or copper, in water and sediment input nor in output analysis.

Palabras clave: Water quality, mercury, rice fields, southern Paraguay, Tebicuary river.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo fue realizado en la FaCEN a propuesta de Guyrá Paraguay con fondos del CONACYT, con la participación de los Laboratorios de Mutagénesis y de Calidad de agua.

El arroz considerado el cereal más importante del planeta por la extensión de la superficie cultivada y el número de personas que dependen de sus cosechas, además representa el alimento básico para gran parte de la población mundial (Alexandratos, 1995)

En el año 2005, Paraguay tenía sembrada 34.000 ha de arroz, (FAOSTAT 2006). Recientemente en el 2008 con unas 42.000 hectáreas, representa un incremento del 48%, que podría triplicarse dada las características del suelo en la región sur del país, donde se encuentra el área principal de la producción, en el año 2006 se produjo el 88% del total en toneladas. La mayor parte producida en el departamento Misiones, en la cuenca del río Tebicuary (Molinas et al. 2007), el cual transporta el caudal de agua producido en los bosques de la ecoregión BAAPA, hacia las ecorregiones de los Pastizales del Sur (Pampas) y Humedales del Ñeembucú (Chaco Húmedo).

El cultivo se realiza con la modificación de la cubierta vegetal, la introducción de sustancias químicas como plaguicidas y fertilizantes, modificando la estructura y composición química del suelo, con un efecto directo sobre la fauna que se alimenta de ella (Facetti, 2002). La problemática ambiental derivada del uso de los plaguicidas es muy amplia

y engloba muy diversos aspectos como el desequilibrio de los sistemas biológicos y el desarrollo de resistencias a los plaguicidas. Esto último, obliga a utilizar mayores concentraciones o productos de mayor efectividad, con los posibles efectos tóxicos para el hombre y/o otros organismos para los cuales no han sido diseñados. A esto se debe añadir la contaminación permanente producida por los residuos de plaguicidas o la toxicidad de los compuestos resultantes de su degradación química o metabólica, que en algunos casos pueden resultar tantos o más tóxicos que el compuesto original.

Los antecedentes de estudios realizados por la Corporación de Obras Sanitarias (CORPOSANA) hace más de una década, sobre la presencia de órgano clorados en las aguas del río Tebicuary, encontrándose por debajo de los límites de detección (Facetti 2002). Así mismo, los productores se encuentran obligados a realizar análisis de residuos tóxicos en el agua del drenaje del cultivo por disposición de la Secretaría del Ambiente para la expedición de la licencia ambiental. Sin embargo estos trabajos no se encuentran sistematizados y no ha sido evaluada la adicionalidad.

La sociedad en su conjunto ha venido adquiriendo conciencia frente a la seguridad alimentaria y al deterioro ambiental. La misma, demanda productos que no impliquen riesgos para la salud y los mercados, certificados de calidad. Por esto, y por entender la importancia de la preservación del ambiente, es que los productores, investigadores e industria requieran desarrollar prácticas amiga-

bles con el ambiente para lograr una producción sostenible. Esto implica, mantener o aumentar la producción, en actividades económicamente viables y socialmente aceptables, reduciendo el nivel de riesgo y protegiendo el potencial de los recursos naturales (Dumanski y Smyth, 1994).

Uno de los desafíos globales a los que se enfrenta la humanidad, es gestionar el medio ambiente, con vistas a lograr que pueda sostener la vida en todas sus formas. El equilibrio ecológico del que dependen las generaciones actuales y venideras puede preservarse únicamente por medio de cadenas alimentarias, en las que las corrientes de energía y nutrientes estén equilibradas.

El objetivo de este trabajo, es evaluar el nivel del impacto de las prácticas actuales de la producción de arroz sobre la calidad del agua del río Tebicuary, valorando la contaminación, mejorando el conocimiento y la comprensión de la problemática del impacto de las arroceras sobre el ecosistema, además de contar con datos de riesgo ecotoxicológico por el uso de plaguicidas y fertilizantes, disponiendo de un plan de monitoreo para el estudio del impacto.

METODOLOGÍA

Para el estudio de la Calidad de agua en arrozales de la cuenca del río Tebicuary, se han establecido tres estaciones de muestreo, ubicados en arrozales de los Departamentos de Caazapá, Misiones y Ñeembucú. El denominado Arrozal 1, está ubicado en la localidad de San Juan, Dpto. de Misiones, el Arrozal 2 en la localidad de San Miguel, Dpto. Misiones y el Arrozal 3 en la localidad de Yuty, Dpto. Caazapá.

En cada arrozal, se han fijado dos puntos de muestreo, uno de ellos en la Entrada al arrozal en las que se captan las aguas del mismo río Tebicuary y el otro a la Salida del arrozal, en el canal de retorno de las aguas provenientes del riego del arrozal respectivo. Se han establecido además, otras dos estaciones ubicadas sobre el Río Tebicuary, una en San Rafael en el Dpto. Itapúa, aguas arriba y la otra en Ciervo Blanco aguas abajo en el Dpto. Ñeembucú.

Se han tomado muestras de sedimentos (dragado), en los canales de drenaje de los tres arrozales (Salidas) y del río Tebicuary en las estaciones San

Rafael y Ciervo Blanco.

En total se realizaron cuatro campañas de calidad de agua, en los meses de agosto y diciembre 2011, febrero y marzo 2012 con toma de muestras de agua y sedimento. Las muestras, fueron acondicionadas en cajas térmicas refrigeradas a 4 °C para su traslado hasta los laboratorios de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales para los análisis respectivos.

Con esta frecuencia de muestreo de agua y sedimento, se cubrieron los tres periodos del ciclo agrológico, el primero en la temporada de laboreo del suelo, el segundo en el de inundación post-siembra y el tercero, al momento de la cosecha y post-cosecha. La sistematización de datos e informes se fueron preparando a medida que se obtenían los resultados de los análisis, desde el momento cero – antes del comienzo de las actividades – con la finalidad de tener la información de las condiciones previas a la realización del cultivo y al final del cultivo, determinando de esta manera, los niveles de residuos luego de que se realizaron todos los tratamientos culturales, cubriendo el período de aplicaciones de agroquímicos y fertilizantes.

Con relación a la metodología operativa de campaña, cuidados, preservaciones (materiales, métodos y tiempos) y a los principios a ser observados en la definición de los requerimientos analíticos (objetivos de exactitud, límites de detección, etc.), se siguieron las normas indicadas en la Guía Operativa GEMS/ AGUA (OMS, PNUMA, UNESCO, OMM), y del Standard Methods (21st Edition, American Public Health Association, 2005).

Se efectuaron mediciones de los parámetros In-situ oxígeno disuelto, pH, conductividad y turbidez utilizando para ese efecto un oxímetro de la marca WTW, provisto de cable para inmersión, con sensor de temperatura y compensador de presión, pHmetro de la marca WTW, conductímetro Methron y turbidímetro Hach.

Las muestras de agua fueron extraídas con una bomba de funcionamiento a batería y acondicionadas en sus respectivos frascos. Los parámetros medidos en el laboratorio fueron: N-NH₃, Nitrito, N-NO₃, NTK, O-Fosfato, P-Total, D.B.O.₅, D.Q.O.,

Arsénico, Cobre, Cadmio, Plomo, Mercurio y Biocida; en sedimentos (material dragado), pH, N-Nitratos, NTK, N-Amoniacal, P-Total, Arsénico, Cobre, Cadmio y Plomo.

Con los resultados de los análisis proveídos por el laboratorio y de los datos in-situ se realizó una estadística descriptiva de cada parámetro, las comparaciones realizadas con la prueba de Kruskal-Wallis y ANOVA, probabilidades asociadas y sus tamaños de muestras. Se describe la probabilidad asociada a la prueba de homogeneidad de la varianza (Levene) y a la existencia o no de diferencia significativa, diferencias de medias y tamaño de muestra y en algunos casos el de las medianas (U de Mann-Whitney), (Mongomery, D. 2005).

El estudio comparativo, análisis estadístico Inferencia aplicado, tanto entre los puntos del río Tebicuary, como entre el agua de Entrada y de Salida a los arrozales, permite determinar que parámetro presenta o no diferencia estadísticamente significativa, o que ha sufrido modificaciones cuantitativas, lo que equivaldría al cambio en la calidad de agua ocasionado por la actividad antrópica y que impacta sobre el ecosistema acuático.

Se confeccionan las gráficas de barra de error, la media, el tamaño de la muestra e intervalo de confianza al 95% para la media de todas las variables,

en una comparación entre los puntos de muestreo, Entrada y Salida de los arrozales contrastadas con las estaciones del Río Tebicuary situadas en San Rafael y Ciervo Blanco. Se utilizó el método de la DMS, como prueba de post-hoc, para detectar diferencias de medias por pares.

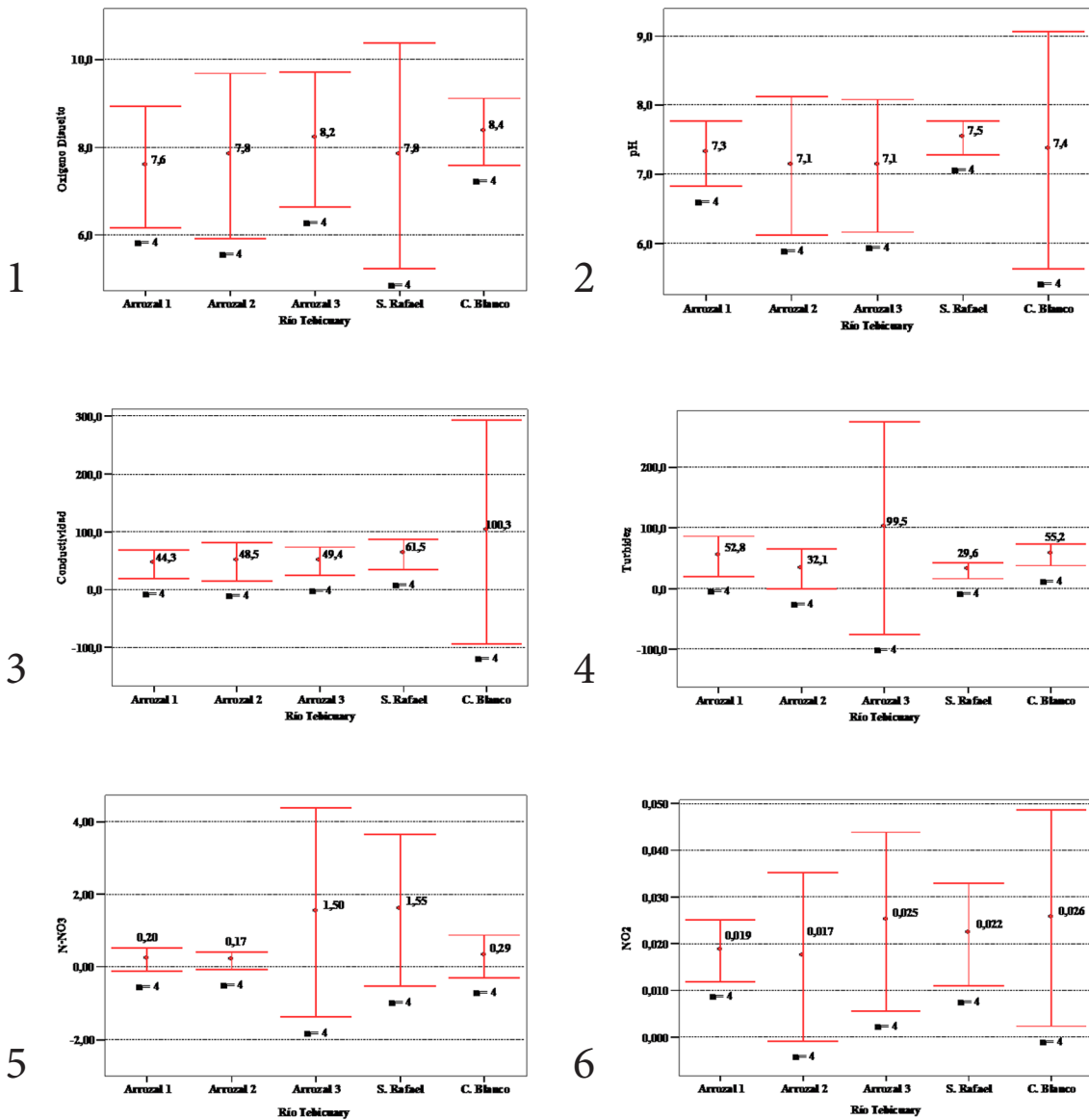
DESARROLLO

Diferencias de medias y medianas en los puntos de muestreo denominados entrada a los arrozales y San Rafael y Ciervo Blanco. (condición del río Tebicuary)

Desarrollamos en esta sección, el análisis estadístico comparativo de los parámetros fisicoquímicos de las aguas provenientes del Río Tebicuary para su utilización en los arrozales, en los puntos de muestreo denominados Entradas, Reserva San Rafael y Ciervo Blanco. Se desarrollan las gráficas de barra de error para las variables estudiadas, la media, intervalo de confianza al 95% para la media y sus tamaños de muestras, en la condición de Río Tebicuary. Se describe la probabilidad asociada a la prueba de homogeneidad de la varianza (Levene) y a la existencia o no de diferencia significativa, diferencias de medias (ANOVA), tamaño de muestra para: Oxígeno Disuelto, NO₂, N-NH₃, N-Total Kjeldall, P-Total y D.B.O.5 y de las medianas

Tabla 1. Prueba de homogeneidad de varianzas, diferencia de medias y medianas. (a) ANOVA. (b) Kruskal-Wallis.

Parámetros	Homogeneidad *		Diferencia Significativa *		N
	Cumple	p	Cumple	p	
Oxígeno Disuelto	Si	>0,05	No(a)	>0,05	20
pH	No	<0,05	No(b)	>0,05	20
Conductividad	No	<0,05	No(b)	>0,05	20
Turbidez	No	<0,05	No(b)	>0,05	20
N-NO ₃	No	<0,05	No(b)	>0,05	20
NO ₂	Si	>0,05	No(a)	>0,05	20
N-NH ₃	Si	>0,05	No(a)	>0,05	20
N-Tot. Kjeldall	Si	>0,05	No(a)	>0,05	20
P-Total	Si	>0,05	No(a)	>0,05	20
O-Fosfato	No	<0,05	Si(b)	<0,05	20
D.B.O.5	Si	>0,05	No(a)	>0,05	20
D.Q.O.	No	<0,05	No(b)	>0,05	20



Figuras 1-6. Gráficas de barra de error, media, intervalo de confianza al 95% para la media y sus tamaños de muestra, en la condición de Río Tebicuary para diferentes parámetros de calidad del agua. 1) Oxígeno disuelto; 2) pH. 3) conductividad; 4) turbidez; 5) N-NO3; 6) NO2.

(Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney) para: pH, Conductividad, Turbidez, N-NO3, O-Fosfato y D. Q. O.

La Tabla 1, resume los resultados de la estadística aplicada a las variables, en los puntos de muestreo, Entrada a los Arrozales (1, 2 y 3), San

Rafael y Ciervo Blanco, el primero el punto más alto aguas arriba y el segundo el punto mas bajo.

Los parámetros Oxígeno Disuelto, NO2, N-NH3, N-Total Kjeldall, P-Total y D.B.O.5, cumplen con la homogeneidad de varianza ($p > 0,05$) y ninguno de ellos presenta diferencia significativa

en sus promedios. Los demás: pH, Conductividad, Turbidez, N-NO₃, O-Fosfato y D.Q.O., no son homogéneos ($p < 0,05$) y sólo O-Fosfato presenta diferencia significativa en sus valores de las medianas (Kruskal-Wallis), donde San Rafael presenta diferencia con el resto de los puntos (U de Mann-Whitney).

Figura 1, gráfica de barra de error para el oxígeno disuelto. Las variabilidades son relativamente diferentes, donde la mayor corresponde a S. Rafael y la menor a C. Blanco, sin embargo las diferencias no son estadísticamente significativa (homogéneo) ($p > 0,05$). Los valores promedios oscilan entre 7,6 y 8,4 y no presentan diferencia significativa, ($p > 0,05$), tamaño de la muestra ($n=4$).

Figura 2, gráfica de barra de error para el pH. Las variabilidades son relativamente diferentes, donde la mayor corresponde a C. Blanco y la menor a S. Rafael, estadísticamente significativa (heterogéneo), ($p < 0,05$). Los valores promedios oscilan entre 7,1 y 7,5. Las medianas no presentan diferencias significativas, ($p > 0,05$), con tamaño de muestra ($n=4$) en todos los casos.

Figura 3, gráfica de barra de error para la conductividad. La mayor variabilidad corresponde a C. Blanco y en los demás son similares, con diferencia estadísticamente significativa (heterogéneo) ($p < 0,05$). Los valores promedios oscilan entre 44,3 y 100,3. Las medianas no presentan diferencias significativas, ($p > 0,05$), con ($n=4$).

Figura 4, gráfica de barra de error para la turbidez. La mayor variabilidad corresponde al (Arrozal 3), en los demás son similares, dichas diferencias son estadísticamente significativa (heterogéneo), ($p < 0,05$). Los valores promedios oscilan entre 29,6 y 99,5. Las medianas no presentan diferencias significativas ($p > 0,05$) ($n=4$).

Figura 5, gráfica de barra de error para el N-NO₃. La mayor variabilidad corresponde al (Arrozal 3) seguido de S. Rafael, en los demás son similares, dando diferencias estadísticamente significativas (heterogéneo), ($p < 0,05$). Los valores promedios oscilan entre 0,17 y 1,55. Las medianas no presentan diferencias significativas, ($p > 0,05$) con tamaño de muestra ($n=4$).

Figura 6, barra de error para el NO₂. Las variabilidades son relativamente diferentes, correspondiéndole la mayor a C. Blanco, seguido del (Arrozal 3) y la menor al (Arrozal 1), las diferencias no son significativas ($p > 0,05$), promedios entre 0,017 y 0,026 tampoco presentan diferencia significativa, ($p > 0,05$) con ($n=4$).

Figura 7, gráfica de error del N-NH₃. Las variabilidades son relativamente diferentes, donde la menor corresponde a S. Rafael y la mayor a C. Blanco, sin embargo las diferencias no son estadísticamente significativa (homogéneo), ($p > 0,05$). Los promedios oscilan entre 0,05 y 0,07 y no presentan diferencia significativa, ($p > 0,05$) con ($n=4$).

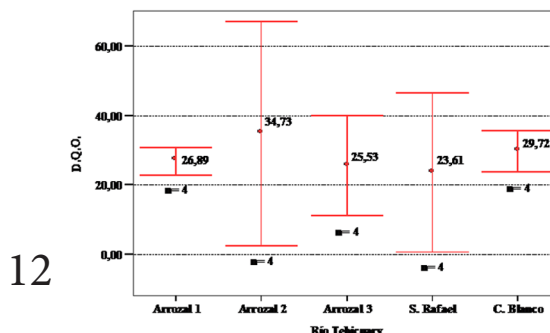
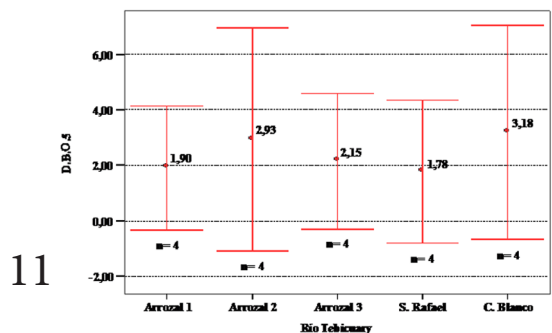
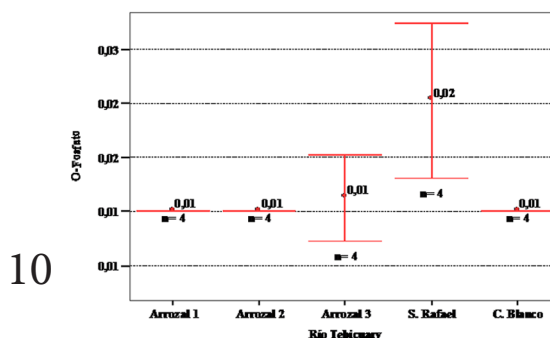
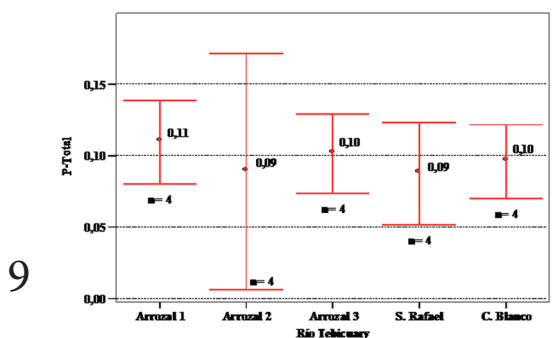
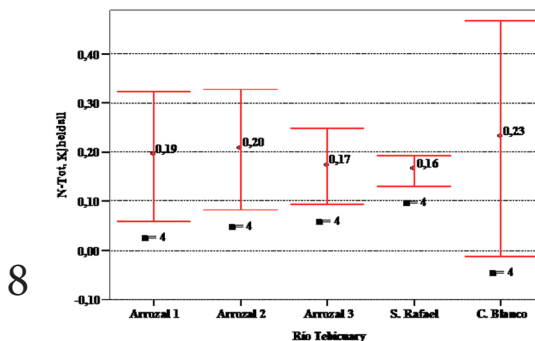
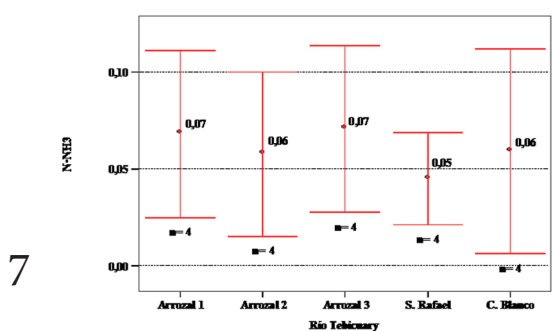
Figura 8, barra de error para el N-Total Kjehldall. La mayor variabilidad corresponde a C. Blanco y la menor a S. Rafael. Las diferencias no son estadísticamente significativa (homogéneo), ($p > 0,05$). Los promedios entre 0,16 y 0,23 y no presentan diferencia significativa ($p > 0,05$) con ($n=4$).

Figura 9, barra de error para el P-Total. La mayor variabilidad corresponde al (Arrozal 2), en las demás son similares. Las diferencias no son estadísticamente significativa (homogéneo) ($p > 0,05$). Los valores promedios oscilan entre 0,09 y 0,11 y no presentan diferencia significativa, ($p > 0,05$) con tamaño de muestra igual ($n=4$).

Figura 10, gráfica de barra de error para O-Fosfato. La mayor variabilidad corresponde a S. Rafael seguido del (Arrozal 3), en los demás son constantes, las diferencias son estadísticamente significativa (heterogéneo) ($p < 0,05$). Los promedios oscilan entre 0,01 y 0,02. Las medianas presentan diferencias significativas, donde los mayores valores corresponden a S. Rafael, ($p < 0,05$) con tamaño de muestra ($n=4$).

Figura 11, gráfica de barra de error para D.B.O.₅. La mayor variabilidad corresponde al (Arrozal 2) y C. Blanco, en las demás son similares. Las diferencias observadas no son estadísticamente significativa (homogéneo) ($p > 0,05$). Los valores promedios oscilan entre 1,78 y 3,18 y no presentan diferencia significativa, ($p > 0,05$) con ($n=4$).

Figura 12, gráfico de barra de error para la D.Q.O. La mayor variabilidad corresponde al (Ar-



Figuras 7-12. Graficas de barra de error, media, intervalo de confianza al 95% para la media y sus tamaños de muestra, en la condición de Río Tobicuary, para diferentes parámetros de calidad del agua. 7) N-NH3; 8) N-Total Kjeldahl; 9) P-Total; 10) O-Fosfato; 11) D.B.O.5; 12) D.Q.O.

rozal 2) y la menor al (Arrozal 1), las diferencias son estadísticamente significativa (heterogéneo), ($p < 0,05$). Los valores promedios oscilan entre 23,61 y 34,73. Las medianas no presentan diferencias significativas, ($p > 0,05$), (Anexo). El tamaño de la muestra es igual a cuatro en todos los casos ($n=4$).

Estudio comparativo del agua de entrada y salida de los arrozales (1, 2 y 3)

En esta Sección desarrollamos el estudio comparativo entre la Entrada y la Salida del agua para los (Arrozales 1, 2 y 3). Los puntos de muestreo San Rafael y Ciervo Blanco, se incluyen en las

gráficas de manera comparativa para visualizar su comportamiento y variabilidades, el primero el punto mas alto aguas arriba y el segundo el punto mas bajo. Se presentan las gráficas de barras de error, la media con sus intervalos de confianzas al 95% y los tamaños de muestras. También incluye el test de Levene, las comparaciones de medias (ANOVA) y en algunos casos el de las medianas (U de Mann-Whitney).

La Tabla 2, es el resumen de las comparaciones entre la Entrada y la Salida de los arrozales (1, 2 y 3) para las pruebas de homogeneidad de varianzas, las diferencias de medias y medianas para cada una de las variables, incluyendo la respuesta al test de Levene, las comparaciones de medias (ANOVA) y en algunos casos el de las medianas (U de Mann-Whitney) con nivel del 95%.

En el Arrozal (1) los parámetros: Oxígeno Disuelto, pH, Turbidez, N-Nitrato, N-Amoniacal, N-Total Kjeldall, P-Total, D.B.O.5, D.Q.O. con la prueba de Levene son homogéneos, ($p > 0,05$). La Conductividad y el Nitrito son heterogéneos, ($p < 0,05$). Los valores de O-Fosfato son constantes. No se detectó diferencia significativa en prome-

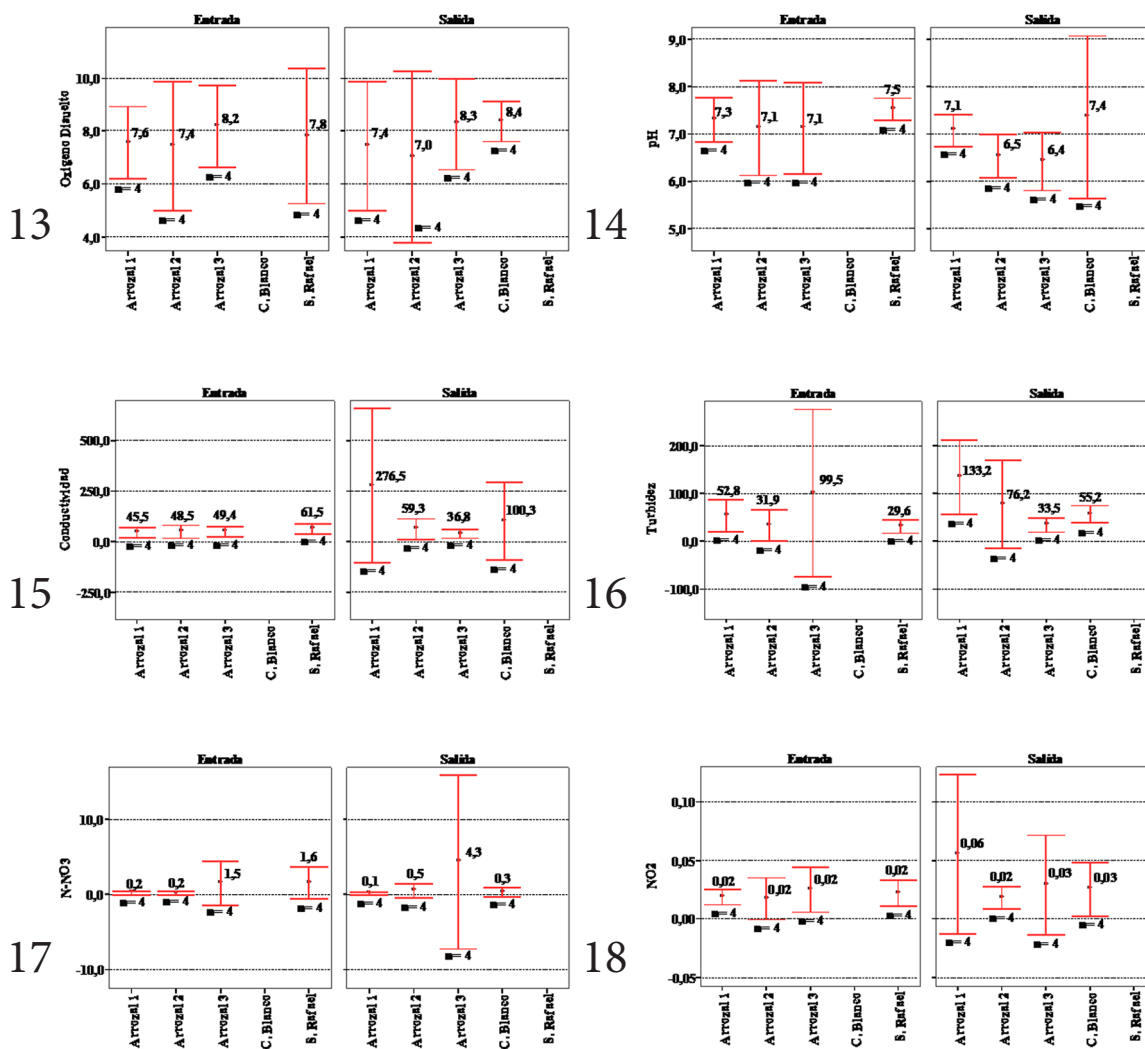
dios para: Oxígeno Disuelto, pH, N-Nitrato, N-Amoniacal, N-Total Kjeldall, P-Total, D.B.O.5 y D.Q.O., ($p > 0,05$). En la Turbidez se detectó diferencia significativa (ANOVA) ($p < 0,05$), donde el mayor valor corresponde a la salida (133,225) y la Conductividad con diferencia significativa de las medianas donde el mayor valor corresponde a la salida. En Nitrito no se detectó diferencia en las medianas ($p > 0,05$) (U de Mann-Whitney).

En el Arrozal (2) los valores de O-Fosfato son constantes. Todas las variables Oxígeno Disuelto, pH, Conductividad, Turbidez, N-Nitrato, Nitrito, N-Amoniacal, N-Total Kjeldall, P-Total, O-Fosfato, D.B.O.5 y D.Q.O. cumplen con la homogeneidad (Levene) ($p > 0,05$). En todos los casos no se detectaron diferencia significativa en los valores promedios (ANOVA), ($p > 0,05$).

En el Arrozal (3) con la prueba de homogeneidad de varianza, las variables Oxígeno Disuelto, pH, Conductividad, N-Nitrato, Nitrito, N-Amoniacal, N-Total Kjeldall, P-Total, O-Fosfato, D.B.O.5 y D.Q.O. son homogéneos ($p > 0,05$) y no presentaron diferencia significativa en los valores promedios (ANOVA); la Turbidez presenta heterogeneidad

Tabla 2. Prueba de homogeneidad de varianzas, diferencia de medias y medianas probabilidad asociada y tamaño de muestra para los Arrozales (1, 2 y 3). (a) ANOVA. (b) Kruskal-Wallis.

Parámetros	Arrozal 1				Arrozal 2				Arrozal 3			
	Homogéneo*		Diferencia Significativa*		Homogéneo*		Diferencia Significativa*		Homogéneo*		Diferencia Significativa*	
	Cumple	P	Cumple	P	Cumple	P	Cumple	P	Cumple	P	Cumple	P
Oxígeno Disuelto	Si	0,33	No	0,89(a)	Si	0,22	No	0,75(a)	Si	0,90	No	0,92(a)
PH	Si	0,17	No	0,26(a)	Si	0,20	No	0,13(a)	Si	0,60	No	0,10(a)
Conductividad	No	<0,001**	Si	0,03(b)**	Si	0,54	No	0,60(a)	Si	0,90	No	0,27(a)
Turbidez	Si	0,25	Si	0,02(a)**	Si	0,20	No	0,20(a)	No	0,03**	No	0,11(b)
N-NO3	Si	0,42	No	0,63(a)	Si	0,09	No	0,33(a)	Si	0,08	No	0,48(a)
NO2	No	<0,001**	No	0,34(b)	Si	0,39	No	0,94(a)	Si	0,18	No	0,78(a)
N-NH3	Si	0,48	No	0,67(a)	Si	0,07	No	0,74(a)	Si	0,51	No	0,55(a)
N-Tot. Kjeldall	Si	0,22	No	0,61(a)	Si	0,91	No	0,91(a)	Si	0,51	No	0,86(a)
P-Total	Si	0,18	No	0,37(a)	Si	0,97	No	0,40(a)	Si	0,71	No	0,60(a)
O-Fosfato	-	-	No	1,00(a)	-	-	No	1,00(a)	Si	0,71	No	0,90(a)
D.B.O.5	Si	0,19	No	0,60(a)	Si	0,47	No	0,20(a)	Si	0,12	No	0,23(a)
D.Q.O.	Si	0,07	No	0,48(a)	Si	0,30	No	0,25(a)	Si	0,35	No	0,21(a)



Figuras 13-18. Gráficas de barra de error, media, intervalo de confianza al 95% para la media y sus tamaños de muestra, en la entrada y salida del muestreo, para diferentes parámetros de calidad del agua. 13) oxígeno disuelto; 14) pH; 15) conductividad; 16) turbidez; 17) N-NO3; 18) NO2.

($p < 0,05$) no existe diferencia significativa en las medianas (U de Mann-Whitney) ($p > 0,05$).

La Figura 13, muestra la gráfica de barra de error para el oxígeno disuelto. Las variabilidades son ligeramente diferentes donde la mayor corresponde al Arrozal (2) y la menor a C. Blanco, sin embargo las diferencias no son estadísticamente significativas para los Arrozales (1, 2 y 3) ($p > 0,05$). Los valores promedios oscilan entre 7,0 y 8,4 no detectándose diferencia significativa para la Entrada

y Salida ($p > 0,05$) con tamaño de la muestra igual a cuatro ($n = 4$).

En la Figura 14, la gráfica de barra de error para el pH, en la Entrada y Salida de los Arrozales. La mayor variabilidad corresponde a Ciervo Blanco y la menor a San Rafael, pero las diferencias no son estadísticamente significativas, ($p > 0,05$), con promedios oscilando entre 6,4 y 7,5.

La Figura 15, gráfica de barra de error para la conductividad, para la Entrada y la Salida. La

mayor variabilidad corresponde al (Arrozal 1), donde la diferencia es significativa, ($p < 0,05$); en los demás arrozales las variabilidades son homogéneas, ($p > 0,05$). Los valores promedios oscilan entre 36,8 y un pico de 276,5 no habiendo diferencia significativa entre el (Arrozal 2 y 3), ($p > 0,05$); en el caso del (Arrozal 1) las medianas son diferentes, ($p < 0,05$) con el tamaño de muestra ($n=4$).

Figura 16, gráfica de la barra de error para la turbidez para la Entrada y la Salida. La mayor variabilidad corresponde al (Arrozal 3), donde la diferencia es significativa, ($p < 0,05$); en los demás las variabilidades son homogéneas, ($p > 0,05$). Los promedios oscilan entre 29,6 y 133,2. La diferencia de medias es significativo en el Arrozal 1 ($p < 0,05$) pero no en el Arrozal 2 ($p > 0,05$); en el (Arrozal 3) no se dio diferencia significativa de las medianas ($p > 0,05$), tamaño de muestra ($n=4$).

En la Figura 17, se muestra la gráfica de barra de error para el N-NO₃. La mayor variabilidad corresponde a la Salida (Arrozal 3), las diferencias no son estadísticamente significativas para los Arrozales (1, 2 y 3) ($p > 0,05$). Los promedios difieren en 0,1 con un pico de 4,3 no existiendo diferencia significativa ($p > 0,05$) ($n=4$).

Figura 18, gráfica de barra de error para el NO₂. La mayor variabilidad corresponde al Arrozal 1 (Salida), con diferencia significativa para este punto ($p < 0,05$); en los demás Arrozales (2 y 3) las variabilidades son homogéneas, ($p > 0,05$). Los valores promedios oscilan entre 0,02 y 0,06 no habiendo diferencia significativa entre las medias para los Arrozales (2 y 3) y para el Arrozal (1) las medianas no difieren, ($p > 0,05$) con ($n=4$).

Figura 19, gráfica de barra de error para el N-NH₃. Las variabilidades son similares en todos los Arrozales, donde se cumple la homogeneidad, ($p > 0,05$). Entre S. Rafael y C. Blanco la mayor variabilidad corresponde a C. Blanco. Los promedios entre 0,05 y 0,08, sin diferencia significativa para los Arrozales (1, 2 y 3), ($p > 0,05$) ($n=4$).

En la Figura 20, se muestra la gráfica de barra de error para el N-Total Kjeldall. Las variabilidades son ligeramente diferentes en todos los Arrozales, sin embargo las diferencias no son significativas,

($p > 0,05$). Entre S. Rafael y C. Blanco la mayor variabilidad corresponde a C. Blanco. Los valores promedios oscilan entre 0,16 y 0,23 no existiendo diferencia significativa para los Arrozales, ($p > 0,05$) ($n=4$).

La Figura 21, es la gráfica de barra de error para el P-Total, media, intervalo de confianza al 95% para la media y sus tamaños de la muestra, en la Entrada y Salida (Arrozales). Las variabilidades son ligeramente diferentes donde la mayor corresponde al Arrozal (1 Salida), sin embargo las diferencias no son significativas en los Arrozales (1, 2 y 3), ($p > 0,05$). Entre S. Rafael y C. Blanco las variabilidades son similares. Los valores promedios oscilan entre 0,08 y 0,11 no habiendo diferencia significativa para los Arrozales (1, 2 y 3), ($p > 0,05$).

En la Figura 22, se muestra la gráfica de barra de error para el O-Fosfato, media, intervalo de confianza al 95% para la media y sus tamaños de la muestra. Las variabilidades son similares y en el caso de los Arrozales (1 y 2) los valores son constantes (0,01), con variabilidades homogéneas en todos los arrozales, ($p > 0,05$). Entre S. Rafael y C. Blanco la mayor variabilidad corresponde a S. Rafael. Los valores promedios oscilan entre 0,01 y 0,02 no habiendo diferencia significativa entre la Entrada y la Salida para los Arrozales (1, 2 y 3) ($p > 0,05$).

Figura 23, gráfica de barra de error para la D.B.O.5, media, intervalo de confianza al 95% para la media y sus tamaños de la muestra. La mayor variabilidad en el Arrozal (3 Salida), las diferencias no son significativas entre los Arrozales y entre S. Rafael y C. Blanco las variabilidades son similares. Los promedios entre 1,5 y 6,4 sin diferencia significativa entre los Arrozales, ($p > 0,05$).

La Figura 24, corresponde a la gráfica de barra de error para la D.Q.O, media, intervalo de confianza al 95% para la media y sus tamaños de la muestra, en la Entrada y Salida de los puntos de muestreo. La mayor variabilidad corresponde a los Arrozales (2 y 3 Salida), sin embargo, las diferencias no son significativas, Arrozales (1, 2 y 3), ($p > 0,05$). Entre S. Rafael y C. Blanco la mayor variabilidad corresponde a S. Rafael. Los valores

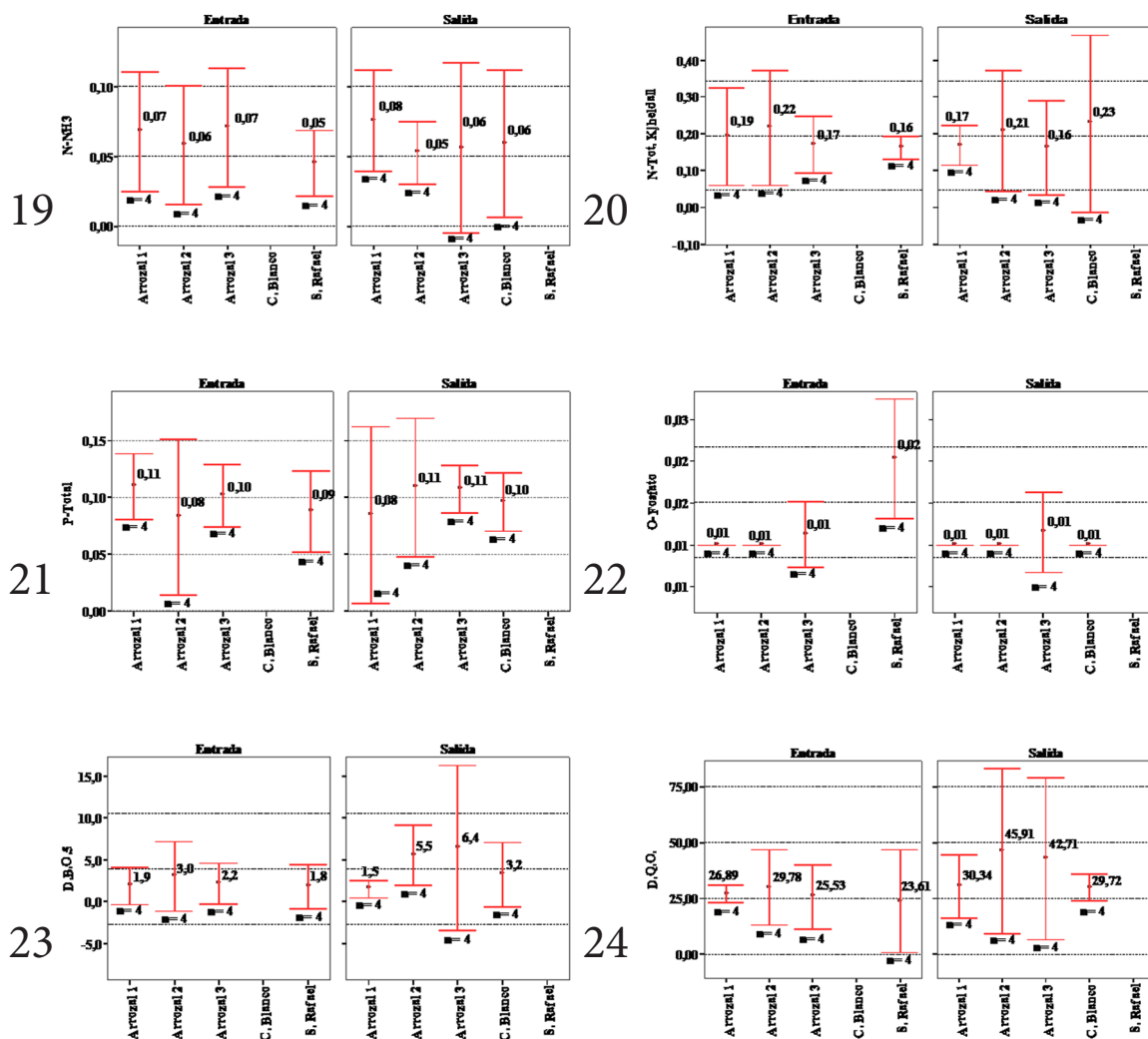


Figura 19-24. Grafica de barra de error, media, intervalo de confianza al 95% para la media y sus tamaños de muestra, para diferentes parámetros de calidad del agua. 19) N-NH3; 20) N-Total Kjeldahl; 21) p-Total; 22) O-Fosfato; 23) D.B.O.5; 24) D.Q.O.

promedios oscilan entre 23,61 y 45,91 y no existe diferencia significativa entre los Arrozales (1, 2 y 3) en sus puntos Entrada y Salida, ($p > 0,05$). (Anexo). El tamaño de la muestra es igual a cuatro en todos los casos ($n = 4$).

CONCLUSIÓN

Del análisis descriptivo y comparativo entre las puntos situados sobre el Río Tebicuary denominados Entrada a los arrozales (1,2,3), San Rafael y Ciervo Blanco que corresponden a aguas de dicho

río, se desprenden los siguientes comentarios en base a cuatro muestreos:

Los parámetros Oxígeno Disuelto, NO₂, N-NH₃, N-Total Kjeldahl, P-Total y D.B.O.5, cumplen con la homogeneidad de varianza y ninguno de ellos presenta diferencia significativa en sus promedios.

Los demás parámetros como pH, Conductividad, Turbidez, N-NO₃, O-Fosfato y D.Q.O., no son homogéneos, y sólo O-Fosfato presenta diferencia significativa en sus valores de las medianas, donde

S. Rafael presenta diferencia con el resto de los puntos.

La D.Q.O., en la condición de Río Tebicuary, la mayor variabilidad corresponde al Arrozal (2) y la menor al Arrozal (1) y las medianas no presentan diferencias significativas.

Estudio comparativo entre el agua de Entrada y de Salida, Arrozales (1, 2 y 3).

En el Arrozal 1 los parámetros Oxígeno Disuelto, pH, Turbidez, N-Nitrato, N-Amoniacal, N-Total Kjeldall, P-Total, D.B.O.5, D.Q.O. son homogéneos y no se detectaron diferencia significativa a excepción de la Turbidez, donde el mayor valor corresponde a la Salida

La Conductividad y el Nitrito son heterogéneos y ambos parámetros presentaron diferencia significativa en sus medianas. El mayor valor de la Conductividad también se dio a la Salida.

Los valores de O-Fosfato fueron constantes.

En el Arrozal (2) los valores de O-Fosfato son constantes.

Todas las variables Oxígeno Disuelto, pH, Conductividad, Turbidez, N-Nitrato, Nitrito, N-Amoniacal, N-Total Kjeldall, P-Total, O-Fosfato, D.B.O.₅ y DQO cumplen con la homogeneidad y en todos los casos no se detectó diferencia significativa en los valores promedios.

En el Arrozal (3) las variables Oxígeno Disuelto, pH, Conductividad, N-Nitrato, Nitrito, N-Amoniacal, N-Total Kjeldall, P-Total, O-Fosfato, D.B.O.5 y D.Q.O. son homogéneos y no presentaron diferencia significativa en los valores promedios.

La Turbidez presenta heterogeneidad y no se observa diferencia significativa en la mediana.

Los análisis de biocida Cipermetrina, Imidacloprid y Carbaril realizados sobre muestras de agua de entrada y salida no arrojaron resultados positivos.

No se ha detectado la presencia de metales pesados Arsénico, Plomo, Cadmio, Mercurio y Cobre

en las muestras de agua de entrada y salida ni en los sedimentos analizados.

BIBLIOGRAFÍA

- ALEXANDRATOS, N. 1995. Agricultura mundial: hacia el 2010, Un estudio de la FAO. Ediciones mundi-Prensa, Madrid, pp: 125-136.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewaters, 21st Edition. Centennial Edition. APHA, American Water Works Association, Water Environmental Federation, Washington, DC.
- FAOSTAT. Latin America and the Caribbean in the World Economy 2005-2006 <http://faostat.fao.org/>
- MOLINAS, A. 2007 Importancia, Potencialidades y Desafíos del Sector Agro-Rural Paraguayo.
- FACETTI, J. F. 2002. Estado Ambiental del Paraguay. ENAPRENA, 2002.
- SMYTH, A.J. AND J. DUMANSKI. 1993. FESLM: An international framework for evaluating sustainable land management. World Soil Report 73, FAO, Rome. p 74.
- DUMANSKI, J. 1994. Proceedings of the International Workshop on Sustainable Land Management for the 21st Century. Volume 1: Workshop Summary. The Organizing Committee. International Workshop on Sustainable Land Management. Agricultural Institute of Canada, Ottawa. p 50.
- MONGOMERY, D. 2005. Diseño y Análisis de Experimentos. México: Editorial Limusa. Capítulo. 3, p. 76-83: Experimentos con un solo factor: el análisis de varianza.
- PEREZ, C. L. 2004. Técnicas de Análisis Multivariante de Datos. Ediciones Pearson Prentice Hall. Madrid. Capítulo. 2, p. 55-65: Primeros pasos en el análisis multivariante. Análisis exploratorio de datos.

INFLUENCIA ANTRÓPICA SOBRE EL PARÁMETRO FÓSFORO EN EL RECURSO HÍDRICO ARROYO POTI-Y DE ENCARNACIÓN. APLICACIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE LA CALIDAD ANALÍTICA

ANTHROPIC INFLUENCE ON THE PHOSPHORUS PARAMETER IN THE HYDRIC RESOURCE OF ARROYO POTI-Y OF ENCARNACIÓN. APPLICATION OF A METHOD FOR THE CONTROL OF THE ANALITICAL QUALITY

HUGO A. ROJAS¹

¹Docente Investigador. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. UNA. Email: hugoarnulfor@gmail.com

Resumen: Un laboratorio analítico tiene como propósito esencial, producir resultados de alta calidad y confiabilidad, garantizando certeza en el proceso de medición y el método adecuado, implementado con el Control de Calidad Interno (CCI) que aporta un mecanismo para minimizar los errores analíticos permitiendo la generación de datos de buena calidad, con la mayor precisión y exactitud posibles. Existen diferentes métodos para medir Fósforo Reactivo Disuelto, el cual se asume como una medida de la concentración del fósforo biológicamente disponible y por ende, de la calidad del agua. La fracción más importante, a la luz de las actividades metabólicas, es el contenido de fósforo total en agua no filtrada, consistente en el fósforo en suspensión como materia particulada y el fósforo en forma disuelta. Este trabajo fue realizado por miembros del laboratorio de la Entidad Binacional Yacyretá (EBY) y de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FaCEN). La toma de muestras, la preparación de las Adicionadas, los Standard y el envío, fue ejecutada por el personal del Laboratorio de la E.B.Y., bajo las condiciones previstas en el marco metodológico operativo GEMS. Los análisis Químicos, fueron realizados en el laboratorio de Estudios de Agua de la FaCEN según Estándar Methods. El curso de agua estudiado, es el arroyo Poti-y de la Ciudad de Encarnación. Con la finalidad de verificar la incidencia de la actividad del hombre, crecimiento urbano, se han establecido tres estaciones sobre el arroyo. El valor del desvío Standard del agua natural y el agua natural adicionada, resultaron ser menores al valor esperado, obteniéndose la precisión con la no excedencia del 5 % sobre la concentración de 0,025 mg/l. El análisis de Varianza con los registros históricos, arrojan diferencia significativa, lo que confirmaría la influencia antrópica sobre el recurso. El Test aplicado sobre los resultados de diez determinaciones del ensayo, también arrojó diferencia significativa, confirmando la fuerte influencia que tiene la población aledaña a los cursos de agua sobre la calidad de los mismos. Tanto la estadística básica como el gráfico de evolución espacial muestran el mayor rango de concentración encontrado en los puntos cercanos a la zona urbana. El gráfico de evolución temporal y espacial con datos históricos, muestra una línea de tendencia creciente para la estación ubicada aguas arriba como Línea de Base. No obstante, también se señala que la línea de tendencia con los 10 datos generados con la muestra natural, arrojó una pendiente negativa para la Línea de base.

Palabras clave: Control de Calidad Interno (CCI), Fósforo, Poti-y

Abstract: An analytical laboratory is essential purpose, produce high quality and reliability, ensuring that the measurement process is accurate, reliable and suitable for the purpose for which it is applied, implemented with the Internal Quality Control (ICC), which gives the analyst with a mechanism to minimize the analytical errors and allow the generation of good quality data, as precisely and accurately as possible. There are different methods to measure dissolved reactive phosphorus, which is assumed as a measure of the concentration of biologically available phosphorus and water quality. The most important fraction in the light of the metabolic activities, the contents of total phosphorus in unfiltered water, consisting of phosphorus and suspended particulate matter and phosphorus in dissolved form. This work was executed by members of the laboratory of EBY and FACEN. Sampling, preparation of additions and Standard and shipping, was executed by the staff of the Laboratory of EBY, under the conditions provided in the methodological framework operating GEMS. Chemical analyses were performed in the laboratory of Water Studies FACEN by Standard Methods. The study stream is the stream creek Poti-y the city of Encarnación, on the creek Mboy-Caé, who settled on three stations, in order to ascertain the impact of human activity, with urban growth. Standard deviation value of natural water and natural water added, turned out to be lower than expected value, the precision obtained with the 5% excedance of the concentration

of 0.025 mg/l. The analysis of variance with the historical records show significant difference, confirming the anthropogenic influence on the resource. The test applied to the results of ten determinations of the trial, also showed significant difference, confirming the strong influence of the population adjacent to streams on their quality. Both basic statistics and spatial evolution chart showing the greatest range of concentration at points near urban areas, reaching the maximum value in the second sampling, the downstream station, closer to heavily populated area. The graph of temporal and spatial evolution of two stations with historical data, there is an increasing trend line for the station located upstream and Baseline. However, it says that the trend line with the 10 data generated from the natural sample yielded a negative slope to the baseline. /

Key words: *Internal Quality Control (ICC), Phosphorus, Poti-y*

INTRODUCCIÓN

Un laboratorio analítico tiene como propósito esencial, producir resultados de alta calidad, garantizando que el proceso de medición sea exacto, confiable y adecuado para el objetivo para el cual es aplicado. Esta pretensión, puede lograrse a través de un procedimiento en el cual se re-plantea una serie de actividades tendientes a detectar, minimizar, garantizar y asegurar que todos los pasos y operaciones de medida, se estén ejecutando dentro de las especificaciones definidas para producir un resultado verdadero. El Control de Calidad Interno (CCI), sirve al analista como un mecanismo para minimizar los errores analíticos y la generación de datos de buena calidad, con la mayor precisión y exactitud posibles, implantando prácticas que aseguren la minimización de fuentes de error, como la contaminación, efectos de matriz, sesgo y errores aleatorios humanos e instrumentales (Cortés, 1999).

La aceptabilidad de los resultados, depende fundamentalmente de la buena práctica analítica aplicada. Esta práctica, está basada en la adopción de disposiciones tales como la selección de un método analítico adecuado para cada parámetro y la aplicación correcta y cuidadosa del método en forma rutinaria.

La evaluación de la calidad, implica el proceso de utilización de medidas de calidad externa e interna que incluyen muestras de evaluación de rendimiento, muestras de comparación entre laboratorios y verificaciones que se aplican para examinar la recuperación, el sesgo, la precisión, el límite de detección y la adhesión a los requisitos de los procedimientos de funcionamiento estándar.

El fósforo, es un elemento escaso en la naturaleza e imprescindible para los seres vivos formando

parte del ADN. Su determinación en agua, es de suma importancia como elemento esencial para los organismos vivientes. La actividad humana ha perturbado notablemente su presencia, por los vertidos de detergentes, abonos, aguas sucias y sustancias similares. Una gran cantidad de fosfatos, reciben los cuerpos de agua procedentes de desagües con contenido de detergentes, excreta humana y animal, escorrentía de fertilizantes de agricultura y de depósitos naturales.

Según Holtan *et. al.*, (1988), la concentración de fósforo en aguas de lluvia varía en el tiempo y en el espacio, reportando concentraciones más altas en zonas agrícolas e industriales durante la estación de verano. Si existe en exceso, junto con el exceso de nitratos pero en menor medida, es probable que se produzca un exceso de algas y plantas acuáticas con la consiguiente eutrofización del medio, constituyendo la concentración de fósforo el factor limitante en la producción algal.

El fósforo, esencial para el crecimiento de los organismos, puede ser el nutriente limitador de la productividad primaria de un cuerpo de agua. En los casos en que constituye el nutriente limitador del crecimiento o factor limitante del ecosistema acuático, la descarga de aguas residuales brutas o tratadas, drenajes agrícolas o de ciertos residuos industriales, puede estimular el crecimiento de micro o macro organismos acuáticos fotosintéticos en cantidades molestas, pudiendo el plancton proliferar en la superficie (Wetzel, 1981)

El presente trabajo, tiene como objetivo general, corroborar la influencia antrópica en la concentración del fósforo total en el recurso hídrico y como objetivos específicos establecer diferencias espaciales y temporales en su concentración, atribuibles

a la actividad del hombre, realizando el control de la Calidad Analítica Interno (CCI) en su determinación aplicando un procedimiento de control, asegurando la validez de los resultados, definiendo la precisión y exactitud del analista.

MARCO TEÓRICO

El Control de la Calidad

Los Procedimientos de Control de Calidad (PCC), son el medio por el cual se implanta el Programa de Aseguramiento de Calidad (PAC), el cual usualmente abarca los componentes intra-laboratorio e inter-laboratorio. El Programa de Control incluye todos los pasos del proceso analítico, desde la identificación de la problemática ambiental, el diseño del sistema de monitoreo, la toma de muestras, la recepción en el laboratorio, el proceso de análisis y el reporte final de resultados (Cortés, 1999).

La elección de un método analítico, queda a libertad del laboratorio, teniendo como única restricción que el método seleccionado debe cumplir con las exigencias de exactitud y límite de detección requeridos. Se da especial énfasis, a las técnicas de recolección y manipulación de muestras, considerándose las como parte del método de análisis. El término precisión, se refiere a la dispersión o reproducibilidad de los resultados analíticos y la medida de precisión más útil para el tratamiento estadístico es la desviación Standard. La estimación de la precisión del análisis de una muestra o de una solución estándar, requiere del análisis de esa muestra o estándar cada día, dentro de un periodo dado y del cálculo de la desviación estándar de los resultados. El análisis, requiere ser llevado a cabo durante varios días, a fin de obtener una estimación razonablemente representativa de la variación con el tiempo y detectar fuentes de error sistemático.

Cada día, en el total de días que comprende el ensayo, deberán analizarse las siguientes muestras por lote: una determinación testigo, soluciones estándar del parámetro que cubran el rango de detección y cerca del límite superior del ámbito de detección del método, una muestra natural adicionada con una cantidad conocida del analito. La cantidad recuperada del parámetro es una com-

probación muy útil para detectar ciertas fuentes de errores sistemáticos.

Es necesario analizar un blanco de reactivos como parte del proceso analítico regular y de cualquier muestra con una concentración mayor a la del estándar más alto o que pudiera producir un arrastre de muestra con la siguiente. La repetición con los estándares de calibración y de control, debe estar entre los límites aceptados con un límite de confianza del 95%. Constantemente, se debe monitorear la linealidad de las curvas de calibración.

El fósforo y su determinación

El fósforo se encuentra en las aguas naturales y residuales casi exclusivamente en forma de fosfatos, clasificados como ortofosfatos, fosfatos condensados piro, meta y poli fosfatos, y los ligados orgánicamente. Se presentan en forma de solución, partículas o detritus, y en los cuerpos de organismos acuáticos. Los ortofosfatos son aplicados como fertilizantes a la tierra agrícola, y arrastrados a las aguas superficiales por las lluvias. Los fosfatos orgánicos se forman principalmente en procesos biológicos y son aportados por los residuos corporales y de alimentos. La única forma significativa de fósforo inorgánico es el ortofosfato (PO_4^{3-}). Una proporción elevada (>90%) del fósforo está unida a materia orgánica formando fosfatos orgánicos y constituyentes celulares en la materia particulada viva del seston o asociado a materiales inorgánicos y materia orgánica particulada muerta.

El Fósforo Reactivo Disuelto, se asume como una medida de la concentración del fósforo biológicamente disponible y de la calidad del cuerpo de agua. El método estándar se basa en la reacción del fósforo con iones molibdeno y antimonio para formar un complejo, el cual puede ser reducido utilizando cloruro de estaño o ácido ascórbico, resultando una coloración azul característica que puede ser detectada mediante colorimetría. La absorbancia a 882 nm se relaciona directamente con la concentración de ortofosfato, (Murphey y Riley, 1962).

La separación del fósforo total en fracciones inorgánica y orgánica, indica que la mayoría del

fósforo total está en la fase orgánica. El fósforo orgánico soluble incluye una fracción grande de fósforo coloidal.

El análisis del fósforo incluye la conversión de la forma fosforada en ortofosfato disuelto y la determinación colorimétrica del ortofosfato disuelto. Para la determinación final del ortofosfato proveniente de cualquiera de las formas, se sigue el método de colorimetría directa, el cual se basa en la obtención de un complejo de fosfo-molibdeno que presenta un característico color azul, (Standard Methods, 2005).

MARCO METODOLOGICO

Se establecieron tres estaciones ubicadas sobre el Ao. Poti-y de la Ciudad de Encarnación, para la extracción de las muestras de agua a una profundidad entre 0,30 a 0,50 cm., con un botellón tipo Van Dorn, trasvasados a frascos de vidrio sometidos a pre-tratamiento. Las muestras de agua natural, las adicionadas y el Standard ó testigo, son acondicionadas en cajas térmicas y refrigeradas a 4 °C, para su envío al Laboratorio de Agua de la FaCEN, para los análisis pertinentes.

Metodología de Análisis

(Adaptado de: GEMS/ Agua, Guía Operacional, OMS, OPS, Ginebra, 1976; Traducido y Publicado por: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, CEPIS, 1983)

A) Calibración

- Para el elemento a analizar, se prepara una curva de calibración que abarque la totalidad del rango a utilizar.
- Al construir la curva se utilizan al menos 5 (cinco) puntos, incluyendo uno cerca del límite superior y otro cerca del límite inferior del rango de concentración.
- La diferencia (D) entre el valor observado para cada calibración estándar (Xobs) y el valor pronosticado para ese estándar, usando la curva de calibración ajustada (Xpred) se puede evaluar de la siguiente forma:

1. Luego de disponer entre 20 y 25 valores

de $D = X_{obs} - X_{pred}$, se calcula el valor medio (D_m) y su desviación estándar (S_D).

2. Si el siguiente valor de D encontrado no está dentro del intervalo $D_m \pm 3 S_D$, el sistema de calibración está fuera de control y debe ser calibrado nuevamente, antes de continuar con los análisis de rutina.

- Si no hay necesidad de nueva calibración, es fundamental verificar la curva de calibración existente al comienzo de cada lote de análisis midiendo dos estándares de calibración, en el cuarto inferior y cuarto superior del rango de la curva de calibración pre-existente.
- Evaluar la diferencia $D = X_{obs} - X_{pred}$ para cada estándar de calibración, utilizando los ítems 1 y 2; volver a calibrar si los resultados no se encuentran dentro de los límites de control.

B) Blanco del método

- Por cada conjunto o subconjunto de 20 muestras o menos, analizar un blanco de método. Esto consiste en tomar agua destilada como muestra y someterla al método de rutina completo.
- Someter el blanco de método a la totalidad del procedimiento.
- Los datos rutinarios asociados deben corregirse o descartarse, toda vez que el blanco del método genere un valor superior al límite de detección. Se debe hacer todo lo posible por resolver o minimizar las interferencias en el sistema.

C) Precisión

Se analizan porciones simples de soluciones/ muestras en un lote, como se indica a continuación, y el lote completo cada día, durante 5 días:

- a) Una determinación testigo: deben hacerse determinaciones testigo duplicadas en cada lote, si se quiere corroborar el límite de detección;
- b) Soluciones estándares del parámetro, que

cubran el rango de detección del método; en la práctica se usa un estándar en o cerca del límite superior e inferior del ámbito de detección del método.

c) Una muestra natural, con las características para las cuales el método es usado rutinariamente.

d) Una porción de la muestra natural, a la cual se ha adicionado una cantidad conocida del parámetro. La cantidad recuperada del parámetro es una comprobación muy útil para detectar ciertas fuentes de errores sistemáticos.

- Como se trata de un parámetro inestable, por cada lote se deben realizar duplicados de las soluciones correspondientes a cada ítem (a, b, c, d).
- La solución estándar debe ser preparada cada día, a partir de una solución estándar concentrada y del agua usada para la determinación testigo.
- Es necesario recoger suficiente cantidad de muestra para todas las determinaciones requeridas. Como se trata de un parámetro inestable, la muestra puede tomarse al comienzo de la prueba, y almacenarla de tal manera que los cambios de concentración sean mínimos.
- Otra alternativa sería tomar una muestra nueva cada día, en un mismo punto de muestreo, donde las concentraciones del parámetro y de otras sustancias presentes en las muestras experimenten cambios mínimos en el tiempo.
- El recipiente conteniendo la muestra debe agitarse vigorosamente antes de tomar las porciones alícuotas para los análisis diarios correspondientes.
- La adición del parámetro a la muestra se hace cada día. El orden de los análisis en cada lote es aleatorio. El procedimiento de calibración que se usa rutinariamente también debe ser empleado en estas pruebas.

D) cálculos (Adaptado de Guía Metodológica GEMS, Agua, OMS, OPS)

Se elaboró una Matriz de Cálculo en Excel para procesar los datos de los análisis químicos. El análisis de Varianza, se utiliza para obtener los promedios

cuadrados M_1 y M_0 , que definirán las Fuentes de Variación en la prueba. Para cada muestra analizada se presenta la Tabla correspondiente. El N° de lotes analizados es $m = 5$, y el N° de duplicados es $n = 2$. Para cada muestra y cada solución estándar, la medida de la precisión que se necesita comparar es la estimación de la desviación estándar S_i de cualquier resultado analítico en cada lote de análisis. Los resultados analíticos están sujetos a variaciones dentro y entre los lotes de análisis que están caracterizados por las desviaciones estándares dentro y

$$\text{entre lotes } S_d \text{ y } S_e, St = \sqrt{Sd^2 + Se^2}$$

Para los parámetros inestables, el valor de Se no puede ser calculado con la variación de los resultados analíticos de lote a lote, debido a que estas variaciones pueden deberse a cambios en la concentración del parámetro, en vez de provenir de errores analíticos. Teniendo en cuenta esto, el valor Se puede estimarse de manera indirecta, como se indica a continuación:

- Siempre que la curva de calibración sea lineal, la desviación estándar entre lotes es un porcentaje constante de la concentración del parámetro, $\sigma_e = k \times C$. De esta manera, una estimación de k se puede obtener de los valores Se y C para una solución estándar, y este valor permite calcular el valor de Se para una muestra, a partir de su concentración.
- Los valores de Sd se calculan para las muestras y estándares. Los valores de Se para los estándares se calculan también de la misma manera, y estas estimaciones se usan para calcular Se de las muestras. Los valores de St se calculan mediante la fórmula más arriba mencionada.

DESARROLLO

El curso de agua en estudio, es el arroyo Poti-y de la Ciudad de Encarnación, cuenca del arroyo Mboy-Caé, tributario a través del arroyo Sta. María, constituyendo un curso de agua permanente de caudal bajo y que por su recorrido, se lo podría considerar semi-urbano a urbano. Para este trabajo se implementó la alternativa de tomar una muestra

nueva cada día, en los mismos puntos de muestreo.

Las estaciones ubicadas tanto en la cuenca alta como en la baja, ésta última antes de su confluencia con el arroyo Sta. María, coinciden con las monitoreadas mensualmente Convenio EBY/ FaCEN. Estas estaciones se conocen con las siglas ELB-1 (Estación Línea de Base), en la cuenca alta y EA-6 en la baja, de las que se dispone una buena población de datos que formarán parte de esta evaluación. La tercera estación, fue instalada en un sitio intermedio, de manera a tener una mejor representación de la evolución espacial del parámetro.

Tablas de Resultados Analíticos

Tabla I.

Solución Testigo			
Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedios cuadrados
Entre lotes	-	-	-
Dentro del lote	Sso = 1,7	5	Mo = 0,34
Total	-	-	-

Tabla II.

Solución Standard			
Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedios cuadrados
Entre lotes	Ss1 = 5,2	4	M1 = 1,30
Dentro del lote	Sso = 30,7	5	Mo = 6,14
Total	-	9	-

Tabla III.

Muestra Natural			
Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedios cuadrados
Entre lotes	-	-	-
Dentro del lote	Sso = 5,1	5	Mo = 1,02
Total	-	-	-

Tabla IV.

Muestra Adicionada			
Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedios cuadrados
Entre lotes	-	-	-
Dentro del lote	Sso = 1639,5	5	Mo = 327,9
Total	-	-	-

Estadísticos

Las **Tablas I, II, III y IV** muestran el resultado del análisis de Varianza utilizado para obtener los promedios cuadrados M1 y Mo, que definen las Fuentes de Variación en la prueba. En este programa, el número de lotes analizados es $m = 5$, y el de duplicados es $n = 2$.

Para las muestras de Agua Natural y Agua Natural Adicionada, no se calculan los promedios cuadrados en la prueba entre lotes, debido a que la concentración de fósforo en estas muestras puede cambiar de un muestreo a otro y con el tiempo de almacenamiento, por lo que la variación de los re-

Tabla V.

Promedios cuadrados entre lotes, M1	1,30
Promedios cuadrados dentro del lote, Mo	6,14
$F = Mo / M1$	4,72
F 0,05	5,2
F 0,01	11,4
Significancia	NS
$Sd^2 = Mo$	6,14
$Se^2 = (Mo - M1) / 2$	2,42
St^2	3,72

sultados de un lote a otro puede no ser el fiel reflejo de la desviación estándar entre lotes Sb.

Para la muestra Testigo, tampoco se calculan los promedios cuadrados en la prueba entre lotes, debido a que el límite de detección y la precisión de los resultados analíticos a una concentración cero del parámetro, solamente depende de la desviación Standard dentro de cada lote.

Cálculo del Desvío Standard

Tabla VI.

Codificaciones	Testigo	Standard	M. Natural	M. Adicionada
Variaciones codificadas	0,34	6,14	1,02	327,9
	-	2,42	-	-
	-	3,72	-	-
Desvío Standard	0,58	2,48	1,01	18,1
	-	1,56	-	-
	-	1,93	-	-
Desvío Standard (U Instr.)	0,00058	0,00248	0,00101	0,0181
	-	0,00156	-	-
	-	0,00193	-	-
Lecturas Instrumentales	0,0029	0,1017	0,02822	0,8282
	-	-	-	-
	-	-	-	-
Concentración (mg/l)	-	0,100	0,02822	0,7548
			-	-

A) Solución Standard (0,100 mg/l)

Al comparar los promedios cuadrados M1 y Mo, para conocer si existe una fuente de error significativa entre los lotes, se tiene $M1 < Mo$, por lo que no se observa fuente de error entre lotes (Tabla V).

Si $F_{Mo/M1} < F_{0,01}$ no hay variación real entre lotes.

Si $F_{0,01} > F_{Mo/M1} < F_{0,05}$ el error entre lotes se considera no significativo NS.

B) Decodificación de Resultados (Tabla VI)

1) $Sd^2 = Mo$

2) $Se^2 = (M1 - Mo) / 2$

3) $St^2 = (M1 + Mo) / 2$

C) Desviaciones Estándares totales para muestras con y sin adición de patrón (Tablas VII, VIII y IX)

Los valores de St del Agua Natural y del Agua Natural Adicionada son menores al valor fijado como meta, con lo que se ha obtenido la precisión requerida, referida a la no excedencia del 5 % de la concentración (0,025 mg/l).

Los valores de la última columna en la Tabla

Tabla VII.

Muestra Standard	
(S^2_t)	3,72
(S^2_d)	6,14
$S^2_z = (S^2_t) - S^2_d$	9,86
Z = conc. standard	0,100
$Z^2 =$	0,010
S^2_z / Z^2	986,0

IX, muestra la diferencia entre el valor determinado y el valor verdadero. Los cinco análisis, cada uno por duplicado produjeron un número total de 10 determinaciones. Se tomaron, aleatoriamente, dos grupos de resultados; el primer grupo lo forman los primeros resultados de cada día, el segundo grupo, los segundos.

Los dos grupos tienen una característica muy importante: todos los resultados están por debajo de la concentración preparada. Se debe considerar

Tabla VIII.

Agua Natural y Adicionada		
	Natural	Natural Adicionada
A=concentración promedio de fósforo	0,02822	0,7548
A^2	$7,96 \times 10^{-4}$	0,5697
$A^2 \times S^2_z / Z^2$	0,785	561,7
S^2_d	1,02	327,9
$S^2_t = S^2_d + A^2 S^2_z / Z^2$	1,805	889,6
St (unidades codificadas)	1,34	29,8
St (decodificada)	0,0013	0,0298

Tabla IX.

Diferencias			
Patrón = 0,800 mg/l	Valores		Diferencia
	0,7588	0,7029	-0,041
	0,7501	0,7541	-0,050
A =	0,7564	0,7456	-0,044
	0,7684	0,7645	-0,032
	0,7751	0,7726	-0,025
Promedio	0,76176	0,74794	-0,097

cuánto se alejan los valores individuales del valor medio (a ambos lados).

En la Figura 1, se muestra el gráfico de los % de recuperación de la solución Standard preparada (0,800), con la dispersión de los valores por encima de 93 %. Los errores aleatorios afectan la precisión o reproducibilidad de los resultados y los errores sistemáticos afectan la exactitud, es decir, la proximidad al valor verdadero. En este caso, provocan que todos los resultados tengan un sesgo en el mismo sentido, todos negativos menores al preparado.

ESTADÍSTICA BÁSICA. VARIACIÓN ESPACIAL TEMPORAL

Datos del experimento

La Tabla X resume el estadístico sobre 10 datos provenientes del experimento de las muestras extraídas en las tres estaciones mencionadas: la Línea de Base ELB-1, el Punto Medio y la Cuenca Baja EA-6

La **Figura 3** Gráfico de Evolución Temporal Espacial de los valores de 10 determinaciones de

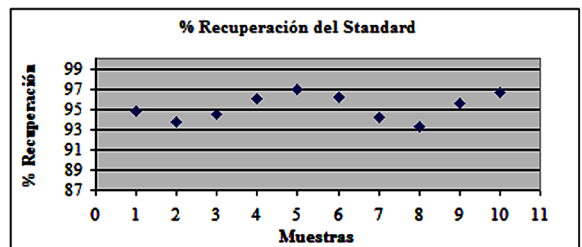


Figura 1.

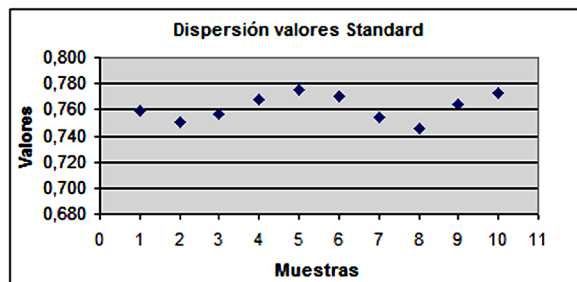


Figura 2.

fósforo en las tres estaciones mencionadas. Tanto la estadística básica como el gráfico de evolución espacial muestran mayor rango de concentración en los puntos cercanos a la zona urbana. El máximo valor fue alcanzado en el segundo muestreo en la estación de Cuenca Baja, próximo al casco urbano.

Datos históricos

Con los resultados de los análisis de fósforo del periodo diciembre 2005 / diciembre 2008, provenientes de las estaciones Línea de Base ELB-1 y la Cuenca Baja EA-6 se realizó una estadística descriptiva, las comparaciones realizadas con la prueba de Kruskal-Wallis y ANOVA, probabilidades asociadas y sus tamaños de muestras. Se describe la probabilidad asociada a la prueba de homogeneidad de la varianza (Levene) y a la existencia o no de diferencia significativa, diferencias de medias y en algunos casos las medianas (Montgomery, 2005).

La **Tabla XI** resume el estadístico sobre 36 datos históricos, correspondientes al periodo diciembre 2005/ diciembre 2008, provenientes de las dos estaciones mencionadas la Línea de Base ELB-1 y la Cuenca Baja EA-6. Con los valores del contenido

Tabla X.

Estadígrafo	Línea base ELB-1	Punto medio	Cuenca baja EA-6
Media	0,028	0,049	0,076
Desviación estándar	7,4E-03	1,2E-02	4,3E-02
Cuenta	10	10	10

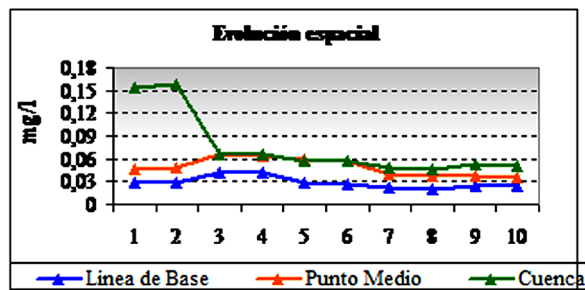


Figura 3.

de Fósforo no se observan distribuciones normales en las estaciones (ELB-1 y EA-6), con probabilidades ($p < 0.05$) respectivamente. Los Coeficientes de Variación son: 67.53% y 45.58%, indicando que los datos no son homogéneos ($p < 0.05$). Se detectó diferencia significativa entre ELB-1 y EA-6 ($p < 0.05$).

ANÁLISIS NO PARAMÉTRICO Y ANOVA

Datos del experimento

La **Tabla XII**, estadística básica de los tres puntos de muestreo (Línea de Base, Punto Medio y Cuenca Baja) con 10 datos sobre el contenido de Fósforo. Los valores promedios son: 0.028, 0.049 y 0.076; las varianzas: 7.4E-03, 1.2E-02, 4.3E 02 respectivamente.

El coeficiente de variación indica que en la Línea de Base, el fósforo presenta variación regular con respecto a la media (26,2 %), así como en el Punto Medio (24 %), sin embargo en la Cuenca Baja la variación es alta (56,4 %), siendo un poco más del

Tabla XI.

Estadístico	ELB-1 Línea base	EA-6 Cuenca baja
Media	0,0547	0,1019
Desviación estándar	0,037	0,046
Suma	1,968	3,670
Cuenta	36	36

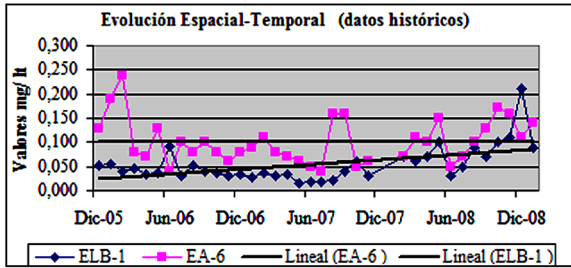


Figura 4.

doble de la Línea Base y el Punto Medio, con rango de variaciones de 0.0221, 0.0311 y 0.1105 respectivamente. Así mismo, presentan una distribución aproximadamente simétrica con mas intensidad en el Punto Medio (tiende a cero el valor de la asimetría). Los datos presentan distribución normal en la Línea de Base y Punto Medio ($p > 0.05$), no en la Cuenca Baja ($p < 0.05$), sin embargo sus comportamientos son heterogéneos ($p < 0.05$). Teniendo en cuenta el comportamiento de los valores, es apropiado el uso de la Estadística no Paramétrica. Se detectó diferencia significativa entre la Línea de Base - Punto Medio y Línea de Base - Cuenca Baja con ($p < 0.05$) respectivamente. Entre Punto Medio y Línea de base no se detectó diferencia significativa en el contenido de Fósforo.

Datos históricos

Tabla XIV. El coeficiente de variación indica que la variación del Fósforo es alta con respecto a la media, tanto en ELB-1 (67,5%) como en EA-6 (45,6%), presentando una distribución asimetría en

Tabla XII.

Estadísticos	Línea base ELB-1	Punto medio	Cuenca baja EA-6
Media	0,028	0,049	0,076
Desviación estándar	7,4E-03	1,2E-02	4,3E-02
Cuenta	10	10	10
CV %	0,262	0,240	0,564

Tabla XIII.

Estadísticos de contraste (a,b)	
Chi-cuadrado	18,33762795
gl	2
Significación asintótica	0,00010424

ELB-1 y simetría leve en EA-6 con un rango de variación de 0.195 y 0.200 respectivamente.

Tabla XV, Los datos no presentan distribución normal en ninguna de las estaciones utilizando la prueba KS ($p < 0,05$), sin embargo las variabilidades no presentan diferencias significativas con el estadístico Levene, es decir son homogéneos ($p > 0,05$).

CONCLUSIÓN

Los valores del desvío Standard del agua natural y el agua natural Adicionada, resultaron ser menores al valor fijado como meta, obteniéndose la precisión requerida, referido a la no excedencia del 5 % de la concentración, es decir 0,025 mg/l.

El análisis No Paramétrico realizado sobre los resultados de 10 análisis efectuados en 45 días, confirma la fuerte influencia que tiene la población aledaña a los cursos de agua sobre la calidad de los mismos.

El análisis de Varianza realizado con los registros históricos sobre ambas estaciones, arrojan también diferencia significativa lo que confirma la influencia antrópica sobre el recurso.

Tanto la estadística básica como el gráfico de evolución espacial muestran mayor rango de concentración en los puntos cercanos a la zona urbana.

Los máximos valores se dan en los dos primeros muestreos en la estación de cuenca baja, la más próxima a la zona altamente poblada.

En el gráfico de evolución temporal y espacial con los datos históricos de fósforo para las dos es-

Tabla XIV.

ELB-1	EA-6
CV %	CV %
0,6753	0,45578

Tabla XV.

ANOVA	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	,040	1	,040	22,848	,000
Intra-grupos	,123	70	,002		
Total	,163	71			

taciones, se observa la línea de tendencia creciente para la estación ubicada aguas arriba como Línea de Base ELB-1.

No obstante, es también importante indicar que la línea de tendencia con los 10 datos generados con la muestra natural, arrojó una pendiente negativa (decreciente), para la Línea de base.

Es importante señalar aquí, que dada las obras de infraestructura y saneamiento ejecutadas por la EBY, posteriores a los datos registrados y utilizados en este trabajo, muy bien pudieron haber favorecidas a la recuperación de las condiciones del curso de agua, que puede ser corroborado con un estudio similar pertinente de actualización de datos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento a las autoridades y al personal del Laboratorio de agua de la Entidad Binacional Yacyretá, por el apoyo recibido para la realización de este trabajo, su publicación y divulgación en el ámbito Científico y Académico de la Universidad Nacional de Asunción.

BIBLIOGRAFÍA

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewaters, 21st Edition.

Centennial Edition. APHA, American Water Works Association, Water Environmental Federation, Washington, DC.

CORTES S.G. 1999. Lineamientos para el Control de Calidad Analítica, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Programa de Físico Química Ambiental, IDEAM, Bogotá (//Amigo/ pso/ Instructivos/ Lineamientos Control de Calidad V 1.0.doc).

HOLTAN, H., L. KAMP-NIELSEN L. & A. O. STUANES. 1988. Hydrobiology Phosphorus in soil, water and sediment: an overview. 19-34. 170.

MONTGOMERY, D. 2005. Experimentos con un solo factor: el análisis de varianza. Capítulo 3, pp. 76-83, en: Diseño y análisis de experimentos. Editorial Limusa, México.

MURPHY, J.; RILEY, J. P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chim. Acta, 27, 31-36.

WETZEL, R. G. 1983. Limnología - Ediciones Omega - Barcelona - 1981.

GEMS. 1981. Agua, Guía Operacional, OMS, OPS, Ginebra, 1976; Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, CEPIS.

AFLATOXINAS, UN RIESGO REAL

AFLATOXINS, A REAL RISK

ANDREA ALEJANDRA ARRÚA ALVARENGA^{1*}; JULIANA MOURA MÉNDEZ¹ & DANILO FERNÁNDEZ RÍOS²

¹Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas (CEMIT), Dirección General de Investigación Científica y Tecnológica (DGICT), Universidad Nacional de Asunción (UNA).

²Biotecnología, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FACEN), Universidad Nacional de Asunción (UNA).

*Correspondencia: aaarrua@gmail.com

Resumen: Las micotoxinas más estudiadas hasta hoy son las aflatoxinas (AFs). Son las sustancias carcinógenas naturales más potentes hasta ahora conocidas; y son además teratogénicas y mutagénicas. Producen daño hepático y afecciones de los pulmones, inducen tumores, y disminuyen la eficiencia del sistema inmunitario. Se acumulan en los tejidos y se excretan por la leche. Debido a esto, plantean un problema especial para la inocuidad de los alimentos.

Palabras clave: Aflatoxinas, hongos, intoxicación humana, carcinogénesis, bioacumulación.

Abstract: Aflatoxins (AFs) are the most studied mycotoxins to this day. They are the most potent natural carcinogenic substances known; and they are also teratogenic and mutagenic. They cause damage to the liver and lungs, induce tumors and decrease the efficiency of the immune system. They accumulate in tissues and are excreted in human breast milk. Due to this, they pose a special threat to food safety.

Keywords: Aflatoxins, fungi, human intoxication, carcinogenesis, bioaccumulation.

INTRODUCCIÓN

Las micotoxinas son metabolitos secundarios tóxicos producidos por ciertos hongos en productos agrícolas expuestos a su infestación. Su producción es inevitable e imprevisible, y depende de diferentes factores ambientales en el campo y/o durante el almacenamiento, por lo que plantean un problema especial para la inocuidad de los alimentos (Nava *et al.*, 2009).

Micotoxina deriva de las palabras griegas *Mikes*, hongo y *toxina*, veneno (del Castillo, 2007). Su formación tiene lugar al final de la fase de crecimiento micelial, durante la fase estacionaria, estando a menudo asociada con la diferenciación y la esporulación (Atanda, Aina, Agoda, Usanga & Pessu, 2012; Leo A. Goldblatt, 1972; Santini & Ritieni, 2013).

Las micotoxinas originan una serie de trastornos denominados micotoxicosis, que se presentan con una sintomatología variada. Las intoxicaciones pueden ser agudas o crónicas, y llevar a la muerte en casos extremos. Otro punto importante es que la presencia de micotoxinas puede darse en forma

individual o simultánea; este hecho posibilita efectos sinérgicos en el organismo, aumentando así su toxicidad (Atanda *et al.*, 2012).

Las micotoxinas son moléculas pequeñas, de peso molecular menor a 700 kDa. La mayor parte de ellas se origina en la ruta policetónica, aunque existen otras vías biosintéticas más complejas que están relacionadas con un menor número de especies fúngicas productoras de la toxina (Moss, 1991; Zain, 2011; Zaki *et al.*, 2012). Actualmente se tienen identificadas más de 300 micotoxinas diferentes producidas por unas 350 especies de hongos, pero la mayoría de las toxinas de importancia agrícola son producidas por hongos de tres géneros: *Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium* (Bauza, 2007; M. Larrañana & Navarro, 2007).

Aflatoxinas

Las micotoxinas más estudiadas hasta hoy son las aflatoxinas (AFs), producidas por los hongos *Aspergillus flavus*, *A. parasiticus* y *A. nomius*. Han sido reportados también como productores de AFs *A. pseudotamarii* (Ito *et al.*, 2001) y *A. bombycis*

Tabla 1. Especies productoras de AFs y micotoxinas relacionadas a la misma vía biosintética.

Sección	Organismo	Nro. de Accesoión Mycobank	Micotoxinas reportadas	Fuente
Flavi	<i>Aspergillus flavus</i>	MB#209842	3-nitropropionico Ácido; AFB ₁ ; AFB ₂ ; AFB ₂ a; AFG ₁ ; AFG ₂ ; AFM ₁ ; Aflatrem; Asper toxina; Ácido ciclopiazónico; Gliotoxina; O-Metil-Sterigmatocistina; Sterigmatocistina; Versicolorina A	(22)*
Flavi	<i>Aspergillus parasiticus</i>	MB#191085	AFB ₁ ; AFB ₂ ; AFG ₁ ; AFG ₂ ; AFM ₁ ; O-Metil-Sterigmatocistina; Sterigmatocistina	(23)*
Flavi	<i>Aspergillus nomius</i>	MB#133392	AFB ₁ ; AFB ₂ ; AFG ₁ ; AFG ₂ ;	(12)*
Flavi	<i>Aspergillus arachidicola</i>	MB#505189	AFB ₁ ; AFB ₂ ; AFG ₁ ; AFG ₂ ;	(24)
Flavi	<i>Aspergillus minisclerotigenes</i>	MB#505188	AFB ₁ ; AFB ₂ ; AFG ₁ ; AFG ₂ ; Ácido ciclopiazónico; Parasiticolides; Paspalina; Aflavinina; Aflatrem; Aflavarina; Ácido kójico;	(24)
Flavi	<i>Aspergillus bombycis</i>	MB#474687	AFB ₁	(12)*
Ochraceo-rosei	<i>Aspergillus ochraceoroseus</i>	MB#309233	AFB ₁	(25)*
Flavi	<i>Aspergillus pseudotamarii</i>	MB#466527	AFB ₁ ; Ácido ciclopiazónico	(11)*
Ochraceo-rosei	<i>Aspergillus rambellii</i>	MB#501209	AFB ₁ ; Metil-Sterigmatocistina; Sterigmatocistina	(26)
Nidulantes	<i>Emericella venezuelensis</i>	MB#368546	AFB ₁ ; Sterigmatocistina; Terreina	(27)*
Nidulantes	<i>Emericella astellata</i>	MB#110628	AFB ₁	(26)
Nidulantes	<i>Apergillus zhaoqingensis</i>	MB#130300	AFB ₁	(28)
Flavi	<i>Aspergillus parvisclerotigenus</i>	MB#500166	AFB ₁ ; AFG ₁ ; Ácido ciclopiazónico; Ácido kójico; Ácido aspergílico	(26)
Flavi	<i>Aspergillus toxicarius</i>	MB#309247	AFB ₁ ; AFG ₁ ; Ácido kójico; Ácido aspergílico	(26)

*Listado de metabolitos secundarios por especie, disponible en <http://www.aspergillus.uk/metabolites/list>.

(Peterson *et al.*, 2001), aunque con resultados contradictorios (Cabañes *et al.*, 2007).

El estudio de las AFs se inició en 1960, debido a la muerte en Inglaterra de 100.000 pavos a causa de la que en su momento se llamó enfermedad X del pavo, que se manifestó como pérdida de apetito,

letargo y debilidad de los animales (Abbas *et al.*, 2011; Wogan *et al.*, 2012).

Cuando las aves estaban por morir el cuello se arqueaba, la cabeza se tiraba hacia atrás y las patas quedaban tendidas. Posteriormente se descubrió que la causa de la muerte de las aves se debió a una

intoxicación producida por alimento contaminado por un hongo, *A. flavus*, presente en pasta de maní importada de Brasil (Wogan *et al.*, 2012).

En forma natural se han encontrado más de 18 tipos distintos de AFs, las cuales son derivadas de la difuranocumarina. Pueden localizarse en el micelio de los hongos y en las esporas, o ser excretadas como exotoxinas que se liberan en el medio donde crece el hongo (Heathcote & Hibbert, 1978; Ortiz, 1992; Soriano & Burdaspal, 2007).

Aspergillus flavus produce únicamente AFB1, AFB2 y ácido ciclopiazónico; *A. parasiticus* y *A. nomius* producen aflatoxinas B1, B2, G1 y G2; *A. pseudotamarii* produce aflatoxinas B1, B2 y ácido ciclopiazónico; y *A. bombycis* produce AFB1, B2, G1 y G2 (Cabañes *et al.*, 2007; Pitt & Hocking, 2009; Rodrigues *et al.*, 2007; Vaamonde *et al.*, 1995). Sin embargo, se ha reportado la producción de AFs de tipo G por cepas identificadas morfológicamente como pertenecientes a *A. flavus* (Tabla 1).

Las AFs son las sustancias carcinógenas naturales más potentes hasta ahora conocidas. Son además teratogénicas y mutagénicas. El principal órgano diana es el hígado, donde producen daño hepático agudo y cirrosis. Inducen tumores, disminuyen la eficiencia del sistema inmunitario y producen afecciones de los pulmones. Se acumulan en los tejidos y se excretan por la leche. La AFB1 actúa también sobre el metabolismo de los lípidos y de los glúcidos. Se considera a la AFB1 como la de mayor riesgo (Raper & Fennell, 1965; Santini & Ritieni, 2013).

La Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC) clasifica a las AFs dentro del grupo I en su sistema de clasificación como **agente altamente carcinogénico** en humanos (Bartoli & Maggi, 1978; Kurtzman *et al.*, 1987; Pildain *et al.*, 2008).

Por lo general la AFB1 es la que se encuentra en mayores concentraciones, además es la más potente de todas. Cuando los animales ingieren en sus alimentos AFB1 y AFB2 en lactancia, las mismas son excretadas por la leche en forma de AFM1 y AFM2, formas alteradas pero aun tóxicas (Frisvad & Samson, 2004; Frisvad *et al.*, 2005).

A pesar de que estos patógenos se consideran principalmente hongos de almacenamiento, las infecciones pueden iniciarse a nivel de campo. El inóculo primario en la primavera proviene de propágulos en el suelo, micelio que inverna en residuos vegetales, esclerocios, basura sobre el suelo e insectos (Sun & Qi, 1991).

La importancia de *Aspergillus* y las AFs radica en el riesgo que representan para la salud pública, así como en las pérdidas económicas por la baja calidad del grano, limitaciones en las exportaciones, costos de manejo, análisis y eliminación de material contaminado.

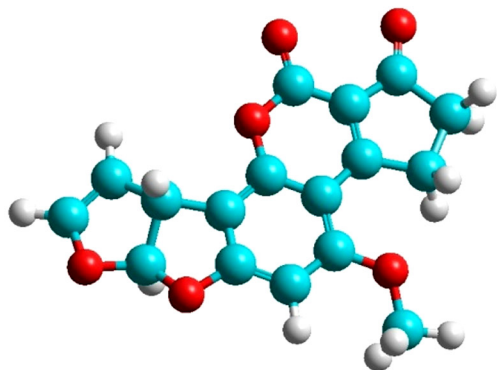
Estructura molecular y propiedades

Las AFs están estructuralmente relacionadas; químicamente son cumarinas sustituidas que contienen anillos de bifurano y configuración tipo lactona (IARC, 1993) (Figura 1). Son ópticamente activas, fluorescentes bajo luz ultravioleta y sus pesos moleculares varían de 312 a 350 kD (Fisher & Henk, 2012; Soriano & Burdaspal, 2007). La mayoría son poco solubles en agua, pudiendo ser extraídas con solventes orgánicos moderadamente polares. Cuando se encuentran en estado puro en forma cristalina son termorresistentes, sus puntos de fusión alcanzan temperaturas superiores a 250 °C y rangos de pH entre 3 y 10 (Abbas *et al.*, 2009). Son fotosensibles y tienden a descomponerse cuando están en solución sobre todo acuosa o metanólica. Se descomponen bajo la acción de agentes oxidantes o álcalis fuertes e hipoclorito de sodio (Soriano & Burdaspal, 2007).

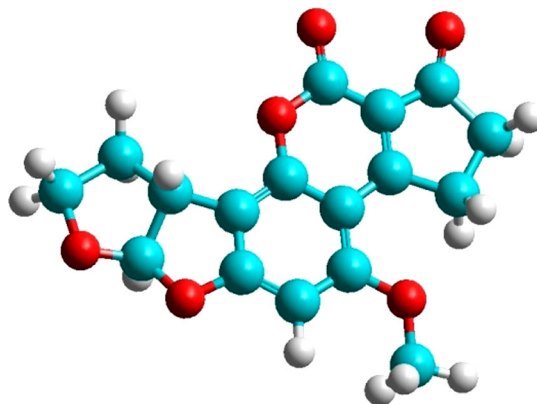
Biosíntesis de las AFs

La biosíntesis de las AFs es un proceso complejo, en donde está involucrada la condensación de un acetil con tres o más unidades de malonil con la pérdida de CO₂ (Brechtbuehler-Bader *et al.*, 1967; Buchi & Rae, 1969).

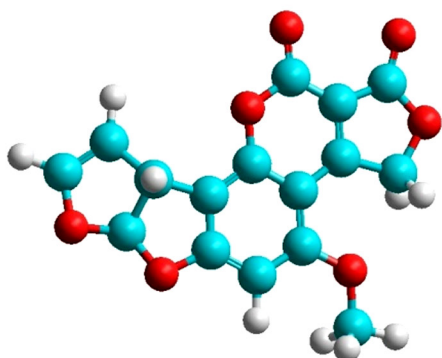
Se relaciona la biosíntesis de estas sustancias con la de los lípidos y se asume una disminución en la síntesis de proteínas en algunos casos. Al inicio del crecimiento del hongo la producción de AFs es baja o nula, pero a medida que los niveles de nitrógeno y fosfatos se reducen en el medio el meta-



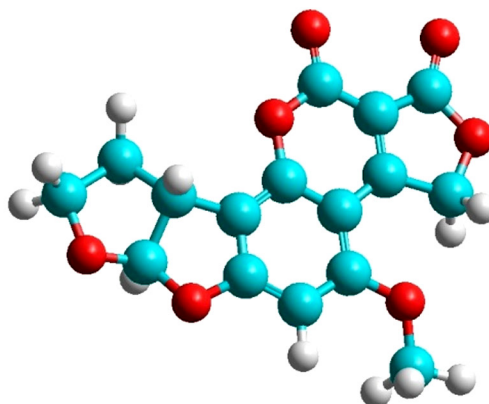
Aflatoxina B1



Aflatoxina B2



Aflatoxina G1



Aflatoxina G2

Figura 1. Estructuras químicas de AFs B1, B2, G1 y G2.

bolismo primario se desorganiza, produciéndose la acumulación de metabolitos primarios e iniciándose la producción de AFs (Brechtbuehler-Bader *et al.*, 1967; Wogan *et al.*, 2012).

Mediante estudios genéticos sobre el mecanismo molecular de biosíntesis de la AFB1 se ha descrito un fragmento de 70 pares de kb de longitud que contiene al menos 24 genes estructurales conocidos, incluyendo un gen de regulación positiva, aflR, como activador de transcripción (Bhatnagar, Ehrlich & Cleveland, 2003; Georgianna & Payne, 2009; Yu & Arora, 2004; Yu *et al.*, 2002).

Las AFs son sintetizadas extramitocondrialmente a partir de la acetil coenzima A, derivada del catabolismo de carbohidratos simples. Los intermedios glicolíticos estimulan la producción de AFs asociadas a la caída de niveles de piruvato y fosfoenolpiruvato, los cuales son precursores de tres carbonos del acetato y malonato (Eaton & Gallagher, 1994).

En la primera fase de la biosíntesis de estas micotoxinas, el acetato y la malonilCoA son convertidos a hexanoilo mediante una sintetasa de ácido graso. Este hexanoilo es extendido por una

policétidosintetasa hasta el decacétido ácido norsolorínico, primer precursor estable en la biosíntesis de las AFs. El policétido sufre posteriormente de 12 a 17 transformaciones enzimáticas a través de vías intermediarias que se resumen en la averantina, la hidroxiaverantina, la averufina, la hidroxiversicolorina, el acetato hemiacetalversiconal, el versiconal, la versicolorina B, la versicolorina A, la dimetilesterigmatocistina, la esterigmatocistina, la orto-metilesterigmatocistina, AFB1 o B2, G1 o G2, al dividirse la vía en dos ramas (Bhatnagar, Yu & Ehrlich, 2002; Cary *et al.*, 2001; Dutton, 1988; Minto & Townsend, 1998; Moreno, 2004; Payne & Brown, 1998; Yu & Arora, 2004).

Condiciones para la producción de AFs

El hongo

La producción de AFs está condicionada por una serie de factores que incluyen: a) el hongo productor; b) el sustrato; c) el contenido de humedad del ambiente; d) el contenido de humedad del sustrato; e) la temperatura; f) la microbiota asociada; g) el oxígeno en la atmósfera de almacenamiento; h) el período de almacenamiento (Díaz, 1994, Trail *et al.*, 1995).

Es muy importante destacar que la sola presencia del hongo, aunque se trate de una cepa productora de toxinas, no implica la presencia de AFs o que las mismas vayan a producirse, ya que para que esto suceda deben darse una serie de condiciones específicas y coincidentes que permitan que ese potencial se exprese.

Bajo condiciones óptimas para el desarrollo de los hongos, la producción de AFs puede ser alta a las 24 horas. El máximo se alcanza entre los 7 y 10 días y posteriormente el nivel de AFs fluctúa con el tiempo; pero bajo las condiciones en que normalmente se manejan los productos agrícolas las mismas son muy estables, resistiendo las temperaturas de elaboración de los alimentos (Moreno Martínez & Ocampo, 1988).

Los hongos aflatoxigénicos producen esporas en gran número. Requieren para germinar una humedad relativa mínima de 83% y para establecerse humedad de 85% (actividad de agua de 0,80 a 0,85),

por lo que los granos de oleaginosas y cereales pueden ser invadidos por estas especies cuando el contenido de humedad de los mismos no sea menor al 8 y 16% respectivamente (Bauza, 2007; Larrañana & Navarro, 2012; Soriano & Burdaspal, 2007).

Los hongos micotoxigénicos son considerados parásitos débiles, ya que invaden con mayor facilidad plantas débiles, semillas débiles, y en general plantas sometidas a condiciones de estrés como sequías, altas temperaturas (32 a 38 °C), especialmente temperaturas nocturnas elevadas, ataques de insectos, etc. (Soriano & Burdaspal, 2007).

Se ha observado que ciertos aislamientos o cepas difieren en la cantidad de AFs producidas y el tipo de AFs, lo cual señala que existen diferencias genéticas y fisiológicas entre estos hongos (Horn & Dorner, 1999; Mauro *et al.*, 2013; Graciela Vaamonde, Patriarca, Fernández Pinto, Comerio & Degrossi, 2003). Esta característica ha sido utilizada en control biológico, utilizando cepas atoxigénicas como competidoras con cepas productoras de toxinas en cultivo de algodón en EE.UU. (Cotty & Bayman, 1993; Cotty & Bhatnagar, 1994).

El porcentaje de cepas productoras de AFs dependerá no sólo del genotipo del hongo, sino además de factores ambientales que ejercen su influencia sobre el metabolismo y crecimiento del mismo. Se ha reportado que en *A. flavus* el 40% de los aislamientos son aflatoxigénicos, pero existen importantes diferencias geográficas y estacionales; en cambio en *A. nomius* y *A. parasiticus* esto es mucho más elevado, alcanzando hasta 100% (Barros *et al.*, 2006; Cabañes *et al.*, 2007; Mauro *et al.*, 2013).

A. flavus presenta mayor actividad proteolítica y *A. parasiticus* mayor actividad lipolítica, por lo tanto se considera que *A. flavus* es más abundante en maíz y *A. parasiticus* en maní (Moreno, 2004; Moreno Martínez & Gutiérrez, 1991).

En la competencia con la microbiota se puede alterar el metabolismo del hongo aflatoxigénico, por competencia por el sustrato o por la alteración de las condiciones ambientales de crecimiento. Este efecto puede darse disminuyendo o inhibiendo la producción de AFs o produciendo un efecto sinérgico en su

producción (González, Resnik & Vaamonde, 1987; Karunaratne & Bullerman, 1990).

El sustrato

Prácticamente cualquier sustrato que permita el crecimiento de las especies toxigénicas es apto para la producción de AFs, pero debido a condiciones ambientales externas o a respuestas fisiológicas de los hongos esta producción puede ser mayor o menor dependiendo del sustrato. En ciertas plantas las AFs se forman de manera natural, como en el cacahuete, coco, copra, semilla de algodón y en cereales en maíz y sorgo, en ciertas cantidades que pueden ser riesgosas para la salud humana y animal.

Los sustratos con altas concentraciones de carbohidratos y ácidos grasos aumentan la producción de AFs. Con incubación prolongada a 25 °C las proteínas son degradadas a aminoácidos por las proteasas de los hongos. Éstos pueden ser utilizados como fuente de nitrógeno o de carbono; cuando se usan como fuente de carbono se pueden producir grandes cantidades de amonio, y esto afecta a la producción de AFs (Moreno Martínez & Gutiérrez, 1991).

Los azúcares simples como glucosa, fructosa, maltosa y sacarosa son preferidos por *A. flavus* para la síntesis de AFs. También ciertos aminoácidos como glicina, glutamato, prolina, aspartato y glutamina estimulan la producción de AFs (Ahmad *et al.*, 2013; Giorni *et al.*, 2011; Mehl & Cotty, 2013).

Ácidos orgánicos y sus sales, como el ácido propiónico o el sórbico, son fungistáticos e inhiben el crecimiento de *A. flavus* y *A. parasiticus* y la producción de AFs (García-Camarillo *et al.*, 2006; Lahtinen *et al.*, 2011; Roze *et al.*, 2011).

Temperatura y actividad del agua

La temperatura y la actividad del agua se encuentran relacionadas y son codependientes en cuanto a su efecto sobre el crecimiento de *Aspergillus* y la producción de AFs. Los *Aspergillus* pueden crecer a temperaturas de 8 a 55 °C, siendo de 36 a 38 °C las temperaturas óptimas de desarrollo y de 25 a 35 °C las temperaturas óptimas de producción de AFs. No se producen AFs por debajo de 10 °C y por

encima de 45 °C. El rango de producción es entre 12 y 40 °C. A bajas temperaturas las cantidades de AFB y AFG son aproximadamente iguales; a temperaturas más elevadas la producción de AFB es predominante (Moreno, 2004).

La humedad relativa mínima para el desarrollo de hongos aflatoxigénicos es de 85%. La misma representa contenidos de humedad en cereales como el maíz de 16,5 a 18%, no existiendo un límite superior de humedad para la producción de estas toxinas. La actividad del agua para producción de AFs varía de 0,82 a 0,99 (Abdel-Hadi *et al.*, 2012; Astoreca *et al.*, 2012; Gibson *et al.*, 1994; Jaime-García & Cotty, 2010; O'Brian *et al.*, 2007; Schmidt-Heydt *et al.*, 2009).

La atmósfera

Las especies de *Aspergillus* son aerobias, y a niveles de 1% de oxígeno en el ambiente se detiene su desarrollo y por ende la producción de toxinas; concentraciones de CO₂ mayores a 20% inhiben la germinación de las esporas; concentraciones de 10% suprimen la producción de AFs; concentraciones de oxígeno menores a 20 y mayores a 90% también inhiben la concentración de AFs (Wilson & Jay, 1975).

El pH y la luz

Por lo general las especies de *Aspergillus* toleran mal los valores de pH ácidos. Su crecimiento se ve menos afectado por pH alcalinos. La producción de AFG1 es más dependiente del pH que la B1, no produciéndose a valores de pH de 2,5. La relación entre la producción de AFB1/AFG1 es de 3,0 a pH de 3,5; mientras que a pH de 5,5 es de 0,5 (Keller *et al.*, 1997).

La luz afecta el desarrollo de los hongos aflatoxigénicos y por lo tanto la producción de AFs. La fotorrespuesta es además afectada por otros factores como la temperatura y el tipo de sustrato (Cabañes *et al.*, 2007).

Mecanismo de acción de las AFs

Las AFs, al ser ingeridas con los alimentos, son absorbidas en la mucosa intestinal y pasan al tor-

rente circulatorio, a través del cual llegan al hígado, riñones, canales biliares y sistema nervioso, donde se acumulan.

La AFB1 se considera la más importante, no sólo porque aparece con más frecuencia y en mayor abundancia, sino también porque es la más tóxica. La contaminación puede iniciarse en el campo debido al ataque de insectos, enfermedades, estrés por sequía, etc. y posterior ataque del hongo; o durante la cosecha, transporte o almacenamiento como consecuencia de condiciones inadecuadas de temperatura, humedad, limpieza, presencia de insectos, etc. (Figura 2). Cuando los alimentos contaminados son ingeridos, la AFB1 es absorbida en el intestino delgado y es transportada por los glóbulos rojos y las proteínas hasta el hígado, mayoritariamente por la vía portal. La toxina entra en la célula y es metabolizada en el retículo endoplasmático para ser hidroxilada y transformarse en varios compuestos como AFP1, M1, Q1 (del Castillo, 2007).

También puede darse la formación de AFB1-8,9-epóxido, que puede ser eliminada por la orina. La AFB1-epóxido puede unirse a los aductos de DNA y producir mutaciones que dan como resultado la formación de hepatocarcinoma o la muerte celular y toxicidad como consecuencia de su unión a proteínas (Wild & Gong, 2010; Wogan *et al.*, 2012).

Toxicología

Las AFs tienen efectos genotóxicos y citotóxicos, y la IARC clasifica a la AFB1 dentro de la categoría 1 a base de la existencia de suficientes evidencias acerca de su carácter carcinogénico para el hombre, tanto aisladamente como en mezclas naturales con otras AFs (IARC, 2006).

Los efectos tóxicos dependen de las dosis, duración de la ingestión, edad, especie, sexo y sobre todo del estado nutricional de la persona o animal (International Agency for Research on Cancer, 2004).

Las principales aflatoxicosis se han dado en países como India, China, países de África, Asia y algunas regiones de Sudamérica donde las condiciones son propicias (Katerere, Shephard & Faber,

2008; Krishnamachari *et al.*, 1975; Lewis *et al.*, 2005; Probst *et al.*, 2007; Shephard, 2008).

En la población infantil se ha relacionado epidemiológicamente la presencia de AFs con determinados síntomas y signos clínicos como: ictericia neonatal, encefalopatía y degeneración de la grasa visceral, kwashiorkor, o enfermedad del niño desplazado (Onyemelukwe *et al.*, 2012; Owaga *et al.*, 2011).

Toxicidad aguda

Se produce cuando se ingieren grandes cantidades de AFs. La presencia de AFs en el hígado da lugar a una infiltración de lípidos que provoca necrosis celular hepática. En el hígado las oxidasas biotransforman las AFs en una serie de metabolitos, algunos altamente reactivos, que tienen la capacidad de unirse covalentemente al DNA, RNA y proteínas (Soriano & Burdaspal, 2007).

Los metabolitos originados reaccionan con diferentes proteínas celulares, lo cual origina la inhibición de la síntesis de proteínas, además de la inhibición de la síntesis de carbohidratos y lípidos. Esto produce anorexia, depresión, ictericia, diarrea, fotosensibilidad y muerte en un periodo de 12 a 27 días luego de la ingestión del alimento contaminado en animales (Kensler *et al.*, 2011).

La AFB1 puede inhibir la actividad de la fosfodiesterasa nucleótido cíclica en el cerebro, hígado, corazón y tejidos renales (Chatterjee & Ghosh, 2012; Ilic *et al.*, 2010; Kamel, 2013).

En 1974, en la India, 150 poblaciones de los estados de Gujarat y Rajastán se vieron afectadas por un brote epidémico. Ciento ocho personas fallecieron, siendo 397 el total de intoxicados. Durante un mes, las personas consumieron maíz contaminado donde se encontraron niveles de entre 6250 y 15600 µg/kg de AFs (Reddy & Raghavender, 2007). En el año 2004, en Makueni y Kiyui, Kenia, fallecieron 125 personas de las 317 intoxicadas con maíz contaminado con AFs, donde se detectaron niveles que variaron de 20 a 8000 µg/kg (Giesecker & Centers for Disease Control and Prevention, 2004; Muture & Ogana, 2005).

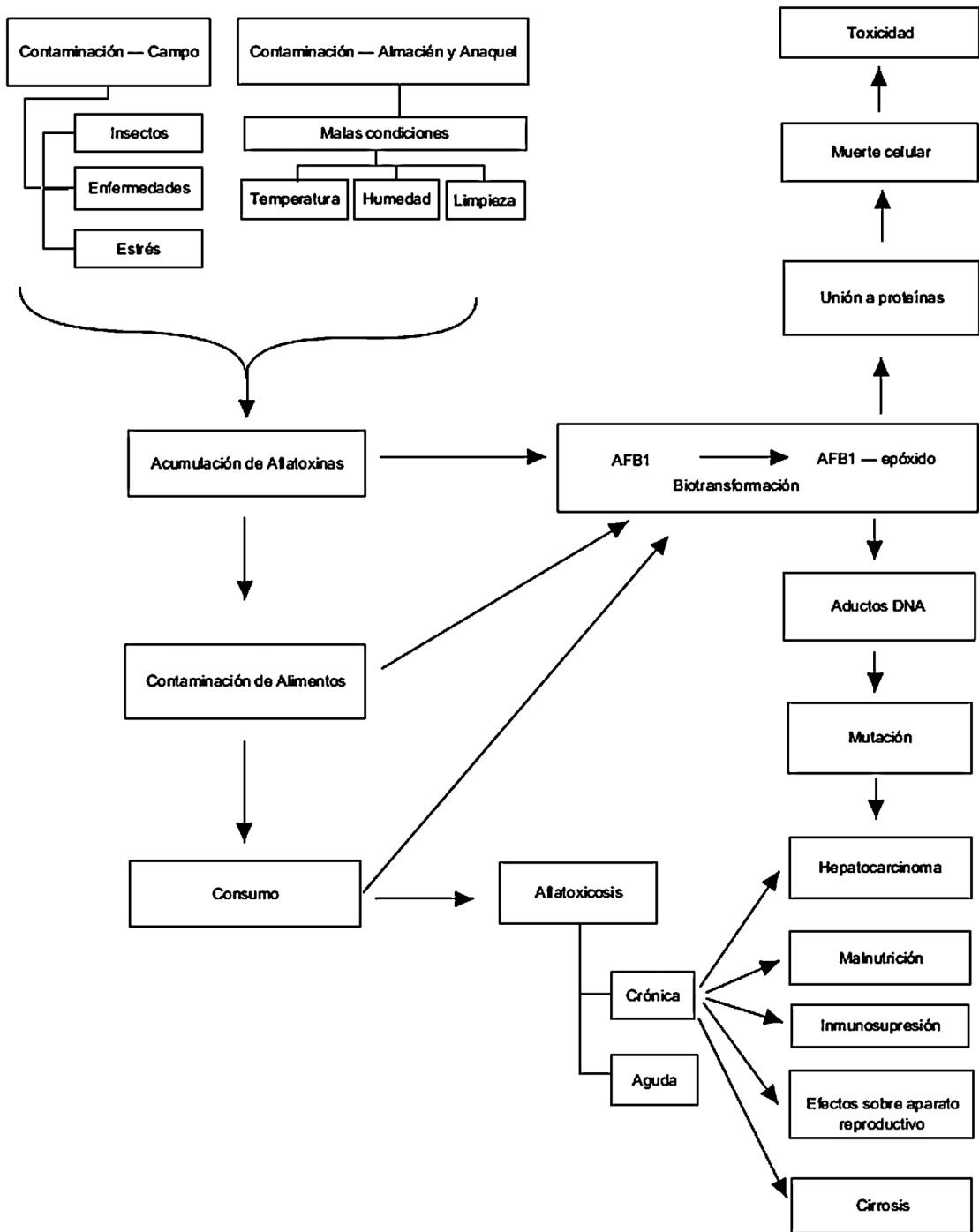


Figura 2. Mecanismo de acción de la AFB1.

Toxicidad crónica

Se produce debido al consumo de alimentos contaminados con niveles bajos de AFs durante semanas o meses. Los síntomas no son muy específicos. En animales se observa reducción en la ganancia de peso, menor índice de conversión de alimento en carne, disminución en la producción de huevos y leche, y mayor susceptibilidad a ciertas enfermedades (Denli & Pérez, 2006; Gimeno & Martins, 2003; Robens & Richard, 1992).

El efecto crónico más severo se observa a nivel de DNA, y se puede subdividir en mutagénico, teratogénico y carcinogénico. A pesar de poder afectar prácticamente cualquier órgano, el principal afectado es el hígado, donde produce hígado graso, necrosis moderada y extensiva; puede también afectar a los pulmones, y ha sido asociada a desnutrición en niños (Chona, 1999).

CONCLUSIÓN

Las AFs representan un serio y real riesgo no sólo económico, sino para la salud humana y animal debido a que cualquier alimento puede ser sustrato para su producción y que son responsables de pérdidas de vidas humanas. Por estas razones es importante concientizar a los sectores económicos, políticos, de salud y sociales sobre los riesgos que presenta el consumo de alimentos contaminados.

AGRADECIMIENTOS

A Cinthia Cazal, Cristian Graboswki Ocampos, Christian Dujak, Lourdes Romero, Pablo David Arrúa y Lourdes Martínez por su colaboración en la redacción; a la Dra. Norma Caballero por el montaje de las estructuras moleculares y a Nidia Benítez por la revisión del manuscrito y preparación de los esquemas.

BIBLIOGRAFÍA

ABBAS, H. K., WILKINSON, J. R., ZABLOTOWICZ, R. M., ACCINELLI, C., ABEL, C. A., BRUNS, H. A. & WEAVER, M. A. 2009. Ecology of *Aspergillus flavus*, regulation of aflatoxin production, and management strategies to reduce aflatoxin contamination

of corn.

- ABBAS, H. K., ZABLOTOWICZ, R. M., HORN, B. W., PHILLIPS, N. A., JOHNSON, B. J., JIN, X. & ABEL, C. A. 2011. Comparison of major biocontrol strains of non-aflatoxigenic *Aspergillus flavus* for the reduction of aflatoxins and cyclopiazonic acid in maize. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 28(2), 198–208.
- ABDEL-HADI, A., SCHMIDT-HEYDT, M., PARRA, R., GEISEN, R. & MAGAN, N. 2012. A systems approach to model the relationship between aflatoxin gene cluster expression, environmental factors, growth and toxin production by *Aspergillus flavus*. *Journal of The Royal Society Interface*, 9(69), 757–767.
- AHMAD, M., AHMAD, M. M., HAMID, R., ABDIN, M. Z. & JAVED, S. 2013. Use of response surface methodology to study the effect of media composition on aflatoxin production by *Aspergillus flavus*. *Mycotoxin Research*, 29(1), 39–45.
- ASTORECA, A., VAAMONDE, G., DALCERO, A., RAMOS, A. J. & MARÍN, S. 2012. Modelling the effect of temperature and water activity of *Aspergillus flavus* isolates from corn. *International Journal of Food Microbiology*, 156(1), 60–67.
- ATANDA, S. A., AINA, J. A., AGODA, S. A., USANGA, O. E. & PESSU, P. O. 2012. Mycotoxin management in agriculture: a review. *J Anim Sci Adv*, 2(Suppl 3.1), 250–260.
- BARROS, G. G., TORRES, A. M., RODRIGUEZ, M. I. & CHULZE, S. N. 2006. Genetic diversity within *Aspergillus flavus* strains isolated from peanut-cropped soils in Argentina. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(1), 145–152.
- BARTOLI, A. & MAGGI, O. 1978. Four new species of *Aspergillus* from Ivory Coast soil. *Transactions of the British Mycological Society*, 71(3), 383–394.
- BAUZA, R. 2007. *Las micotoxinas, una amenaza constante en la alimentación animal*. Presented at the IX Encuentro de Nutrición y Producción en Animales Monogástricos,

Uruguay.

- BHATNAGAR, D., EHRLICH, K. C. & CLEVELAND, T. E. 2003. Molecular genetic analysis and regulation of aflatoxin biosynthesis. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 61(2), 83–93.
- BHATNAGAR, D., YU, J. & EHRLICH, K. C. 2002. Toxins of filamentous fungi. In M. Breitenbach, R. Cramer & S. B. Lehrer (Eds.), *Fungal allergy and pathogenicity* (Vol. 81, pp. 167–206). S Karger Ag.
- BRECHBUEHLER-BADER, S., BUECHI, G. & MILNE, G. 1967. The absolute configuration of the aflatoxins. *The Journal of Organic Chemistry*, 32(8), 2641–2642.
- BUCHI, G. & RAE, I. D. 1969. The structure and chemistry of the aflatoxins. In L. A. Goldblatt (Ed.), *Aflatoxin: Scientific Background, Control, and Implications* (p. 55). New York: Academic Press.
- CABAÑES, F., ABARCA, L., BRAGULAT, M. & CATELLÁ, G. 2007. Especies productoras de micotoxinas. In J. M. Soriano del Castillo (Ed.), *Micotoxinas en alimentos* (pp. 29–61). Ediciones Díaz de Santos.
- CARY, J. W., CHANG, P.-K. & BHATNAGAR, D. 2001. Clustered metabolic pathway genes in filamentous fungi. *Applied Mycology and Biotechnology*, 1, 165–198.
- CHATTERJEE, D. & GHOSH, P. 2012. Sub-cytotoxic Concentration of Aflatoxin B2 Prevents NO-Mediated Increased Mitochondrial Membrane Potential and Intracellular Killing of *Candida albicans* in Macrophages Running Title: Changes of Nitric Oxide and Mitochondrial Membrane Potential by Aflatoxin. *Advances in Life Sciences*, 2(3), 52–56.
- CHONA, O. M. S. 1999. Importancia y Efectos de la Aflatoxina en los Seres Humanos. *Medunab*, 2(6), 124–9.
- COTTY, P. J. & BAYMAN, P. 1993. Competitive exclusion of a toxigenic strain of *Aspergillus flavus* by an atoxigenic strain. *Phytopathology*, 83(12), 1283–1287.
- COTTY, P. J. & BHATNAGAR, D. 1994. Variability among atoxigenic *Aspergillus flavus* strains in ability to prevent aflatoxin contamination and production of aflatoxin biosynthetic pathway enzymes. *Applied and Environmental Microbiology*, 60(7), 2248–2251.
- DEL CASTILLO, J. M. S. 2007. *Micotoxinas en alimentos*. Ediciones Díaz de Santos.
- DENLI, M. & PÉREZ, J. F. 2006. Contaminación por micotoxinas en los piensos: efectos, tratamiento y prevención. In *FEDNA* (pp. 1–18).
- DÍAZ, A. 1994. Biosíntesis de aflatoxinas. In *Memoria: 1er Curso – Taller sobre aflatoxinas en maíz* (pp. 15–18). Tamaulipas, México.
- Dutton, M. F. 1988. Enzymes and aflatoxin biosynthesis. *Microbiological Reviews*, 52(2), 274.
- EATON, D. L. & GALLAGHER, E. P. 1994. Mechanisms of aflatoxin carcinogenesis. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, 34(1), 135–172.
- FISHER, M. C. & HENK, D. A. 2012. Sex, drugs and recombination: the wild life of *Aspergillus*. *Molecular Ecology*, 21(6), 1305–1306.
- FRISVAD, J. C. & SAMSON, R. A. 2004. *Emericella venezuelensis*, a New Species With Stellate Ascospores Producing Sterigmatocystin and Aflatoxin B1. *Systematic and Applied Microbiology*, 27(6), 672–680.
- FRISVAD, J. C., SKOUBOE, P. & SAMSON, R. A. 2005. Taxonomic comparison of three different groups of aflatoxin producers and a new efficient producer of aflatoxin B1, sterigmatocystin and 3-O-methylsterigmatocystin, *Aspergillus rambellii* sp. nov. *Systematic and Applied Microbiology*, 28(5), 442–453.
- GARCÍA-CAMARILLO, E. A., QUEZADA-VIAY, M. Y., MORENO-LARA, J., SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ, G., MORENO-MARTÍNEZ, E. & PÉREZ-REYES, M. C. J. 2006. Actividad antifúngica de aceites esenciales de canela (*Cinnamomum zeylanicum* Blume) y Orégano (*Origanum vulgare* L.) y su efecto sobre la producción de aflatoxinas en nuez pecanera. *Revista Mexicana de Fi-*

- topatología AC*, 24(001), 8–12.
- GEORGIANNA, D. R. & PAYNE, G. A. 2009. Genetic regulation of aflatoxin biosynthesis: From gene to genome. *Fungal Genetics and Biology*, 46(2), 113–125.
- GIBSON, A. M., BARANYI, J., PITT, J. I., EYLES, M. J. & ROBERTS, T. A. 1994. Predicting fungal growth: the effect of water activity on *Aspergillus flavus* and related species. *International Journal of Food Microbiology*, 23(3–4), 419–431.
- GIESEKER, K. E. & CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. 2004. Outbreak of aflatoxin poisoning-eastern and central provinces, Kenya, January-July 2004. *Public Health Faculty Publications*, (Paper 3), 790–793.
- GIMENO, A. & MARTINS, M. L. 2003. *Micotoxinas y Micotoxicosis en Animales y Humanos*. Buenos Aires (Argentina): Talleres gráficos del SRL.
- GIORNI, P., MAGAN, N., PIETRI, A. & BATTILANI, P. 2011. Growth and aflatoxin production of an Italian strain of *Aspergillus flavus*: influence of ecological factors and nutritional substrates. *World Mycotoxin Journal*, 4(4), 425–432.
- GOLDBLATT, L. A. 1972. Implications of mycotoxins. *Clinical Toxicology*, 5(4), 453–464.
- GONZÁLEZ, H. H., RESNIK, S. L. & VAA-MONDE, G. 1987. Influence of inoculum size on growth rate and lag phase of fungi isolated from Argentine corn. *International Journal of Food Microbiology*, 4(2), 111–117.
- HEATHCOTE, J. G. & HIBBERT, J. R. 1978. Aflatoxins: chemical and biological aspects, ix + 212pp.
- HORN, B. W. & DORNER, J. W. 1999. Regional Differences in Production of Aflatoxin B1 and Cyclopiazonic Acid by Soil Isolates of *Aspergillus flavus* along a Transect within the United States. *Applied and Environmental Microbiology*, 65(4), 1444–1449.
- IARC. 1993. Toxins derived from *Fusarium moniliforme*: fumonisins B1 and B2 and fusarin C. *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans / World Health Organization, International Agency for Research on Cancer*, 56, 445–466.
- IARC. 2006. INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. WHO. Consultado el 24 de marzo 2013. Disponible en <http://www.iarc.fr/>
- ILIC, Z., CRAWFORD, D., EGNER, P. A. & SELL, S. 2010. Glutathione-S-transferase A3 knockout mice are sensitive to acute cytotoxic and genotoxic effects of aflatoxin B1. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 242(3), 241–246.
- INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. 2004. IARC classifies formaldehyde as carcinogenic to humans. In *Biennial report*. The Agency.
- ITO, Y., PETERSON, S. W., WICKLOW, D. T. & GOTO, T. 2001. *Aspergillus pseudotamarii*, a new aflatoxin producing species in *Aspergillus* section *Flavi*. *Mycological Research*, 105(2), 233–239.
- JAIME-GARCIA, R. & COTTY, P. J. 2010. Crop rotation and soil temperature influence the community structure of *Aspergillus flavus* in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 42(10), 1842–1847.
- KAMEL, E. S. 2013. Histological study on the effect of aflatoxin B1 on the renal tubules of adult rats. *The Egyptian Journal of Histology*, 36(1), 246–252.
- KARUNARATNE, A. & BULLERMAN, L. B. 1990. Interactive effects of spore load and temperature on aflatoxin production. *Journal of Food Protection*, 53(3), 227–229.
- KATERERE, D. R., SHEPHARD, G. S. & FABER, M. 2008. Infant malnutrition and chronic aflatoxicosis in Southern Africa: is there a link? *International Journal of Food Safety, Nutrition and Public Health*, 1(2), 127–136.
- KELLER, N. P., NESBITT, C., SARR, B., PHILLIPS, T. D. & BUROW, G. B. 1997. pH Regulation of Sterigmatocystin and Aflatoxin

- Biosynthesis in *Aspergillus* spp. *Phytopathology*, 87(6), 643–648.
- KENSLER, T. W., ROEBUCK, B. D., WOGAN, G. N. & GROOPMAN, J. D. 2011. AFLATOXIN: A 50-YEAR ODYSSEY OF MEchanistic and Translational Toxicology. *Toxicological Sciences*, 120(suppl 1), S28–S48.
- Krishnamachari, K., Nagarajan, V., Bhat, R. & Tilak, T. B. G. 1975. Hepatitis due to aflatoxicosis: an outbreak in western India. *The Lancet*, 305(7915), 1061–1063.
- Kurtzman, C. P., Horn, B. W. & Hesseltine, C. W. 1987. *Aspergillus nomius*, a new aflatoxin-producing species related to *Aspergillus flavus* and *Aspergillus tamarii*. *Antonie van Leeuwenhoek*, 53(3), 147–158.
- LAHTINEN, S., SALMINEN, S., WRIGHT, A. V. & OUWEHAND, A. C. 2011. *Lactic Acid Bacteria: Microbiological and Functional Aspects*. CRC Press.
- LARRAÑANA, M. & NAVARRO, A. 2007. Micotoxinas: Toxicología alimentaria. In J. M. Soriano del Castillo (Ed.), *Micotoxinas en alimentos*. Ediciones Díaz de Santos.
- LARRAÑANA, M. R. M. & NAVARRO, A. A. 2012. *Micotoxinas: Toxicología alimentaria*. Ediciones Díaz de Santos.
- LEWIS, L., ONSONGO, M., NJAPAU, H., SCHURZ-ROGERS, H., LUBER, G., KIESZAK, S., NYAMONGO, J., BACKER, L., DAHIYE, A.M., MISORE, A., DECOCK, K. & RUBIN, C. 2005. Aflatoxin Contamination of Commercial Maize Products during an Outbreak of Acute Aflatoxicosis in Eastern and Central Kenya. *Environmental Health Perspectives*, 113(12), 1763–1767.
- MAURO, A., BATTILANI, P., CALLICOTT, K. A., GIORNI, P., PIETRI, A. & COTTY, P. J. 2013. Structure of an *Aspergillus flavus* population from maize kernels in northern Italy. *International Journal of Food Microbiology*, 162(1), 1–7.
- MEHL, H. L. & COTTY, P. J. 2013. Nutrient Environments Influence Competition among *Aspergillus flavus* Genotypes. *Applied and Environmental Microbiology*, 79(5), 1473–1480.
- MINTO, R. E. & TOWNSEND, C. A. 1998. Enzymology and molecular biology of aflatoxin biosynthesis. *ChemInform*, 29(6).
- MORENO, J. 2004. *Estudio comparativo de Aspergillus flavus y Aspergillus parasiticus en la producción de aflatoxinas bajo diferentes condiciones de humedad y temperatura* (Magíster). Facultad de Estudios Superiores de Postgrado, Cuautitlán Izcali, Edo. de México.
- MORENO MARTÍNEZ, E. & GUTIÉRREZ, M. G. 1991. La biología de *Aspergillus flavus* y la producción de aflatoxinas. *Coordinación de La Investigación Científica. Programa Universitario de Alimentos, Universidad Nacional Autónoma de México, México, DF*.
- MORENO MARTÍNEZ, E. & OCAMPO, C. B. 1988. *Manual para la identificación de hongos en granos y sus derivados*. UNAM.
- MOSS, M. O. 1991. The environmental factors controlling mycotoxin formation. *Mycotoxins and Animal Foods, Smith, JE and Henderson, RS (Eds.) Pp*, 37–56.
- MUTURE, B. N. & OGANNA, G. 2005. Aflatoxin levels in maize and maize products during the 2004 food poisoning outbreak in eastern province of Kenya. *East African Medical Journal*, 82(6).
- NAVA, E., APODACA, M. & CAMACHO, J. 2009. Micotoxinas comunes en granos almacenados. In *Tecnología de Granos y Semillas* (pp. 28–53). México: Universidad Autónoma Indígena de México.
- O'BRIAN, G. R., GEORGIANNA, D. R., WILKINSON, J. R., YU, J., ABBAS, H. K., BHATNAGAR, D., CLEVELAND, T.E., NIERMAN, W. & PAYNE, G. A. 2007. The effect of elevated temperature on gene transcription and aflatoxin biosynthesis. *Mycologia*, 99(2), 232–239.
- ONYEMELUKWE, G. C., OGOINA, D., IBIAM, G. E. & OGBADU, G. H. 2012. Aflatoxins in body fluids and food of Nigerian children

- with protein- energy malnutrition. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 12(5), 6553–6566.
- ORTIZ, C. A. 1992. Manual de procedimientos para el análisis de aflatoxinas. *Almacenes Nacionales de Depósito, México, DF*, 40–42.
- OWAGA, E., MUGA, R., MUMBO, H. & AILA, F. 2011. Chronic dietary aflatoxins exposure in Kenya and emerging public health concerns of impaired growth and immune suppression in children. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5(3).
- PAYNE, G. A. & BROWN, M. P. 1998. Genetics and physiology of aflatoxin biosynthesis. *Annual Review of Phytopathology*, 36(1), 329–362.
- PETERSON, S. W., ITO, Y., HORN, B. W. & GOTO, T. 2001. *Aspergillus bombycis*, a new aflatoxigenic species and genetic variation in its sibling species, *A. nomius*. *Mycologia*, 689–703.
- PILDAIN, M. B., FRISVAD, J. C., VAAMONDE, G., CABRAL, D., VARGA, J. & SAMSON, R. A. 2008. Two novel aflatoxin-producing *Aspergillus* species from Argentinean peanuts. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 58(3), 725–735.
- PITT, J. I. & HOCKING, A. D. 2009. *Fungi and food spoilage*. Springer.
- PROBST, C., NJAPAU, H. & COTTY, P. J. 200). Outbreak of an Acute Aflatoxicosis in Kenya in 2004: Identification of the Causal Agent. *Applied and Environmental Microbiology*, 73(8), 2762–2764.
- RAPER, K. B. & FENNELL, D. I. 1965. The genus *Aspergillus*, ix + 686 pp.
- REDDY, B. N. & RAGHAVENDER, C. R. 2007. Outbreaks of aflatoxicoses in India. *Afr J Food Agric Nutr Dev*, 7(5), 1–15.
- ROBENS, J. F. & RICHARD, J. L. 1992. Aflatoxins in Animal and Human Health. In G. W. Ware (Ed.), *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* (pp. 69–94). Springer US.
- RODRIGUES, P., SOARES, C., KOZAKIEWICZ, Z., PATERSON, R., LIMA, N. & VENÂNCIO, A. 2007. Identification and characterization of *Aspergillus flavus* and aflatoxins.
- ROZE, L. V., KOPTINA, A. V., LAIVENIEKS, M., BEAUDRY, R. M., JONES, D. A., KANARSKY, A. V. & LINZ, J. E. 2011. Willow volatiles influence growth, development, and secondary metabolism in *Aspergillus parasiticus*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 92(2), 359–370.
- SANTINI, A. & RITIENI, A. 2013. Aflatoxins: Risk, Exposure and Remediation. In M. Razzaghi-Abyaneh (Ed.), *Aflatoxins - Recent Advances and Future Prospects*. InTech.
- SCHMIDT-HEYDT, M., ABDEL-HADI, A., MAGAN, N. & GEISEN, R. 2009. Complex regulation of the aflatoxin biosynthesis gene cluster of *Aspergillus flavus* in relation to various combinations of water activity and temperature. *International Journal of Food Microbiology*, 135(3), 231–237.
- SHEPHARD, G. S. 2008. Risk assessment of aflatoxins in food in Africa. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 25(10), 1246–1256.
- SORIANO, C. J. & BURDASPAL, P. 2007. Aflatoxinas del grupo B y G. In C. J. Soriano (Ed.), *Micotoxinas en alimentos* (pp. 91–117). España: Díaz de Santos.
- SUN, Z. M. & QI, Z. T. 1991. A new aflatoxin producing species of sect. flavi of *Aspergillus*. *Acta Mycologica Sinica*, 10(1), 22–26.
- TRAIL, F., MAHANTI, N. & LINZ, J. 1995. Molecular biology of aflatoxin biosynthesis: Aflatoxins: Human and animal health; economic impact. *Microbiology*, 141(4), 755–765.
- VAAMONDE, G., DEGROSSI, C., COMERIO, R. & FERNANDEZ PINTO, V. 1995. *Aspergillus flavus* y *A. parasiticus* en maní cultivado en la provincia de Córdoba (Argentina): Características diferenciales y capacidad aflatoxicogénica. *Boletín de La Sociedad Argentina de Botánica*, 30(3-4), 191–198.
- VAAMONDE, G., PATRIARCA, A., FERNÁNDEZ PINTO, V., COMERIO, R. & DE-

- GROSSI, C. 2003. Variability of aflatoxin and cyclopiazonic acid production by *Aspergillus* section *Flavi* from different substrates in Argentina. *International Journal of Food Microbiology*, 88(1), 79–84.
- WILD, C. P. & GONG, Y. Y. 2010. Mycotoxins and human disease: a largely ignored global health issue. *Carcinogenesis*, 31(1), 71–82.
- WILSON, D. M. & JAY, E. 1975. Influence of Modified Atmosphere Storage on Aflatoxin Production in High Moisture Corn. *Applied Microbiology*, 29(2), 224–228.
- WOGAN, G. N., KENSLER, T. W. & GROOPMAN, J. D. 2012. Present and future directions of translational research on aflatoxin and hepatocellular carcinoma. A review. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 29(2), 249–257.
- YU, J. & ARORA, D. K. 2004. Genetics and biochemistry of mycotoxin synthesis. *Fungal Biotechnology in Agricultural, Food, and Environmental Applications*, 21, 343–361.
- YU, J., BHATNAGAR, D. & EHRLICH, K. C. 2002. Aflatoxin biosynthesis. *Revista Iberoamericana de Micología*, 19(4), 191–200.
- ZAIN, M. E. 2011. Impact of mycotoxins on humans and animals. *Journal of Saudi Chemical Society*, 15(2), 129–144.
- ZAKI, M. M., EL-MIDANY, S. A., SHAHEEN, H. M. & RIZZI, L. 2012. Mycotoxins in animals: occurrence, effects, prevention and management. *J. Toxicol. Environ. Health Sci*, 4(1), 13–28.

DIEZ REGLAS SENCILLAS PARA CIENTÍFICOS CON ASPIRACIONES EN PAÍSES DE BAJOS INGRESOS*

TEN SIMPLE RULES FOR ASPIRING SCIENTISTS IN A LOW-INCOME COUNTRY*

EDGARDO MORENO¹ & JOSÉ-MARÍA GUTIÉRREZ²

Traducción, adaptación y revisión:

NIDIA BENÍTEZ CANDIA³, ANDREA ARRÚA ALVARENGA^{3,4}, DEIDAMIA FRANCO DE DIANA⁵,
DANILO FERNÁNDEZ RÍOS^{3,6}

¹Programa de Investigación en Enfermedades Tropicales, Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

²Instituto Clodomiro Picado, Facultad de Microbiología, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

³Departamento de Biotecnología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FACEN), Universidad Nacional de Asunción (UNA).

⁴Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas (CEMIT), Dirección General de Investigación Científica y Tecnológica (DGICT), Universidad Nacional de Asunción (UNA).

⁵Dirección de Investigación, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FACEN), Universidad Nacional de Asunción (UNA).

⁶E-mail de contacto: biotecnologia@facen.una.py

Resumen: Se proponen aquí diez actitudes y acciones que todo científico que vive en un país en vías de desarrollo debe tomar con el fin de lograr éxito en su labor.

Palabras clave: Trabajo científico, investigación, comunicación, educación, revistas científicas, financiamiento.

Abstract: Ten attitudes and actions to be taken by every scientist working in a developing country in order to make a successful work are here proposed.

Keywords: Scientific work, research, communication, international journals, research grants.

INTRODUCCIÓN

Ser científico conlleva un conjunto común de características. Admirar la naturaleza y tener interés en cuestiones sociales; tener una amplia formación académica, habilidades para trabajo de grupo, honestidad, disciplina, escepticismo, habilidades de comunicación, competitividad, habilidad para aceptar y emitir críticas, y relaciones productivas son algunas de las características más obvias que los científicos deben poseer. Ser un científico en un país de bajos ingresos (PBI), sin embargo, requiere un conjunto complementario de cualidades que son

necesarias para confrontar los inconvenientes que se presentan contra el desarrollo de la ciencia. El fracaso de muchos jóvenes investigadores en madurar como científicos profesionales a su regreso a su país de un entrenamiento avanzado en algún otro lugar nos motivó a proponer estas diez reglas.

Regla 1: Entienda a su país

Muchos científicos de PBI quieren vivir en su país de origen. No obstante, usted debe ser realista y estar preparado para enfrentar laboratorios rudimentarios, cortes de energía eléctrica, provisión pobre de agua, bibliotecas deficientes, internet lento, y escasos o nulos fondos públicos para la financiación de investigaciones, la contratación de personal y la provisión de equipos o mantenimiento. Usted debe entender que la ciencia es un componente mínimo del ambiente cultural de un PBI y que, para la mayoría de la gente y muchos políticos, la ciencia

*Trabajo traducido y adaptado a partir de: Moreno E, Gutiérrez J-M (2008) Ten Simple Rules for Aspiring Scientists in a Low-Income Country. PLoS Comput Biol 4(5): e1000024. doi:10.1371/journal.pcbi.1000024. Copyright: © 2008 Moreno, Gutiérrez. Este es un artículo de acceso libre distribuido bajo los términos de Creative Commons Attribution Licence, el cual permite uso, distribución y reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que el trabajo original sea apropiadamente citado.

es una curiosidad que sólo se desarrolla en países de ingresos elevados (Moreno & Alveteg, 2002).

Dentro de este escenario adverso, usted debe establecer amplios y fuertes vínculos con su comunidad y su país. Esto implica interesarse en cuestiones históricas, sociales y políticas. Los investigadores de PBI deben disfrutar las idiosincrasias de su país, y cultivar el deseo de contribuir al desarrollo científico de su patria y al bienestar de su gente. No refrende dudas profundas sobre las posibilidades de hacer investigación. Puede hacerse—pero no aislado. Intente aunar esfuerzos con otros investigadores que enfrenten los mismos problemas. Entérese de cómo lidian con sus dificultades, e incorpórese a un equipo de investigación. Si usted no puede encontrar un grupo que se adecúe a sus intereses, busque un grupo de investigadores que, aunque se encuentren investigando temas poco relacionados al suyo, sean capaces de entender la relevancia de su trabajo. En las fases iniciales de su carrera, pertenecer a un ambiente científico creativo en donde su conocimiento y sus habilidades sean apreciados es de gran importancia. Sea parte de un equipo en lugar de intentar comandar uno.

Regla 2: Concéntrese en su trabajo científico

Su educación formal ha concluido, pero su carrera científica está sólo comenzando. La investigación debe ser su actividad profesional principal. Considere que usted puede ser el único especialista en el país en un tema en particular, pero tenga en mente que la ciencia es global. Usted es un pez pequeño en una gran laguna y parte de una comunidad internacional. Crezca dentro de este contexto global. Concéntrese en su trabajo, y no preste atención a los halagos. Sobre todo, manténgase alejado de actividades que lo distraen de su actividad científica, tales como excesivos deberes administrativos, y demasiados comités.

Limite el número de reuniones y asista solo a las relevantes. Aunque usted esté bien preparado, declárese modestamente “ignorante” en temas que pudieran distraerlo, y luche contra los sermones excesivos. Sin embargo, participe en programas de grado y seminarios. Este es el ambiente apropiado

para la promoción de habilidades y conocimiento académicos.

Regla 3: Sea sabio cuando elija su tema de investigación

Los PBI enfrentan muchos problemas que requieren soluciones creativas. Por extraño que suene, usted puede convertir esto en una ventaja ya que estos mismos problemas constituyen excelentes fuentes para investigación y ofrecen ventajas comparativas. Intente escoger un tema que no sea directamente estudiado por muchos o fuertes grupos internacionales de investigación. Al inicio de su carrera, usted no puede competir con ellos y sus esfuerzos podrían frustrarse. Identifique los posibles obstáculos. Recuerde que en los PBI los tiempos de la investigación corren más lentamente y que la buena ciencia no está tan relacionada con el tema como con las respuestas que usted extrae de sus investigaciones. Frecuentemente, los modelos locales se vuelven universales una vez que una historia coherente se construye a su alrededor. Vuélvase un experto, y simultáneamente, expanda su conocimiento en áreas adicionales que pudieran abrir nuevas posibilidades.

Regla 4: Mejore sus habilidades comunicacionales

El inglés es el idioma de las ciencias naturales, y usted no puede ignorar ese hecho. Consecuentemente, usted debe ser competente en este idioma. La comunidad científica internacional es indulgente con los acentos fuertes. Sin embargo, la misma comunidad no tolera la escritura pobre. Por lo tanto, la habilidad para la escritura es esencial, ya que la investigación comienza con propuestas escritas (Bourne & Chalupa, 2006) y no termina hasta que sus resultados hayan sido publicados (Bourne, 2005). Usted, más que los que tienen el inglés como lengua materna, debe practicar sus presentaciones orales (Bourne, 2007).

Regla 5: Colabore local e internacionalmente

La colaboración es esencial para el avance de la ciencia. Aunque esto es cierto para cualquier investigador en el mundo (Bourne, 2007), es crucial

para científicos de PBI. Identifique grupos locales que compartan su interés científico, tengan equipamiento, o realicen actividades o técnicas que sean útiles para su investigación. Manténgase en contacto con su extutor y colegas y explore nuevas colaboraciones en el exterior. No sea tímido a la hora de pedir ayuda, y ofrezca algo que atraiga la atención de sus contrapartes. Asista a reuniones internacionales y presente su trabajo. La investigación es, de cierta manera, un mercado de intercambio de ideas, métodos y bienes. Viaje y visite instituciones de investigación. Si algunos experimentos no pueden realizarse en su país, arregle hacerlos en el exterior, o convenga a otra gente de que los haga por usted. Existen fundaciones internacionales para este propósito.

Regla 6: Comprométase con la educación de científicos jóvenes

Los investigadores de los PBI deben participar en programas de entrenamiento de grado, ya que esta es la mejor forma de construir una comunidad científica fuerte. También es una manera de identificar a buenos estudiantes jóvenes y compañeros potenciales. Escoja cuidadosamente los temas para sus alumnos, tomando en cuenta las posibilidades de su centro de investigación, y sea realista sobre lo que pueden lograr y las tareas que les imponga.

Actualice la educación de sus alumnos enviándolos al extranjero para seminarios y para aprender metodologías específicas (<http://iscbsc.org/scs3/index.htm>). Hay fraternidades internacionales que se dedican a este objetivo (<http://www.twas.org/>). Sea estricto pero generoso con sus alumnos y colegas, y, siempre que sea posible, comparta sus instalaciones y conocimientos. No sea egocéntrico. Promover el éxito de otros es también una forma de promover su propio éxito.

Regla 7: Busque financiamiento para sus proyectos de investigación y publique en revistas internacionales

El amateurismo científico es común en los PBI. La ciencia no es un pasatiempo sino una actividad profesional que requiere de un gran compromiso.

Infórmese sobre agencias locales e internacionales que otorguen becas de investigación y concúrrase por ellas (Bourne & Chalupa, 2006). Hay agencias y programas internacionales que proveen becas para investigación y viajes para investigadores de PBI (ej.: TWAS, IFS, EU, NIH, etc.). Aunque los fondos sean limitados, le ayudarán a construir su carrera científica. Incorpórese a un consorcio internacional; ellos podrían encontrar sus ideas y recursos interesantes. Si usted no tiene acceso a las publicaciones esenciales, envíe solicitudes a los autores, editores o colegas en el exterior. Evite publicar sus resultados en revistas no científicas o revistas científicas de baja calidad, y en lugar de eso someta su trabajo a revistas internacionales. No sobrestime o subestime su trabajo, sea realista a la hora de elegir una revista apropiada (Bourne, 2005), y, sobre todo, no se frustre demasiado cuando las solicitudes de becas o los trabajos sean rechazados; en lugar de eso, use la experiencia como fuente de aprendizaje. Aunque algunos revisores puedan subestimar las investigaciones realizadas en PBI, la mayoría de ellos le presta más atención a los resultados y a las ideas que a las nacionalidades (Yousefi Nooraie et al., 2006).

Regla 8: Desarrolle resistencia a la hora de enfrentar dificultades

Es comprensible que las limitaciones en la realización de investigaciones en PBI a veces debiliten su entusiasmo. Manténgase en calma e intente identificar la fuente del problema; evite quejarse excesivamente frente a los alumnos, colegas o sus propios compañeros en el exterior. La actitud negativa es contagiosa, disminuye su prestigio y tiende a atraer a personas improductivas. Comparta sus problemas con otros científicos locales y confróntelos en equipo. Usted debe cultivar sus habilidades para encontrar soluciones alternativas, así como para improvisar y persuadir a la gente.

Regla 9: Edúquese como un científico profesional

Ser un especialista no es suficiente en un PBI. Sea consciente de que la comunidad científica en un PBI está corta de recursos y carece de redun-

dancias. Para confrontar los inconvenientes y las deficiencias del sistema, usted debe adquirir vasto conocimiento científico, y volverse una persona bien educada en un amplio sentido. Además de contribuir a la calidad de su investigación, esto le dará las credenciales para participar en decisiones políticas relacionadas con la ciencia, para promover sus ideas, y para difundir el conocimiento científico en su país. Familiarícese con las tendencias locales e internacionales en cuanto al desempeño científico y manténgase al tanto de los mayores avances en ciencia. Ofrezca charlas y escriba sobre ciencia siempre que lo considere pertinente, pero sin desviar demasiado su atención de sus deberes científicos principales.

Regla 10: Aprecie ser un científico

Como muchos científicos de países de altos ingresos y de PBI saben, somos propensos a enfrentar dificultades económicas al inicio de nuestras carreras. Generalmente, los salarios para los científicos son comparativamente bajos. Sin embargo, con el tiempo los científicos pueden lograr un ingreso satisfactorio; es más, hay compensaciones, especialmente si usted se convierte en un científico exitoso. La sensación de realización y contribución a su comunidad, el prestigio, los viajes, conocer gente interesante y tener oportunidades de consulta son algunas de ellas, pero nada es más satisfactorio que el estímulo intelectual de la ciencia misma. Ésta fue su motivación original; aliéntela con más y mejor ciencia.

CONCLUSIONES

Ser un científico en un país de bajos ingresos (PBI), requiere un conjunto de cualidades necesarias para confrontar los inconvenientes que se presentan contra el desarrollo de la ciencia. Las diez reglas propuestas en este trabajo fueron motivadas ante el fracaso que sufren muchos jóvenes investigadores durante su proceso de maduración como científicos profesionales al regresar a su país, luego de un en-

trenamiento avanzado en algún otro lugar.

AGRADECIMIENTOS

El estilo de este artículo fue inspirado por los trabajos publicados como “*Ten Simple Rules...*” por Philip E. Bourne en PloS Computational Biology. Reconocemos los comentarios y la revisión de nuestros colegas y estudiantes anteriores.

REFERENCIAS

- BOURNE, P.E. 2005. Ten Simple Rules for Getting Published. Plos Comput Biol., 1(5):e57. Disponible en: <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pcbi.0010057>.
- BOURNE, P.E. 2007. Ten Simple Rules for Making Good Oral Presentations. Plos Comput Biol., 3(4):e77. Disponible en: <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pcbi.0030077>.
- BOURNE, P.E.; CHALUPA L.M. 2006. Ten Simple Rules for Getting Grants. Plos Comput Biol., 2(2):e12. Disponible en: <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pcbi.0020012>.
- MORENO, E.; ALVETEG, T. 2002. Collaboration between Sweden and the Public Universities of Nicaragua [Internet]. Stockholm: Swedish International Development Cooperation Agency (Sida, Evaluation 03/31); Disponible en: <http://www.sida.se/Publications/Import/pdf/sv/Collaboration-between-Sweden-and-the-Public-Universities-of-Nicaragua.pdf>.
- VICENS, Q; BOURNE, P.E. 2007. Ten Simple Rules for a Successful Collaboration. Plos Comput Biol., 3(3):e44. Disponible en: <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pcbi.0030044>.
- YOUSEFI-NOORAIE, R; SHAKIBA, B; MORTAZ-HEJRI, S. 2006. Country development and manuscript selection bias: a review of published studies. BMC Med. Res. Methodol., 6(1):37. Disponible en: <http://www.biomedcentral.com/1471-2288/6/37/abstract>.

DIEZ REGLAS PARA LOGRAR LA PUBLICACIÓN DE UN ARTÍCULO CIENTÍFICO*

TEN SIMPLE RULES FOR GETTING PUBLISHED*

PHILIP E. BOURNE¹

Traducción, revisión y adaptación:

NIDIA B. BENÍTEZ²; DEIDAMIA FRANCO DE DIANA³; VIRGINIA FERNÁNDEZ PERALTA⁴;
ANDREA ARRÚA ALVARENGA^{2,5}, DANILO FERNÁNDEZ RIOS²

¹Editor en jefe de PLoS Computational Biology. E-mail: bourne@sdsc.edu

²Departamento de Biotecnología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Asunción. E-mail: biotecnologia@facen.una.py

³Dirección de Investigación, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Asunción. E-mail: cinvestigacion@facen.una.py

⁴Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Asunción. E-mail: vfernandez@facen.una.py

⁵Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas, Dirección General de Investigación Científica y Tecnológica, Universidad Nacional de Asunción. E-mail: aaarrua@gmail.com

Resumen: El presente artículo es un compendio de diez reglas a ser tomadas en cuenta para la elaboración y publicación de artículos científicos de buena calidad.

Palabras clave: Redacción, objetividad, calidad, arbitraje.

Abstract: This article deals with a set of ten rules to be observed for the production and publication of scientific articles of good quality.

Keywords: Scientific writing, objectivity, quality, peer review.

INTRODUCCIÓN

El consejo estudiantil de la Sociedad Internacional de Biología Computacional (International Society for Computational Biology, 2005) pidió que se presentaran ideas sobre publicar en el campo de la biología computacional en la conferencia Sistemas Inteligentes en Biología Molecular realizada en Detroit a finales de Junio de 2005. Cerca de 200 jóvenes brillantes (y unos pocos no tan jóvenes) se apiñaron en una sala pequeña para lo que probó ser un maravilloso intercambio entre un grupo del cual aproximadamente la mitad aún debía publicar

su primer artículo científico. Esos consejos fueron modificados de manera a presentar estas diez reglas para lograr la publicación de un artículo científico.

Regla 1: Lea muchos artículos, y aprenda del buen y el mal trabajo de otros

Nunca es demasiado temprano para volverse un crítico. Los clubes de lectura de revistas científicas, en donde se analiza un artículo en grupo, son excelentes para tener este tipo de diálogo. **Leer por lo menos dos artículos al día en detalle** (no sólo en su propia área de investigación) y analizar su calidad también ayudará. Ser leído tiene otro gran beneficio potencial—facilita una visión más objetiva del trabajo propio. Es demasiado fácil convencerse de que su artículo es la octava maravilla después de muchas noches largas pasadas frente a una computadora y/o en una butaca de laboratorio. Muy probablemente **no lo es**, y su orientador es propenso a caer en la misma trampa, de ahí la Regla 2.

*Trabajo traducido y adaptado a partir de: Bourne PE (2005) Ten Simple Rules for Getting Published. PLoS Comput Biol 1(5): e57. doi:10.1371/journal.pcbi.0010057. Artículo original publicado el 28 de octubre de 2005. Copyright: © 2005 Philip E. Bourne. Este es un artículo de acceso libre distribuido bajo los términos de Creative Commons Attribution Licence, el cual permite el uso, la distribución y reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que el autor y la fuente original sean citados.

Regla 2: Cuanto más objetivo pueda ser sobre su trabajo, mayor será la calidad del producto final

Lastimosamente, algunos científicos nunca serán objetivos sobre su propio trabajo, y nunca serán los mejores. Aprenda a ser objetivo temprano; los editores y revisores lo han hecho.

Regla 3: Los buenos editores y revisores serán objetivos sobre su trabajo

La calidad de la junta editorial es un indicador precoz del proceso de revisión. Observe a la cabeza de la revista en la que planea publicar. Los editores sobresalientes exigen y obtienen críticas sobresalientes. Enfoque su energía en mejorar la calidad del manuscrito *antes de someterlo a una revista*. Idealmente, las revisiones mejorarán su artículo. Pero no llegarán a esa instancia si el artículo contiene errores fundamentales.

Regla 4: Si no escribe bien, tome lecciones temprano; será invaluable más adelante

No se trata sólo de gramática sino más bien de comprensión. Los mejores artículos son aquellos en los cuales las ideas complejas son expresadas de manera que aquellos que no están inmersos en el campo las puedan entender. ¿Ha notado que los científicos más renombrados a menudo dan las conferencias más lógicas, simples y a la vez estimulantes? Esto también se extiende a los trabajos escritos. Note que escribir de manera clara es valioso, incluso si el objetivo final de su carrera no depende de la producción de buenos artículos en revistas publicadas en inglés. Los artículos sometidos que no están escritos claramente en buen inglés, a menos que la ciencia sea verdaderamente sobresaliente, a menudo se rechazan o en el mejor de los casos se retrasa su publicación debido a la necesidad de una edición extensiva.

Regla 5: Aprenda a vivir con el rechazo

Un fracaso en la objetividad puede hacer que el rechazo sea más difícil de tolerar, y usted será rechazado. Las **carreras científicas están llenas de rechazo**, incluso para los mejores científicos. La respuesta correcta al rechazo de un artículo

o a la petición de que sea revisado es escuchar a los revisores y responder de manera objetiva. Las revisiones reflejan la manera en que el artículo es juzgado—aprenda a vivir con eso. Si los revisores tienen la opinión unánime de que el artículo es de calidad pobre, supérela—en virtualmente todos los casos, tienen razón.

Si le piden una revisión general, hágala y trate cada punto de sus críticas tanto en su carta de presentación como en las revisiones obvias al texto. Las rondas múltiples de revisión son dolorosas para todos los involucrados y retrasan el proceso de publicación.

Regla 6: Los ingredientes de la buena ciencia

Son obvios (aunque a veces no lo parezca) —novedad del tema de investigación, cobertura extensiva de la literatura relevante, buenos datos, buen análisis que incluya soporte estadístico sólido, organización, utilización apropiada de tablas y figuras, extensión adecuada, que esté escrito para la audiencia adecuada y una discusión que invite a pensar. No ignore lo obvio.

Sea objetivo sobre estos componentes cuando revise su primer borrador y no dependa de su orientador. Obtenga una opinión cándida haciendo que colegas sin conflictos de interés con el trabajo lean el artículo, incluyendo a aquellos no directamente involucrados con el área en cuestión.

Regla 7: Comience a escribir el artículo en el día en que tenga una idea de qué preguntas abordar en el trabajo

Algunos dirían que esto coloca demasiado énfasis en la publicación, pero también podría decirse que ayuda a definir el alcance del trabajo y facilita la realización de un trabajo científico guiado por hipótesis. La tentación de los autores novatos es intentar incluir todo lo que saben en un artículo. Sus artículos deben ser concisos, e impartir tanta información como sea posible en la menor cantidad de palabras. Familiarícese con la guía para autores y sígala; los editores y revisores lo hacen. Mantenga una buena base de datos bibliográficos a medida que avanza, y lea los artículos incluidos en ella.

Regla 8: Vuélvase revisor temprano en su carrera

Revisar otros artículos le ayudará a escribir mejor. Para empezar, trabaje con sus orientadores; pídale artículos que estén revisando y haga el primer corte en la revisión (la mayoría de los orientadores estará feliz de hacer esto). Luego, examine la revisión final que envíe su orientador, y en las revistas donde esté permitido, vea las revisiones que otros han escrito. Esto le dará una importante perspectiva sobre la calidad de sus revisiones y, ojalá, le permitirá ver su propio trabajo de manera más objetiva. También logrará entender el proceso de revisión y la calidad de las revisiones, lo cual es ingrediente importante a la hora de decidir adónde enviar su artículo.

Regla 9: Decida temprano en dónde intentar publicar su artículo

Esto definirá la forma y el nivel de detalle y novedad asumida del trabajo que está preparando. Muchas revistas tienen un sistema de consulta de pre-presentación—úselo. Incluso antes de que el artículo sea escrito, hágase una idea sobre la novedad del trabajo, y sobre si alguna revista específica estaría interesada.

Regla 10: La calidad lo es todo

Es mejor publicar un artículo en una revista de

prestigio que muchos en revistas inferiores. Es cada vez más difícil ocultar el impacto de sus artículos; herramientas como *Google Scholar* y el sitio *ISI Web of Science* se usan en comités de nombramiento y empleadores para definir el nivel de calidad de su trabajo. Antes sólo el nombre de las revistas era usado como parámetro. En el mundo digital, todos saben si un artículo tuvo bajo impacto. Intente publicar en revistas que tengan factores de alto impacto; existe la posibilidad de que su artículo tenga alto impacto también, de ser aceptado.

CONCLUSIÓN

Cuando usted se haya ido, su legado científico es en gran parte la literatura que dejó y el impacto que representa. Esperamos que estas diez reglas simples le ayuden a legar algo que los científicos de generaciones futuras admirarán.

BIBLIOGRAFÍA

INTERNATIONAL SOCIETY FOR COMPUTATIONAL BIOLOGY. (2005). *ISCB Student Council: Next Generation Computational Biologists* | *ISCB Student Council*. Recuperado 2 de julio de 2013, a partir de <http://old.iscb.org/>

GUÍA PARA LA PRESENTACIÓN DE ARTICULOS CIENTÍFICOS EN LA REVISTA “REPORTES CIENTIFICOS DE LA FACEN”

Guía basada en los requisitos de publicación del Council of Science Editors (CSE)

Reportes Científicos de la FACEN es la revista científica de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Asunción, que publica trabajos científicos en las áreas de Biología, Química, Física, Matemáticas Pura, Matemática Estadística, Geología y Tecnología de Producción. Su edición es semestral y su objetivo general es difundir información científica.

En la revista pueden publicarse artículos originales, artículos de revisión, temas de actualidad reportes de casos, cartas al editor, y comunicaciones cortas (short communications).

CRITERIOS GENERALES DE PUBLICACIÓN

La Revista Reportes Científicos de la FACEN, se reserva todos los derechos de autor (copyright). El material publicado en la revista podrá reproducirse parcial o totalmente con la autorización expresa por escrito del Comité Editorial o el autor del artículo y se debe citar la fuente.

Los trabajos presentados para ser publicados deberán ser inéditos y originales y no podrán presentarse en otra revista mientras dure el proceso de revisión. Los trabajos publicados son responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan la opinión de la revista o de la Institución a la que pertenecen los autores. El idioma oficial de la revista es el español, aunque podrán aceptarse artículos en inglés.

PROCESO DE SELECCIÓN DE LOS ARTÍCULOS

Los principales criterios para la selección de los artículos son la solidez científica y la originalidad del tema. El proceso de evaluación incluye una primera revisión por el Comité Editorial para determinar si el artículo corresponde a la línea editorial y si cumple con los criterios generales de publicación. Una vez que el artículo se considere pertinente, se someterá a por lo menos dos revisores especialistas en el tema, de cuya opinión depende la aceptación definitiva del artículo. Si existiera una contradicción en la opinión de ambos especialistas, se someterá al Comité editorial o en caso contrario se solicitará una tercera opinión de

un tercer especialista. El dictamen podrá ser aceptado, rechazado o condicionado, que será comunicado por escrito al autor principal en un plazo no mayor de tres meses de la recepción del material original. Si el dictamen es condicionado, el autor deberá remitir la nueva versión impresa y en formato digital en el plazo que se le indique que no podrá exceder de los 30 días posteriores a la recepción de la comunicación.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS POR TIPO DE ARTÍCULO

1. Artículo científico original

El investigador principal de una investigación deberá presentar el artículo científico, en formato impreso adjuntando en la primera hoja, la firma de todos los autores, en donde expresen que aceptan la publicación del trabajo en la revista, y una copia en disco compacto dirigido a: Comité Editorial de Reportes Científicos de la FACEN, Dirección de Investigación de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Campus Universitario, San Lorenzo, Paraguay o a nuestra dirección de correo electrónico como archivo adjunto a cinvestigacion@facen.una.py, solicitando acuse de recibo. Debe estar corregido, sin faltas ortográficas o de estilo.

El trabajo científico debe tener un texto variable entre 10 y 25 páginas incluyendo cuadros y figuras y que se deriven de resultados de investigaciones o experimentaciones originales, que sigan la metodología científica y que posean resultados y discusión, y cuando el tipo de trabajo así lo amerite, en base a análisis estadísticos.

El texto debe ser procesado en Microsoft Word 6.0 o inferior con tipo de letra Times New Roman de 12 cpi, escrito a doble espacio. Las tablas y gráficos deben ser procesados en Microsoft Excel 6.0 o inferior, en archivos independientes. Las Figuras y los Gráficos pueden ser remitidos en formato digital jpg en archivos independientes.

El artículo científico debe contener los siguientes apartados: TÍTULO (en español e inglés), AUTORES, INSTITUCIÓN EN LA QUE TRABAJAN LOS AUTORES DIRECCIÓN ELECTRÓNICA DEL AUTOR RESPONSABLE (para la correspondencia), RESUMEN, PALABRAS CLAVES, ABSTRACT, KEY WORDS INTRODUCCIÓN, MATERIALES Y MÉTODOS, RESULTADOS Y DISCUSIÓN, AGRADECIMIENTOS y LITERATURA CITADA.

1.1. Título: (en español e inglés)

El título, debe dar una idea clara de lo que trata el trabajo. Debe ser breve, preciso y conciso. Debe contener hasta un máximo de 25 palabras. Estará ubicado en la primera página de la publicación. Debajo del título debe figurar el nombre del autor o de los autores; usar el sobrescrito 2 y número sucesivos para indicar, al pie de página, la Institución donde trabajan. Deberá indicarse cuál de los autores será el principal encargado de la correspondencia que habrá entre él y el cuerpo editorial en el proceso de revisión y preedición. A falta de esta información, el cuerpo editorial podrá asumir al primer autor como responsable de la correspondencia.

1.2. Resumen

Debe dar información sobre el propósito u objetivo del trabajo, lugar donde se realizó y los aspectos más destacables de MATERIALES Y MÉTODOS (sólo si es muy importante), RESULTADOS, CONCLUSIONES. No exceder de 150 palabras. La parte de MATERIALES Y MÉTODOS no debe sobrepasar 33 % del resumen. Debe ser redactado a renglón seguido, sin punto aparte, ni subtítulos. Debajo del resumen presentar hasta un máximo de diez palabras clave.

1.3. Abstract

Es el mismo Resumen redactado en inglés y conteniendo hasta un máximo de diez Key Words (Palabras Clave).

1.4. Introducción

En la introducción se debe informar sobre la importancia del tema. El tipo de problema encarado. Citas bibliográficas de trabajos similares o relacionados estrechamente con el tema que apoyan o respaldan el estudio y por último el objetivo del trabajo. Las informaciones, que no son del autor del trabajo, deben estar avaladas por citas bibliográficas. Cuando se hace participar al autor de la cita en la narración, sólo el año va entre paréntesis.

1.5. Materiales y Métodos

Se debe indicar el lugar donde se realizó el trabajo y reportar los datos necesarios y suficientes para que otros investigadores puedan repetir el trabajo o simplemente, verificar las condiciones en que fue realizado el experimento o la metodología seguida. Se presentará con claridad los tratamientos, las variables respuesta o parámetros de evaluación, el diseño estadístico empleado y el número de repeticiones. Se debe explicar cómo estuvo constituida la unidad experimental. Se deberá usar el Sistema Internacional de Medidas (SIU) y sus abreviaciones. Los nombres científicos deberán ser escritos en cursiva, el Género en mayúscula y la especie en minúscula. La primera vez que se nombra a la especie se puede utilizar todo el nombre científico. Las subsiguientes veces se puede utilizar la abreviación, especialmente si hay mucha repetición del nombre.

1.6. Resultados y Discusión

Los resultados deben ser expuestos claramente. Pueden ser presentados Cuadros o Figuras. Los gráficos, fotos, mapas y dibujos se denominarán figuras. Enumerar los cuadros con números arábigos en forma secuencial no importa si pertenecen a MATERIALES Y MÉTODOS o a RESULTADOS Y DISCUSIÓN, lo mismo para las figuras.

El título del cuadro y de las figuras debe ser descriptivo dando idea cabal de lo que se trata y estará ubicado al pie de la figura o del cuadro. El cuadro resumen deberá contener los tratamientos en detalle, con el promedio de las variables respuesta, acompañadas de las letras que indican si las diferencias son significativas o no. Al pie del cuadro se colocarán las aclaraciones de las llamadas hechas en el cuadro. Los cuadros y las figuras deben estar referidas en el texto y ubicados lo más próximo a su llamada. No repetir la información del cuadro con una figura. En la discusión resaltar los logros relacionándolos con los resultados de otros autores. Tratar de explicar el porqué de los resultados obtenidos, haciendo referencia a investigadores especialistas en el tema.

1.7. Agradecimientos

Deben ser breves y dirigidos a personas o entidades sin las cuales el trabajo no hubiera sido posible. Serán incluidas antes de LITERATURA CITADA

1.8. Literatura citada

Hacer un listado, en orden alfabético, de las obras citadas en el texto. Cuando las referencias de un mismo autor coinciden en el año, diferenciarlas con letras seguidas del año.

1.9. Normas para la literatura citada

1.9..1) Libros y Folletos según el formato APA Harvard

AUTOR.//AÑO.//Título: subtítulo.//Edición.//
Local de publicación: Editora.//Número de páginas.//(Serie, nº).

AUTOR DEL CAPÍTULO.//AÑO.//Título del Capítulo.//In: Autor del libro.//Título del libro.//Edición.//Local de publicación: Editora.//Volumen, capítulo y/o página inicial-final de la parte referida.

AUTOR DEL LIBRO.//AÑO.//Título del Libro.//
Local de publicación: Editora.//Capítulo, página inicial-final: Título del Capítulo/parte.

1.9.2) Tesis y Disertaciones

AUTOR.//AÑO.//Título.//Local de publicación.//
Número de páginas.// Tesis/ Disertación (colocar el Grado al que corresponde la tesis)-Institución.

1.9.3) Artículos de Revistas

AUTOR.//AÑO.//Título del artículo.//Título de la revista, volumen(fascículo): página inicial-final.

1.9.4) Trabajos en Eventos (Congresos...)

AUTOR.//AÑO.//Título del trabajo.//In: Título del Evento, Número, local, año de realización.//Título de la publicación.//Local de publicación: Editora.//Volumen y/o página inicial-final.

1.9.5) Resúmenes de Artículos Científicos

AUTOR.//AÑO.//Título del artículo.//Título del periódico, volumen, fascículo, página inicial-final.///Resumen nº en Título del Abstracts, volumen, fascículo, página inicial-final, año de publicación del Abstract.

1.9.6) CD-ROM

AUTOR.//AÑO.//Título del artículo.//Título de la Revista, volumen (fascículo): página inicial-final.///Resumen en Título de la Base de Datos en CD-ROM, Vol., año.

1.9.7) Internet

AUTOR.//AÑO.//Título del artículo.//Título de la Revista, volumen (fascículo): página inicial-final.///Dirección en Internet//Fecha y hora de la consulta realizada.

2. Artículo de revisión

Documento resultado de una investigación donde se analizan, sistematizan e integran los resultados de investigaciones publicadas o no publicadas, sobre un campo en ciencia o tecnología, con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo. Se caracteriza por presentar una cuidada revisión bibliográfica de por lo menos

50 referencias.

3. Temas de actualidad

Serán solicitadas por el comité editorial al igual que los artículos de revisión deberán aportar un real interés científico, pero sin la profundidad de análisis crítico que requiere un artículo de revisión. Requiere de un resumen no estructurado, una introducción, texto y conclusiones. Puede incluir no más de cuatro gráficas o figuras. Deberá constar de: 1. Título en español y en inglés (no más de 250 palabras), 2. Resumen y palabras claves, en español y en inglés, 3. Desarrollo del tema, 4. Conclusión, 5. Bibliografía.

4. Reporte de casos

Se describen casos clínicos de uno a tres pacientes o una familia entera. En este caso el texto deberá tener un máximo de 2000 palabras sin incluir referencias. Deberán constar los siguientes puntos 1. Título en español y en inglés, 2. Resumen y palabras claves, en español y en inglés, 3. Una breve introducción, 4. Presentación de los casos, 5. Discusión de caso en base a la literatura y si es posible incluir el diagnóstico diferencial, 6. Referencias (no más de 25), 7. Tablas y figuras, en total tres.

5. Cartas al editor

Son comunicaciones cortas con varios objetivos. 1) Estimular la discusión de los artículos publicados en REPORTE CIENTIFICOS DE LA FACEN. Se invita a la comunidad científica a es-

cribir críticas constructivas no mayores a dos páginas y en un tiempo no mayor a dos meses después de publicado el artículo en cuestión. 2) Comunicación de observaciones científicas breves en las que el autor considere que no se requiere el espacio de un artículo original. En este caso se permitirá un máximo de 3 páginas, una tabla o figura y cinco referencias bibliográficas. La cantidad de autores no deberá exceder de tres, teniendo un autor responsable del cual se enviará la correspondencia.

6. Comunicaciones cortas (short communications)

Comunicaciones que involucran pocos resultados en general preliminares que no alcanzan para una publicación completa (full papers). Estas comunicaciones serán hechas siguiendo los ítems de una publicación completa pero en forma sucinta, de manera que todo el trabajo alcance 3 páginas como máximo. Los demás ítems se harán igual que para una comunicación completa (agradecimiento, bibliografías, figuras).

7. Editorial

Documento escrito por el editor, un miembro del comité editorial o un investigador invitado sobre orientaciones en el dominio temático de la revista.

8. Otras secciones

Resúmenes de congresos, jornadas o reuniones científicas, normas y especificaciones técnicas.

ANEXO I.

GUÍA PARA LA PRESENTACIÓN DE ARTICULOS CIENTÍFICOS

El investigador principal de una investigación deberá presentar el artículo científico, en formato impreso y en formato electrónico, enviado a la dirección de la revista (reportescientificos@gmail.com), siguiendo las normas contenidas en el presente Anexo.

El artículo científico debe tener un texto variable de 10 a 25 páginas, que deriven de resultados de investigaciones o experimentaciones originales, que sigan la metodología científica y que posean resultados y discusión con base en análisis estadísticos cuando el trabajo lo amerite.

El texto debe ser procesado en Microsoft Word 6.0 o inferior con tipo de letra Times New Roman de 12 cpi, escrito a doble espacio. **El archivo debe ser únicamente de texto y no debe contener figuras, gráficos, ni tablas o cuadros.** En el texto, en los lugares donde deben ir las Figuras (fotos, gráficos y similares) o los Cuadros (Tablas y similares) se colocará con numeración correlativa la Figura o el Cuadro que corresponde. Ej.: Cuadro 1, Cuadro 2; Figura 1; Figura 2.

Los pies de figuras, gráficos, tablas y cuadros deberán ir al final del texto, a continuación del la sección de literatura citada.

Los Cuadros y Figuras se presentarán en archivos separados en numeración correlativa diferenciada para cada uno. Ej. Cuadro 1, Cuadro 2; Figura 1, Figura 2. Los archivos de las Figuras o los Cuadros, deberán denominarse de manera coherente con su numeración, evitando poner nombres específicos. Así, se utilizará la denominación “Cuadro 1” en lugar de “Efectos del extracto de...”; “Figura 1” en lugar de “grafico dosis/efecto”.

Las figuras, gráficos, tablas y cuadros deberán ser remitidos en formato digital en archivos independientes. Los cuadros o tablas en archivos independientes en formato Excell; Cada foto (o lámina ya organizada y armada) en un archivo diferente que debe estar en formato TIF o JPG; los gráficos en en archivos independientes en formato Excel, TIF o JPG; Las imágenes satelitales y mapas en formato TIF o JPG y con respaldo en formato sph o cat. Los archivos se entregan comprimidos en formato RAR o ZIP. Toda imagen debe tener un mínimo de 300 dpi de resolución y proporción máxima de 15 cm de ancho por 21 cm de ancho.

El artículo científico debe contener las partes siguientes: TÍTULO, RESUMEN, ABSTRACT, INTRODUCCIÓN, MATERIALES Y MÉTODOS, RESULTADOS Y DISCUSIÓN, AGRADECIMIENTOS y LITERATURA CITADA.

1) Título en español e inglés

El título, debe dar una idea clara de lo que trata el trabajo. Debe ser breve, preciso y conciso. Debe contener hasta un máximo de 25 palabras. Estará ubicado en la primera página de la publicación. Debajo del título debe figurar el nombre del autor o de los autores; usar el sobrescrito 2 y número sucesivos para indicar, al pie de página, la Institución donde trabajan. Deberá indicarse cuál de los autores será el principal encargado de la correspondencia que habrá entre él y el cuerpo editorial en el proceso de revisión y preedición. A falta de esta información, el cuerpo editorial podrá asumir al primer autor cómo responsable de la correspondencia.

2) Resumen

Debe dar información sobre el propósito u objetivo del trabajo, lugar donde se realizó y los aspectos más destacables de MATERIALES Y MÉTODOS (sólo si es muy importante), RESULTADOS, CONCLUSIONES. No exceder de 150 palabras. La parte de MATERIALES Y MÉTODOS no debe sobrepasar 33 % del resumen. Debe ser redactado a renglón seguido, sin punto aparte, ni subtítulos. Debajo del resumen presentar hasta un máximo de diez palabras clave.

3) Abstract

Es el mismo Resumen redactado en inglés y conteniendo hasta un máximo de diez Key Words (Palabras Clave).

4) Introducción

En la introducción se debe informar sobre la importancia del tema. El tipo de problema encarado. Citas bibliográficas de trabajos similares o relacionados estrechamente con el tema que apoyan o respaldan el estudio y por último el objetivo del trabajo.

Las informaciones, que no son del autor del trabajo, deben estar avaladas por citas bibliográficas. Cuando se hace participar al autor de la cita en la narración, sólo el año va entre paréntesis. Ejemplo:

- 1- ... académico, utilizando el planteo de Garnica (1987)
- 2- ... las reacciones de recombinación del carbeno CFCL con CF2 y con CFCL Caballero (1999)

Cuando el autor o los autores no participan en la narración entonces tanto el autor o los autores con los respectivos años van entre paréntesis. Ejemplo:

- 1- probablemente como respuesta al cambio de las condiciones hidrogeológicas. Hayes & Fox (1991) y Hayes (1991) mostraron. . . .
- 2- ... Una séptima especie (*Placosoma* sp.) fue registrada mas recientemente (Fariña y Hostettler, 2003) y una octava ...
- 3- ... de la población en el territorio nacional, la cual se estima entre 2500 a 1000.000 individuos (Zarza y Morales, 2007)
- 4- La población indígena y rural utilizan para controlar la fecundidad ... (MORENO AZORERO, 2002; FERNANDEZ Y FRANCO , 2004).

Cuando el trabajo citado tiene más de dos autores se usará el apellido del primero seguido por et al. Ejemplos:

- 1- . . . la segunda interacción directa (International Atomic Energy Agency, 1986; Jianlin et al., 2007)
- 2- FERNANDEZ et al. (2004) encontraron que el principio activo de
- 3- . . . que un echo físico de causa – efecto (Vallerga et al., 2006)
- 4- Variables sea mucho menor que el individuos (Hair et al, 2002; Cuadras Avellana, 1981).

5) Materiales y Métodos

Se debe indicar el lugar donde se realizó el trabajo y reportar los datos necesarios y suficientes para que otros investigadores puedan repetir el trabajo o simplemente, verificar las condiciones en que fue realizado el experimento o la metodología seguida. Se presentará con claridad los tratamientos, las variables respuesta o parámetros de evaluación, el diseño estadístico empleado y el número de repeticiones. Se debe explicar cómo estuvo constituida la unidad experimental. Se deberá usar el Sistema Internacional de Medidas (SIU) y sus abreviaciones. Los nombres científicos deberán ser escritos en cursiva, el Género en mayúscula y la especie en minúscula. Ejemplo: *Bachia bresslaui* . La primera vez que se nombra a la especie se puede utilizar todo el nombre científico. Las subsiguientes veces se puede utilizar la abreviación, especialmente si hay mucha repetición del nombre científico. Ejemplo: *B. bresslaui* Se debe usar símbolos o fórmulas para compuestos químicos, especialmente si hay mucha repetición. Se recomienda usar nombres comunes de ingredientes activos de formulaciones químicas en lugar de nombres comerciales.

6) Resultados y Discusión

Los resultados deben ser expuestos claramente. Pueden ser presentados Cuadros o Figuras. Los gráficos, fotos, mapas y dibujos se denominarán figuras. Enumerar los cuadros con números arábigos en forma secuencial no importa si pertenecen a MATERIALES Y MÉTODOS o a RESULTADOS Y DISCUSIÓN, lo mismo para las figuras. El título del cuadro y de las figuras debe ser descriptivo dando idea cabal de lo que se trata y estará ubicado al pie de la figura o del cuadro. El cuadro resumen deberá contener los tratamientos en detalle, con el promedio de las variables respuesta, acompañadas de las letras que indican si las diferencias son significativas o no. Al pie del cuadro se colocarán las aclaraciones de las llamadas hechas en el cuadro. Los cuadros y las figuras deben estar referidas en el texto y ubicados lo más próximo a su llamada. No repetir la información del cuadro con una figura. En la discusión resaltar los logros relacionándolos con los resultados de otros autores. Tratar de explicar el porqué de los

resultados obtenidos, haciendo referencia a investigadores especialistas en el tema.

7) Agradecimientos

Deben ser breves y dirigidos a personas o entidades sin las cuales el trabajo no hubiera sido posible. Serán incluidas sólo antes de LITERATURA CITADA.

8) Literatura citada

Hacer un listado, en orden alfabético, de las obras citadas en el texto. Cuando las referencias de un mismo autor coinciden en el año, diferenciarlas con letras seguidas del año. Ejemplo: González, A. 1998...; González, A. 1998a...; González, A. 1998b... Seguir lo indicado en el Punto 10 de este documento.

10) Normas para la literatura citada (Observación: Las dos barras (//) significan 2 espacios)

10.1) Libros y Folletos

AUTOR.//AÑO.//Título: subtítulo.//Edición.//Local de publicación: Editora.//Número de páginas.//(Serie, nº).

Ejemplo:

Con menos de tres autores

DI FIORE, M. 1975. Diagnostico histológico. 1ra. Edición. Buenos Aires Argentina. El Ateneo. 87p.

SORIA, N.; BASULDO, I.; Medicina Herbolaria de la comunidad Kavaju Kangué, Departamento de Caazapá Paraguay. Caazapá Paraguay. Edición Silvia Ocampos Araujo. Presidencia de la República. 138p.

Con más de tres autores

Indicación de todos los autores, o indicar los tres primeros separados entre sí por punto y coma (;) seguidos de la expresión et al.

Ejemplo:

ACUÑA, M.; CASTELLÓN, E.; CIFUENTES, L. et al. 1998. Problemas de biología celular. 1998. Primera edición. Santiago de Chile. Editorial Universitaria. 334p.

10.2) Capítulo (o parte) de libros

Con autoría específica

AUTOR DEL CAPÍTULO.//AÑO.//Título del Capítulo.//In: Autor del libro.//Título del libro.//Edición.//Local de publicación: Editora.//Volumen, capítulo y/o página inicial-final de la parte referida.

Ejemplo:

Rozman, K.; Klassen, C. 2005. Absorción, distribución y excreción de las sustancias tóxicas. In: KLASSEN, C.; WATKINS, J. Casarett y Doull fundamentos de toxicología. Primera Edición. España: McGraw-Hill/Interamericana de España. Unidad 2 Capitulo 5, p. 65-76.

Sin autoría específica

AUTOR DEL LIBRO.//AÑO.//Título del Libro.//Local de publicación: Editora.//Capítulo, página inicial-final: Título del Capítulo/parte.

Ejemplo:

MENSUA, J. 2003. Genética problemas y ejercicios resueltos. Madrid España. Person Educación S.A. Capitulo (4) 88-140: Herencia en relación con el sexo: Herencia influenciada por el sexo/Fenotipos de hembras y machos para un carácter influenciado por el sexo.

10.3) Tesis y Disertaciones

AUTOR.//AÑO.//Título.//Local de publicación.//Número de páginas.// Tesis/ Disertación (colocar el Grado al que corresponde la tesis)-Institución.

Ejemplo:

SILGUERO, N. 2009. Algunos modelos matemáticos sobre algunos neurotransmisores y neuromoduladores cerebrales determinación de parámetros por la teoría de curvas Alfa – Densas. 67p. Disertación (Maestría) Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Universidad Nacional de Asunción.

10.4) Artículos de Revistas

AUTOR.//AÑO.//Título del artículo.//Título de la revista, volumen(fascículo): página inicial-

final.

Ejemplo:

ROJAS, H. 2010. Calidad de agua del embalse de Yasireta en la cota de 76 metros sobre el nivel del mar. Reportes científicos de la FaCEN. Vol 1 Nro1 40 – 55. 2010

CABALLERO, N.; CROCE, A.; COBOS, C. 2010. Estudio cinético de la reacción $CF_2 + CF_2 + He$ A 294k. Reportes científicos de la FaCEN. Vol 1 Nro1 3-9, 2010

CABAÑAS, D.; MOLINAS, C.; CABRAL, M.; et al. 2010. Valoración de la calidad de la atención en los servicios de salud infantil según la percepción de usuarias/os en Asunción y departamento Central periodo 2007-2008. Reportes científicos de la FaCEN. Vol 1 Nro1 56-79

10.5) Trabajos en Eventos (Congresos...)

AUTOR.//AÑO.//Título del trabajo.//In: Título del Evento, Número, local, año de realización.//Título de la publicación.//Local de publicación: Editora.//Volumen y/o página inicial-final.

Ejemplo:

SOSA, V.; 2009. Entalpías de formación de nitrocompuestos aromáticos calculada con el modelo AB infinito de Guthrie. In XVII Jornadas de jóvenes investigadores, 1., Concordia Entre Ríos Republica Argentina. Libro de Resúmenes. Eduner. 247p.

10.6) Resúmenes de Artículos Científicos

AUTOR.//AÑO.//Título del artículo.//Título del periódico, volumen, fascículo, página inicial-

final.///Resumen n° en Título del Abstracts, volumen, fascículo, página inicial-final, año de publicación del Abstract.

Ejemplo:

GALEANO, ME.; AMARILLA, A.; PARRA, G.; 2007. Productividad científica del Paraguay en el área de biomedicina: un análisis bibliométrico. Memorias del instituto de investigación en ciencias de la salud. Vol 5(1). p26.

10.7) CD-ROM

AUTOR.//AÑO.//Título del artículo.//Título de la Revista, volumen (fascículo): página inicial-final.///Resumen en Título de la Base de Datos en CD-ROM, Vol., año.

Ejemplo:

TARBUCK, J.; LUTGENS, F.; 2005. Ciencias De La Tierra. Una Introducción A La Geología Física; Formación de Montañas y Evolución de Continentes. (20): 463-4873. Resumen y Graficas en CD-Rom.

10.8) Internet

AUTOR.//AÑO.//Título del artículo.//Título de la Revista, volumen (fascículo): página inicial-final.///Dirección en Internet//Fecha y hora de la consulta realizada.

Ejemplo:

CHU, Y.; OWEN, R.; GONZALEZ, L.; et al.; 2003 The complex ecology of hantavirus in Paraguay, Trop Med Hyg, (69): 263 - 268. <http://www.ajtmh.org/cgi/content/abstract/69/3/263> ; 10 de septiembre del 2010.; 21:52 hs.

REPORTES CIENTÍFICOS

DE LA FACEN

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Rep. cient. FACEN	San Lorenzo (Paraguay)	Vol. 4, Nº 1	enero-junio de 2013	ISSN 2078-399X (versión impresa) ISSN 2222-145X (versión online)
-------------------	------------------------	--------------	---------------------	---

EDITORIAL

- 3 **Benigno Ricardo Olmedo Garay.** Razones para preocuparse y ocuparse de la estadística y de su enseñanza.

ARTÍCULOS ORIGINALES

- 5-20 **María Vera Jiménez, Carolina Rodríguez & César Benítez.** Contribución al estudio florístico de la Reserva Natural Laguna Blanca, San Pedro, Paraguay.
- 21-33 **Katia Airaldi Wood, Esteban O. Lavilla & Bolívar R. Garcete-Barrett.** Anuros de la Reserva de Recursos Manejados Ybyturuzú. Un enfoque sobre su estado de conservación.
- 34-44 **Hugo A. Rojas.** Sólidos en suspensión, erosión y sedimentación en un tramo del Río Paraná, Embalse Yacyretá.
- 45-56 **Hugo A. Rojas & Teófilo A. Díaz.** Calidad de agua del Río Tebicuary en cultivos de arroz en los Departamentos de Caazapá, Misiones y Ñeembucú.
- 57-67 **Hugo A. Rojas.** Influencia antrópica sobre el parámetro fósforo en el recurso hídrico Arroyo Poti-y de Encarnación. Aplicación de una metodología para el control de la calidad analítica.

ARTÍCULO DE REVISIÓN

- 68-81 **Andrea Alejandra Arrúa Alvarenga, Juliana Moura Méndez & Danilo Fernández Ríos.** Aflatoxinas, un riesgo real.

TEMAS DE ACTUALIDAD

- 82-85 **Edgardo Moreno & José-María Gutiérrez.** Diez reglas sencillas para científicos con aspiraciones en países de bajos ingresos.
- 86-88 **Philip E. Bourne.** Diez reglas para lograr la publicación de un artículo científico.

COMUNICADOS DEL CUERPO EDITORIAL

- 89-96 Guía para la presentación de artículos científicos en la revista "Reportes Científicos de la FaCEN".

