

REPORTES CIENTÍFICOS

D E L A F A C E N

ISSN 2078-399X (impreso)

ISSN 2222-145X (online)

Volumen 6

Número 1

2015

25 años de FACEN, 57 años de historias: Nuestra Historia

Estabilización del método de Forward Euler usando funciones de Lyapunov

Evaluación del desempeño de los sistemas de visualización de las placas radiográficas en los centros de diagnóstico por imagen del Paraguay

Efectos tóxicos agudos de metales pesados sobre el crecimiento radicular de *Lactuca Sativa*

Plan de muestreo para la estimación de la superficie boscosa del Paraguay, mediante el uso de imágenes satelitales

Ensamble de anuros de la Estancia Montanía en el Chaco Seco (Boquerón, Paraguay)

Primer listado ictológico del Río Negro, Pantanal Paraguayo



FACEN

Facultad de Ciencias
Exactas y Naturales

25 AÑOS

1990 - 2015

57 AÑOS DE HISTORIA

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.

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

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

Editor en Jefe

Lic. Fernando José Méndez Gaona
FACEN-UNA

Comité Editorial

Dr. Fábio Luis Teixeira Gonçalves –
IAG – USP – Brasil

Dr. Ángel Vara Vela – IAG – USP – Brasil

Dr. Anselmo Mc Donald – ICG – Panamá

Dr. José Seguinot – UPR – Puerto Rico

Dr. Javier Alcides Galeano Sánchez – FACEN-UNA

Dr. Bolívar Rafael Garcete Barrett – FACEN-UNA

M.Sc. Benigno Ricardo Olmedo Garay
– FACEN-UNA

M.Sc. César Manuel Benítez Torres – FACEN-UNA

M.Sc. Gabriel Figueredo Rodas – FACEN-UNA

Lic. Nery López Acosta – FACEN-UNA

Lic. Sonia Mabel Molinas Ruiz Díaz – FACEN-UNA

Diseño de tapa

Cesar Arce

Rep. cient. FACEN	San Lorenzo (Paraguay)	Vol. 6, Nº 1	enero-junio de 2015	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.6, N° 1	enero-junio de 2015	ISSN 2078-399X (versión impresa) ISSN 2222-145X (versión online)
-------------------	------------------------	-------------	---------------------	---

EDITORIAL

- 3 **Constantino Nicolás Guefos Kapsalis.** 25 años de FACEN, 57 años de historias: Nuestra Historia.

ARTÍCULOS ORIGINALES

- 5-12 **Gustavo A. González Armoa & Christian E. Schaerer.** Estabilización del método de Forward Euler usando funciones de Lyapunov.
- 13-20 **F.J. Gómez Grance, S. Ramírez León, O. Vukujevic & N. Zaracho.** Evaluación del desempeño de los sistemas de visualización de las placas radiográficas en los centros de diagnóstico por imagen del Paraguay.
- 21-29 **Fernando S. Alonso & Tomás López.** Efectos tóxicos agudos de metales pesados sobre el crecimiento radicular de *Lactuca Sativa*.
- 34-44 **Natalia Mariela Acevedo Giménez.** Plan de muestreo para la estimación de la superficie boscosa del Paraguay, mediante el uso de imágenes satelitales.

COMUNICACIONES CORTAS

- 30-33 **Karina Núñez & Andrea Weiler.** Ensamble de anuros de la Estancia Montanía en el Chaco Seco (Boquerón, Paraguay).
- 45-49 **Romina Melissa Dos Santos.** Primer listado ficológico del Río Negro, Pantanal Paraguayo.

COMUNICADOS DEL CUERPO EDITORIAL

- 50-57 Guía para la presentación de artículos científicos en la revista “Reportes Científicos de la FaCEN”.



EDITORIAL**25 AÑOS DE FACEN, 57 AÑOS DE HISTORIAS:
NUESTRA HISTORIA**

En el año 1958, se crea el Instituto Nacional de Física y Química, dependiente del Ministerio de Educación y Culto; luego transferida a la Universidad Nacional de Asunción (UNA) por Decreto del Poder Ejecutivo de la Nación N° 19710 del 21 de Diciembre de 1961. Al año siguiente, el 24 de abril, en la sesión del Honorable Consejo Superior Universitario Acta N° 73, se crea el Instituto de Ciencias y el 27 de abril por Resolución N° 86 del Rectorado de la UNA establece en su Art.1°.- "Organizar el Instituto de Ciencias en base a la Resolución N° 73 del Honorable Consejo Superior Universitario", Art. 2°.- "Incorporar el Instituto Nacional de Física y Química al Instituto de Ciencias de la UNA, transferido por Decreto del Poder Ejecutivo de la Nación N° 19710 del 21 de Diciembre de 1961" y en el Art.3o.- "El Instituto de Ciencias 'formará a nivel universitario Licenciados en "Física y Química", "Ciencias Naturales" y "Ciencias Exactas". El mismo año también se sientan las bases de un Convenio de Cooperación entre la Universidad Nacional de Asunción y la UNESCO. A través de ésta cooperación, la institución ha contado con especialistas extranjeros y los laboratorios han sido dotados con tecnología de punta. Ese período se ha caracterizado por una gran producción de trabajos monográficos y de investigación, llegando a unos 40 trabajos anuales.

Finalmente, el 21 de junio de 1990 por Resolución N°635 del Honorable Consejo Superior Universitario se crea la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FaCEN), dependiente de la Universidad Nacional de Asunción, que ofrece las carreras de Matemática Estadística, Matemática Pura, Geología, Física, Biología, Tecnología de Producción y Química. A partir de la creación de la FaCEN se han realizado cambios curriculares en los años 1996, 2001 y 2009. En la actualidad además de las carreras citadas se ofrecen las licenciaturas en: Biotecnología, Educación en Ciencias Básicas y sus Tecnologías, Educación Matemática, Radiología e Imagenología, todas de manera presencial.

Además se cuenta con carreras semi presenciales con las licenciaturas en: Educación en Ciencias Básicas y sus Tecnologías, Educación Matemática, Estadística y Tecnología de Producción. En las ofertas de postgrado la FACEN no se ha quedado en el tiempo, la facultad ha generado el espacio para que todos los departamentos establezcan cursos de especialización y maestría los cuales hasta la fecha son: Hidrogeología, Matemáticas, Ingeniería de Producción, Físico Química, Estadística y Metodología de la Investigación Científica, Biología de la Conservación, Biodiversidad y Sistemática, Matemática aplicada, Física de la Radioprotección y Ciencias Física.

PROF. LIC. CONSTANTINO NICOLÁS GUEFOS KAPSALIS, MAE
Decano

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad Nacional de Asunción

ESTABILIZACIÓN DEL MÉTODO DE FORWARD EULER USANDO FUNCIONES DE LYAPUNOV

STABILIZATION OF THE FORWARD EULER USING LYAPUNOV FUNCTIONS

GUSTAVO A. GONZÁLEZ ARMOA¹ & CHRISTIAN E. SCHARERER²

¹Departamento de Matemática, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Asunción. E-mail: omicron.aa@gmail.com.

²Laboratorio de Computación Científica y Aplicada, Facultad Politécnica, U.N.A., PO Box 2111 SL, San Lorenzo, Paraguay. E-mail: eschaer@pol.una.py.

Resumen: En este trabajo, proponemos una estabilización para el método de forward Euler-Galerkin usando la teoría de control. Específicamente, planteamos el método como una ecuación de estados y usamos la teoría de funciones de Lyapunov para diseñar una ley de control. Los resultados numéricos demuestran que, con la utilización de funciones de Lyapunov, es posible hallar un controlador que estabilice el método de elementos finitos, mismo cuando el parámetro de difusión es relativamente pequeño y $\tau \asymp h$. Los resultados estimulan la investigación en esta dirección.

Palabras claves: método de elementos finitos, ecuación de difusión, funciones de Lyapunov, ley control.

Summary: In this work, we propose a stabilization for method using forward Euler-Galerkin control theory. Specifically, propose the method as a state equation and use the Lyapunov function theory to design a control law. Numerical results show that, with the use of functions Lyapunov, it is possible to find a controller that stabilizes the finite element method, even when the diffusion parameter is relatively small and $\tau \asymp h$. The results stimulate research in this direction.

Key words: Stabilization for the finite element method, convection-diffusion equation, Lyapunov functions, control law.

INTRODUCCIÓN

En este artículo discutimos el uso de la teoría de control para estabilizar la solución numérica encontrada al usar métodos explícitos para discretizar la ecuación de difusión pura unidimensional en un dominio $\Omega \in \mathbb{R}$. La variable de estado $w(x, t)$ satisface la ecuación de difusión:

$$\begin{cases} \partial_t w - \varepsilon \partial_{xx} w = f & \text{en } \Omega \text{ para } t_0 < t \\ w(x, 0) = w_0(x) \end{cases} \quad (1)$$

sujeta a condiciones de frontera de Dirichlet $w(0, t) = w(L, t) = 0$. El parámetro $\varepsilon \in \mathbb{R}$ es el coeficiente de difusión y $f(x, t)$ el término forzante que en el contexto de este trabajo es usado para controlar la ecuación (1). Formalmente, para cada tiempo t la función $w \in H_0^1(\Omega)$ y el término forzante f pertenece al espacio $\mathcal{U} = L^2(t_0, t_f; U)$ donde $U = L^2(\Omega)$.

Dentro del contexto de los métodos numéricos uno de los más usados para resolver ecuaciones

diferenciales es el método de Galerkin, también, conocido como método de elementos finitos (Thomée, 1997; Hughes, 1987; Becker *et al.*, 1981). Es sabido que si ciertas condiciones en los parámetros de la discretización no son cumplidas estrictamente, el método es inestable cuando se aplica a la resolución de la ecuación de difusión y a la de convección-difusión. Una posible solución encontrada en la literatura para contornar esta inestabilidad consiste en estabilizar el método de elementos finitos introduciendo un término que regularize el problema. Entre los métodos estabilizados podemos citar el método de Galerkin Least Square (GLS), streamline upwind Petrov-Galerkin (SUPG), multiscale, entre otros (Franca *et al.*, 2006; King, 2004; Franca *et al.*, 2004; Franca & Harari, 2005; Bochev *et al.*, 2004).

En este trabajo consideramos la ecuación de difusión discretizada en la variable espacial usando el método de Galerkin estándar y en la variable temporal usando la discretización de Forward Euler.

En este caso la discretización del método Forward Euler-Galerkin es inestable numéricamente si la condición $\tau < h^2$ no es satisfecha (donde τ y h son los parámetros de discretización temporal y espacial, respectivamente). Esta condición es muy restrictiva. En la literatura, la forma de contornar este problema consiste en 1) regularizar la discretización espacial de Galerkin y 2) usar otro método para discretizar la variable temporal, usando por ejemplo el método de Crack-Nicolson o el método de backward Euler, entre otros (Strickwerda, 1989). Sin embargo estos métodos normalmente requieren la resolución de un sistema lineal auxiliar de gran porte para cada paso de tiempo. Esto significa que dependiendo del grado de precisión temporal requerida de la solución, es necesario realizar muchas resoluciones del sistema de gran porte auxiliar. En este punto radica el interés de estabilizar el método de forward Euler-Galerkin ya que siendo explícito no necesita la resolución de un sistema lineal de gran porte, lo que implica en un costo bajo para la resolución de cada paso de tiempo.

De forma a considerar la discretización de la ecuación de difusión como un sistema de control. Consideramos las incógnitas de la discretización de Euler explícito-Galerkin como las variables de estado y el término forzante como la variable de control. Escogemos la variable de control como una combinación lineal de las variables de estado. En forma matricial, el controlador es una matriz que necesita ser determinada. Esta matriz es conocida con el nombre de matriz de realimentación (Ogata, 1997; Baumeister & Leitão, 2008; González & C. Schaerer, 2009).

El problema considerado en este trabajo es la ecuación de difusión (ecuación de Calor) unidimensional. En la Sección 2, presentamos la formulación variacional de la ecuación de difusión, la aproximación de Galerkin, discretización para el problema; la estabilización del método utilizando funciones de Lyapunov es presentada en la Sección 3. Los resultados numéricos se encuentran en la Sección 4, seguidamente la conclusión en la Sección 5. La principal desventaja del método estabilizado usando la teoría a ser presentada en este trabajo, consiste en

que potencialmente si no se toman recaudos en la elección de las matrices involucradas en el diseño de la ley de control, el costo computacional puede ser elevado, sin embargo, los resultados obtenidos son muy alentadores en el sentido de utilizar la teoría de control de forma a estabilizar el método explícito, en consonancia con la línea de investigación de utilización de la teoría de control en el diseño y optimización algoritmos numéricos.

LA DISCRETIZACIÓN DEL PROBLEMA

De forma a obtener la formulación débil de la ecuación (1) se multiplica a ambos lados de la misma por la función de prueba $\varphi \in H_0^1(\Omega)$, integrando por partes sobre Ω y usando las condiciones de frontera $w(0, t) = w(L, t) = 0$, y usando la fórmula de Green se obtiene la forma variacional:

$$(\partial_t w, \varphi) + a(w, \varphi) = (f, \varphi), \forall \varphi \in H_0^1 \quad (2)$$

con $w(x, 0) = w_0 \in H_0^1(\Omega)$ y donde los funcionales $a(., .)$ sobre $H_0^1 \times H_0^1$ y (f, φ) están definidos por $a(w, \varphi) := \varepsilon(\nabla w, \nabla \varphi)(f, \varphi) := \int_{\Omega} f \varphi dx$. La forma bilineal $a(w, \varphi)$ para la ecuación (2) tiene las siguientes propiedades (Thomée, 1997; Chen, 2005):

Simétrica: $a(w, v) = a(v, w)$.

Continua: $\exists C > 0$ tal que $|a(w, \varphi)| \leq C \|w\|_{H_0^1} \|\varphi\|_{H_0^1}$, $\forall w, \varphi \in H_0^1$.

Coersiva: $a(\varphi, \varphi) \geq \alpha \|\varphi\|_{H_0^1}^2$, $\forall \varphi \in H_0^1$.

Dadas las propiedades mencionadas arriba para la forma bilineal, $a(w, \varphi)$, el Lema de Lax-Milgram asegura que el problema dado (2) tiene una única solución $w \in H_0^1$ (Brézis, 1983).

De forma a discretizar la ecuación (1) en la variable espacial, aplicamos el método de elementos finitos a su forma débil (2) para cada $t \in (t_0, t_f)$ fijo.

Elegimos una triangulación uniforme $T(\Omega)$ de Ω y empleamos el espacio conforme P_1 de elementos finitos $Y_h \subset H_0^1$ para aproximar $w(., t)$. Analogamente empleamos el espacio P_0 de elemen-

tos finitos $II \subset IJ$ para aproximar $f(.,t)$. Sean $\{\varphi_j\}_{j=1}^m$ y $\{\psi_j\}_{j=1}^p$ las bases de funciones para el espacio de elementos finitos para Y_h y U_h , respectivamente. La expresión (2) toma la forma

$$(\partial_t w_h, v_h) + a(w_h, v_h) = (f, v_h) \forall v_h \in Y_h, \quad (3)$$

donde $w_h(x, t) = \sum_{j=1}^m z_j \varphi_j$. Asumimos que el término forzante y las condiciones iniciales tienen la forma $f_h(x, t) = \sum_{i=1}^p \psi_i u_i$ y $z_h(x, 0) = \sum_{j=1}^m z_j(0) \varphi_j$; que corresponden a proyecciones $L^2(\Omega)$ de f y w_0 en U_h y Y_h , respectivamente.

Considerando w_h y f_h en la ecuación (3) obtenemos el sistema de ecuaciones diferenciales de primer orden

$$\sum_{j=1}^m (\varphi_i, \varphi_j) \frac{dz_j}{dt} + \sum_{j=1}^m a(\varphi_i, \varphi_j) z_j = \sum_{j=1}^p (\varphi_i, \psi_j) u_j, \quad i = 1, \dots, m; \quad (4)$$

donde las incógnitas son los $z_j(t)$. Teniendo en cuenta la ecuación (4), definimos las matrices M , A y B respectivamente como

$$M = \left[\int_{\Omega} \varphi_i \varphi_j dx \right]_{i,j=1}^m, \quad A = - \in \left[\int_{\Omega} \nabla \varphi_i \nabla \varphi_j dx \right]_{i,j=1}^m \quad \text{y} \\ B = \left[\int_{\Omega} \varphi_i \psi_j dx \right]_{i=1:m, j=1:p}.$$

Denotando el vector de incógnitas por $z(t) = (z_1(t), \dots, z_m(t))^T \in \mathbb{R}^m$, el vector forzante $u(t) = (u_1(t), \dots, u_p(t))^T \in \mathbb{R}^p$ y re-escribiendo la ecuación (4) en forma matricial, obtenemos:

$$\begin{cases} M \dot{z}(t) = Az(t) + Bu(t), \\ z(0) = z_0, \end{cases} \quad (5)$$

donde las matrices M , $A \in \mathbb{R}^{m \times m}$ y $B \in \mathbb{R}^{m \times p}$. Es importante resaltar que en el contexto de este trabajo usamos el termino forzante para modificar la solución de la ecuación (5).

Observación 1. Es importante resaltar que en el contexto de este trabajo asumimos que los φ_j son funciones lineales continuas a trozos, sobre el intervalo Ω de la forma

$$\varphi_j = \begin{cases} \frac{1}{h_{j-1}}(x - x_{j-1}), & x \in [x_{j-1} - x_j], \\ \frac{1}{h_j}(x_{j+1} - x), & x \in [x_j - x_{j+1}], \\ 0 & x \notin [x_{j-1} - x_{j+1}]. \end{cases} \quad (6)$$

Para resolver numéricamente la ecuación (5) discretizamos la variable temporal dividiendo el intervalo $[t_0, t_f]$ como: $t_0 < t_1 < \dots < t_n = t_f$, con nodos equidistantes $t_r = r\tau$ y con paso del tiempo $\tau = (t_f - t_0)/n$. Usando z^r y u^r para denotar z y $u(t_r)$, respectivamente; obtenemos la discretización de Euler explícito-Galerkin

$$M \frac{z^{r+1} - z^r}{\tau} = Az^r + Bu^r, \quad (7)$$

o equivalentemente,

$$Mz^{r+1} = (M + \tau A)z^r + \tau Bu^r, \quad (8)$$

La condición de estabilidad para este método se establece en el siguiente Lema (Thomée, 1997):

Lema 1: Sean las matrices A y M simétricas definidas positivas. Sean λ_j los autovalores generalizados de la matriz A con respecto a M . Entonces el esquema de Euler explícito-Galerkin es estable si:

$$\tau \leq \min \{c_1 / \varepsilon, c_2 h^2 / \varepsilon\}.$$

Las limitaciones al paso de tiempo τ establecidas por el Lema 1, hace que se hayan encontrado otros métodos para la resolución temporal de (5). Entre estos métodos puede citarse el método de Euler implícito y el de Crank-Nicolson. Estos métodos son incondicionalmente estables, es decir, el tamaño de τ está estricto apenas por la necesidad de presidios (ver Neittaanmäki & Tiba, 1994) y consecuentemente podemos tomar por ejemplo simplemente $\tau = h$. La desventaja de los métodos implícitos frente a los explícitos, radica en la necesidad que tienen estos métodos en resolver sistemas algebraicos de gran porte, este hecho los torna costosos computacionalmente. Por su parte, si es posible levantar la restricción impuesta por

el Lema 1, entonces los métodos explícitos serían competitivos desde el punto de vista computacional. Esto último debido al bajo orden de complejidad (apenas una multiplicación de matriz por vector) por paso de tiempo.

En la siguiente sección describiremos la propuesta del artículo consistente en usar técnicas de la teoría de control para estabilizar la ecuación de difusión cuando el método de Euler explícito con $\tau \succ h^2 / \varepsilon$ es considerado.

ESTABILIZACIÓN USANDO LYAPUNOV

Considerando $u^r = 0$ para todo r , la ecuación (8) puede ser re-escrita como:

$$\begin{aligned} z^{r+1} &= Ez^r \\ z^{(0)} &= z^0, \end{aligned} \quad (9)$$

donde $E := M^{-1}(M + \tau A) \in \mathbb{R}^{m \times m}$, y $z \in \mathbb{R}^m$ es la solución. Para el sistema (9), el estado z^* es denominado de equilibrio si $z^* = Ez^*$.

El sistema (9) es llamado localmente convergente si existe un $\delta > 0$ tal que si $\|z^0 - z^*\| \leq \delta$, la solución z^r existe; además es globalmente convergente si $\lim_{k \rightarrow \infty} z^r = z^*$ para todo z^0 . Diremos que es asintóticamente estable si es localmente convergente, y globalmente asintóticamente estable si es globalmente convergente. Tomamos por simplicidad que $z^* = 0$ y estamos interesados en que la solución $z^* = 0$ sea globalmente asintóticamente estable. En este contexto, siendo $V(z) := \langle z^r, Pz^r \rangle$ una función candidata a función de Lyapunov siendo P una matriz simétrica y positiva definida. La condiciones para que z^* sea asintóticamente estable se establece en el siguiente Teorema (Gajić & Qureshi, 1995; Bhaya & Kaszkurewicz, 2006):

Teorema 1 (Gajić & Qureshi, 1995): *El punto de equilibrio $z^* = 0$ del sistema lineal invariante en el tiempo (9) es globalmente asintóticamente estable si y solamente si para toda matriz simétrica definida positiva $Q = Q^T > 0$, existe una única matriz $P = P^T > 0$ tal que $\Delta V(z^r) = -\langle z^r, Qz^r \rangle$.*

Cuando $V(z) := \langle z^r, Pz^r \rangle$, la expresión $\Delta V(z^k) = V(z^{r+1}) - V(z^r) = -\langle z^r, Qz^r \rangle$ toma la forma:

$$E^T P E - P = -Q. \quad (10)$$

La ecuación (10) es conocida como *ecuación de Stein* o *ecuación de Lyapunov* de tiempo discreto. el punto de equilibrio z^* del sistema (9) en malla abierta no es asintóticamente estable, lo que significa que la condición sobre τ establecida por el Lema 1 no es satisfecha, entonces consideramos el sistema:

$$\begin{cases} z^{r+1} = Ez^r + Du^r, & \text{con } r \in \mathbb{N} \\ z^0 = z^0. \end{cases} \quad (11)$$

Entonces, el problema de control para la ecuación (11) en el contexto de este trabajo, consiste en encontrar una sucesión u^r de forma que el punto de equilibrio z^* sea asintóticamente estable mismo cuando $\tau \succ h^2 / \varepsilon$.

Asumimos que u^r depende linealmente del estado z^r , estableciendo la ley de control:

$$u^r = Fz^r, \quad (12)$$

donde F es una matriz $m \times n$. Con esta ley de control, el sistema realimentado con respecto al sistema (9) toma la forma:

$$z^{r+1} = (E - DF)z^r. \quad (13)$$

Para analizar el sistema (9) usando el Teorema 1, definimos una función candidata a función de Lyapunov $V(z^r)$ dada por:

$$V(z^r) := \langle z^r, Pz^r \rangle,$$

donde su variación, denotada por $\Delta V(z^r)$ se iguala a, $-\langle z^r, Qz^r \rangle - \langle u^r, Ru^r \rangle$, es decir:

$$\Delta V(z^r) = -\langle z^r, Qz^r \rangle - \langle u^r, Ru^r \rangle, \quad (14)$$

donde las matrices Q y R son dadas simétricas definidas positivas. En particular en el contexto de este trabajo se considera que $Q = qI$ y $R = rI$ con

$q, r \in \mathbb{R}$ e I es la matriz identidad de orden m . La matriz F a ser usada en la ley de control (12) es especificada en el siguiente teorema (Baumeister & Leitão, 2008):

Teorema 2: La ley de control para el sistema lineal discreto (11) para una matriz positiva definida R , se define como

$$u^k = -(B^T PB + R)^{-1} B^T P A z^k, \quad (15)$$

donde la matriz P satisface la ecuación

$$P = E^T P E - E^T P D (D^T P D + R)^{-1} D^T P E + Q. \quad (16)$$

Demostración: Teniendo en cuenta la variación de V para el sistema (11) tenemos que

$$\begin{aligned} \Delta V(z^k) &= V(z^{k+1}) - V(z^k) \\ &= (z^{k+1})^T P z^{k+1} - (z^k)^T P z^k \\ &= (E z^k + D u^k)^T P (E z^k + D u^k) - (z^k)^T P z^k \\ &= ((z^k)^T E^T + (u^k)^T D^T) P (E z^k + D u^k) - (z^k)^T P z^k \\ &= ((z^k)^T E^T P E z^k + (z^k)^T E^T P D u^k + (u^k)^T D^T P E z^k \\ &\quad + (u^k)^T D^T P D u^k) - (z^k)^T P z^k. \end{aligned} \quad (17)$$

Reemplazando la ley de control (12) a la derecha de la ecuación (17) tenemos que

$$\begin{aligned} \Delta V(z^k) &= (z^k)^T E^T P E z^k + (z^k)^T E^T P D (-F z^k) + (-F z^k)^T D^T P E z^k \\ &\quad + (-F z^k)^T D^T P D (-F z^k) - (z^k)^T P z^k \\ &= (z^k)^T (E^T P E - E^T P D F + F^T D^T P E + F^T D^T P D F - P) z^k. \end{aligned} \quad (18)$$

Teniendo en cuenta la ley de control (14) y la variación ΔV obtenemos

$$\begin{aligned} -(z^k)^T Q (z^k) - (z^k)^T F^T R F (z^k) &= (z^k)^T (E^T P E - E^T P D F \\ &\quad - F^T D^T P E + F^T D^T P D F - P) (z^k) \\ -(z^k)^T (Q - F^T R F) (z^k) &= (z^k)^T (E^T P E - E^T P D F \\ &\quad - F^T D^T P E + F^T D^T P D F - P) (z^k). \end{aligned} \quad (19)$$

Comprobando ambos miembros de la ecuación (19) y notando que la misma debe ser válida para cualquier z^k , llegamos a

$$-Q - F^T R F = E^T P E - E^T P D F - F^T D^T P E + F^T D^T P D F - P, \quad (20)$$

o equivalentemente

$$E^T P E - E^T P D F - F^T D^T P E + F^T D^T P D F - P + Q + F^T R F = 0. \quad (21)$$

Tomando $F = (D^T P D + R)^{-1} D^T P E$ y considerando la expresión (21) obtenemos la expresión que debe satisfacer la matriz P .

$$P = E^T P E - E^T P D (D^T P D + R)^{-1} D^T P E + Q = 0. \quad (22)$$

Observación 2: Es importante resaltar que en el origen z^* es estable para el sistema controlado (13), si y solamente si $\rho(A - BF) \leq 1$ y todos los autovalores de módulo unitario son semi-simples, es decir, corresponden a bloques de Jordan de dimensión 1.

RESULTADOS NUMÉRICOS

En esta sección presentamos los resultados obtenidos para la ecuación de difusión unidimensional:

$$\partial_t w(x, t) = \varepsilon \partial_{xx} w(x, t) + f(x, t), \quad (23)$$

$x \in \Omega$ con $\Omega = [0, 1]$, con parámetro de difusión $\varepsilon = 10^{-1}$. Se desea mostrar el efecto de la estabilización usando las funciones de Lyapunov y relajar la condición para τ establecida en el Lemma 1.

En la Tabla 1 es presentado el radio espectral de la matriz E para el sistema (9). Fue considerados $\varepsilon = 10^{-1}$, $\tau = h$. Además se presenta como referencia los resultados para $\tau = h^2 / 12 \varepsilon$ (condición de estabilidad para el método de forward Euler). Siguiendo (King, 2003; King, 2004), tomamos los valores de los parámetros $q = 10$ y $r = 10^{-1}$ de la función de Lyapunov. La malla es refinada de acuerdo a la ley: $h = h^i = 1 / 2^i$ para $i = 3, 4, 5$ y 6 , respectivamente. Se observa que el método forward Euler es estable si $\tau = h^2 / 12 \varepsilon$, mientras que con $\tau = h$ el método es inestable. El efecto de la inestabilidad en la simulación puede ser observado comparando las Figuras 1 y 2.

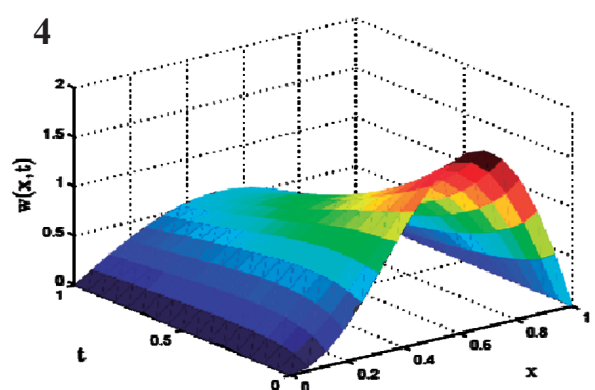
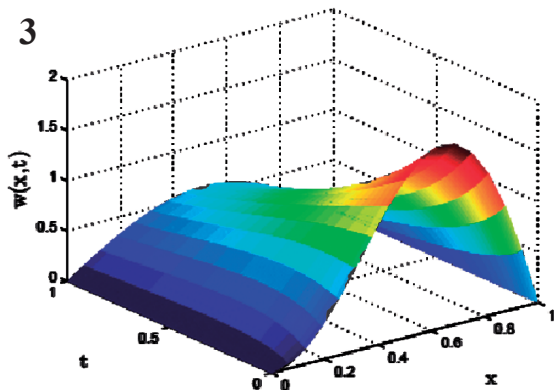
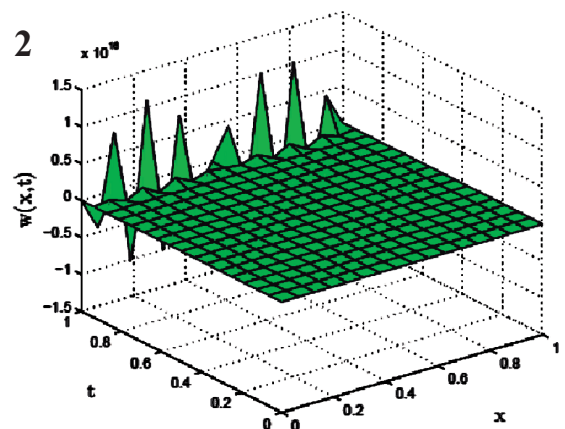
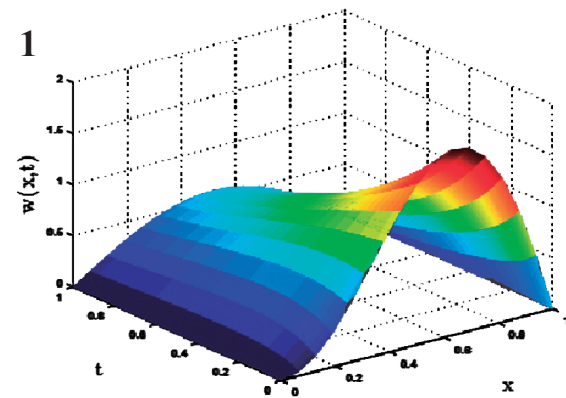
En la Tabla 2 es presentado el radio espectral de las matrices E y $E - DF$. Puede observarse en la tercera columna de la Tabla 2 que en este caso el método Euler explícito-Galerkin es estable utilizando la teoría de control vía funciones de Lyapunov cuando tomamos el parámetro $\tau = h$, los resultados de los experimentos podemos ver en las Figuras 3 y 4. Observe la similitud de las figuras.

A partir de los resultados podemos inferir que el método de Euler explícito-Galerkin controlado es estable teniendo en cuenta el parámetro $\tau = h$. En este trabajo hemos considerado los valores de q y r parámetros de la función de Lyapunov, asumiendo

Tablas 1 y 2. Estabilización para $\tau > h^2 / 12\varepsilon$. 1) Método no controlado. 2) Método no estabilizado y estabilizado.

Tabla 1		
$h = 1/2^i$	$q = 10, r = 10^{-3} \text{ y } \varepsilon = 10^{-1}$	
	$\tau = h^2 / 12\varepsilon$	$\tau = h$
	no estabilizado $\rho(E)$	no estabilizado $\rho(E)$
$i = 3$	0.8939	8.584
$i = 4$	0.9717	18.6570
$i = 5$	0.9928	38.1240
$i = 6$	0.9982	76.6614

Tabla 2			
$h = 1/2^i$	$q = 10, r = 10^{-3} \text{ y } \varepsilon = 10^{-1}$		
	$\tau = h^2 / 12\varepsilon$	$\tau = h$	$\tau = h$
	no estabilizado $\rho(E)$	no estabilizado $\rho(E)$	estabilizado $\rho(E - DF)$
$i = 3$	0.8939	8.584	0.8940
$i = 4$	0.9717	18.6570	0.9406
$i = 5$	0.9928	38.1240	0.9694
$i = 6$	0.9982	76.6614	0.9846



Figuras 1-4. Método de Euler explícito-Galerkin. 1) tamaño de la matriz 307×307 , $\tau = 0.0032552$ y $\varepsilon = 10^{-1}$. 2) tamaño de la matriz 16×16 , $\tau = 0.0032552$ y $\varepsilon = 10^{-1}$. 3) tamaño de la matriz 307×307 , $\tau = 0.0032552$ y $\varepsilon = 10^{-1}$. 4) tamaño de la matriz 16×16 , $\tau = 0.0032552$ y $\varepsilon = 10^{-1}$.

la relación $q \gg r$.

CONCLUSIÓN

En este trabajo investigamos la aplicación de estabilización usando la teoría de funciones de Lyapunov para el método de *Euler explícito-Galerkin* definida para el problema de control de la ecuación de difusión. Y concluimos lo siguiente: El uso de funciones de Lyapunov permite estabilizar el método de Euler explícito para el problema de difusión. La estabilización para el método controlado es independiente del parámetro difusivo, dentro de un rango experimentado, produciendo buenas aproximaciones, para el método *Euler explícito-Galerkin*. Por último, experimentos numéricos para la ecuación de convección difusión, están en fase de implementación, así como un análisis del método propuesto.

REFERENCIAS

- BAUMEISTER, J & LEITÃO, A. 2008. Introdução à Teoria de Controle e Programação Dinâmica, Projeto Euclides, Instituto de Matemática Pura e Aplicada, Rio de Janeiro.
- BECKER, E; CAREY, G. & TINSLEY, J. 1981 Finite element methods an introduction, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- BHAYA, A. & KASZKUREWICZ, E. 2006. Control perspectives on numerical algorithms and matrix problems. SIAM: advances in design and control, Philadelphia.
- BOCHEV, P.B.; GUNZBURGUER, M. & SHADID, J. 2004. Stability of the SUPG finite element method for transient advection diffusion problems. Computer methods in applied mechanics and engineering, 193:2301-2323.
- BONET, R. 2006. Numérical stabilization of convection-diffusion-reaction problems. Delft Institute of Applied Mathematics Faculty of Electric Engineering, Mathematics and Computer Science Mekelweg 4 2628 CD Delft, Netherlands.
- BRÉZIS, H. 1983. Analyze fonctionelle, Masson Paris.
- CHEN, Z. 2005. Finite element methods and their applications. Scientific computation. Springer, Berlin.
- FRANCA, L. & HARARI, I. 2005. Streamline design of stability parameter for advection-diffusion problems. CNPq, Brasil.
- FRANCA, L.P.; HAUKE, G. & MASUD, A. 2006. Revisiting stabilized finite element methods for the advective diffusive equation. Computer methods in applied mechanics and engineering. 195: 1560-1572.
- FRANCA, L.; MADUREIRA, A. & VALENTIN, F. A. 2004. Multiscale finite element methods. European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering, ECCMAS.
- GAJIĆ, Z. & QURESHI, M. T. J. 1995. Lyapunov matrix equation in system stability and control, In: MATHematics in Science and Engineering, Vol: 195. Academic Pres, Inc. San Diego.
- GONZÁLEZ, G. & SCHAEERER, C. 2009. Estabilização do método de elementos finitos para a equação de convecção-difusão via funções de Lyapunov", 32º Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional, CNMAC, Cuiaba-Brasil.
- HUGHES, T. 1987. The finite element methods linear static and dynamic finite element analysis, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- KING, B. 2003. Burgers' equation: Galerkin Least Squares Approximation and Feedback Control. Mathematical and Computer Modeling, 38:1075-1085.
- KING, B. 2004. The 1-D Convection Diffusion Equation: Galerkin Least Squares Approximation and Feedback Control. 43rd IEEE Conference on Decision and Control. December.
- KRUEGER, D.A. 2004. Stabilized finite element methods for feedback control of convection-diffusion equations. Doctor in Philosophy in Mathematics Thesis, Blacksburgo Virginia. July.

- LYAPUNOV, A. M. 1892. El problema genral de la estabilidad del movimiento. PhD Tesis, Kharkov Mathematical Society.
- LYAPUNOV, A.M. 1992. The genaral problem of the stability of motion, 1892. International journal of control: Lyapunov centenary. 1992.
- NEITTAANMÄKI, P. & TIBA, D. 1994. Optimal control of nonlinear parabolic systems: Theory, algorithms and applications. In: Series of monographs and textbooks in pure and applied mathematics. Marcel Dekker, Inc., New York, USA.
- OGATA, K. 1997. Modern Control Engineering, third edition, Prentice Hall, New Jersey.
- STREJC, V. 1981. State space theory of discrete linear control. John Wiley & Sons, New York.
- STRICKWERDA, J. C. 1989. Finite difference schemes and partial differential equations. Mathematics Series, Wadsworth & Brooks/Cole, Pacific Grove, California, USA.
- THOMÉE, V. 1997. Galerkin finite element methods for parabolic problems. In: Springer Series in Computatinal Mathematics. Springer, Berlin.

EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LOS SISTEMAS DE VISUALIZACIÓN DE LAS PLACAS RADIOGRÁFICAS EN LOS CENTROS DE DIAGNÓSTICO POR IMAGEN DEL PARAGUAY

EVALUATION OF PERFORMANCE OF VIEWBOXES EMPLOYEES IN RADIOGRAPHIC PLATES IN IMAGING CENTERS OF PARAGUAY

F. J. GÓMEZ GRANCE¹, S. RAMÍREZ LEÓN¹, O. VUKUJEVIC², N. ZARACHO³

¹Publicación Facultad de Ciencias Exactas y Naturales-Laboratorio de Ciencia Radiológica e Imagenología, Universidad Nacional de Asunción, Campus Universitario, San Lorenzo, Paraguay. E-mail: fjgrance@yahoo.com.

²Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias y el Ambiente, "Prof. Dr. Juan Max Boettner", INERAM-MSPyBS, Asunción, Paraguay.

³Servicio de Radiología del Hospital Nacional de Itaugua-MSPyBS, Itaugua, Paraguay.

Resumen: En el presente trabajo se determinó la luminancia de los negatoscopios y la iluminación ambiental de las salas de lectura en cinco centros de diagnóstico por imagen del país, para lo cual se contó con el equipamiento del Laboratorio de Ciencias Radiológicas e Imagenología (LCRI) de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Del total de salas de lectura evaluadas, el 29,5%, presentaron iluminación ambiental por debajo de los 50 lux, y el 60,6% de los valores de luminancia se encuentran fuera de tolerancia, y sólo el 8,4 % de los negatoscopios cumplen con los límites de luminancia, considerados como recomendables (superior a 1500 cd/m²) para negatoscopios de uso convencional. Los negatoscopios utilizados en mamografía no alcanzaron los niveles de luminancia recomendados (superior a 3000 cd/m²), aunque estos también son utilizados para imágenes convencionales. Estos resultados demuestran la necesidad de mantener un programa de control de calidad en radiodiagnóstico, que garantice la calidad del negatoscopio y su mantenimiento preventivo a fin de contribuir a la reducción de errores en el diagnóstico.

Palabras claves: Imagen radiográfica, Control de calidad, Luminancia, Iluminación, Negatoscopio.

Abstract: In this paper luminance viewboxes and ambient lighting of the reading rooms is determined in five centers imaging of the country, for which he received the equipment of the Laboratory of Radiological Sciences and Imaging (LCRI) of the Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Of all reading rooms evaluated 29.5% had mood lighting below 50 lux, and 60.6% of the luminance values exhibit poor viewing conditions, and only 8.4% viewboxes comply with the limits luminance considered advisable (greater than 1500 cd/m²) for conventional viewboxes use. Viewboxes used in mammography did not reach recommended levels of luminance (greater than 3000 cd/m²), although these are also used for conventional images. These results demonstrate the need to maintain a quality control program in Diagnostic ensuring quality viewing box and preventive maintenance to help reduce errors in diagnosis.

Key words: radiographic imaging, quality control, luminance, illumination, viewboxes.

INTRODUCCIÓN

Una de las áreas médicas, que mayor progreso ha tenido los últimos años, es el radiodiagnóstico, tal es así, que actualmente en los países desarrollados, el 66 % de las decisiones médicas críticas, dependen de la información obtenida mediante alguno de los procedimientos de diagnóstico por imagen (Llorca, A. 1993).

Desde que se decide estudiar una estructura anatómica, hasta que se realiza el diagnóstico mediante la imagen de dicha estructura, se efectúa un

complejo trabajo en el que intervienen diferentes procesos físicos y médicos, como también equipos y especialistas, dependiendo unos de otros para obtener el mejor diagnóstico, que a su vez permite la mejor estrategia terapéutica, con el consecuente aumento de la calidad de vida de la población.

La calidad de la imagen estará determinada, por los diferentes equipos a utilizar, en función de las exploraciones que con ellos vayan a efectuarse (OIEA, 1997).

Entendiendo como "equipos" a todos los ele-

mentos del proceso de formación de la imagen: almacenamiento de películas, cuarto oscuro, chasis, película, procesadora de películas, generador, tubo de rayos X y negatoscopio, constituyendo este último, parte esencial de la “Garantía de Calidad” de todo servicio de Radiodiagnóstico (OIEA, 1997).

La interpretación precisa de los resultados, necesita de imágenes de buena calidad, además del buen funcionamiento de los equipos auxiliares como el negatoscopio (Llorca, A. 1993).

El presente trabajo evaluó los parámetros físicos que afectan el desempeño de los sistemas de visualización de las placas radiográficas, en los cinco (5) centros de diagnóstico por imágenes.

Los resultados de las evaluaciones indican, la necesidad de realizar controles de calidad periódicos y mantenimientos preventivos para mejorar la visualización de las placas radiográficas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en los servicios de radiodiagnóstico de cinco centros médicos de los Departamentos Central e Itapúa de la Región Oriental del Paraguay, en donde se evaluaron los siguientes parámetros y aspectos físicos de visualización de la imagen radiográfica como ser:

- a) Inspección Visual;
- b) Luminancia;
- c) Iluminación ambiental.

Los materiales utilizados para la evaluación de cada aspecto fueron los siguientes:

- Detector de luz (LD: Light detector), Unfors (modelo), Xi (tipo). S/N: 171959;
- Unfors Xi Base Unit, Resolución: Luminancia (0.01cd/m^2); iluminación (0.01lux), (Figura 1);
- Herramienta de acrílico (fabricación propia);
- Accesorios.

Para la evaluación de luminancia, fue necesario el diseño y la construcción de una herramienta que posicione y fije los puntos de medida del detector sobre la superficie del negatoscopio, de tal manera a asegurar la repetitividad de la medida y su ubicación

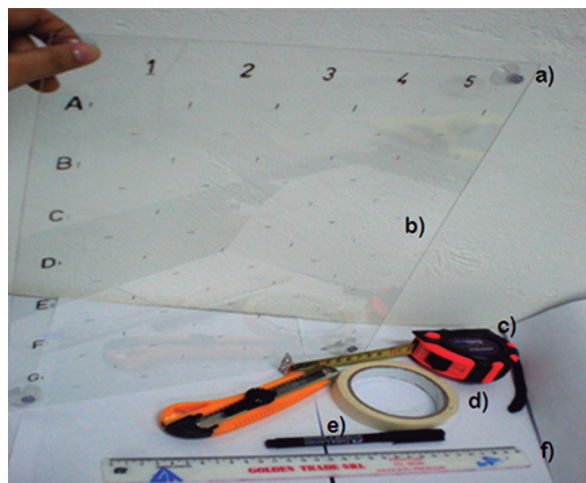


Figura 1. Materiales para el diseño y construcción de la herramienta de acrílico. **a)** Ventosa de goma. **b)** Acrílico. **c)** Cinta métrica. **d)** Cinta de papel. **e)** Marcador. **f)** Regla milimetrada.

relativa respecto a los cuerpos del negatoscopio.

Para construir la herramienta se utilizó una lámina de acrílico transparente, cuya superficie posee una forma rectangular de 35 cm de ancho y 40cm de largo, con 2 mm de espesor, sobre dicha lámina se diseñan cuadros de 5cm^2 , formando un patrón de cuadrículas, de manera que el accesorio circular del detector LD (Light Detector) pueda quedar circunscrito a dichos cuadros.

Los 35 cuadros forman una matriz cuyas filas son marcadas con letras y las columnas con números como se muestra en la Figura 1, de esta forma se obtuvieron 35 medidas sobre la superficie de un cuerpo del negatoscopio, repitiéndose el procedimiento para los demás cuerpos, en caso de que el negatoscopio fuese de dos o más cuerpos.

Para sostener la herramienta de acrílico colocamos unas ventosas de goma en los puntos extremos de cada lado de la herramienta, esto facilitó su ubicación en un sector del negatoscopio (negatoscopio de varios cuerpos), de tal manera a poder realizar las medidas en cada cuadro.

Además, se realizaron medidas de atenuación del haz de luz por el acrílico, midiendo en un mismo punto luminoso sin acrílico y con acrílico, corroborándose de esta manera que la atenuación es del orden del 0,1%.

La metodología utilizada para la evaluación de

las condiciones de visualización está basada en la valorización de los siguientes aspectos:

a) Inspección Visual

Para valorar las condiciones del negatoscopio mediante una inspección visual establecimos una planilla de control, con las características físicas a evaluar como por ejemplo: el color de los tubos, manchas, rajaduras y deformaciones sobre la superficie del negatoscopio, color de la superficie del negatoscopio, vibraciones de los tubos fluorescentes, incluyendo los datos del negatoscopio de cada centro de radiodiagnóstico como: su ubicación, dimensiones, numeración y antigüedad.

Para cuantificar el resultado de la inspección se asignó una puntuación (porcentaje) de acuerdo a la ponderación dada a cada una de las características físicas observadas durante la visita a los servicios radiológicos.

b) Luminancia

Se midió la luminancia del negatoscopio con la luz del cuarto apagada, utilizando el detector “LD” en cada cuadro de la herramienta de acrílico, colocada sobre la superficie del negatoscopio previamente encendido (Figura.2a). Los valores de luminancia fueron registrados en las planillas diseñadas para

el efecto.

Con los datos obtenidos en cada negatoscopio se realizó el cálculo del error relativo porcentual o desviación realtiva porcentual, según la expresión mostrada en la ecuación 1.

$$L_j = 100 \frac{(L_i - L_p)}{L_p} \quad (1)$$

Donde: L_i = es la luminancia en cada punto del negatoscopio, L_p = es el promedio de luminancia, el cual fue obtenido calculando el promedio de los 35 valores medidos.

Luego se determina la distribución de estos valores en el plano del negatoscopio construyéndose una nueva tabla de puntos correspondientes a los valores L_j , de tal manera que la uniformidad del brillo de la superficie, se representa por el valor de homogeneidad (H) respecto al total de valores de (L_j) del negatoscopio, dicho valor es calculado mediante la ecuación 2.

$$H = 100 \left(\frac{L_n^*}{35} \right) \quad (2)$$

Donde L_n^* = es la cantidad de puntos L_j que se encuentran por debajo de un desvío porcentual del 30%.

Para cada negatoscopio, se evaluó la homogeneidad de la luminancia, definida según la ecuación 2, en cada una de las secciones de negatoscopios de varios cuerpos, y se comparó con los valores de tolerancia establecidos por los lineamientos del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA, 2006) Cuadro 1.

Los resultados obtenidos fueron agrupados en cinco categorías según el promedio de luminancia, de tal manera que se propone como mínimo aceptable aquellos negatoscopios (para radiografía convencional) cuyo promedio de luminancia son mayores a 1200 cd/m² y Homogeneidad entre el 70 % y 75%. Las demás categorías se muestran en el cuadro 2.

c) Iluminación ambiental de la sala

Se midió la luz ambiental que incide sobre el negatoscopio previamente apagado, utilizando el de-

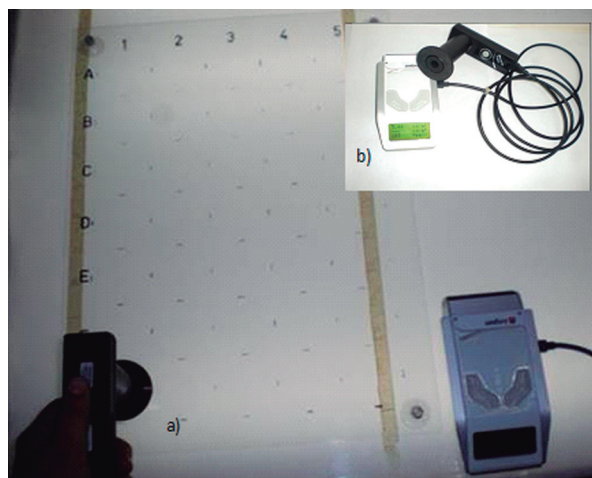


Figura 2. Materiales para el diseño y construcción de la herramienta de acrílico. **a)** Montaje de materiales para la obtención de luminancia del negatoscopio. **b)** Detector de luz (LD: Light detector) Unfors XI, utilizado para medir iluminación ambiental y luminancia en negatoscopios.

Cuadro 1. Parámetros de referencia en el análisis de luminancia e iluminación (OIEA).

<i>Parámetros Físicos</i>	<i>Tolerancias</i>
Iluminación de la sala	$\leq 50\text{lux}$
Luminancia	• $>3000\text{ cd/m}^2$ mamografía • $>1500\text{cd/m}^2$ convencional
Uniformidad de la luminancia	$< 30\%$ en diferentes zonas de un mismo negatoscopio.
*No seguimos la recomendación del OIEA, en cuanto a las medidas, hemos decidido tener más estadística, de manera que no se define el punto central exactamente como el centro de un negatoscopio de tres cuerpos y lo definimos como el centro de una sola sección o cuerpo del negatoscopio.	

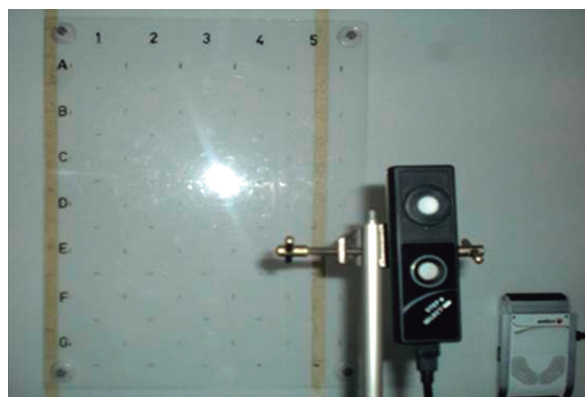
Cuadro 2. Categorías según promedio de luminancias (propuesto por el grupo de investigación) para negatoscopio de uso convencional.

Categoría	Promedio de Luminancia L (cd/m^2)	Homogeneidad (H)
Muy malo	< 1000	$< 70\%$
Malo	1000 a 1200	$= 70\%$
Aceptable	1201 a 1500	$> 70\% \text{ y } \leq 75\%$
Bueno	1501 a 1700	$> 75\% \text{ y } \leq 80\%$
Excelente	1701 a 2000	$> 80\%$

lector “LD” en dirección a la fuente de iluminación ambiental, a una distancia habitual de observación de las películas radiográficas (30 cm del negatoscopio) figura 3.

Los puntos medidos fueron nueve, de manera a obtener mayor estadística de la intensidad de luz que llega al negatoscopio (tres en cada extremo y tres en los puntos medios). Los datos obtenidos fueron registrados en una hoja de datos, para su posterior análisis teniendo en cuenta la tolerancia establecida en el cuadro 1.

La evaluación de la iluminación ambiental se realizó mediante el cálculo del promedio porcentual de los puntos medidos en cada sala de lectura.

**Figura 3.** Montaje de materiales para medir Iluminación ambiental de la sala.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se midieron la iluminación ambiental en 14 salas de radiodiagnóstico y la luminancia en 71 negatoscopios, pertenecientes a cinco centros de Radiodiagnóstico denominados como clínicas A, B, C, D y E, cuyos resultados de las evaluaciones de los parámetros físicos y las condiciones de visualización se describen a continuación:

a) Inspección visual

Mediante la inspección visual podemos señalar que el 60% de los negatoscopios se encuentran en óptimas condiciones de acuerdo a las características físicas evaluadas.

Además se ha notado que, es preciso la limpieza periódica de la superficie del negatoscopio, como también el cambio de los tubos por envejecimiento, y sustitución de aquéllos con iluminación vibrante.

b) Luminancia

Los valores promedios de luminancias de los negatoscopios utilizados para radiografías convencionales, revelan que el 60,6% se encuentran fuera de tolerancia, y solo el 8,4% dentro de los límites considerados como recomendables para negatoscopios de uso convencional, (superior o igual a 1500 cd/m²) y sólo un reducido porcentaje, concretamente el 2,8% de los negatoscopios fueron calificados como excelentes, asegurándose las buenas condiciones para el uso en radiodiagnóstico convencional, no así para negatoscopios utilizados

Frecuencia de Luminosidad de Negatoscopios

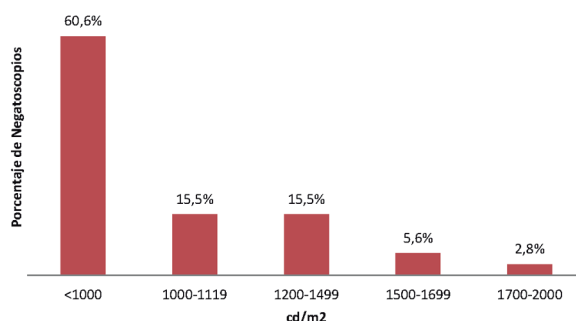


Figura 4. Distribución de valores promedios de luminancia en negatoscopios.

para mamografía, cuyas recomendaciones son de mayor o igual a 3000 cd/m².

Los valores promedios de la luminancia, agrupados por categorías se presentan en la figura 4.

Los datos de luminancia y la evaluación de homogeneidad se presentan en el cuadro 3, donde se puede observar que la homogeneidad es de 97,1%, lo cual es un ejemplo de buen funcionamiento del negatoscopio y en el cuadro 4 se puede observar la homogeneidad de 28,6 %, ejemplo de un negatoscopio no aceptable.

En el trabajo se asume que un valor de desvío relativo porcentual menor a 30% es equivalente a una homogeneidad de 70%, con lo cual todos los negatoscopios con valores mayores a 70% de homogeneidad son considerados aceptables para su utilización.

Cuadro 3. Valores de luminancia en cd/m² y desviación relativa porcentual, donde las letras y los números de la primera fila corresponden a los valores indicados en elacrílico. a) Valores considerados buenos y dentro de tolerancia.

I	1	2	3	4	5
a	881,8	896,4	901,5	904	924,4
b	1033	1063	1023	1058	1053
c	937,7	963,2	951,3	944,8	937,8
d	909,9	908,6	903,1	904	900,1
e	991,1	1017	1021	1028	1023
f	1033	1047	1048	1035	1033
g	786,1	801,2	603,5	776,1	702,5
Promedio Lp = 941,3					

I	1	2	3	4	5
a	6,3	4,8	4,2	4,0	1,8
b	9,7	12,9	8,7	12,4	11,9
c	0,4	2,3	1,1	0,4	0,4
d	3,3	3,5	4,1	4,0	4,4
e	5,3	8,0	8,5	9,2	8,7
f	9,7	11,2	11,3	10,0	9,7
g	16,5	14,9	35,9	17,5	25,4
Número de desviación <30% Ln= 34					
Homogeneidad				H= 97,1%	

Cuadro 4. Valores de luminancia en cd/m^2 y desviación relativa porcentual, donde las letras y los números de la primera fila corresponden a los valores indicados en elacrílico. **b)** Valores considerados fuera de tolerancia.

II	1	2	3	4	5	II	1	2	3	4	5
a	169,9	209,7	301,2	426	594,5	a	50,6	39,0	12,4	23,9	72,8
b	169,7	210,3	295,6	471,2	701	b	50,7	38,9	14,1	37,0	103,8
c	174,4	216,8	304,6	466,5	656,7	c	49,3	37,0	11,4	35,6	90,9
d	171,9	218,9	307,5	453,9	607	d	50,0	36,4	10,6	32,0	76,5
e	164	206,3	289,3	451,6	667,2	e	52,3	40,0	15,9	31,3	94,0
f	154	191,2	262	431	652,3	f	55,2	44,4	23,8	25,3	89,6
g	148	182,7	243,7	359,5	508,6	g	57,0	46,9	29,1	4,5	47,9
Promedio $L_p = 343,9$						Número de desviación $< 30\%$ $L_n = 10,0$					
						Homogeneidad $H = 28,6\%$					

Con los valores de las tablas de los Cuadros 3 y 4 se grafican las zonas de luminancia y se mapean las desviaciones relativas porcentuales para el cálculo de la homogeneidad, dichas gráficas se muestran en las Figuras 5 y 6, para negatoscopio con málfuncionamiento y negatoscopio con buen funcionamiento respectivamente.

En relación a la Homogeneidad de la luminancia, el 83,1% de los negatoscopios presentan un nivel óptimo de homogeneidad (mayor al 70%), como se puede notar en la figura 7.

Sin embargo, el 89,8% de los negatoscopios dentro los límites de homogeneidad “no cumple con la luminancia promedio, aceptable para su utilización

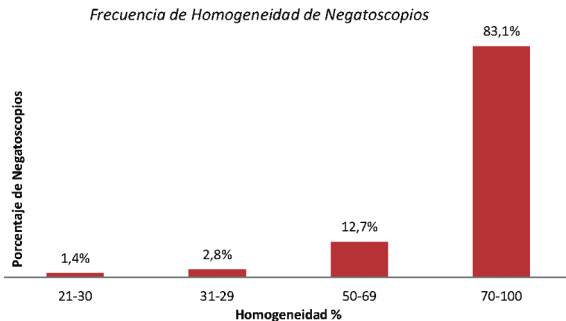
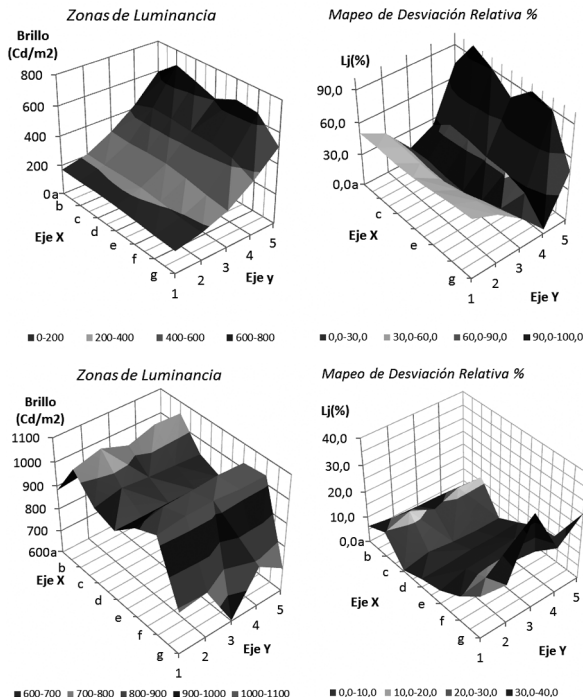


Figura 7. Distribución de valores de homogeneidad en 71 negatoscopios.

en radiodiagnóstico” y sólo seis negatoscopios que representan el 10,2% cumplen con las condiciones de luminancia y uniformidad.

Con los valores de Homogeneidad y de máxima luminosidad se graficó la figura 8, en donde se puede observar la gran cantidad de negatoscopio en malas condiciones.

c) Iluminación ambiental de las salas

En las 14 salas evaluadas existen variaciones de la iluminación ambiental que inciden en la luminancia

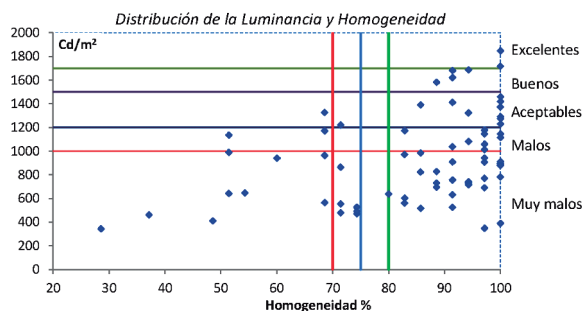


Figura 8. Distribución de luminancia y homogeneidad separadas en categorías.

de los negatoscopios, dichas variaciones son distintas para cada una de las clínicas visitadas, y solo el 29,5% se encuentran dentro de las tolerancias establecidas según las normas técnicas correspondientes (menor a 50 lux), esto se puede observar en la figura 9.

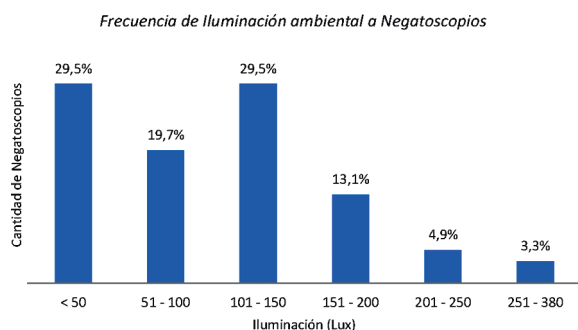


Figura 9. Promedio de la Iluminación Ambiental para Negatoscopios en 14 salas.

CONCLUSIONES

Bajo los criterios de evaluación sólo dos negatoscopios cumplen con una Calidad Excelente para visualizar una buena imagen radiológica, con menor posibilidad de error y menor fatiga visual del observador.

Las variaciones de iluminación ambiental, obtenidas en los servicios de radiodiagnóstico visitados, demuestran la importancia de un ambiente adecuado y exclusivo para la interpretación de estudios radiológicos de manera a detectar estructuras de bajo contraste y disminuir los niveles de fatiga visual del médico, a causa de la observación prolongada en malas condiciones.

Los niveles bajos de luminancia en la superficie de los negatoscopios, reducen la capacidad de interpretación radiográfica, en comparación con un negatoscopio en óptimas condiciones, esto se debe a la disminución del contraste de las imágenes radiográficas, por lo cual las acciones correctivas sugeridas por este trabajo son: la renovación total de los tubos fluorescentes con periodicidad y forma adecuada, la limpieza en la superficie difusora del negatoscopio y su correcta fijación.

Con los resultados obtenidos a lo largo del desarrollo del trabajo, concluimos que existe la necesidad de mantener un programa de Control de Calidad en Radiodiagnóstico, que garantice la correcta utilización del negatoscopio y su mantenimiento preventivo, además sugerimos la implementación de niveles más restrictivos de tolerancia combinada (Cuadro 2) de uniformidad y promedio de luminancia.

LITERATURA CITADA

- AGUILA, S. 2005. Procedimientos de evaluación de riesgos ergonómicos y psicosociales (en línea). España. Consultado 10 Oct 2012. Disponible en: <http://www.ual.es/GruposInv/Prevencion/evaluacion/procedimiento/A-Espacio%20de%20trabajo.pdf>
- AGUILAR, A. 2006. Modelos visuales en análisis de calidad de imagen (en línea). Madrid, España. 5 mar 2012. Disponible en: http://optica.csic.es/papers/pfc_ana.pdf.
- COLOMBO, E.; O'DONELL, B.; KIRSHBAUM, C. 2002. Luz, color y visión. (en línea). Argentina, Consultado el: 02 sep 2011, Disponible en: <http://www.edutecne.utn.edu.ar/eliiluminacion/cap02.pdf>.
- HARVEY E. WHITE.; FRANCIS A. JENKINS; 1964. Fundamentos de Óptica. 3ra. Ed. Madrid. Aguilar S. A. de Ediciones. 696p.
- Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). 1997. Normas Básicas Internacionales de Seguridad para la Protección contra la Radiación Ionizante y para la Seguridad de las Fuentes de Radiación. Colección de Seguridad. Viena

- Austria: OIEA. 366p. Nº 115.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). 1983. Criterios Aplicables a las Exploraciones Radiodiagnóstico. Publicación N. 689.
- PEDROSA. C.; CASANOVA R. Diagnóstico por imagen. Compendio de radiología clínica. Interamericana McGraw-Hill, 1988. 805p.
- STEWART, C.; BUSHONG. 1998. Manual de radiología para técnicos. Física biológica y protección radiológica. 6ta. Edición. Harcourt Brace España S.A. 704p.
- TABOADA. J; 1993. *Manual de Luminotecnica. Westinghouse*. Editorial AYMI. Argentina. 254p.
- TECDOC-1517. 2006. Control de Calidad en Mamografía. Vienna Austria: OIEA. 138p.

EFFECTOS TÓXICOS AGUDOS DE METALES PESADOS SOBRE EL CRECIMIENTO RADICULAR DE *LACTUCA SATIVA*

ACUTE TOXIC EFFECTS OF HEAVY METALS ON ROOT GROWTH OF *LACTUCA SATIVA*

FERNANDO S. ALONSO¹, TOMÁS LÓPEZ²

¹ Facultad de Ciencias - Universidad de Córdoba-España. E-mail: fernapi@live.com

² Laboratorio de Mutagénesis Ambiental- Facultad de Ciencias Exactas y Naturales- Universidad Nacional de Asunción- Paraguay

Resumen: En este trabajo se presentan los resultados de bioensayos de toxicidad aguda realizados para evaluar la sensibilidad de *Lactuca sativa*, determinando la inhibición de crecimiento radicular (IP) frente a seis metales pesados, mediante los compuestos de SO_4Zn , SO_4Cu , $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ y SO_4Ag_2 , abarcando los intervalos de exposición de 12,5 a 1000 mg. L^{-1} . La toxicidad relativa de los metales analizados fue: $\text{Cd} > \text{Cr} > \text{Cu} > \text{Ag} > \text{Zn} > \text{Pb}$.

Palabras clave: inhibición, bioensayos, toxicidad.

Abstract: This paper presents the results of bioassays to evaluate the sensitivity of *Lactuca sativa* to heavy metals, by determining the growth inhibition (IP) under the influence of the compounds SO_4Zn , SO_4Cu , $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ and SO_4Ag_2 , covering exposure intervals 1000 to 12.5 mg. L^{-1} . The relative toxicity of the analyzed metals was: $\text{Cd} > \text{Cr} > \text{Cu} > \text{Ag} > \text{Zn} > \text{Pb}$.

Key words: heavy metal, bioassays, toxicity.

INTRODUCCIÓN

Actualmente se reconoce la importancia de evaluar el nivel de riesgo ambiental de los metales pesados sobre diversos representantes de ecosistemas terrestres y acuáticos, utilizando bioensayos ecotoxicológicos (Iannacone & Alvarino, 2005); para el efecto se dispone de una batería de organismos bioindicadores representativos de diversos taxones y ambientes (López, *et al.*, 2013), con las que es factible determinar la toxicidad de diversas sustancias, y predecir sus posibles impactos ambientales.

Los bioensayos con plantas vasculares aportan informaciones relevantes sobre los posibles efectos de los contaminantes, tanto en el medio acuático como en el terrestre. Iannacone & Alvarino (2005) señalan las ventajas de realizar ensayos de fitotoxicidad con semillas por la facilidad de almacenarlas, el costo de mantenimiento mínimo, las muestras testeadas no requieren aireación durante el ensayo, no se requiere filtración de muestras turbias y las pruebas se pueden desarrollar sin necesidad de ajustar el pH. En este sentido, el bioensayo de

toxicidad con semillas de lechuga (*Lactuca sativa*), prueba estática de toxicidad aguda (120 horas de exposición) evalúa los efectos fitotóxicos de compuestos de diversa naturaleza, como metales pesados, plaguicidas, aguas residuales (Dutka, 1989; Lewis, 1995; Mohan & Hosetti, 1999; Castillo, 2004), sobre el proceso de desarrollo de las plántulas, durante los primeros días de crecimiento (Hulzebos *et al.*, 1993; Wang & Freemark, 1995; Blackburn & Boutin, 2003).

Se sabe que algunos de estos metales en pequeñas dosis (trazas) son beneficiosos para el crecimiento de la planta, no obstante se han informado con frecuencia de estudios sobre el efecto tóxico de los metales en las plantas individuales o comparaciones de la toxicidad de los metales; la literatura al respecto es numerosa, se pueden encontrar referencias de estudios que miden el efecto del cobre en *Agrostistenuis* (McNeilly & Bradshaw, 1968; Wu & Antonovics, 1975); plomo en *Festuca ovina* (Wilkins, 1957) y *Agrostistenuis* (Jowett, 1964); zinc y cobre en *Agrostis stolonifera* (Wu & Antonovics, 1975). Combinaciones factoriales de plomo, zinc y

cadmio con *Holcus lanatus* (Coughtley & Martin, 1978) y el efecto aditivo del cobre, níquel y zinc en *Hordeum vulgare* (Beckett & Davis, 1978).

Uno de los criterios para evaluar los efectos fitotóxicos, es mediante la determinación de la inhibición en la elongación de la radícula de *L. sativa* (Lewis, 1995; Wang & Freemark, 1995; Castillo, 2004). Es importante destacar que durante el período de germinación y los primeros días de desarrollo de la plántula ocurren numerosos procesos fisiológicos, en los que la presencia de una sustancia tóxica puede interferir alterando la supervivencia y el desarrollo normal de la planta, siendo por lo tanto una etapa de gran sensibilidad frente a factores externos adversos (Boutin *et al.*, 1993; Mohan & Hosetti, 1999; Zakrzewski, 1991; Newman & Jagoe, 1996). Por otra parte, muchas de las reacciones y procesos fisiológicos involucrados en la germinación son comunes para la gran mayoría de las plantas con semillas, por lo que la respuesta de esta especie y los datos obtenidos a partir de la aplicación de esta prueba son en gran medida representativos de los efectos en semillas o plántulas en general (Mohan & Hosetti, 1999; Lytle & Lytle, 2001; Castillo, 2004).

A diferencia de la prueba tradicional de germinación de semillas, la evaluación del efecto en la elongación de la radícula de las plántulas permite ponderar el efecto tóxico de compuestos solubles, presentes en niveles de concentración tan bajos que no son suficientes para inhibir la germinación, pero que sin embargo pueden retardar o inhibir completamente los procesos de elongación, dependiendo ello del modo y sitio de acción del compuesto (Lewis, 1995; Wang y Freemark, 1995; Mohan & Hosetti, 1999). Los ensayos de fitotoxicidad con semillas germinadas son simples, versátiles y útiles para evaluar la toxicidad de aguas, sedimentos y muestras de suelo (Boutin *et al.*, 1993; Lewis, 1995). De esta manera, la inhibición en la elongación de la radícula constituye un indicador subletal muy sensible para la evaluación de efectos biológicos en vegetales aportando información complementaria a la proporcionada al estudiar el efecto en la germinación.

El objetivo de este estudio es evaluar los efectos fitotóxicos de seis metales sobre la inhibición y elongación del crecimiento radicular de *Lactuca sativa* y la determinación de algunos aspectos de la ecotoxicidad de estos metales pesados empleando bioensayos sencillos y prácticos para catalogar toxicológicamente muestras ambientales contaminadas estas sustancias contribuirá, en el Paraguay, a tomar medidas para evaluar la perturbación de los ecosistemas y promover alternativas de biorremediación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron semillas de *L. sativa* var. mantecosa, obtenidas de un comercio local de productos agropecuarios. Antes de su empleo todas las semillas se mantuvieron en condiciones de oscuridad y a temperaturas de 6°C para inhibir su germinación y mantener su fertilidad, según el criterio propuesto por Wang (1991). Se descartaron las semillas dañadas y se utilizaron las de un mismo tamaño.

En la prueba, se tomaron 20 semillas de tamaño similar, forma y color; se distribuyeron uniformemente sobre papel filtro Quanty, impregnado con 4 ml de la muestra de la solución dentro de una caja de Petri, posteriormente las placas fueron colocadas en bolsas de plástico de cierre hermético, e incubadas en oscuridad a $20 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 120 horas en una estufa modelo LAB-LINE modelo AMBI-HI-LO. CHAMBER (Castillo, 2004). Se utilizó como control negativo y como diluyente agua dura reconstituida (APHA, 1998) y se determinó la toxicidad de los metales pesados: zinc, cobre, cadmio, cromo, plomo y plata en diferentes soluciones, tomando 2 réplicas de la solución a diferentes concentraciones (tratamientos) (Tabla 1):

Transcurridos el tiempo de exposición se procedió a la determinación del número de semillas germinadas para cada ensayo y la longitud de las raíces. Con estos datos, se elaboraron gráficas dosis-respuesta, colocando en la ordenada el porcentaje de inhibición de crecimiento radicular (IP) y en la abscisa la concentración. Mediante el uso de programas estadísticos (probit), se calcula la concentración que produce el 50% de inhibición (CI_{50}/CE_{50}) para cada punto final evaluado. Se grafi-

Tabla 1. Concentraciones de diferentes metales utilizadas en este trabajo.

SO ₄ Zn	Pb(NO ₃) ₂	SO ₄ Ag ₂	SO ₄ Cu	Cd(NO ₃) ₂ 4H ₂ O	K ₂ Cr ₂ O ₇
1000 mg. L ⁻¹	1000 mg. L ⁻¹	300 mg. L ⁻¹	100 mg. L ⁻¹	100 mg. L ⁻¹	100 mg. L ⁻¹
500 mg. L ⁻¹	500 mg. L ⁻¹	150 mg. L ⁻¹	50 mg. L ⁻¹	50 mg. L ⁻¹	50 mg. L ⁻¹
250 mg. L ⁻¹	250 mg. L ⁻¹	75 mg. L ⁻¹	25 mg. L ⁻¹	25 mg. L ⁻¹	25 mg. L ⁻¹
125 mg. L ⁻¹	125 mg. L ⁻¹	37,5 mg. L ⁻¹	12,5 mg. L ⁻¹	12,5 mg. L ⁻¹	12,5 mg. L ⁻¹

có la distribución normal estándar inversa, respecto al logaritmo de la concentración para visualizar las diferencias entre los tratamientos.

Todos estos ensayos se han realizado en el Laboratorio de Mutagénesis Ambiental de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Asunción.

Los datos utilizados para establecer el índice de toxicidad fueron determinadas mediante la siguiente ecuación:

$$IP = \frac{(\text{Longitud Promedio del control} - \text{longitud promedio del tratamiento})}{\text{Longitud promedio del control}} \times 100$$

La concentración efectiva que causa el 50% (CE₅₀) de la inhibición del crecimiento de la raíz, y los intervalos de confianza al 95% se determinaron mediante el programa estadístico EPA Probit versión 1. 5; otros análisis estadístico se realizaron con Excel 2007, y el SPSS 15. 0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Toxicidad del Cobre

Se analizaron los resultados obtenidos con el test agudo tras las 120h de exposición al SO₄Cu (Tabla 2). La CE₅₀ obtenida por el método Probit para el compuesto fue de 31. 70 mg. L⁻¹ (20. 546 - 46. 518), de esta cantidad 12,56 mg. L⁻¹ corresponde a Cu⁺².

El cobre es un micronutriente esencial para el desarrollo de las plantas, habitualmente se encuentra en el suelo en la forma Cu⁺² a una concentración promedio de 6 mg. L⁻¹, contribuye como activador enzimático e incrementa el contenido de azúcares; no obstante a concentraciones superiores puede presentar efectos adversos. La CE₅₀ (Figura 8) para el metal determinada en este estudio (12.56 mg. L⁻¹), es similar los demostrados por otros autores, McNeilly & Brandshaw (1968) mencionan que a 25 mg. L⁻¹ se inhibe el crecimiento total de *Agrostis tenuis*. Más recientemente, Duarte (2009) reporta unos valores de 4,11 mg. L⁻¹ para *L. sativa*. Otros

Tabla 2. Resultados de los análisis de inhibición de crecimiento por el método Probit de *Lactuca sativa* con SO₄Cu.

Ecuación Lineal	R ²	X ² Calculado	X ² Tabulado	CE ₅₀ (mg. L ⁻¹)	Intervalo de confianza 95% (mg. L ⁻¹)
Y=1,7056x + 2,4786	0,9448	0. 941	5. 991	31. 707	20.546 - 46.518

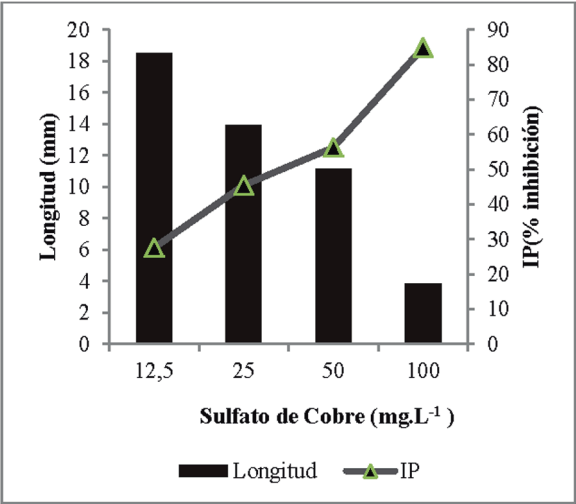


Figura 1. Toxicidad aguda del Sulfato de Cobre en *L. sativa*. Longitud promedio de las raíces y efecto de Inhibición del crecimiento radicular (IP).

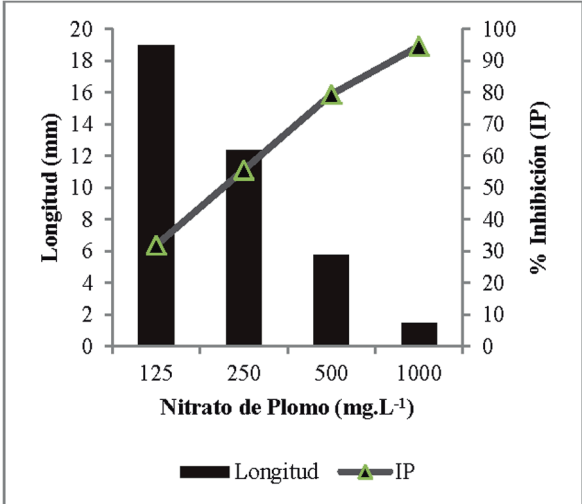


Figura 2. Toxicidad aguda del Nitrato de Cadmio en *L. sativa*. Longitud promedio de las raíces y efecto de Inhibición del crecimiento radicular (IP).

investigadores (Wu, 1975) reportan valores de inhibición para CuO de 12,9 mg. L⁻¹ que son similares a los obtenidos en este trabajo.

Sin embargo, ensayos realizados con otros modelos vegetales (Wong & Bradshaw, 1982) obtienen 0,02 mg. L⁻¹ de Cu utilizando *Lolium perenne*, Craig (1978) con varias especies de prueba, reporta valores de inhibición DL₅₀, a concentraciones muy inferiores, tales como: 0,04 mg. L⁻¹ para *Chloris gayana*, 0,26 mg. L⁻¹ para *Panicum maximun*, y 0,27 mg. L⁻¹ para *Zea mays*. Estas diferencias podrían ser debidas a la sensibilidad de cada planta.

Toxicidad del Cadmio

El Cadmio, analizado en forma de sal de nitrato, presentó un valor de CE₅₀, inferior al de los demás metales estudiados (Tabla 3, Figura 2); la toxicidad del compuesto en forma de sal fue de 12,17 mg.

L⁻¹ (4. 210 -18. 410), de esta cantidad 4,42 mg. L⁻¹ corresponde a Cd⁺².

El cadmio es un elemento no esencial y poco abundante en la corteza terrestre, con una concentración promedio de 0,1-0,2 mcg. g⁻¹ y a bajas concentraciones puede ser tóxico para todos los organismos vivos; concentraciones iguales o inferiores a 0,22 mg. L⁻¹ estimulan el crecimiento radical, pero concentraciones mayores a 2,2 mg. L⁻¹ inhiben el crecimiento radical en forma proporcional a la concentración del metal utilizada, bloqueándose completamente el desarrollo a una concentración de 100 mg. L⁻¹. Concentraciones menores de 5 mg. L⁻¹ pueden producir clorosis en *Nicotiana tabacum* variedad turca (Spencer, 1937). En su informe de toxicidad con *Lolium perenne*, Wong & Bradshaw, (1982) reporta una DL₅₀ de 1,85 mg. L⁻¹.

Tabla 3. Resultados de los análisis de inhibición de crecimiento por el método Probit de *Lactuca sativa* con Cd(NO₃)₂ 4H₂O.

Ecuación Lineal	R ²	X ² Calculado	X ² Tabulado	CE ₅₀ (mg. L ⁻¹)	Intervalo de confianza 95% (mg. L ⁻¹)
Y = 1,8427x + 3,112	0,9127	1. 326	5. 991	12. 170	4. 210 - 18. 410

Tabla 4. Resultados de los análisis de inhibición por el método Probit de crecimiento de *Lactuca sativa* con $K_2Cr_2O_7$.

Ecuación Lineal	R ²	X ² Calculado	X ² Tabulado	CE ₅₀ (mg. L ⁻¹)	Intervalo de confianza 95% (mg. L ⁻¹)
Y = 1,2327x + 3,4142	0,9582	0.308	5.991	18. 944	2. 130 - 33. 944

Toxicidad del cromo

En los resultados tras realizar el ensayo con $K_2Cr_2O_7$ se presentan en la Tabla 4. La CE₅₀ por el método Probit para el compuesto fue 18. 94 mg. L⁻¹ (2. 130 - 33. 944), de esta cantidad 6,61 mg. L⁻¹ corresponde a Cr.

El cromo se encuentra en la naturaleza en tres formas estables: como cromo metálico, Cr (III) y Cr (VI) siendo distintas sus propiedades tóxicas según su valencia, es el vigésimo primer elemento más abundante de la corteza terrestre, con una concentración promedio de 100 mg. kg⁻¹. Concentraciones de 6 mg. L⁻¹ de Cromo en *Oriza sativa* producen inhibición de crecimiento de la raíz (Mukherji & Roy, 1977), este valor es similar al determinado en este estudio. No obstante, Duarte (2009) reporta unos valores aproximados a 35,43 mg. L⁻¹ de $K_2Cr_2O_7$ para *L. sativa*.

Toxicidad del Plomo

La toxicidad del Plomo fue testeada con $Pb(NO_3)_2$ (Tabla 5). La CE₅₀ obtenida por el método Probit para el compuesto fue de 205. 883 mg. L⁻¹ (141. 642 - 268. 248), de la que 128. 75 mg. L⁻¹ corresponde a Pb⁺²

Entre los metales pesados de número atómico mayor de 60, el plomo es el más abundante en la corteza de la tierra. Aunque el plomo no es esencial para las plantas, éste es incorporado en mediante la unión a los compuestos de la pared celular y posteriormente es internalizado a las células. Según los datos obtenidos en este trabajo, el Plomo es el metal menos tóxico entre los seis metales testeados, con una CE₅₀ muy superior al resto. Sin embargo, otros estudios presentan valores diferentes a los resultados obtenidos en esta investigación. Wong & Bradshaw (1982) reportan valores de 1,7 mg.

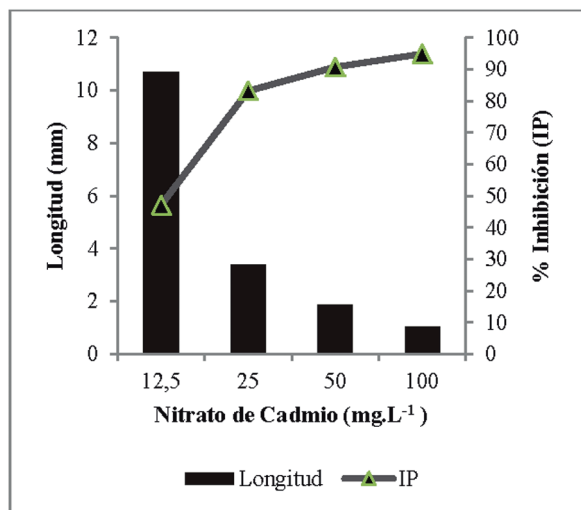


Figura 3. Toxicidad aguda del Dicromato de potasio en *L. sativa*. Longitud promedio de las raíces y efecto de Inhibición del crecimiento radicular (IP).

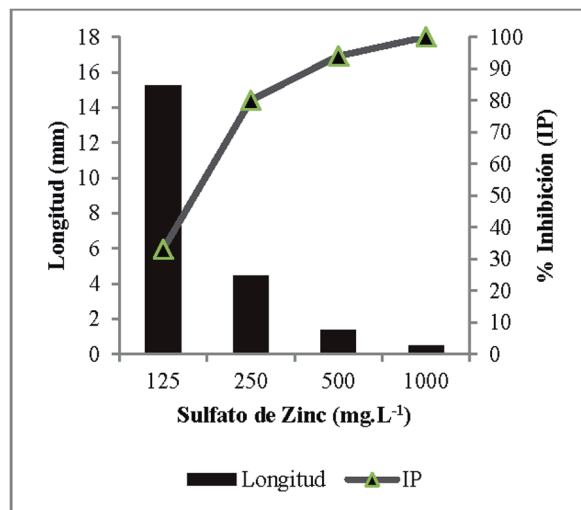


Figura 4. Toxicidad aguda del Nitrato de plomo en *L. sativa*. Longitud promedio de las raíces y efecto de Inhibición del crecimiento radicular (IP).

Tabla 5. Resultados de los análisis de inhibición de crecimiento por el método Probit de *Lactuca sativa* con $Pb(NO_3)_2$.

Ecuación Lineal	R ²	X ² Calculado	X ² Tabulado	CE ₅₀ (mg. L ⁻¹)	Intervalo de confianza 95% (mg. L ⁻¹)
Y = 2,2698x – 0,2866	0,9983	0. 397	5.991	205. 883	141. 642 - 268. 248

Tabla 6. Resultados de los análisis de inhibición de crecimiento por el método Probit de *Lactuca sativa* con SO_4Zn .

Ecuación Lineal	R ²	X ² Calculado	X ² Tabulado	CE ₅₀ (mg. L ⁻¹)	Intervalo de confianza 95% (mg. L ⁻¹)
Y = 3,004x – 1,5894	0,9796	0.543	5.991	158. 382	110. 972 - 199. 538

L⁻¹de Pb utilizando *Lolium perenne*, Craig (1978) obtiene un valor de DL₅₀ de 11,2 mg. L⁻¹ para *Zea mays*, y de 10 mg. L⁻¹ para *Festuca ovina*.

Toxicidad del Zinc

Los resultados tras realizar el ensayo con SO_4Zn , (Tabla 6), donde la CE₅₀ obtenida por el método Probit para el compuesto fue de 158. 38 mg. L⁻¹, de esta cantidad 63,94 mg. L⁻¹ sería de Zn.

El Cinc es otro micronutriente esencial en la

planta, se encuentran en la naturaleza en la forma Zn⁺² a una concentración habitual de 20 mg. L⁻¹, posee contribuciones funcionales destacadas en la formación de hormonas de crecimiento y la síntesis de proteínas; presentándose efectos tóxicos a concentraciones superiores. La CE₅₀ del Zn (63,94 mg. L⁻¹) determinada en nuestro estudio con *L. sativa*, es considerablemente superior a los resultados de Wong & Bradshaw (1982), que reportan valores de DL₅₀ de 1,6 mg. L⁻¹ en *Lolium perenne*. Craig (1978) obtiene un valor de DL₅₀ de 8,37 mg. L⁻¹ para *Zea mays*, y para la inhibición total de crecimiento de 5 mg. L⁻¹ para *Phaseolus vulgaris*. Sutcliffe & Marshall (1971) exponen que 7 mg/L produce la muerte en *Agrostis tenuis*.

Toxicidad de la Plata

La CE₅₀ obtenida por el método Probit para SO_4Ag_2 (Tabla 7) fue de 79. 722 mg. L⁻¹, de la que 55,03 mg. L⁻¹ corresponde a Ag.

El tiosulfato de plata es utilizado normalmente para revertir el sexo de las plantas. Desde el punto de vista ecotoxicológico existe gran cantidad de información que sugiere que la responsable de la toxicidad de la plata es asignable a su forma iónica monovalente (Ag⁺). En lo que respecta a las distintas sales utilizadas en los ensayos de toxicidad, se observa que cuando se utiliza nitrato de plata la

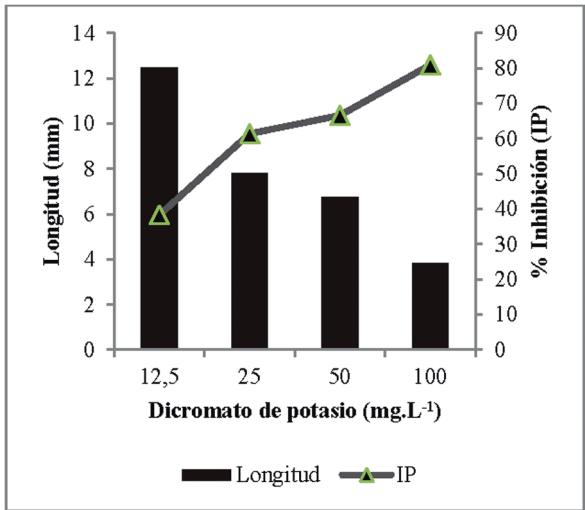
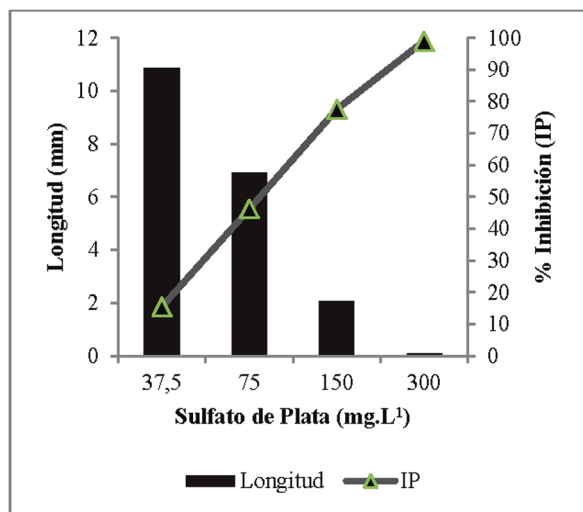


Figura 5. Toxicidad aguda del Sulfato de Zinc en *L. sativa*. Longitud promedio de las raíces y efecto de Inhibición del crecimiento radicular (IP).

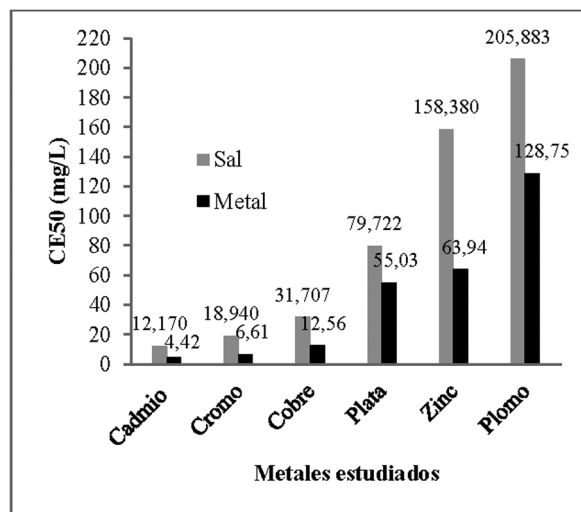
Tabla 7. Resultados de los análisis de inhibición de crecimiento por el método Probit de *Lactuca sativa* con $\text{SO}_4 \text{Ag}_2$.

Ecuación Lineal	R ²	X ² Calculado	X ² Tabulado	CE ₅₀ (mg. L ⁻¹)	Intervalo de confianza 95% (mg. L ⁻¹)
$y = 3,715x - 1,979$	0,9937	0. 752	5. 991	79. 722	57. 747 - 106. 618

**Figura 6.** Toxicidad aguda del Sulfato de plata en *L. sativa*. Longitud promedio de las raíces y efecto de Inhibición del crecimiento radicular (IP).

toxicidad es superior en varios órdenes de magnitud a la observada cuando se utilizan tiosulfato o cloruro de plata. Según Pérez y Baracaldo (2010), la concentración de inhibición (CE₅₀-120) para compuestos puros de la Plata (Ag⁺) sobre la especie de semillas de lechuga (*L. sativa*) fue de 85,6mg. L⁻¹.

La figura 7 muestra los valores comparativos de inhibición de crecimiento radicular en términos de CE₅₀ y la cantidad de metal existente en cada compuesto. La comparación de resultados con otras investigaciones es complicada puesto que se utilizan diferentes especies de plantas vasculares. Según los resultados de otros autores (Iannaconeet *al.*, 2005) utilizando plántulas como *A. cepa*, *B. vulgaris*, *O. sativa* y *Raphanus sativa* podemos afirmar que el Pb es el metal menos tóxico tanto para *L. sativa* como para las otras plantas, hay varias excepciones que nombran al Zn como el menos

**Figura 7.** Comparación de los valores de CE₅₀ y cantidad de metal de cada compuesto ensayado.

tóxico antes que al Pb (Vargas-Palomino *et al.*, 2007) pero son valores similares.

Las discrepancias más grandes que hemos encontrado con nuestro trabajo han sido los determinados por Duarte (2005) el cual reporta valores más tóxicos para el Cu que para el Cr. Según Wong & Bradshaw (1982), esta es la secuencia de toxicidad utilizando *Lolium perenne* para la inhibición de crecimiento Cu > Pb > Cd > Zn > Cr, y esta es la que proponen Cheung & Wong (1989) para *Brassicapa rachinensis* Cd > Cu > Zn > Pb. Estas diferencias pueden ser debidas a la fisiología de cada planta.

La inhibición en el crecimiento de la radícula de *L. sativa*, causada por los metales, sería una consecuencia de la alteración de los procesos normales de división y elongación celular durante los primeros días de crecimiento de las plantas (Samantary,2002). De acuerdo a los análisis de regresión del modelo log-Probit para cada com-

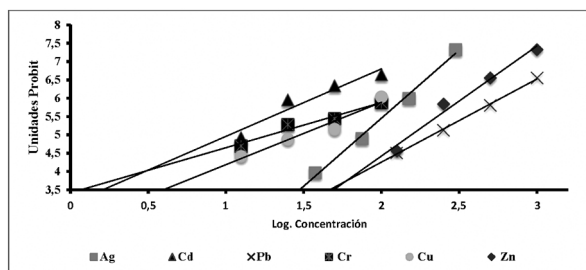


Figura 8. Rectas de regresión para el modelo Log-Probit sobre *L. sativa* 120h para cada uno de los compuestos ensayados.

puesto, mostrados en la Figura 8, la secuencia de toxicidad de metales en orden decreciente según la inhibición de crecimiento radicular (Figuras 7 y 8) fue: Cd > Cr > Cu > Ag > Zn > Pb, siendo el plomo con gran diferencia el menos tóxico y el cadmio el más tóxico, con valores similares al cromo. Al comparar los índices de inhibición del crecimiento radicular, concluimos que este es muy sensible según los resultados obtenidos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los directivos de la FACEN por la oportunidad de realizar la estancia para el desarrollo de la investigación, así como a los estudiantes e investigadores del Laboratorio de Mutagénesis Ambiental, sin quienes no sería factible este trabajo.

LITERATURA CITADA

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). 1992. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Editorial Diaz de Santos, S. A. , Madrid. 1,576 pp.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). 1998. Standard methods for the examination of water and wastewater. Part 8000, Toxicity. Clesceri, L. S. ; Greenberg, A. E. ; Eaton, A. D. Joint Editorial Board. 20th Ed.
- BECKETT, P.H.T. & DAVIS, R.D. 1978. The additivity of the toxic effects of copper, nickel and zinc in young barley. *New Phytologist*, 81, 155-173.
- BLACKBURN, L. & BOUTIN, C. 2003. Subtle effects of herbicide use in the context of genetically modified crops: A case study with glyphosate (Roundup R). *Ecotoxicology* 12, 271-28
- CASTILLO, G. (Ed.). 2004. Ensayos Toxicológicos y Métodos de Evaluación de Calidad de Aguas. Estandarización, Intercalibración, Resultados y Aplicaciones. Edición conjunta IDRC, SEMARNAT, IMTA, México. 188 pp.
- CHEUNG, Y.H.; WONG, M.H. & TAM, N.F.Y. 1989. Root and Shoot Elongation as an Assessment of Heavy Metal Toxicity and Zn Equivalent Value of Edible Crops. *Hydrobiologia*, 188/189: 377-383.
- COUGHTLEY, P.J. & MARTIN, M. H. 1978. Tolerance of *Holcus lanatus* to lead, zinc and cadmium infactorial combination. *New Phytologist*, 81, 147-154.
- DUTKA, B. 1989. Short-term root elongation toxicity bioassay. *Methods for Toxicological Analysis of Waters, Wastewaters and Sediments*. National Water Research Institute (NWRI). Environment Canada.
- ENVIRONMENT CANADA. 1999. Guidance document on application and interpretation of single-species tests in environmental toxicology. EPS1/RM/34, Environmental Protection Service, Environment Canada, Ottawa, Ontario.
- IANNACONE, O.J. & ALVARIÑO, F.L. 2005. Ecotoxicological Effects of Three Heavy Metals on the Root Growth of Four Vascular Plants. *Agricultura Técnica*, 65(2), 198-203.
- JOWETT, D. 1964. Population studies on lead tolerant *Agrostis tenuis*. *Evolution*, 18, 70-84.
- LEWIS, M.A. 1995. Use of freshwater plants for phytotoxicity testing: a review. *Environmental Pollution*, 87, 319-336.
- LÓPEZ, T.; FRANCO DE DIANA, D.; FERNÁNDEZ PERALTA, V.; BENÍTEZ TORRES, C.; BENÍTEZ, M.; RAMOND, F.; LÓPEZ VERA, M.E.; BOBADILLA GIMÉNEZ, N.; KURITA, G.; ACUÑA, R.; CABALLERO, R.; LÓPEZ, D. 2013. Diagnóstico Ecotoxi-

- cológico y Genotóxico de los Afluentes del Lago Ypacarai, mediante bioensayos con *Daphnia magna* Straus, *Daniorerio*, *Lactuca sativa* L y *Allium cepa* L. Investigaciones y Estudios de la UNA. Recuperado el 10 de Noviembre de 2014, de <http://sdi.cnc.una.py/catbib/documentos/647.pdf>.
- LYTLE J.S. & LYTLE T.F. 2001. Use of plants for toxicity assessment of estuarine ecosystems. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 20: 68-83.
- MCNEILLY, T. & BRADSHAW, A.D. 1968. Evolutionary processes in populations of copper tolerant *Agrostis tenuis*, Sibth. *Evolution*, 11, 108-118.
- WONG, M. H., BRADSHAW, A. D, 1982. A comparison of the toxicity of heavy metals, using root elongation of rye grass, *Lolium perenne*. Department of Botany, Liverpool University, Liverpool L69 3BX, U. K.
- MOHAN, B.S. & HOSETTI, B.B. 1997. Potencial-phytotoxicity of lead and cadmium to *Lemna minor* grown in sewage stabilization ponds. *Environmental Pollution*, 98: 233-238.
- MOHAN R.S. & HOSETTI B.B. 1999. Aquatic plants for toxicity assessment. Review of *Environmental Research*. Section A. 81, 259-274.
- NEWMAN, M.C. & JAGOE, C.H. (EDTS.). 1996. *Ecotoxicology: a Hierarchical Treatment*. Lewis Publishers, Boca Raton, 411 pp.
- PEREZ OYOLA, F. & BARACALDO CUBIDES, C. 2010. Determinación de la Concentración de Inhibición Media (CE_{50} -120) producida por la Plata (Ag^+) y los detergentes aniónicos mediante bioensayos de toxicidad sobre semillas de lechuga (*Lactuca sativa* . L) Universidad de la Salle Facultad de Ingenierías. Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria. Bogotá DC.
- HULZEBOS, E.M.; ADEMA, D.M.M.; DIRVEN-VAN BREEMEN, E.M.; HENZEN, L.; VAN DIS, W.A.; HERBOLD, H.A.; HOEKSTRA, J.A.; BAERSELMAN, R. & VAN GESTEL, C.A.M. 1993. Phytotoxicity studies with *Lactuca sativa* in soil and nutrient solution. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 12: 1079-1094.
- SAMANTARY S, 2002. Biochemical responses of Cr-tolerant and Cr-sensitive mung bean cultivars grown on varying levels of chromium. *Chemosphere* 47, 1065-1072.
- VARGAS-PALOMINOS. L, MARTÍNEZ-TRUJILLO. M, ORTIZ-CASTRO. R, LÓPEZ-BUCIO. J. 2007. Efecto de metales pesados sobre el crecimiento de la raíz primaria de *Arabidopsis thaliana* L. Facultad de Biología, Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas, UMSNH.
- WANG W & FREEMARK K, 1995. The use of plants for environmental monitoring and assessment. *Ecotoxicology & Environmental Safety* 30, 289-301.
- WILKINS, D. A. 1957. A technique for the measurement of lead tolerance in plants. *Nature*, 180, 37-38.
- WU, L. & ANTONOVICS, J. 1975. Zinc and copper uptake by *Agrostis stolonifera*, tolerant to both zinc and copper. *New Phytologist*, 75, 231-237.
- ZAKRZEWSKI SF, 1991. *Principles of Environmental Toxicology*. American Chemical Society, Washington DC. 270 pp.

PLAN DE MUESTREO PARA LA ESTIMACIÓN DE LA SUPERFICIE BOSCOSEA DEL PARAGUAY, MEDIANTE EL USO DE IMÁGENES SATELITALES

SAMPLING PLAN FOR ESTIMATING FORESTED AREA OF PARAGUAY, BY USING SATELLITE IMAGES

NATALIA MARIELA ACEVEDO GIMÉNEZ¹

²Departamento de Estadística, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. E-mail: naacevedo@gmail.com

Resumen: En este trabajo se han definido cinco estratos que dividen el Paraguay siguiendo criterios medio-ambientales específicos. Se ha considerado el país subdividido en cuadrículas de 900 m², bajo el esquema de muestreo estratificado, el cual ha sido realizado con tres diferentes asignaciones, permitiendo calcular el tamaño de muestra mínimo para cada estrato, con el fin de estimar la proporción y el total de la superficie de bosques del país, con un margen de error fijado del 2%. Por otra parte, se ha establecido mediante el programa MiraMon y a través de imágenes satelitales, cuáles de estos cuadrados corresponden a superficies de bosques y cuáles no. Con esto se ha obtenido una estimación del total de área boscosa del Paraguay. Para evaluar la eficacia del muestreo realizado a partir de las imágenes satelitales, se han comparado ambos resultados. El muestreo estratificado con asignación de Neyman ha sido el más preciso de los procedimientos considerados, por poseer el menor error de estimación y la menor varianza.

Palabras Claves: *Plan de muestreo, Superficie boscosa del Paraguay, Muestreo estratificado, Asignación de Neyman, MiraMon e Imágenes de satélite.*

Summary: In this paper have been defined five strata that divide the Paraguay following specific environmental criteria. It was considered the country divided into blocks of 900 m², under stratified sampling scheme, which has been performed with three different allocations, allowing to calculate the minimum sample size for each stratum, in order to estimate the proportion and the total forest area of the country, with a margin of error fixed 2%. Otherwise hand, has been established by the program MiraMon and through satellite images, which of these blocks correspond to forested area and which not. Has been obtained an estimation of the total forested area of Paraguay. To evaluate the effectiveness of the sample made from satellite images, have been compared both results. Stratified sampling with Neyman allocation has been the most accurate of the procedures considered, for having the lowest error of estimation and the least variance.

Keywords: *Sampling Plan, Forested area of Paraguay, Stratified sampling, Neyman allocation, MiraMon and Satellite images.*

INTRODUCCIÓN

El Paraguay es un país ubicado en el corazón de América del Sur. Está regado por numerosos ríos de agua dulce y hace decenas de años contaba con vastas extensiones de bosques naturales. Con el correr de los años y la acción destructora del hombre, esos bosques se fueron depredando y las valiosas especies nativas con las que contábamos empezaron a disminuir. Actualmente se habla inclusive, de especies en peligro de extinción ante la inacción gubernamental de años y años.

La sucesión de hechos violentos, las ocupaciones masivas de campesinos “sin tierra”, la venta de tier-

ras paraguayas a colonos brasileiros para dedicar el suelo a cultivos (inicialmente en la Región Oriental y ahora también intensa en la Región Occidental o Chaco Paraguayo) con la consabida tala de bosques, la depredación y la quema, atentando contra la vida de animales y plantas, son realidades a las que se enfrenta la sociedad cotidianamente.

Es menester ante estos hechos contar con estimaciones precisas y valederas sobre la situación actual de los bosques en nuestro país, y así permitir en un futuro detectar los cambios de la superficie forestal, y realizar predicciones sobre el estado de los bosques en el país, de manera formal. Del mismo

modo, contribuir a favor de la concienciación de lo destructiva que es la deforestación masiva, sin planes nacionales de uso racional de los suelos y de reforestación.

Los datos estadísticos, se obtienen a través de la técnica del muestreo estratificado, conjuntamente ligada a la utilización de una herramienta fundamental como lo es la teledetección ambiental. Esto permite mostrar a la luz pública y privada la realidad de la cubierta forestal en el Paraguay, fomentar el manejo y la explotación adecuada, e incentivar el inicio de proyectos más sólidos de protección, salvaguarda y valoración de nuestros bosques.

Por otra parte, el beneficio que la teledetección satelital propone en el campo de la forestación radica en la viabilidad de realizar relevamientos de este tipo con un costo menor al que implica la utilización de técnicas clásicas y/o de fotografía aérea y con una frecuencia de actualización mucho mayor.

El objetivo principal de este trabajo consiste en establecer un plan de muestreo para el estudio de temas medioambientales nacionales, aplicado a la estimación de la superficie de bosques del Paraguay.

MATERIALES Y MÉTODOS

Determinación de los estratos

En el caso de poblaciones estadísticas no homogéneas, es conveniente dividir la población en estratos o subpoblaciones de composición más homogénea, es decir, formar estratos en los que las unidades de muestreo sean lo más homogéneas posibles respecto a la variable que se desea conocer.

Con el objetivo de clasificar **zonas**, se consideran las características climáticas y medioambientales del territorio del Paraguay. Dichas zonas, son los **estratos** y reciben el nombre de **ecorregión** (Área con similar clima, forma de la tierra, suelo, potencial vegetación natural, hidrología y otras variables ecológicas relevantes [Arana Ysa, 2007]) Los estratos seleccionados son: Chaco Seco, Chaco Húmedo, Bosque Atlántico del Alto Paraná (BAAPA), Pantanal y Cerrado. Las características de cada uno de estos estratos, según Bartrina (2007), son las siguientes:

Chaco Seco

Predominan la sabana, los bosques espinosos y las áreas de transición entre ambos. La mayor parte de la región está alterada por el pastoreo. La temperatura media anual oscila alrededor de los 26° C y la precipitación no alcanza los 100 mm.

Chaco Húmedo

La vegetación consiste en bosques xenófilos mezclados con sabanas con palmeras. La ecorregión ha sido moderadamente modificada por la ganadería. La temperatura media anual varía de norte a sur de 23° a 18° C y la precipitación varía entre 1300 mm anuales en el este a 750 mm en el oeste.

Bosque Atlántico del Alto Paraná (BAAPA)

La región actúa como un corredor para la migración de especies entre bosques húmedos y semi-decíduos, y entre los bosques atlánticos y el Cerrado. La mayor parte de la región está conformada por miles de remanentes de bosques autóctonos de entre 0.01 y 1 km² rodeados por pasturas y áreas agrícolas.

Pantanal

El Pantanal es el mayor humedal de Sudamérica, en las áreas más bajas el Pantanal está cubierto por miles de lagos, cochas y charcos permanentes y semipermanentes de entre unos pocos metros y decenas de 100 mm de diámetro. El clima tropical semi-húmedo es dominado por un patrón altamente estacional de lluvias, con más de 100 mm de lluvias mensuales entre noviembre y marzo, seguido de un invierno mucho más seco en el que la temperatura puede caer a 0° C.

Cerrado

El Cerrado es la mayor sabana de Sudamérica y la más rica del mundo. En las mesetas entre los 500 y 1700 m de altitud el paisaje es dominado por vegetación de cerrado, una vegetación de sabana que cubre el 95% de la región, con franjas de bosques de galería a lo largo de ríos y arroyos. Las precipitaciones anuales varían entre 1250 y 2000 mm, y la temperatura entre 20° y 26° C. Se lo considera como la nueva frontera agrícola, con proyectos de

desarrollo financiados por agencias multilaterales de crédito que favorecen la creación de pasturas y plantaciones de soja, maíz y arroz. En la Figura 1 se observa el mapa del Paraguay dividido en cinco ecorregiones.

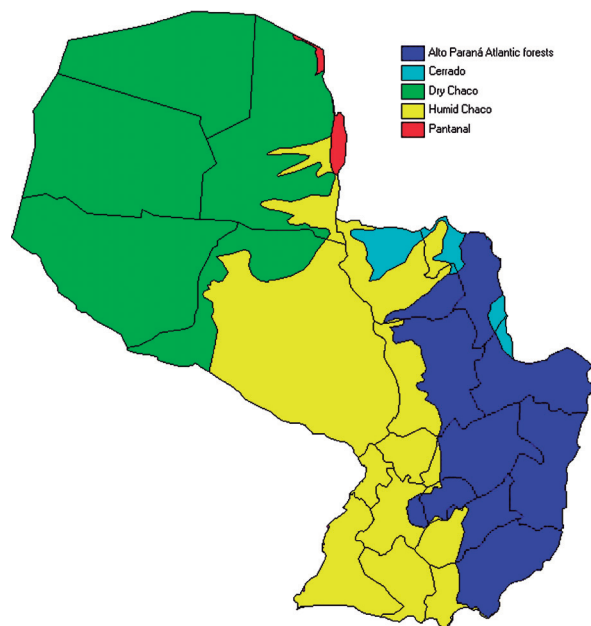


Figura 1. Clasificación de los estratos según criterios medio-ambientales del Paraguay. Ecorregiones del Paraguay.

Aplicación al estudio de la superficie boscosa del Paraguay. Obtención de las estimaciones mediante el programa MiraMon

Se seleccionan como zonas de estudio las 5 ecorregiones que abarcan el Paraguay, cubiertas a partir de imágenes satelitales captadas por los satélites Landsat-5 TM y Landsat-7 ETM+ y adquiridas desde el año 2005 hasta el 2011. En el Paraguay no se cuenta con una cartografía de cubierta forestal actualizada, por lo tanto, mediante teledetección, se decide aplicar un método sencillo de detección de vegetación.

La extensión del Paraguay queda recubierta por un total de 25 escenas Landsat. Para cada escena, se seleccionan 3 imágenes de distintas fechas, en lo posible libres de nubes, cada una de 30 metros de resolución espacial (o tamaño del píxel) que determina el tamaño del objeto más pequeño que puede discriminarse sobre el terreno, y que equivale

a una extensión de 900 m². Las imágenes provistas por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS - U.S. GEOLOGICAL SERVICE), a través del sitio web: www.glovis.usgs.gov, están corregidas geométricamente y luego se transforman al formato MiraMon. Para ello, dichas imágenes se re proyectan al sistema de proyección UTM-21S-WGS84, utilizando el método del vecino más próximo por suponer una menor pérdida de información de los niveles digitales originales.

Por otra parte, se realiza una superposición de diferentes capas de información, esto permite poner en relación informaciones extraídas de fuentes variadas y de naturaleza diferente. Cada tema de información está representado por una capa, la cual reúne la representación cartográfica de objetos espaciales y la tabla de información estadística que está asociada a ella. En este caso, para la superposición de capas, se utiliza como información complementaria las capas vectoriales correspondientes al mapa del Paraguay, extraída de los límites administrativos del MiraMon, así como el mapa correspondiente a las 200 ecorregiones del mundo. Ambas capas se modifican al mismo sistema de proyección, con el fin de unificar y compatibilizar los distintos sistemas de referencia horizontales.

Los bosques presentes en la zona se clasifican mediante el cálculo del NDVI, uno de los índices más utilizados en los estudios de cubierta forestal, usando las bandas R (rojo) e IRC (infrarrojo cercano). El índice NDVI utiliza el contraste entre las respuestas espectrales del rojo (0.6 a 0.7 μ m) y el infrarrojo cercano (0.7 a 1.1 μ m). El intervalo de valores obtenido del NDVI, varía entre -1 y 1. De ellos, sólo los valores positivos corresponden a zonas de vegetación. En una imagen NDVI se realiza la cubierta correspondiente a la vegetación y se atenúa la de otras cubiertas tales como agua, suelo, rocas etc. Los valores NDVI entre 0.1 y 0.2 indican presencia de vegetación ligera, vegetación media entre 0.2 y 0.4 y vegetación alta >0.4.

Para calcular la superficie de bosques con varias fechas en una escena, se fija un umbral de 0.4 para todas las imágenes que abarcan las ecorregiones Chaco Húmedo, BAAPA, Pantanal y Cerrado,

excepto para las que corresponden a la ecorregión Chaco Seco, a las cuales se les asigna un umbral de 0.2. Esto debido a dos factores, uno al tipo de vegetación que posee esta ecorregión, en la que predominan sabanas, bosques espinosos y las áreas de transición entre ambos, y otro porque no todas las imágenes de calidad están absolutamente libres de nubes, lo cual interfiere en el uso del índice NDVI y lleva a reducir el umbral de clasificación. La elección de estos umbrales se basa en pruebas en pequeñas zonas, recurriendo al asesoramiento de expertos en teledetección.

La condición que se debe cumplir para que un píxel se considere como bosque es que supere el umbral establecido en todas las fechas. Este hecho permite identificar, en la medida de lo posible, solamente cubierta forestal. Dado que en Paraguay la vegetación forestal no es predominantemente caducifolia, es de esperar que si fuese bosque supere el umbral independientemente de la fecha, ya que los cultivos, por ser más dinámicos, se encontrarán sin vegetación en algún momento del año. Este método no es infalible, aunque es el paso más inmediato para discriminar entre bosque y cultivo.

A continuación, se seleccionan los píxeles que tienen valor NDVI mayor a 0.2 y 0.4 en función de la región, los cuales se consideran como “bosque”. De esta manera se obtiene una imagen cualitativa - categórica con sólo dos valores: el “1” que corresponde a zonas de bosque, y el “0” a zonas donde no hay presencia de bosques. Estas imágenes se superponen al mapa del Paraguay formando un **mosaico**, que consiste básicamente en unir las imágenes satelitales contiguas.

Finalmente, se determina la superficie de bosques por ecorregión, obteniendo así la superficie boscosa total del país.

Estos procedimientos fueron realizados con el programa de visualización, consulta, edición y análisis de información geográfica “MiraMon” v. 7. 0j (desarrollado de forma cooperativa por parte de diferentes miembros del Grupo de Investigación Consolidado GRUMETS, pertenecientes al Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales (CREAF) y a la Universidad Autónoma de

Barcelona (UAB), en España).

Los resultados de las superficies de bosques y de las superficies totales de los estratos forestales en que se divide el Paraguay, se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1. Superficie de bosques y superficie total en km² de los estratos forestales del Paraguay.

Estratos	Superficie total (km ²)	Superficie de bosques (km ²)
Chaco Seco	174.075	101.938
Chaco Húmedo	127.860	23.528
BAAPA	86.100	25.866
Pantanal	2293	1162
Cerrado	8366	2071
Totales	398.694	154.565

Validación del plan de muestreo y obtención de las muestras y de las estimaciones por muestreo estratificado con diferentes tipos de asignaciones

El diseño muestral para la estimación de la superficie boscosa del Paraguay corresponde muestreo aleatorio estratificado, a través de imágenes de satélite, con el fin de estimar la **proporción** y posteriormente el **total** de bosques. Los estratos (ecorregiones) son cinco: Chaco Seco, Chaco Húmedo, BAAPA, Pantanal, Cerrado.

Una vez determinados los subgrupos, el siguiente paso consiste en conocer el total de población que pertenece a cada estrato “ N_1, N_2, N_3, N_4, N_5 ”. Luego, se toma una muestra de forma aleatoria de cada uno de los estratos de tamaños “ n_1, n_2, n_3, n_4, n_5 ” respectivamente. La suma de las submuestras constituye la muestra total $n = \sum_{k=1}^L n_k$.

Cada uno de los estratos, se encuentra subdividido en una malla de $30\text{ m} \times 30\text{ m}$, lo que supone una población de $N = 442.993.333$ elementos, en la que cada elemento es una cuadrícula de 900 m^2 . Esta constituye la unidad de muestreo (unidad de observación).

El tamaño de la población se obtuvo calculando

previamente los tamaños de cada uno de los estratos mediante la siguiente operación:

$$N_k = \frac{\text{Superficie total por estrato}}{\text{Área del píxel.}}$$

A partir de estos valores, se calculan los pesos de cada uno de los estratos en la población:

$$W_k = \frac{N_k}{N}$$

Para cada ecorregión se calcula el tamaño muestral n_k , resolviendo el siguiente planteo: en el caso de la proporción, es posible acotar el producto $p(1-p)$ por el máximo valor del mismo, es decir, por $1/4$, reduciéndose la varianza a:

$$\begin{aligned} \text{Var}(\hat{p}_{est}) &= \frac{1}{N^2} \sum_{k=1}^L N_k^2 \frac{N_k - n_k}{N_k - 1} \frac{p_k(1-p_k)}{n_k} \\ &\leq \frac{1}{4} \frac{1}{N^2} \sum_{k=1}^L \frac{N_k^2}{n_k} \underbrace{\frac{N_k - n_k}{N_k - 1}}_{\approx 1} \\ &\approx \frac{1}{4} \underbrace{\sum_{k=1}^L \frac{W_k^2}{n_k}}_{C_\delta} \end{aligned}$$

Luego, $C_\delta = \sum_{k=1}^L \frac{W_k^2}{n_k}$.

Por lo tanto, $\text{Var}(\hat{p}_{est}) \approx \frac{1}{4} C_\delta$.

Estimador de la proporción poblacional

Sea p la variable de interés de la cual se quiere estimar su proporción poblacional:

$$p = \sum_{k=1}^L W_k p_k.$$

p_k son las proporciones por estratos.

Estimador de la proporción con muestreo estratificado:

$$\hat{p}_{est} = \sum_{k=1}^L W_k \hat{p}_k = \sum_{k=1}^L \frac{W_k}{n_k} \sum_{i=1}^{n_k} X_{k,i}$$

donde,

$$X_{k,i} = \begin{cases} 1 & \text{presencia de bosques} \\ & \text{en la } i\text{-ésima muestra} \\ & \text{del estrato } k \\ 0 & \text{caso contrario} \end{cases}$$

Estimadores de los errores de muestreo

Intervalo de confianza para “p” de nivel γ :

$$\hat{p}_{est} \pm z(\gamma) \sigma(\hat{p}_{est}),$$

nivel de confianza γ del 95% ($z = 1,96$).

Se fija un margen de error $\delta = 0,02$:

$$\begin{aligned} \delta &= z(\gamma) \sigma(\hat{p}_{est}) = z(\gamma) \sqrt{\text{Var}(\hat{p}_{est})} \\ &= 1,96 \sqrt{\frac{1}{4} C_\delta} \end{aligned}$$

$$C_\delta = 0,000416493$$

Plan de muestreo con Asignación Proporcional

Si el muestreo es con **asignación proporcional**, esto es, si

$$n_k = n W_k$$

$$C_\delta = \sum_{k=1}^L \frac{W_k^2}{n W_k} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^L W_k$$

$$n = \frac{1}{C_\delta} \underbrace{\sum_{k=1}^L W_k}_{=1}$$

$$\boxed{n = \frac{1}{C_\delta}}.$$

Aplicando la fórmula anterior, se calcula el

tamaño muestral total:

$$n = \frac{1}{0,000416493} = 2401$$

Tamaño muestral por estrato:

$$n_k = 2401 \times W_k$$

Finalmente, la muestra se selecciona dentro de cada estrato de forma aleatoria. A este proceso se le conoce como *Asignación de tamaños muestrales a los estratos* (Silva Ayçaguer, 2000).

Plan de muestreo con Asignación de Neyman

Si el muestreo es con **asignación de Neyman**,

$$n_k = n \times \frac{N_k \sigma_k}{\sum_{j=1}^L N_j \sigma_j}$$

La idea que subyace a esta asignación es que los estratos de mayor varianza, tengan más elementos que aquellos que son homogéneos.

Reemplazando n_k en C_δ y despejando n se obtiene,

$$n = \frac{1}{C_\delta N^2} \sum_{j=1}^L N_j \sigma_j \times \sum_{k=1}^L \frac{N_k}{\sigma_k}$$

Siguiendo este criterio, se determina el tamaño muestral general

$$n = 2427.$$

El tamaño de muestra por estrato, según la **asignación de Neyman**, se obtiene por:

$$n_k = 2427 \times \frac{N_k \sigma_k}{\sum_{j=1}^L N_j \sigma_j}$$

Plan de muestreo con Asignación Óptima

Si el muestreo es con **asignación óptima**,

$$n_k = n \times \frac{N_k \sigma_k / \sqrt{c_k}}{\sum_{j=1}^L N_j \sigma_j / \sqrt{c_j}}$$

Con esta asignación se tiene en cuenta simultáneamente el tamaño de los estratos, la dispersión o variabilidad dentro de ellos y el costo para recopilar la información.

Para el caso particular de los bosques del Paraguay, los costos se distribuyen tal como se muestra:

$$c_j = a_j c$$

- c_j : costo por unidad de muestreo en el estrato j ,
- $c_j n_j$: costo total de selección de la muestra en el estrato j .
- Sumando los costos $c_j n_j$ para los L estratos, se tiene el *costo total de selección de la muestra estratificada*.

“ c ” es el costo de transporte del estrato Chaco Húmedo (en el cual se encuentra situada la ciudad de *Asunción*), donde:

$$a_j = \begin{cases} 4 & \text{paraj}=1 \\ 1 & \text{paraj}=2 \\ 1,5 & \text{paraj}=3 \\ 4 & \text{paraj}=4 \\ 1,5 & \text{paraj}=5 \end{cases}$$

De acuerdo con la distribución anterior, se tienen los costos por estrato en la Tabla 2.

Tabla 2. Distribución de costos por estratos forestales del Paraguay.

Estratos	Representación de los costos	Costos
Chaco Seco	c_1	$4c$
Chaco Húmedo	c_2	c
BAAPA	c_3	$1,5c$
Pantanal	c_4	$4c$
Cerrado	c_5	$1,5c$

Bajo estos requerimientos las fórmulas de n_k y n se reducen a las formas siguientes:

$$n_k = n \times \frac{\frac{N_k \sigma_k}{\sqrt{a_k}}}{\sum_{j=1}^L \frac{N_j \sigma_j}{\sqrt{a_j}}}$$

$$n = \frac{1}{C_\delta N^2} \sum_{j=1}^L \frac{N_j \sigma_j}{\sqrt{a_j}} \times \sum_{k=1}^L \frac{N_k \sqrt{a_k}}{\sigma_k}$$

Siguiendo este criterio, se determina el tamaño muestral general:

$$n = 2516.$$

La muestra se reparte entre los distintos estratos, utilizando la expresión:

$$n_k = 2516 \times \frac{N_k \sigma_k / \sqrt{c_k}}{\sum_{j=1}^L N_j \sigma_j / \sqrt{c_j}}.$$

En la Tabla 3 se observan los tamaños muestrales por estrato con las diferentes asignaciones.

Tabla 3. Tamaños muestrales de los estratos forestales del Paraguay con las diferentes asignaciones.

Estratos	A. Proporcional	A. Neyman	A. Óptima
Chaco Seco (n1)	1048	1159	842
Chaco Húmedo (n2)	770	670	972
BAAPA (n3)	519	534	633
Pantanal (n4)	14	15	11
Cerrado (n5)	50	49	58
Total (n)	2401	2427	2516

Para obtener estimaciones fiables de cada uno de los estratos es necesario que la muestra de cada estrato sea suficientemente grande. Para ello, en estos dos casos en los que el tamaño muestral no llega a 400, se toma $n = 400$ y se efectúa un **Muestreo**

Aleatorio Simple sin Reposición en cada estrato ($n = 400$ es el valor de referencia para una confianza del 95.5% y un margen de error del 5%).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las Tablas 4 y 5 muestran las estimaciones obtenidas por el método propuesto para cada una de las asignaciones consideradas, es decir, los resultados obtenidos con el Método del **Muestreo Estratificado con asignación proporcional**, con **asignación de Neyman** y con **asignación óptima**, con sus respectivos errores de estimación (δ).

Tabla 4. Estimaciones de la proporción, mediante muestreo estratificado, con diferentes asignaciones.

Estimaciones	$\hat{p}_{est}$	Límites de confianza al 95%	Error de estimación (δ)
Asignación Proporcional	0,3890	0,3708 - 0,4072	0,018173
Asignación de Neyman	0,3876	0,3697 - 0,4056	0,017980
Asignación Óptima	0,3936	0,3752 - 0,4120	0,018406

Tabla 5. Estimaciones del total de bosques, mediante muestreo estratificado, con diferentes asignaciones.

Estimaciones	T'_{est}	Límites de confianza al 95%	Error de estimación (δ)
Asignación Proporcional	155097,01	147851,45 - 162342,57	7245,56
Asignación de Neyman	154553,07	147384,40 - 161721,74	7168,67
Asignación Óptima	156935,58	149597,13 - 164274,03	7338,45

Por otro lado, en las Tablas 6 y 7 se indican los cálculos obtenidos a través del programa MiraMon, sin realizar muestreo alguno.

De estos resultados, es posible comprobar que la proporción de superficie boscosa estimada (por cualquier tipo de asignación), cuando comparada

Tabla 6. Superficie total de bosques del Paraguay mediante el programa MiraMon.

Superficie	En km ²
Bosques	154565
Total	398694

Tabla 7. Proporción de bosques del Paraguay mediante el programa MiraMon.

Proporción de bosques	p
$\frac{154565}{398696} = 0,3877$	$\approx 0,39$

con la superficie boscosa exacta obtenida por MiraMon, es sumamente precisa ($p \approx 0,39$).

La estimación final con muestreo estratificado con **asignación de Neyman** es la que más se acerca al valor total de la superficie boscosa de nuestro país calculada con el programa MiraMon, con una estimación puntual de 154553 km² de bosques y un intervalo [147384; 161721] en km², con una confiabilidad del 95%.

A la vista de estos resultados, se concluye que:

- La heterogeneidad del área de estudio propició que el plan de muestreo planteado sea adecuado y preciso para este caso (mediante imágenes de satélite de 30 m de resolución espacial).
- El método del muestreo estratificado para estimar la superficie de bosques del Paraguay proporciona datos actualizados de la masa forestal presente en nuestro país, e información para planificar un inventario forestal nacional.

La mejor estimación se obtiene con el muestreo con **asignación de Neyman**, ya que a pesar de ser similares los errores de estimación en los tres casos, es éste el que posee menor error de estimación.

Por otra parte, según cifras preliminares facilitadas por el INFONA (Instituto Forestal Nacional), obtenidas en el marco del Programa Nacional

Conjunto ONU-REDD+, la superficie estimada de bosques para el año 2011 en el Paraguay es de aproximadamente 172.456 km² ($\approx 17.245.583$ ha). Este dato no cuenta aún con verificación de campo, actividad que empezó a desarrollarse a finales del 2012.

Tabla 8. Estimaciones de la proporción por estrato, mediante Muestreo Aleatorio Simple sin reposición, con asignación óptima, de Neyman y proporcional.

Estratos	L.I.	$\hat{p}_k$	L.S.	Error de estimación (δ)
Chaco Seco	0,5594	0,5926	0,6259	0,0332
Chaco Húmedo	0,1666	0,1914	0,2161	0,0247
BAAPA	0,2614	0,2970	0,3326	0,0356
Pantanal	0,4660	0,5150	0,5640	0,0490
Cerrado	0,2004	0,2425	0,2846	0,0421
Estratos	L.I.	$\hat{p}_k$	L.S.	Error de estimación (δ)
Chaco Seco	0,5436	0,5720	0,6005	0,0285
Chaco Húmedo	0,1417	0,1701	0,1986	0,0285
BAAPA	0,2535	0,2921	0,3308	0,0386
Pantanal	0,4584	0,5075	0,5566	0,0491
Cerrado	0,2146	0,2575	0,3004	0,0429
Estratos	L.I.	$\hat{p}_k$	L.S.	Error de estimación (δ)
Chaco Seco	0,5570	0,5868	0,6167	0,0298
Chaco Húmedo	0,1558	0,1831	0,2105	0,0273
BAAPA	0,2666	0,3064	0,3461	0,0397
Pantanal	0,4310	0,4800	0,5290	0,0490
Cerrado	0,2075	0,2500	0,2925	0,0425
Abreviaturas. L.I.: Límite inferior, L.S.: Límite Superior				

Como inconveniente, cabe señalar las limitaciones que pueden presentarse con este procedimiento, sobre todo en lo referente a la aplicación de la técnica de teledetección, principalmente en la obtención de imágenes libres de nubes y disponibles en todas las fechas requeridas.

Finalmente la Tabla 8, señala los resultados arrojados por el **Muestreo Aleatorio Simple sin reposición**, en el cual la muestra considerada para los estratos **Pantanal** y **Cerrado** fue de $n = 400$.

La ecorregión que posee una mayor concentración relativa de superficie boscosa es Chaco Seco, con el 57% de los bosques, seguida de Pantanal con el 51%, BAAPA y Cerrado con el 29% y

el 26% respectivamente. La ecorregión en la que hay menos concentración de bosques es Chaco Húmedo con el 17%.

Por último, la Figura 2 ilustra las superficies finales de bosques en cada uno de los estratos.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por haberme siempre acompañado y apoyado en la realización de mis metas y mis sueños. Un agradecimiento muy especial y de corazón a Gerard Moré, del CREAM (Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales de la Universidad Autónoma de Barcelona), por su infinita paciencia y entrega desinteresada a la hora

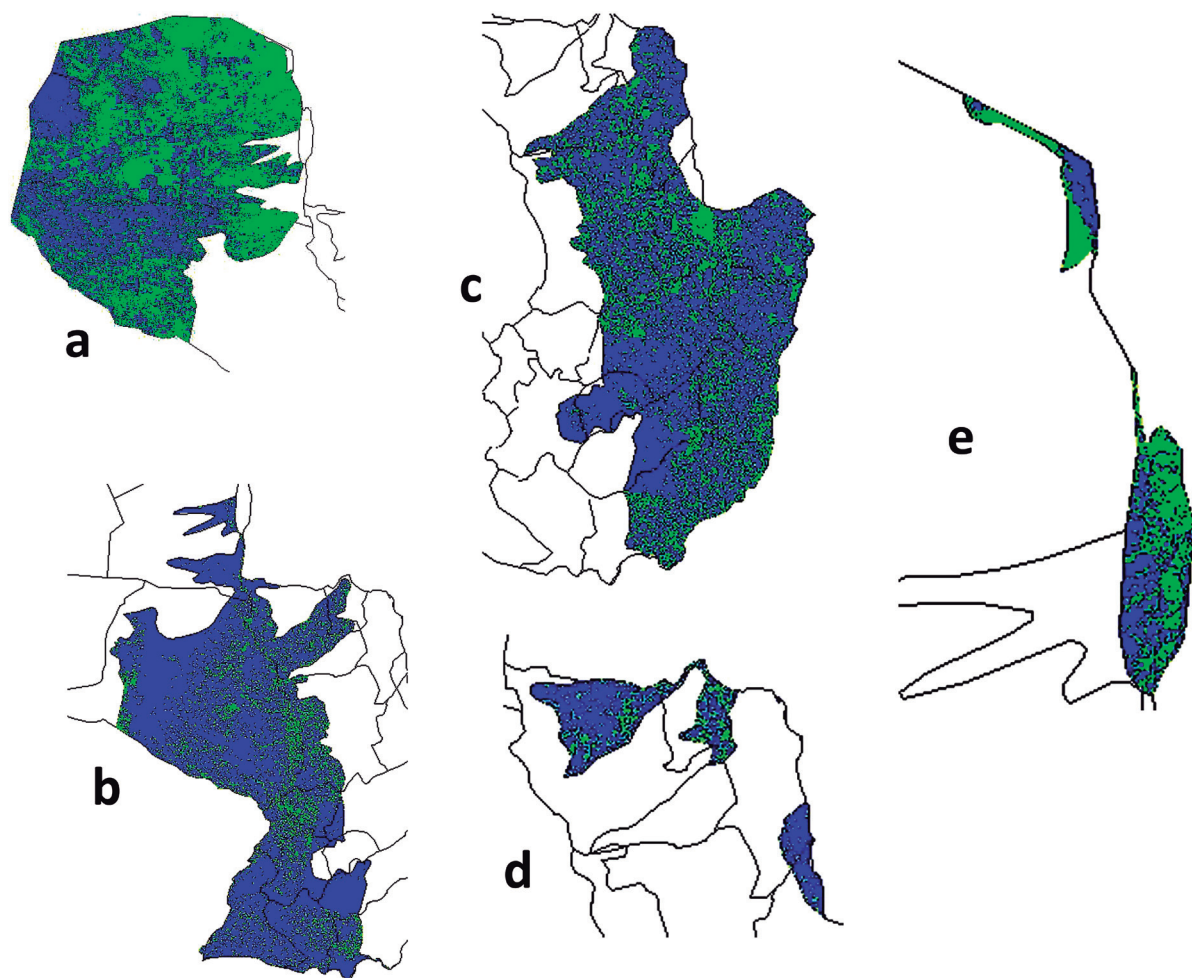


Figura 2. Superficie de bosques en las ecorregiones del Paraguay. **a)** Chaco Seco. **b)** Chaco Húmedo. **c)** BAAPA. **d)** Cerrado. **e)** Pantanal.

de guiarme en la utilización del SIG y software de teledetección MiraMon. Sin su asesoramiento no hubiese sido posible la realización de este proyecto. A mi tutor, el Prof. Dr. Xavier Bardina i Simorra, por el tiempo brindado, por sus orientaciones y sugerencias que lograron enriquecer mi trabajo.

LITERATURA CITADA

- ARANA YSA, V.A. 2007. Acercándonos al enfoque ecorregional. En: Enfoque y análisis ecorregional: Reabriendo la discusión. 5ta ed. Lima. Centro Internacional de la Papa (CIP). pp. 13 - 18.
- BARDINA, X. 2010. Muestreo Estadístico. Material de clase de la Maestría en Estadística de la Universidad Nacional de Asunción. Barcelona. 172 p.
- BARTRINA, L. 2007. Contexto Geográfico General. En: Biodiversidad del Paraguay, una aproximación a sus realidades. Fundación Moisés Bertoni. 1era ed. Asunción. Salas, D. y Facetti, J. F. pp. 25 - 32.
- CHUVIECO SALINERO, E. 2011. Teledetección, observar la tierra desde el espacio. España. UNED, Universidad Nacional de Educación a Distancia. Disponible: <http://teleuned.uned.es/autorias/Teledetección/index.html>. (Consultado: 2012, Enero 8).
- CHUVIECO, E. 2007. Teledetección Ambiental. La observación de la tierra desde el espacio. 3era ed. Barcelona. Ariel. 586 p.
- COCERO, D. y SANTOS PRECIADO, J. M. 2011. Los SIG Ráster, realización de ejercicios prácticos. España. UNED, Universidad Nacional de Educación a Distancia. Disponible: <http://teleuned.uned.es/autorias/SIGejercicios/index.html>. (Consultado: 2012, Enero 11).
- COCHRAN, W.G. 1980. Técnicas de Muestreo. 3da ed (en español). México. Compañía Editorial Continental S.A. 513 p.
- CREAF. 2012. Sistema de Información Geográfica MiraMon. Barcelona. Centro de Investigaciones Ecológicas y Aplicaciones Forestales. Disponible: <http://creaf.uab.es/spa/investiga-cion/a15>. (Consultado: 2012, Julio 2)
- FAO. 2011. Situación de los bosques del mundo. 9na ed. Roma. 193 p.
- FERNÁNDEZ COPPEL, I. A. y HERRERO LLORENTE, E. 2001. El satélite Landsat. Análisis visual de imágenes obtenidas del sensor ETM+ satélite Landsat. España. Universidad de Valladolid. 37 p.
- GARCIA MARÍ, F. 2004. El muestreo de poblaciones de artrópodos, principios y métodos. En: Phytoma, España: La revista profesional de sanidad vegetal (ES), núm. 164, pp. 12 -18.
- GBIF. 2011. Sistemas de Información Geográfica (SIG): Técnicas básicas para estudios de biodiversidad. España. Disponible: http://www.gbif.es/ficheros/TallerSiG-Geolocate2011/CuadernilloSIG_2011.pdf. (Consultado: 2011, Noviembre 16)
- HUANG C. KIM S. SONG K. TOWNSHEND J.R.G. DAVIS P. ALTSTATT A. RODAS O. YANOSKY A. CLAY R. TUCKER C.J. MUSINSKY J. 2009. Assessment of Paraguay's forest cover change using Landsat observations. En: Global and Planetary Change (USA), vol. 67, pp. 1 - 12.
- IGLESIAS MARTÍNEZ, L. 1998. Muestreo de Áreas: Diseño de muestras y estimación en pequeñas áreas. (Tesis doctoral). Madrid. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. 214 p.
- LEVY, P. y LEMESHOW, S. 1999. Sampling of Populations: Methods and applications. 3era ed. New York. John Wiley & Sons Inc. 568 p.
- LÓPEZ, P. LOZARES, C. DOMÍNGUEZ, M. 2000. Disseny i Construcció d'una mostra estratificada a partir de dades censals. En: QÜESTIÓ (ES), núm. 1, vol. 24, pp.111-136
- MAG y FAO. 2008. Paraguay, el estado de los recursos fitogenéticos. 2da ed. Asunción. MAG-DIA y UNA-FCA y UNA-FCQ. 104 p.
- MORA DE PINTO, E. M. 2000. Algunas consideraciones sobre muestreo. En: Revista Geográfica venezolana (VE), núm. 1, vol. 41, pp.31-46

- PÉREZ LÓPEZ, C. 2005. Muestreo Estadístico: Conceptos y problemas resueltos. 1era ed. Madrid. Pearson Prentice Hall. 405 p.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2011. R: A language and environment for statistical computing and graphics. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. Disponible: <http://www.r-project.org/> (Consultado: 2011, Octubre 17)
- SANTOS PRECIADO, J.M. 2005. Sistemas de Información Geográfica. 1era ed. España. Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). 460 p.
- SANTOS PRECIADO, J.M. 2005. El funcionamiento del programa MiraMon – Aplicación para la realización de ejercicios prácticos de carácter medioambiental y/o territorial. 1era ed. España. Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). 167 p.
- SCHEAFFER, R. MENDENHALL, W. OTT, L. 1987. Muestreo Aleatorio Estratificado. En: Elementos de Muestreo. México. Grupo Editorial Iberoamérica. pp. 77 - 118.
- SCHVARTZMAN, J. y SANTANDER, V. 1996. Introducción sobre el país y su sector agrícola. En: Conferencia Técnica Internacional de la FAO sobre los Recursos Fitogenéticos (17 - 23 de junio de 1996, Leipzig, DE). Paraguay: Informe Nacional para la Conferencia Técnica Internacional de la FAO sobre los Recursos Fitogenéticos. Asunción, PY. pp. 5-23
- SILVA AYÇAGUER, L. C. 2000. Muestreo Aleatorio Estratificado. En: Diseño razonado de muestras y captación de datos para la investigación sanitaria. 1era ed. Madrid. Díaz de Santos. pp. 151-153.
- SOBRINO, J. A. 2000. Teledetección. Ilustrada. Valencia. Universitat de València. 468 pp.

ENSAMBLE DE ANUROS DE LA ESTANCIA MONTANÍA EN EL CHACO SECO (BOQUERÓN, PARAGUAY)

ANURANS ASSEMBLAGE OF ESTANCIA MONTANÍA IN THE DRY CHACO (BOQUERÓN, PARAGUAY)

KARINA NÚÑEZ^{1,2} & ANDREA WEILER^{1,3}

¹Departamento de Biología, FACEN-UNA, Agencia Postal Campus Universitario/UNA, C.C. 1039-1804, San Lorenzo, Paraguay. E-mail:

²ranitapy@gmail.com, ³andreaweiler1@gmail.com

Para el estudio de ensambles de anfibios existen varias técnicas estandarizadas, y una de las más empleadas es el muestreo de anfibios con trampas pozo, dirigido a animales de hábitos terrestres o fosoriales. Aunque es de uso frecuente para el inventario o monitoreo de poblaciones de anfibios en otros países (Heyer *et al.*, 1994), su implementación

en Paraguay es relativamente reciente (Areskoug, 2001; Brusquetti y Netto, 2009; Carosini *et al.*, 2010; Núñez, 2012; Airaldi *et al.*, 2013; Caballero, 2013).

A la fecha se sabe que la batracofauna de Paraguay está compuesta por 87 especies de anfibios (Weiler *et al.*, 2013; Caballero *et al.*, 2014; Brouard

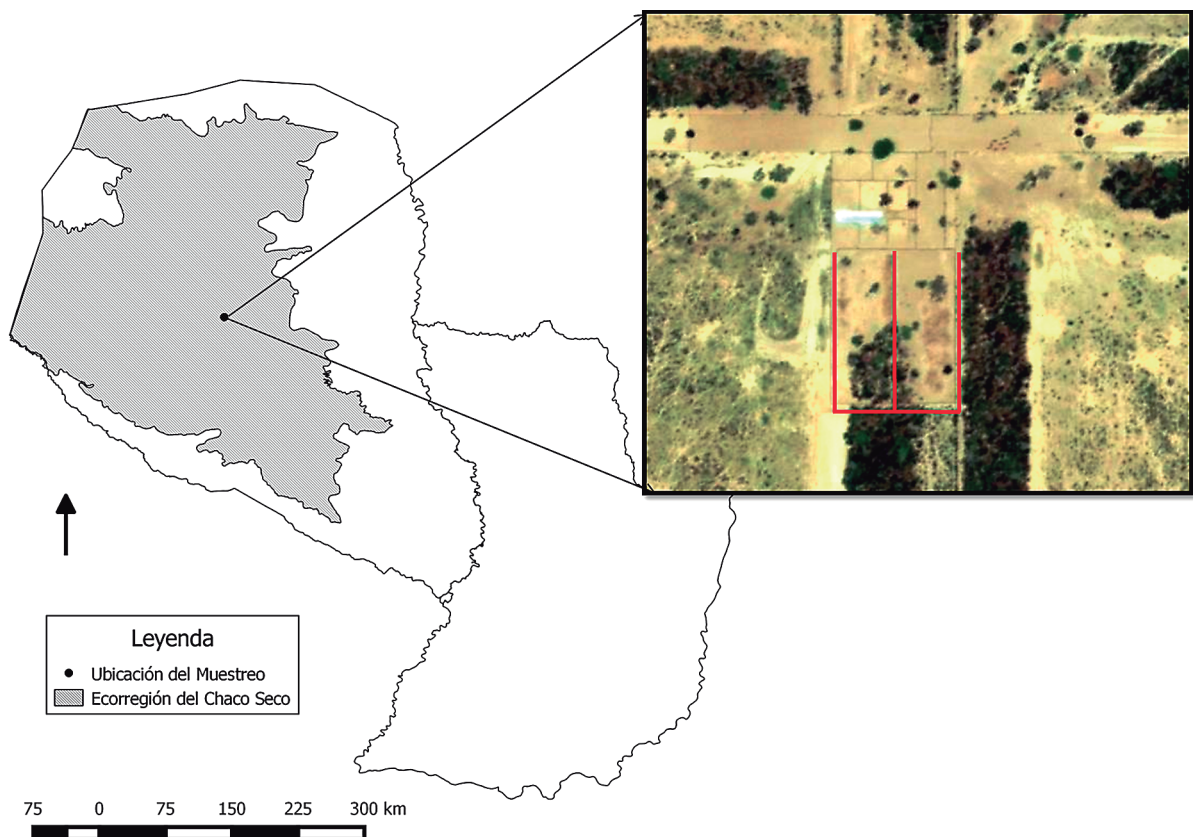


Figura 1. Localización de la Estancia Montanía (Boquerón, Paraguay). Las líneas rojas indican los sitios donde fueron instalados los pozos.

et al., 2015), de las cuales 41 especies se distribuyen en el Chaco Seco (Weiler *et al.*, 2013; Caballero *et al.*, 2014). En este trabajo se presenta un aporte al conocimiento de la composición y riqueza de anuros de la Estancia Montanía, basado en registros ocasionales con pozos.

La Estancia Montanía, localizada en el departamento de Boquerón, distrito de Filadelfia, es un establecimiento dedicado a la cría y engorde de ganado bovino. En abril de 2012, fueron cavados 134 pozos para la colocación de firmes de un corral, de 50 cm de diámetro por 150 cm de profundidad, separados por 1,5 m entre sí, ocupando un área de 5200 m² (22°01'10''S, 60°06'02''W) (Figura 1; Figura 2 a). Los pozos se cavaron en tres líneas paralelas de 80 m y una línea transversal de 65 m (Figura 1), en un área de pastura implantada de Gatton panic y guardaviento de bosque nativo (Figura 2 b-d) y fueron revisados tres días después de su instalación. Todos los individuos capturados en los pozos fueron liberados en el área, luego de ser identificados y fotografiados.

Se registraron 143 individuos de 14 especies, lo que equivale al 34% de las especies conocidas de la ecorregión Chaco Seco (Tabla 1, Figura 2 e-m). La Familia Leptodactylidae fue la más numerosa, representada por ocho especies, seguida por Hylidae (cuatro especies), Bufonidae y Microhylidae (una especie cada una). Las especies más abundantes registradas en el muestreo fueron *Leptodactylus bufonius* y *L. chaquensis* (Tabla 1), ambas de amplia distribución en el Chaco Paraguayo (Weiler *et al.*, 2013).

La detección de hílidos es un hecho novedoso en hábitats chaqueños, ya que la mayoría de las especies de esta familia se caracterizan por sus hábitos arborícolas, por lo que raramente son capturadas a través del trampeo con pozos. En un estudio en el Chaco Salteño, con un sistema de trampas de caída constituida por 102 pozos, se capturaron 1147 ejemplares pertenecientes a 22 especies, entre los cuales no fueron registrados hílidos (Cruz *et al.*, 1992). En estudios realizados en áreas próximas, donde utilizaron la misma técnica, tampoco se registraron especies de esta familia (Areskoug, 2001

Tabla 1. Composición y abundancia de especies de anuros detectadas a través de un muestreo con pozos en la Estancia Montanía (Boquerón, Paraguay).

Familia	Especie	Individuos registrados
Bufonidae	<i>Rhinella major</i>	5
Hylidae	<i>Hypsiboas raniceps</i>	1
	<i>Scinax acuminatus</i>	1
	<i>Scinax nasicus</i>	2
	<i>Trachycephalus typhonius</i>	1
Leptodactylidae	<i>Leptodactylus bufonius</i>	43
	<i>Leptodactylus chaquensis</i>	55
	<i>Leptodactylus elenae</i>	2
	<i>Leptodactylus laticeps</i>	5
	<i>Leptodactylus mystacinus</i>	3
	<i>Physalaemus albonotatus</i>	19
	<i>Physalaemus biligonigerus</i>	4
	<i>Pseudopaludicola falcipes</i>	1
Microhylidae	<i>Dermatonotus muelleri</i>	1

y Schalk *et al.*, 2013).

En cuanto a riqueza de anuros, este trabajo resultó en mayor número de especies que Areskoug (2001), que registró diez especies de anfibios con un esfuerzo de 840 trampas-noche, en un sitio al suroeste de Filadelfia, y que Schalk *et al.*, (2013). En este último trabajo, realizado en el parque Kaa Iya - Chaco Boliviano, se capturaron apenas tres individuos de dos especies: dos *L. bufonius* y un *D. muelleri*, en fechas muy próximas con el presente estudio (46 días entre febrero y marzo de 2012), esfuerzo equivalente a 184 trampas-noche.



Figura 2. Fotografías de pozos, hábitats e individuos. **a)** Pozo para la instalación de postes. **b-d)** Hábitats donde fueron cavados los pozos: **b)** pastura y **c-d)** guardaviento. **e-m)** Anuros registrados a través del muestreo con pozos: **e)** *Rhinella major*, **f)** *Hypsiboas raniceps*, **g)** *Leptodactylus bufonius*, **h)** *Leptodactylus chaquensis*, **i)** *Leptodactylus elenae*, **j)** *Leptodactylus laticeps*, **k)** *Physalaemus albonotatus*, **l)** *Physalaemus biligonigerus* y **m)** *Dermatoneustes muelleri*.

Estos datos representan el primer aporte al conocimiento de la batracofauna de la Estancia Montaña, además, ratifican la utilidad del muestreo con pozos para el estudio de anfibios en paisajes

áridos como el Chaco Seco.

Agradecemos al Señor Astirillo por la ayuda en el campo.

LITERATURA CITADA

- AIRALDI, K.; LAVILLA, E. O.; GARCETE-BARRETT, B. R. 2013. Anuros de la Reserva de Recursos Manejados Ybyturuzú. Un enfoque sobre su estado de conservación. Reportes Científicos de la FACEN 4(1): 21-33.
- ARESKOUG, V. 2001. Utilisation of remnant dry-forest corridors by the native fauna in a pastoral landscape in the Paraguayan Chaco. Skriftserie 3: 25-38.
- BROUARD, J. P.; MANDERS, D.; SMITH, P. 2015. *Elachistocleis matogrosso* Caramaschi 2010, (Amphibia: Anura: Microhylidae) first records for Paraguay. Cuadernos de Herpetología 29(1): En prensa.
- BRUSQUETTI, F.; NETTO, F. 2009. *Physalaemus santafecinus* Barrio, 1965 (Anura, Leiuperidae) en la República del Paraguay. Cuadernos de Herpetología 23(1): 63- 65.
- CABALLERO, A. 2013. Análisis de la herpetofauna en zonas con distintos grados de alteración en un área del Parque Nacional San Rafael (Departamento de Itapúa, Paraguay). 71Pp. Tesis. Disertación de Maestría en Ciencias Mención Biodiversidad y Sistemática. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales – Universidad Nacional de Asunción.
- CABALLERO, A., BUENO, D., ROMERO, L.; LAVILLA, E.O. 2014. *Elachistocleis haroi* Akmentins, Laufer & Vaira, 2013 (Anura: Microhylidae) en Paraguay. Boletín del Museo de Historia Natural de Paraguay 18(1): 98-103.
- CAROSINI, A.; PÉREZ, P.; ORTIZ, M. L.; VALDEZ, L.; TORRES, J.; DE LA SANCHA, N. U. 2010. Amphibia, Anura, Cycloramphidae, *Proceratophrys avelinoi* Mercadal de Barrio and Barrio, 1993: Distribution extension and distribution map. Check List 6: 332-333.
- CRUZ, F. B.; PEROTTI, M. G.; FITZGERALD, L. A. 1992. Lista de anfibios y reptiles colectados en una localidad del chaco salteño. Acta Zoológica Lilloana XLII(I): 1101-107.
- 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.
- NUÑEZ, K. 2012. La herpetofauna de un fragmento de Bosque Atlántico en el Departamento Itapúa, Paraguay. Boletín de la Asociación Herpetológica Española 23 (2): 47-52.
- SCHALK, C. M.; SENZANO, M.; CUELLAR, R. L. 2013. Inventory of the amphibians and reptiles from a locality in the Kaa-Iya of the Gran Chaco National Park, Bolivia. Kempfiana 9(1):26-33
- WEILER, A.; NUÑEZ, K.; AIRALDI, K.; LAVILLA, E. O.; PERIS, S.; BALDO, D. 2013. Anfibios del Paraguay. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Asunción - Universidad de Salamanca. San Lorenzo, Paraguay.

PRIMER LISTADO FICOLÓGICO DEL RÍO NEGRO, PANTANAL PARAGUAYO

FIRST PHYCOLOGICAL CHECKLIST OF RÍO NEGRO, PARAGUAYAN PANTANAL

ROMINA MELISSA DOS SANTOS*

*Universidad Nacional de Asunción. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Dirección de Investigaciones.

Las Algas comprenden varios linajes independientes que se han originado en diferentes momentos de la historia biológica de la Tierra y que, de manera sencilla, definimos como: "Organismos fotosintéticos que viven y se reproducen en el medio acuático o húmedo, provistos de estructuras reproductoras que no están protegidas por células estériles". En el concepto de algas se incluyen organismos muy diferentes entre sí como son los procariotas que presentan clorofila *a* y fotosíntesis con desprendimiento de oxígeno, las Cianobacterias, y los eucariotas fotosintéticos (Bellinger, 2010).

En el Paraguay la ficología (el estudio de las algas), es una disciplina aún poco tratada de manera científica. Este trabajo, basado en material colectado recientemente, presenta la primera lista taxonómica para el Río Negro, en la zona del Pantanal Paraguayo, siendo a su vez uno de los primeros trabajos de inventario formalmente publicados. El objetivo principal en este trabajo fue hacer un listado de especies ficológicas (especies de algas) representativas del Río Negro del Pantanal Paraguayo y así lograr un primer registro de algas del Paraguay.

Se realizó muestreos cualitativos de algas en un tramo Río Negro, norte de la Región Occidental de Paraguay y límite natural con Bolivia. Esta zona forma parte del Pantanal Paraguayo. Se tomaron muestras en 10 estaciones a lo largo del trayecto entre la bifurcación con el Río Paraguay (ubicación aproximada de Puerto Caballo), hasta unos 50 Km río arriba (hacia la

Reserva Las Mercedes). Las especificaciones geográficas de las estaciones se muestran en la tabla 1 y su distribución se indica en el mapa 1.

En cada una de las estaciones se colectó 1 muestra de 100 ml de agua filtrada a partir de 50 litros, obtenidas por arrastre de red en la superficie del cauce principal, con ayuda de una pequeña embarcación motorizada. Se utilizó una red de plancton, con una malla de orden de 20 μ m. Estos 100 ml se colocaron en frascos translúcidos de plásticos. Las muestras fueron

Tabla 1. Estaciones de muestreo ficológico a lo largo del Río Negro, ordenadas de norte a sur y con sus respectivos datos de coordenadas geográficas y altura sobre el nivel del mar.

	Puntos de Toma de Muestra	Especificaciones Geográficas	Altura Sobre el Nivel del mar
Estaciones de Muestreo 1 al 10, de Norte a Sur	Est. 1	S20°04.694 W58°09.647	88 m
	Est. 2	S20°04.237 W58°09.684	84 m
	Est. 3	S20°04.203 W58°09.742	72 m
	Est. 4	S20°03.884 W58°09.959	88 m
	Est. 5	S20°03.335 W58°09.837	83 m
	Est. 6	S20°02.918 W58°09.933	85 m
	Est. 7	S20°03.193 W58°10.019	74 m
	Est. 8	S20°04.687 W58°09.683	80 m
	Est. 9	S20°04.707 W58°09.656	-
	Est. 10	S20°01.914 W58°10.420	-

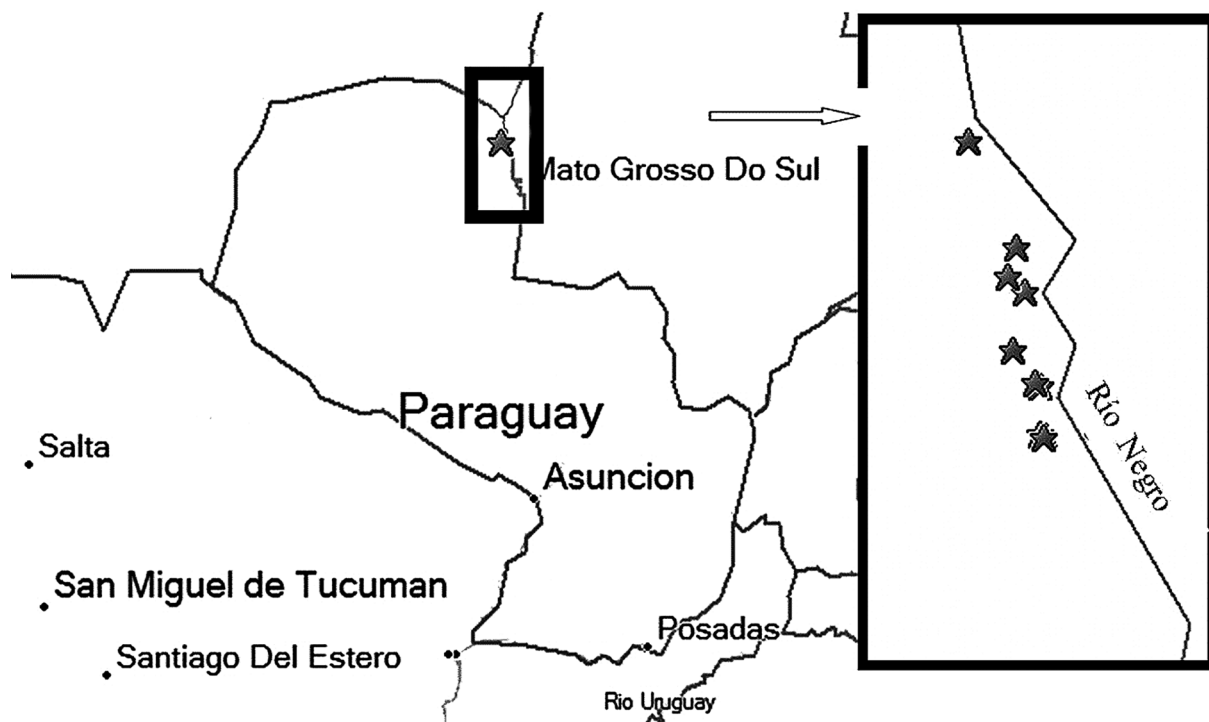


Tabla 1: Estaciones de muestreo ficológico a lo largo del Río Negro, ordenadas de norte a sur y con sus respectivos datos de coordenadas geográficas y altura sobre el nivel del mar.

fijadas con 1 ml de formaldehído al 3,5 %.

Siendo una investigación cualitativa de microalgas, se realizaron filtrados que permitieron concentrar las muestras y efectivizar la colecta de especies. Todas las muestras fueron refrigeradas inmediatamente en conservadoras a temperaturas de entre 5° y 8° C. Una vez en el laboratorio, las muestras fueron homogeneizadas y examinadas con microscopio óptico de luz clara y las diferentes especies encontradas fueron fotografiadas con una cámara digital acoplada al microscopio MoticCAM 3.2. Las imágenes obtenidas se procesaron en el programa Motic Plus.

Para la identificación de las especies se utilizaron los trabajos de Comas (1996), Bellinger (2010), Margalef (1945), Prescott (1970), Wehr (2003), Smith (1920), Ruzicka (1981), Zalocar (1997), Graham & Wilcox (2000),

Huber-Pestalozzi (1982 & 1983) y Metzeltin & Lange-Bertalot (2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se identificaron todas las especies de algas encontradas en las 10 estaciones (Tabla 2). La estación 3 es la que presenta mayor riqueza, con 28 especies identificadas, agrupadas en 17 familias. En las estaciones 2, 8 y 9 la riqueza no es tan elevada, ya que se identificaron 11, 19 y 14 especies, agrupadas en 7, 14 y 10 familias respectivamente. En las estaciones 1, 4, 5, 6, 7 y 10 sólo se han identificado 3, 4, 2, 8, 9 y 2 especies de algas, agrupadas en 3, 4, 2, 6, 8 y 2 familias respectivamente. A lo largo de todo el tramo muestreado del Río Negro se identificó un total de 59 especies de algas microscópicas, agrupadas en 32 géneros y 6 divisiones diferentes. Chlorophytas y Bacillariophytas son

Tabla 2. Especies de algas registradas en las diferentes estaciones de toma de muestra (EM) numeradas consecutivamente.

Familia	Especie	Autor/Referencia	EM1	EM2	EM3	EM4	EM5	EM6	EM7	EM8	EM9	EM10
Scenedesmaceae	<i>Aulacoseira granulata</i>	(Ehrenberg) Simonsen			*				*	*		*
Closteriaceae	<i>Brachysira</i> sp.	Kützing									*	
Scenedesmaceae	<i>Chaetophora elegans</i>	(Roth) C. Agardh			*							
Melosiraceae	<i>Chlorococcum infusionum</i>	(Schrang) Meneghini			*							
Selenatracheae	<i>Closterium acutum</i>	Brébisson					*					
Selenatracheae	<i>Closterium juncidum</i>	Ralfs		*								
Peniaceae	<i>Closterium kuetzingii</i> var. <i>kuetzingii</i>	Kützing							*			
Hydrodictyceae	<i>Closterium moniliferum</i>	(Bory) Ehrenberg (s/ Yacubson)								*		
Hydrodictyceae	<i>Closterium moniliferum</i> var. <i>concovum</i>	G. A. Klebs									*	
Scenedesmaceae	<i>Closterium pusillum</i> var. <i>pusillum</i>	Kosinskaja			*							
Fragilariaceae	<i>Coelastrum cambricum</i>	Archer			*							
Aulacoseiraceae	<i>Coelastrum morus</i>	W. & G. S. West								*		
Chaetophoraceae	<i>Coenocystis tapasteana</i>	Komárek			*							
Chlorococcaceae	<i>Cosmarium obtusatum</i>	(Schmidle) Schmidle									*	
Closteriaceae	<i>Cosmarium phaseolus</i> var. <i>elevatum</i>	Nordstedt									*	
Coelastraceae	<i>Cosmarium polymorphum</i>	Nordstedt			*							
Radiococcaceae	<i>Cosmarium rectangulare</i> var. <i>subrectangulare</i>	(Gutwinski) Krieger & Gerloff			*							
Desmidiaceae	<i>Cosmarium reinschii</i>	Reinsch			*							
Desmidiaceae	<i>Cosmarium sublateraliumdatum</i>	West et West								*		
Desmidiaceae	<i>Craticula accomoda</i>	(Hustedt) D. G. Mann								*		
Cymbellaceae	<i>Desmodesmus opoliensis</i>	(P.G. Richter) E. H. Hegewald	*	*			*	*	*	*		
Gomphonemataceae	<i>Desmodesmus opoliensis</i> var. <i>mononensis</i>	(R. Chodat) E. Herwald									*	
Oscillatoriaceae	<i>Encyonopsis frequentiformis</i>	Metzeltin & Krammer			*							
Hydrodictyceae	<i>Euastrum personatum</i> var. <i>subpersonatum</i>	West & G. S. West									*	
Hydrodictyceae	<i>Euglena deses</i>	Ehrenberg								*		
Hydrodictyceae	<i>Eunotia crassula</i>	Metzeltin & Lange-Bertalot			*							
Hydrodictyceae	<i>Eunotia hirudo</i> nov. sp.	Metzeltin & Lange-Bertalot									*	
Phacaceae	<i>Eunotia noerpeliana</i>	Metzeltin & Lange-Bertalot									*	
Scenedesmaceae	<i>Eunotia zizkae</i>	Ehrenberg				*						
Scenedesmaceae	<i>Eunotia</i> nov. sp.	Dos Santos 2012			*							

Tabla 2. Especies de algas registradas en las diferentes estaciones de toma de muestra (EM) numeradas consecutivamente.

Familia	Especie	Autor/Referencia	EM1	EM2	EM3	EM4	EM5	EM6	EM7	EM8	EM9	EM10
Desmidiaceae	<i>Frustulia crassinervia</i>	(Brébisson) Lange-Bertalot & Krammer	*									
Fragilariaceae	<i>Gomphonema augur</i>	(Ehrenberg) Lange-Bertalot			*							
Fragilariaceae	<i>Gomphonema</i> <i>var. sphaerophorum</i>	Metzeltin			*							
Melosiraceae	<i>Gomphonema</i> <i>quarantiarum</i> nov. sp.	(Kützing) Kützing								*		
Hydrodictyaceae	<i>Gomphonema</i> <i>parvulum</i>											
Hydrodictyaceae	<i>Gomphonema stonei</i>	E. Reichardt									*	
Hydrodictyaceae	<i>Gomphonema</i> nov. sp.	Dos Santos 2012			*					*		
Pinnulariaceae	<i>Gonatozygon</i> <i>aculeatum</i>	Hastings		*						*		
Scenedesmaceae	<i>Kirchneriella diana</i> <i>var. diana</i>	(Bohl.) Comas, Bohlin								*		
Melosiraceae	<i>Melosira varians</i>	C. Agardh		*		*		*		*		
Desmidiaceae	<i>Merismopedia</i> <i>elegans</i>	A. Braun ex Kützing							*			
Scenedesmaceae	<i>Merismopedia glauca</i>	(Ehrenberg) Kützing								*		
Desmidiaceae	<i>Monoraphidium</i> <i>arcuatum</i>	(Korshikóv) Hindák		*								
Fragilariaceae	<i>Monoraphidium</i> <i>indicum</i>	Hindák		*								
Aulacoseiraceae	<i>Monoraphidium</i> <i>komarkovae</i>	Nygaard		*								
Closteriaceae	<i>Nitzschia vitrea</i>	Norman								*		
Closteriaceae	<i>Nitzschia vitrea</i> var. <i>vitrea</i>	Norman										*
Merismopediaceae	<i>Oedogonium</i> sp.	Link ex Hirn			*							
Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria chalybea</i>	Mertens							*	*		
Hydrodictyaceae	<i>Oscillatoria tenuis</i>	C. Agardh			*			*			*	
Aulacoseiraceae	<i>Pediastrum</i> <i>argentinense</i>	Bourrelly & Tell		*	*			*				
Desmidiaceae	<i>Pediastrum duplex</i> <i>var. duplex</i>	Meyen		*					*			
Scenedesmaceae	<i>Pediastrum duplex</i> <i>var. gracillimum</i>	W. & G. S. West			*	*			*	*		
Peniaceae	<i>Pediastrum simplex</i> <i>var. sturmii</i>	(Reinsch) Wolle			*							
Selenastraceae	<i>Pediastrum tetras</i>	(Ehrenberg) Ralfs			*					*	*	
Bacillariaceae	<i>Phacus pleuronectes</i>	(O.F. Müller) Nitzsch ex Dujardin			*							
Oscillatoriaceae	<i>Pinnularia gibba</i>	(Ehrenberg) Ehrenberg				*						
Hydrodictyaceae	<i>Pinnularia stoermeri</i>	Metzeltin								*		
Hydrodictyaceae	<i>Pinnularia</i> sp.	Dos Santos 2012									*	
Pinnulariaceae	<i>Pleurotaenium</i> <i>ehrenbergii</i>	Ehrenberg						*				
Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus</i> <i>acuminatus</i> var. <i>acuminatus</i>	(Lagerheim) Chodat									*	
Brachysiraceae	<i>Scenedesmus</i> <i>ellipticus</i>	Corda		*								
Closteriaceae	<i>Scenedesmus</i> <i>javanensis</i> f. <i>schroeteri</i>	(Huber-Pestalozzi) Comas & Komárek			*							

Tabla 2. Especies de algas registradas en las diferentes estaciones de toma de muestra (EM) numeradas consecutivamente.

Familia	Especie	Autor/Referencia	EM1	EM2	EM3	EM4	EM5	EM6	EM7	EM8	EM9	EM10
Desmidiaceae	<i>Scenedesmus opoliensis</i> var. <i>aculeatus</i>	Hotabagyi			*							
Desmidiaceae	<i>Scenedesmus platydiscus</i>	(G. M. smith) Chodat						*		*		
Desmidiaceae	<i>Staurastrum asteroideum</i>	West & G. S. West							*			
Eunotiaceae	<i>Staurastrum glabrum</i>	Ralfs						*				
Eunotiaceae	<i>Staurastrum paradoxum</i>	Meyen			*							
Gomphonemataceae	<i>Synedra ulna</i>	(Nitzsch) Ehrenberg	*	*	*			*	*		*	
Aulacoseiraceae	<i>Synedra vaucheriae</i>	Kützing			*							
Bacillariaceae	<i>Ulothrix</i> sp.	Kützing			*							

las divisiones mejor representadas en todas las estaciones, siendo las familias Scenedesmaceae y Aulacoseiraceae las que poseen mayor diversidad de géneros en la mayoría de los puntos de muestreo.

BIBLIOGRAFÍA

- Bellinger, E. G. 2010. Freshwater algae. Wiley-Blackwell. ISBN-9780-470-05814-5, Oxford-UK, 271 pp.
- Comas A. 1996. Chlorococcales dulciacuícolas de cuba. Bibliotheca Phycologica - Band 99. J. Cramer. Berlin – Stuttgart. 193 pp
- Graham, L. & Wilcox, L. 2000. *Algae*. Pearson. New Jersey – EE. UU. 680 pp
- G. M., Smith. 1920. Phytoplankton of the inland lakes of wisconsin. Madison Wis. – U.S.A. 308 pp.
- Huber-Pestalozzi, G, 1982. *Das phytoplankton des Süßwassers*. Binnengewasser. E. Schweizerbart'sch Verlagsbuchhandlung. Stuttgart.
- Huber-Pestalozzi, G, 1983. *Das phytoplankton des Süßwassers*. Binnengewasser. E. Schweizerbart'sch Verlagsbuchhandlung. Stuttgart.
- Margalef, R. 1945. *Los organismos indicadores en limnología*. Ministerio de Agricultura. Madrid.
- Metzeltin D. & Lange-Bertalot H. 2007. *Tropical diatoms of South America II*. A. R. G. Gantner Verlag K. G. ISBN 978-3-906166-57-5. Königstein – Germany. 877 pp.
- Prescott G. W., 1970. *The freshwater algae*. WM. C. Brown Company Publishers. Universidad de Montana – EEUU. 1024 pp.
- Ruzicka, J. 1981. *Die Desmidiaceen Mitteleuropas* – Band 1. Stuttgart. Tafel 1 – 117
- Wehr, J. & R. Sheath. 2003. *Freshwater Algae Of North America*. Academic Press. Amsterdam.
- Zalocar de Domitrovic, Y. & Maidana, N. I. 1997. *Taxonomic and ecological studies of the paraná river diatom flora (Argentina)*. Bibliotheca Diatomologica. Band 34. Berlin – Stuttgart. 472 pp.

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 TECNICAS 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 CIENTÍFICOS 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 de 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 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 como 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 $\text{CF}_2 + \text{CF}_2 + \text{He A 294k}$. Reportes científicos de la FaCEN. Vol 1 Nro1 3-9, 2010

CABANAS, 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 nº 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, J.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. 6, Nº 1	enero-junio de 2015	ISSN 2078-399X (versión impresa) ISSN 2222-145X (versión online)
-------------------	------------------------	--------------	---------------------	---

EDITORIAL

- 3 **Constantino Nicolás Guefos Kapsalis.** 25 años de FACEN, 57 años de historias: Nuestra Historia.

ARTÍCULOS ORIGINALES

- 5-12 **Gustavo A. González Armoa & Christian E. Schaerer.** Estabilización del método de Forward Euler usando funciones de Lyapunov.
- 13-20 **F.J. Gómez Grance, S. Ramírez León, O. Vukujevic & N. Zaracho.** Evaluación del desempeño de los sistemas de visualización de las placas radiográficas en los centros de diagnóstico por imagen del Paraguay.
- 21-29 **Fernando S. Alonso & Tomás López.** Efectos tóxicos agudos de metales pesados sobre el crecimiento radicular de *Lactuca Sativa*.
- 34-44 **Natalia Mariela Acevedo Giménez.** Plan de muestreo para la estimación de la superficie boscosa del Paraguay, mediante el uso de imágenes satelitales.

COMUNICACIONES CORTAS

- 30-33 **Karina Núñez & Andrea Weiler.** Ensamble de anuros de la Estancia Montanía en el Chaco Seco (Boquerón, Paraguay).
- 45-49 **Romina Melissa Dos Santos.** Primer listado ictológico del Río Negro, Pantanal Paraguayo.

COMUNICADOS DEL CUERPO EDITORIAL

- 50-57 Guía para la presentación de artículos científicos en la revista "Reportes Científicos de la FaCEN".

