

Volumen 1
Número 1
2010

ISSN 2078-399X



Reportes Científicos de la FACEN



**Publicación Científica de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
- Universidad Nacional de Asunción - Paraguay -**

Reportes Científicos de la FACEN



Publicación cuatrimestral destinada a comunicar y difundir información científica realizada por investigadores de la FaCEN relacionadas a las áreas de Biología, Matemática, Química, Física, Tecnología de Producción y Geología.

Editor en Jefe:

Deidamia Franco

Comité Editorial:

Cesar Benitez
Norma Caballero
Bolívar Garcete
Gloria Gonzalez
Ricardo Olmedo
Gladys Ortiz Granada
Miriam Rolon
Celeste Vega
Juan Carlos Velazquez
Andrea Weiler

Diseño de tapa:

Gladys Ortiz
Hugo Rolón

Diagramación:

Bolívar Garcete

Institución responsable:

Facultad de Ciencias Exactas
y Naturales, Universidad Na-
cional de Asunción.

Dirección de Correo:

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

Decano:

Prof. Constantino Nicolás
Guefos Kapsalis, MAE

Teléfono/Fax: 595 21 585600

E-mail: facen@facen.una.py

Página Web: www.facen.una.py

MENSAJE DE PRESENTACIÓN

La Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, en su permanente búsqueda de consolidación como una institución caracterizada por la excelencia en cumplimiento de su Misión, ha impulsado la investigación científica como uno de los pilares fundamentales para la formación de sus egresados.

Con el lanzamiento del primer número de la revista científica de la Facultad se pretende estimular y reconocer la labor investigadora, fortalecer y crear nuevas áreas de investigación, despertar el interés científico de la comunidad universitaria y, contribuir al impulso de la investigación y formación de futuros investigadores, requisitos indispensables para una comunidad educativa universitaria del siglo XXI.

Se consolida así, el deseo de divulgar la productividad científica realizada por nuestros investigadores y posicionar a la FACEN en un lugar privilegiado en la producción del conocimiento.

“Reportes científicos de la FACEN”, reunirá la producción intelectual de docentes investigadores y egresados no docentes y difundirá progresivamente, el resultado de investigaciones básicas y aplicadas, con el propósito de hacer aportes tangibles en diferentes áreas del conocimiento de las Ciencias Exactas y Naturales.

Lic. Constantino Nicolás Guefos Kapsalis, MAE
Decano de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

ESTUDIO CINÉTICO DE LA REACCIÓN $\text{CF}_2 + \text{CF}_2 + \text{He} \rightarrow \text{C}_2\text{F}_4 + \text{He}$ A 296 KCaballero N. B.^{a*}, Croce A. E.^b y Cobos C. J.^b

^a Departamento de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Asunción, 1039 Campus Universitario, San Lorenzo, Paraguay. Teléfono: +595-21-585600 int 221. E-mail: fisicoquimica@facen.una.py

^b Instituto de Investigaciones Físicoquímicas Teóricas y Aplicadas (INIFTA), Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata, Sucursal 4, Casilla de Correo 16, 1900 La Plata, Argentina

RESUMEN: Se empleó la técnica fotólisis flash con láser-espectrofotometría de absorción para estudiar las reacciones de recombinación $\text{CF}_2 + \text{He} \rightarrow \text{C}_2\text{F}_4 + \text{He}$, $\text{CFCl} + \text{CFCl} + \text{He} \rightarrow \text{CFCICFCl} + \text{He}$ y $\text{CF}_2 + \text{CFCl} + \text{He} \rightarrow \text{CF}_2\text{CFCl} + \text{He}$ a 296 ± 2 K. Se encontró que las dos últimas reacciones son esencialmente de segundo orden en el rango de 5 mbar a 780 mbar de mezclas de $\text{CF}_2\text{CFCl}/\text{He}$. Las constantes de velocidad en el límite de alta presión son $(3,7 \pm 0,6) \times 10^{-14}$, $(1,4 \pm 0,5) \times 10^{-12}$ y $(7,7 \pm 0,3) \times 10^{-13} \text{ cm}^3 \text{ molécula}^{-1} \text{ s}^{-1}$ respectivamente. Un análisis en la teoría del estado de transición (TST) y el modelo de canales adiabáticos/trayectorias clásicas (SACM/CT) indican que la formación de átomos de cloro como producto primario de la fotólisis de CF_2CFCl es factible. Empleando esquemas de reacciones isodesmicas al nivel de teoría B3LY/6-311++G(d,p), se calcularon las entalpías de formación para las moléculas CFCICFCl, CF_2CF y CF_2CICFCl de $-78,3 \pm 4$, $-59,9 \pm 4$ y $127,9 \pm 4 \text{ kcal mol}^{-1}$ respectivamente.

Palabras Clave: Cinética química; Fotólisis flash con láser; Constantes de velocidad; Entalpías de formación; CF_2 ; CFCl ; CF_2CFCl ; CFCICFCl

ABSTRACT: The laser flash photolysis-absorption technique has been used to study the $\text{CF}_2 + \text{He} \rightarrow \text{C}_2\text{F}_4 + \text{He}$, $\text{CFCl} + \text{CFCl} + \text{He} \rightarrow \text{CFCICFCl} + \text{He}$ and $\text{CF}_2 + \text{CFCl} + \text{He} \rightarrow \text{CF}_2\text{CFCl} + \text{He}$ recombination reactions at 296 ± 2 K. The latest two reactions were found to be essentially at the second-order regime from 5 mbar up to 780 mbar of mixtures of $\text{CF}_2\text{CFCl}/\text{He}$. The derived limiting high-pressure rate coefficients are $(3,7 \pm 0,6) \times 10^{-14}$, $(1,4 \pm 0,5) \times 10^{-12}$ y $(7,7 \pm 0,3) \times 10^{-13} \text{ cm}^3 \text{ molecule}^{-1} \text{ s}^{-1}$, respectively. An analysis in of the transition steady state (TST), statistical adiabatic channel model/classic trajectory (SACM/CT) indicates that the formation of chlorine atoms initially formed like a primary photoproduct of CF_2CFCl is possible. The thermochemistry of relevant molecular species via isodesmic reaction schemes with total energies computed at the B3LY/6-311++G(d,p) level of the density functional theory. In this way, heat of formation values at 298 K of $-78,3 \pm 4$, $-59,9 \pm 4$ and $127,9 \pm 4 \text{ kcal mol}^{-1}$ were respectively obtained for CFCICFCl, CF_2CF and CF_2CICFCl molecules.

Keywords: Chemical kinetics; Laser flash photolysis; Rate coefficients; Enthalpies of formation; CF_2 ; CFCl ; CF_2CFCl ; CFCICFCl

INTRODUCCIÓN

La importancia de los carbenos en varias ramas de la química es bien conocida. En particular, algunos halocarbenos se forman por fotodisociación de los CFC (CF_2Cl_2 , CF_2Br_2 y CF_2ClBr) con radiación solar. Por este motivo se ha investigado su reactividad con sustancias de interés atmosférico tales como NO , NO_2 y O_2 . Los halocarbenos también pueden absorber dicha radiación pero su fotoquímica y fotofísica permanece relativamente desconocida. El radical difluorometileno, CF_2 , puede tener relevancia en la química de la troposfera

donde se forma por fotodisociación UV de los freones arriba mencionados (Sharpe et al., 1987; Hack et al., 1995). El CF_2 está también presente en llamas de mezclas de CH_4 - C_2F_6 y C_2F_4 - O_2 y reduce la velocidad de propagación de las mismas porque reacciona con átomos de H y radicales HO (Douglass et al., 1995). Recientemente, el espectro de fluorescencia inducido por láser del CF_2 ha sido detectado entre 250 y 314 nm en llamas de difusión atmosféricas premezcladas con CClF_2H (HCFC-22) y CF_3CFH (HFC-134a) (Su et al., 1998). En este contexto, se han estudiado en los laboratorios

del INIFTA las reacciones de recombinación del carbeno CFCl con CF₂ y con CFCl (Caballero et al. 1999). En este trabajo se presentan los resultados de un estudio de la reacción CF₂ + CF₂ + He → C₂F₄ + He a 296 K. Por otra parte se reevaluó el mecanismo de reacción de la fotólisis de CF₂CFCl a 193 nm considerando explícitamente la formación de un canal disociativo que genera átomos de Cl (Lee et al., 2000). Se realizaron cálculos mecanocuánticos que utilizan la teoría del funcional de la densidad y el modelo de canales estadísticamente adiabáticos (SACM-CT) (Troe, 1983; Brouwer et al., 1987) para elucidar la posibilidad de formación de átomos de Cl en estas reacciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

La parte experimental de este trabajo se realizó en los laboratorios de la División Cinética Química y Fotoquímica del Instituto de Investigaciones Teóricas y Aplicadas, INIFTA y los cálculos en el Departamento de Química de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UNA. Los radicales CF₂ se generaron a partir de la fotólisis de C₂F₄ y de CF₂CFCl en presencia de He a 193 nm. Para ello se empleó un láser de excímeros (Lambda Physik EMG 101 MSC) operando en la transición ArF. La evolución temporal del radical CF₂ (la única especie del sistema que absorbe a 258 nm) se siguió mediante espectrofotometría de absorción resuelta en el tiempo usando una lámpara de arco de xenón (Hanovia, 150 W). Luego de pasar por el reactor cilíndrico de cuarzo de 3,5 cm de diámetro, 5 cm de longitud y 2,4 cm de camino óptico, el haz de análisis se enfocó en la rendija del monocromador (PTI, 1200 líneas mm⁻¹) y luego esta pasó a un tubo fotomultiplicador (RCA, 1P28). Las señales de absorción se registraron y promediaron (típicamente 30 pulsos del láser) en un osciloscopio (LeCroy, 9400). El láser y el osciloscopio fueron sincronizados con un generador de retardo (Stanford Research System, DG535). Las señales se almacenaron y analizaron en una computadora. Se empleó un detector piroeléctrico (Gentec ED-500) para determinar las intensidades del pulso del láser

incidente sobre la celda de reacción. La presión de C₂F₄ se varió entre 8,0 y 27,6 mbar, la de CF₂CFCl entre 5,1 y 7,9 mbar y la de He entre 150 y 600 mbar. Todos los experimentos se realizaron a 296 ± 2 K.

Los gases fueron manipulados en un sistema de vacío convencional, y las presiones medidas con un transductor de presión calibrado (MKS Baratron, tipo 310 CA) con una espiral sensible de cuarzo. El CF₂CFCl (PRC, 99,0%) se enfrió a la temperatura del nitrógeno líquido, destilado a 187 K para eliminar el inhibidor tributilamina y posteriormente fue purificado mediante una destilación trampa a trampa a bajas temperaturas. La pureza fue verificada por espectrofotometría IR. El He (Union Carbide, 99,999%) se pasó a través de una trampa enfriada a 150 K y almacenada en un balón de Pyrex.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Debido a la gran resolución espectral empleada en los presentes experimentos ($\Delta\lambda_{\text{FWHM}}=1.9$ nm), se midió una sección eficaz efectiva de absorción para el CF₂ para obtener las concentraciones absolutas de este radical a partir de las medidas de absorbancia resueltas en el tiempo. Los radicales CF₂ se formaron por fotólisis flash con láser a 193 nm de C₂F₄ diluido en He. Se sabe que los radicales CF₂ se forman a esta longitud de onda con una eficiencia cuántica de 2 (Sharpe et al., 1987). Se forma una pequeña fracción de CF₂(³B₁) electrónicamente excitado (Minton et al., 1989) que sufre una rápida desactivación colisional (Koda, 1979) y de esa manera no interfiere con la recombinación del CF₂. En la Figura 1 se muestra una señal típica de absorbancia ($\log_{10}(I_0/I_t)$, donde I₀ e I_t son las intensidades de luz incidente y transmitida) para el decaimiento del CF₂. La figura interna muestra que el decaimiento de los radicales CF₂ sigue estrictamente una ley de segundo orden debido exclusivamente a la reacción de recombinación CF₂ + CF₂ + He → C₂F₄ + He.

La disminución de la concentración de CF₂ en función del tiempo se obtiene de la señal de la Figura 1. A partir del modelado de la misma se determinó la constante de velocidad de asociación de los

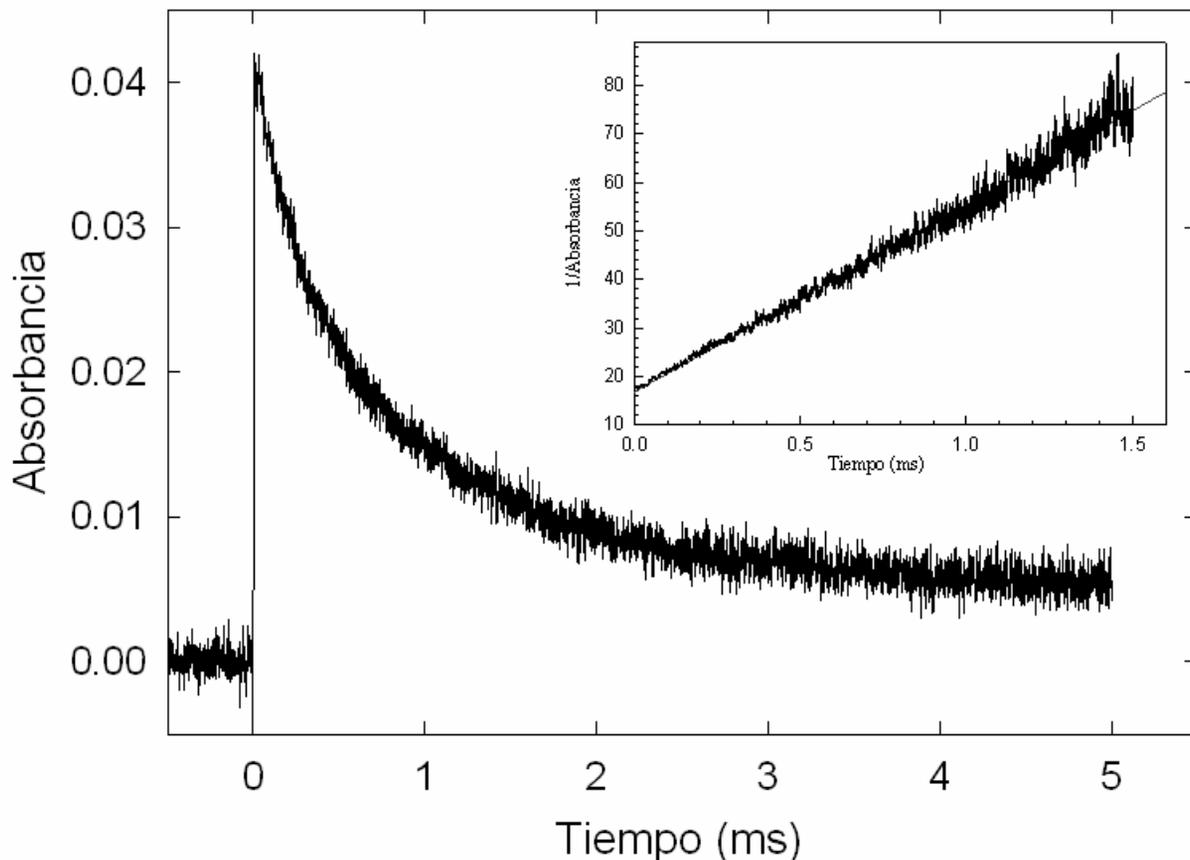
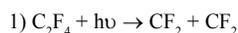


Figura 1. Absorbancia de CF_2 detectada a 258 nm. $\text{C}_2\text{F}_4=12,1$ mbar, $\text{He}=627,2$ mbar. La línea roja es el resultado del ajuste realizado con el mecanismo adjunto.

radicales CF_2 , k_2 , y la sección eficaz de absorción de los mismos a 258 nm. Los valores promedio obtenidos a partir de 10 ensayos con diferentes presiones de C_2F_4 e intensidades incidentes de láser son $k_2=(3,9\pm 0,3)\times 10^{-14}$ cm^3 molécula $^{-1}$ s^{-1} y $\sigma(\text{CF}_2, \lambda=258 \text{ nm})=(1,5\pm 0,2)\times 10^{-18}$ cm^2 molécula $^{-1}$.

I. Mecanismo de reacción de la fotólisis de C_2F_4 y constantes de velocidad (en cm^3 molécula $^{-1}$ s^{-1})



El CF_2CFCl absorbe fuertemente a longitudes de onda mayores que la correspondiente a su límite de disociación del enlace $\text{C}=\text{C}$. Por otro lado, no presenta una absorción apreciable a la longitud de

onda de análisis de 258 nm (Nee et al., 1987), tampoco el radical CFCl presenta absorción a esta longitud de onda (Schlachta et al., 1991).

En la Figura 2 se observa una señal obtenida luego de fotolizar una muestra conteniendo 7,8 mbar de CF_2CFCl y 776,2 mbar de He en las mismas condiciones experimentales de la fotólisis de C_2F_4 . En estos experimentos se promediaron con el osciloscopio entre 10 y 30 pulsos de radiación de 193 nm. Como se observa en la figura mencionada, la traza registrada muestra un pronunciado decaimiento de la absorbancia del radical CF_2 a lo largo de los primeros 300 μs después de la fotodisociación, seguido por un decaimiento menos pronunciado, que puede verse en la Figura 2. Esta zona de la señal se asignó a la concurrencia simultánea de los procesos de recombinación entre los radicales CF_2 y CFCl para regenerar el CF_2CFCl y

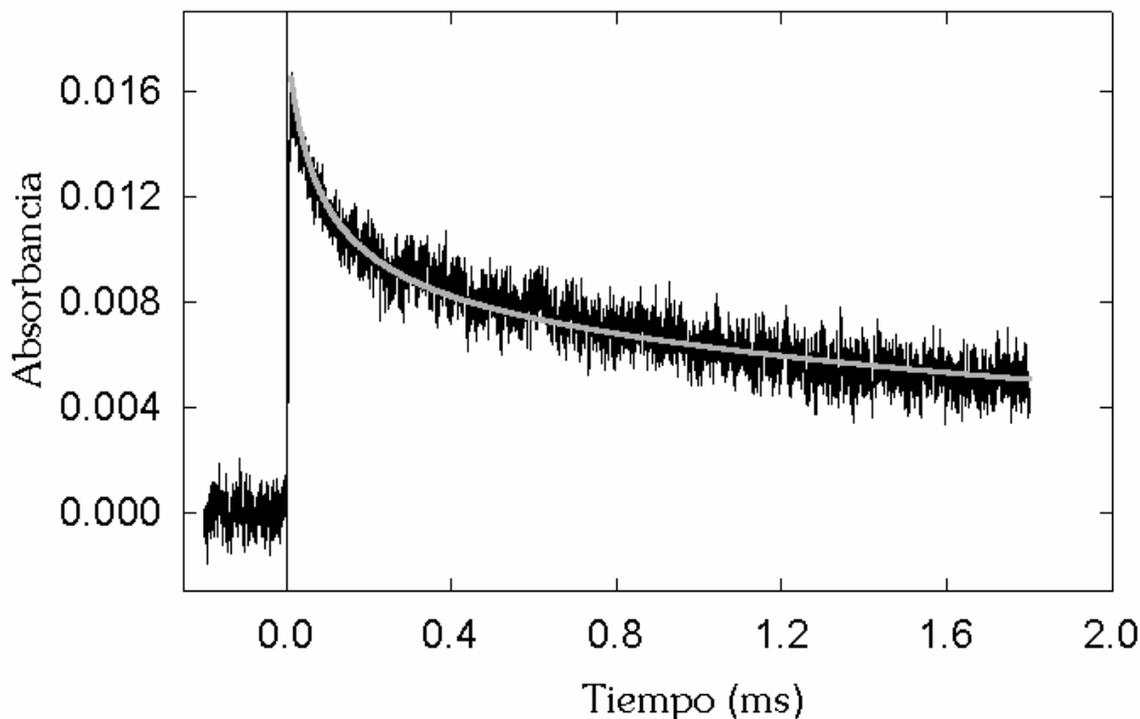


Figura 2. Absorbancia de CF_2 detectada a 258 nm. $\text{CF}_2\text{CFCl}=7,8$ mbar, $\text{He}=776,2$ mbar. La línea celeste es el resultado del ajuste realizado con el mecanismo adjunto.

la recombinación entre dos radicales CFCl para formar el dímero CFCICFCI . A tiempos más largos la señal sigue una ley de segundo orden similar a la que se observó en la fotólisis del C_2F_4 . Esta parte de la señal se puede atribuir exclusivamente a la recombinación de CF_2 porque, dentro de los límites de error, la representación lineal conduce a los mismos valores para la relación k/σ_{CF_2} en los experimentos realizados con C_2F_4 y CF_2CFCl . Los átomos de Cl reaccionan cuantitativamente con el CF_2CFCl con una constante de velocidad similar a la de la reacción entre Cl y C_2Cl_4 (Affely et al., 2003). Por otra parte, los radicales CF_2CF y CF_2CICFCI formados en el proceso primario y en la reacción (5) (Hargis y Kushner, 1982), respectivamente, se dimerizan. Los valores de las constantes de velocidad se obtuvieron a partir de la simulación numérica del mecanismo de reacción II. Estos valores resultan razonables cuando se los compara con aquellos de otras reacciones de asociación de radicales (Affely et al., 2003; Baulch et al., 2005).

II. Mecanismo de reacción de la fotólisis de CF_2CFCl y constantes de velocidad (en $\text{cm}^3 \text{molécula}^{-1} \text{s}^{-1}$)

- | | |
|--|-----------------------|
| 1) $\text{CF}_2\text{CFCl} + h\nu \rightarrow \text{CF}_2\text{CF} + \text{Cl}$ | |
| $\rightarrow \text{CF}_2 + \text{CFCl}$ | |
| 2) $\text{CF}_2 + \text{CF}_2 + \text{He} \rightarrow \text{C}_2\text{F}_4 + \text{He}$ | $3,6 \times 10^{-14}$ |
| 3) $\text{CFCl} + \text{CFCl} + \text{He} \rightarrow \text{CFCICFCI} + \text{He}$ | $1,2 \times 10^{-12}$ |
| 4) $\text{CF}_2 + \text{CFCl} + \text{He} \rightarrow \text{CF}_2\text{CFCl} + \text{He}$ | $8,6 \times 10^{-13}$ |
| 5) $\text{CF}_2\text{CFCl} + \text{Cl} + \text{He} \rightarrow \text{CF}_2\text{CICFCI} + \text{He}$ | $4,0 \times 10^{-11}$ |

CÁLCULOS *AB INITIO*, TST Y SACM/CT

Las reacciones (2)-(4) se analizaron empleando la teoría del estado de transición (TST) y el modelo de canales adiabáticos/trayectorias clásicas (SACM/CT) (Maergoiz et al., 1998; Maergoiz et al., 2002). Los potenciales electrónicos se calcularon con el modelo *ab initio* G3(MP2)B3 (Baboul et al., 1999; M.J. Frisch et al., 2004). Las estructuras moleculares y las frecuencias vibracionales se

estimaron al nivel B3LYP/6-311+G(3df). Se encontró que la reacción (2) presenta una pequeña barrera en su potencial electrónico de aproximadamente 0,5 kcal mol⁻¹ ubicada a $r_{C-C} \sim 2,4$ Å. Por consiguiente, se la analizó teóricamente con la TST. El valor predicho de $k_{\infty(2)} = 2,3 \times 10^{-14}$ cm³ molécula⁻¹ s⁻¹ está en razonable acuerdo con el experimental. De acuerdo con el SACM (Cobos y Troe, 1985), cuando las contribuciones angulares del potencial se desprecian se obtiene la constante de velocidad máxima de alta presión (límite del espacio de las fases). Los valores derivados con los potenciales de la Figura 3 para las reacciones (3) y (4) son: $k_{\infty, PST}(3) = 2,9 \times 10^{-10}$ cm³ molécula⁻¹ s⁻¹ y $k_{\infty, PST}(4) = 2,4 \times 10^{-10}$ cm³ molécula⁻¹ s⁻¹. La anisotropía de la superficie de energía potencial reduce estos valores, y esto lo contempla el factor de rigidez $f_{rigid} = k_{exp} / k_{PST}$ (Cobos y Troe, 1985). Los valores resultantes estimados con el SACM/CT son: $f_{rigid}(3) = 0,0027$ y $f_{rigid}(4) = 0,0058$. Estos son consistentes con los parámetros de anisotropía $\alpha/\beta = 0,46$ y 0,34. El primero de ellos es normal para este tipo de reacciones (Cobos y Troe, 1985). Por otra parte, el bajo valor de f_{rigid} obtenido para la reacción de asociación los radicales CF₂ y CFCl indica que las fuerzas angulares que surgen de la marcada influencia de los grados de libertad ortogonales a la coordenada de la reacción ejercen un papel relevante en este proceso.

La Función de Morse modificada empleada para el cálculo:

$$V = D_e \{1 - \exp[-\beta(r - r_e)]\}^2 \text{ con } \beta(r) = \beta_0 + \beta_1(r - r_e) + \beta_2(r - r_e)^2$$

Molécula	$\beta_0 / \text{Å}^{-1}$	$\beta_1 / \text{Å}^{-2}$	$\beta_2 / \text{Å}^{-3}$	$r_e / \text{Å}$	$D_e / \text{kcal mol}^{-1}$
C ₂ F ₄	4,244	-3,451	5,729	1,326	70,2
CF ₂ CFCl	3,281	-0,6931	2,257	1,330	84,0
CFCICFCI	2,722	0,2091	1,083	1,334	97,3

Tabla 1. Parámetros correspondientes a las moléculas C₂F₄, CF₂CFCl y CFCICFCI para calcular la función de Morse.

TERMOQUÍMICA

La termoquímica de algunas de las especies relevantes en el mecanismo II se obtuvo a partir de

esquemas de reacciones isodésmicas e isogíricas al nivel B3LYP/6-311++G(d,p) (Frisch et al, 2004). En esta clase de reacciones los reactivos y productos contienen el mismo número y tipo de enlaces (Hehre et al., 1986). Por esto, el número de enlaces disociados y formados se conservan, y puede decirse que los errores debido a defectos en la base y la energía electrónica de correlación se cancelan. Todos los cálculos se realizaron con el nivel de teoría B3LYP/6-311++G(d,p). Para un grupo dado de moléculas son posibles muchas opciones diferentes de reacciones. La entalpía de reacción

$\Delta_r H_{298}^o$ se calcula sumando a la energía total de cada molécula, la energía del punto cero y la corrección térmica de la energía interna (298 K, 1 atm). Luego se calcula la entalpía de formación de la molécula de interés, $\Delta_f H^o$ empleando para las otras moléculas que forman la reacción, valores experimentales de entalpías de formación bien conocidos. Se han seleccionado las reacciones presentadas en la Tabla 2 y las siguientes entalpías de formación experimentales estándares para analizarlas: -58 (CHF₂), -15 (CHCIF), -120,8 (C₂ClF₃), -67 (CClF₂), -22 (CCl₂F), -112 (CF₃), -166,8 (CHF₃), -8 (CH₂F), 30 (CHF), -124 (C₂H₂F₃), -17,9 (CH₄), -17 (C₂H₄F), -19,6 (CH₃Cl), -71 (C₂H₃F₂) y 29 kcal mol⁻¹ (CH₂Cl). El valor de la Ref. (Erastov, 1982) se usa para el CF₂CFCl y el de la Ref. (Chase, 1998) se emplea para CHF. Todas las otras entalpías se tomaron de la Ref. (DeMore et al., 1997). Si las energías de enlace fueran estrictamente aditivas, los valores de $\Delta_r H_{298}^o$ deberían ser cero. Algunas de las reacciones empleadas y sus correspondientes cambios de entalpía a 298 K son las siguientes:

Reacción	$\Delta_r H_{298}^o / \text{kcal mol}^{-1}$	$\Delta_f H_{298}^o / \text{kcal mol}^{-1}$
CFCICFCI + CHF ₂ → CHCIF + CF ₂ CFCl	1,1	-78,9 (CFCICFCI)
CFCICFCI + CClF ₂ → CCl ₂ F + CF ₂ CFCl	2,8	-78,6 (CFCICFCI)
C ₂ CF + CH ₄ → CHF + C ₂ H ₃ F ₂	35,6	-58,7 (CF ₂ CF)
C ₂ CF + CH ₃ F + CH ₃ Cl → CClF ₂ + CHF + C ₂ H ₄ F	33,2	-59,6 (CF ₂ CF)
CF ₃ + CH ₃ CCl ₃ → C ₂ F ₃ Cl ₂ + CH ₃ Cl	-1,47	-127,8 (C ₂ F ₃ Cl ₂)
CH ₂ F + CF ₂ Cl + CH ₃ CCl ₃ → C ₂ F ₃ Cl ₂ + CH ₃ Cl + CH ₂ Cl	-10,41	-127,7 (C ₂ F ₃ Cl ₂)

Tabla 2. Entalpías de reacciones isodésmicas y entalpías de formación de CFCICFCI, CF₂CF y C₂F₃Cl₂ (kcal mol⁻¹).

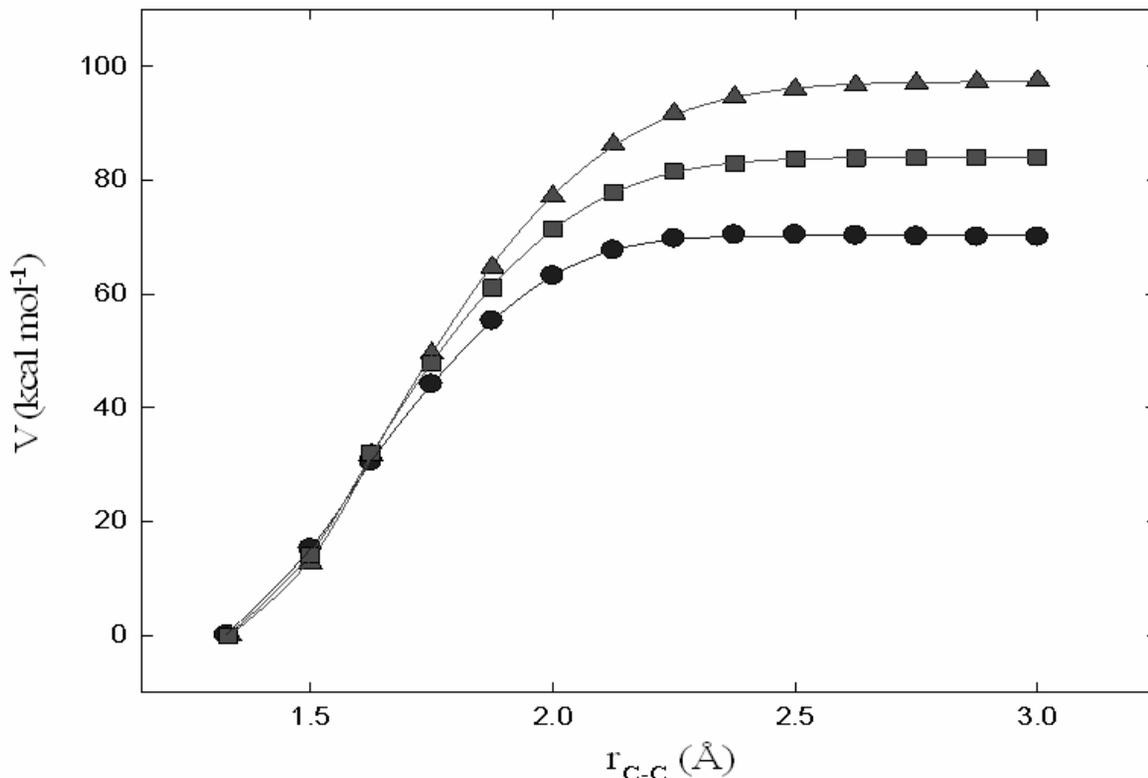


Figura 3. Curvas de energía potencial para $C_2F_4 \rightarrow CF_2 + CF_2$ (círculos), $CF_2CFCF1 \rightarrow CF_2 + CFCF1$ (cuadrados) y $CFCF1CFCF1 \rightarrow CFCF1 + CFCF1$ (triángulos) calculadas al nivel G3(MP2)B3. Las líneas llenas se calcularon con una función de Morse modificada.

CONCLUSIONES

Tal como se expresó en el mecanismo II, el comportamiento observado al analizar las señales obtenidas experimentalmente se interpreta con el siguiente mecanismo:

- 1) $CF_2CFCF1 + hv \rightarrow CF_2CF + Cl$
 $\quad \quad \quad \rightarrow CF_2 + CFCF1$
- 2) $CF_2 + CF_2 + He \rightarrow C_2F_4 + He$
- 3) $CFCF1 + CFCF1 + He \rightarrow CFCF1CFCF1 + He$
- 4) $CF_2 + CFCF1 + He \rightarrow CF_2CFCF1 + He$
- 5) $CF_2CFCF1 + Cl + He \rightarrow CF_2CFCF1 + He$

Tras la integración numérica del mismo, se obtuvieron los valores para las constantes de velocidad de las reacciones (2), (3) y (4) a temperatura ambiente:

$k_2 = (3,7 \pm 0,6) \times 10^{-14}$	$cm^3 \text{ molécula}^{-1} s^{-1}$
$k_3 = (1,4 \pm 0,5) \times 10^{-12}$	$cm^3 \text{ molécula}^{-1} s^{-1}$
$k_4 = (7,7 \pm 0,3) \times 10^{-13}$	$cm^3 \text{ molécula}^{-1} s^{-1}$

La constante de velocidad para la reacción (4) se compara muy bien con el valor estimado por Tyerman (1969) de $(1,0 \pm 0,8) \times 10^{-12} cm^3 \text{ molécula}^{-1} s^{-1}$. Por otro lado, k_3 es casi un orden de magnitud más grande que la obtenida por extrapolación de concentraciones iniciales de CFCF1 elevadas en experimentos de descarga en sistemas de flujo a una presión total de 1,54 Torr, $1,3 \times 10^{-13} cm^3 \text{ molécula}^{-1} s^{-1}$ (Nee et al., 1987). Esta diferencia sólo podría explicarse si se asume que la reacción (3) está en la región de presiones intermedias entre el límite de baja y de alta presión (en el falloff).

Por otro lado, los cálculos de química cuántica realizados para justificar las reacciones asociativas propuestas (3), (4) y (5) frente a otros procesos, se

puede concluir que tomando en cuenta los errores inherentes en las entalpías de formación calculadas los valores promedio de $\Delta_f H_{298}^{\circ}$ para las moléculas CFCICFCI, CF_2CF y $CF_2CICFCI$ de -78,3, -59,9 y 127,9 kcal mol⁻¹ se estima que tienen una precisión de ± 4 kcal mol⁻¹. El valor correspondiente al CF_2CF está en buen acuerdo con el obtenido en experimentos de disociación multifotónica infrarroja de C_3F_6 , (Longfellow, 1997) $-60,8 \pm 2,5$ kcal mol⁻¹. No se conocen datos para las otras especies calculadas.

LITERATURA CITADA

- Affèly H. Y., Liebman J. F., Stein S. E. *NIST Chemistry WebBook, Reference Database Number 69, March 2003*. <http://webbook.nist.gov/>.
- Baboul A.G., Curtiss L.A., Redfern P.C. 1999. *J. Chem. Phys.* **110**: 7650.
- Baulch D.L., Bowman C.T., Cobos C.J., Cox R.A., Just Th., Kerr J.A., Pilling M.J., Stocker D., Troe J., Tsang W., Walker J., Warnatz J. 2005. *J. Phys. Chem. Ref. Data*, **34**: 757.
- Brouwer L., Cobos C.J., Troe J., Duñbal H.R., Crim F.F. 1987. *J. Chem. Phys.* **86**: 6171.
- Caballero N.B., Castellano E., Cobos C.J., Croce A.E., Pino G.A. 1999. *Chem. Phys.* **246**: 157.
- Chase M. W. 1998. *J. Phys. Chem. Ref. Data, Monograf.* **9**: 1.
- Cobos C.J., Troe J. 1985. *J. Chem. Phys.* **83**: 1010.
- DeMore W. B., Sander S. P., Golden D. M., Hampson R. F., Kurylo M. J., Howard C. J., Ravishankara A. R., Kolb C. E., Molina M. J. 1997. *Chemical Kinetics and Photochemical Data for Use in Stratospheric Modeling*, Evaluation Number 12, JPL Publication 97-4.
- Douglass C.H., Ladouceur H.D., Shamamian V.A., McDonald J.R. 1995 *Combust. Flame* **100**: 529.
- Erastov P. A., Kolesov V. P. 1982. *J. Chem. Thermodyn.* **14**: 103.
- Frisch M.J. et al., 2004. *Gaussian 03, revision C.02; Gaussian, Inc., Pittsburg, PA*.
- Hack W., Wagner M., Hoyermann K. 1995. *J. Phys. Chem.* **99**: 10847.
- Hargis P.J., Kushner M.J. 1982. *Appl. Phys. Lett.* **40**: 779.
- Hehre W. J., Radom L., Schleyer P. V. R., Pople J. A. 1986. *Ab Initio Molecular Orbital Theory*, Wiley, New York.
- Koda S. 1979. *J. Phys. Chem.* **83**: 2065.
- Lee, Y.R., Wang L.D., Lee Y.T., Lin S.M. 2000. *J. Chem. Phys.* **113**: 6107.
- Longfellow C. A., Smoliar L. A., Lee Y. T., Lee Y. R., Yeh C. Y., Lin S. M. 1997. *J. Phys. Chem. A*, **101**: 338.
- Maergoiz A.I., Nikitin E.E., Troe J., Ushakov V.G. 1998. *J. Chem. Phys.* **108**: 9987.
- Maergoiz A.I., Nikitin E.E., Troe J., Ushakov V.G. 2002. *J. Chem. Phys.* **117**: 4201.
- Minton T.K., Felder P., Scales R.C., Huber J.R. 1989. *Chem. Phys.* **164**: 113.
- Nee B., Wang X., Suto M. y Lee L. C. 1987. *Chem. Phys.*, **113**: 265.
- Schlachta R., Lask G. M., Bondybey V. E. 1991. *J. Chem. Soc. Faraday Trans.*, **87** : 2407.
- Sharpe S., Hartnett B., Sethi H.S., Sethi D.S. 1987. *J. Photochem.* **38**: 1.
- Su Y., Gu Y., Reck G.P., Rothe E.W., Francisco J.S. 1998. *Combust. Flame* **113**: 236.
- Troe J. 1983. *J. Chem. Phys.* **79**: 6017.
- Tyerman W. J. R. 1969. *Trans. Faraday Soc.*, **65**: 1118.



DISTRIBUCIÓN Y AFINIDADES BIOGEOGRÁFICAS DE LA FAMILIA GYMNOPHTHALMIDAE DE PARAGUAY (REPTILIA: SAURIA).

Pier Cacciali

Departamento de Paleontología, Facultad de Ciencias, Iguá 4225, CP: 11400, Montevideo, Uruguay. Instituto de Investigación Biológica del Paraguay, del Escudo 1607, Asunción, Paraguay. E-mail: pier_cacciali@yahoo.com

RESUMEN: “Distribución y afinidades biogeográficas de la Familia Gymnophthalmidae de Paraguay (Reptilia: Sauria)”: Gymnophthalmidae es una familia de pequeñas lagartijas, conocidas como “microteidos”, distribuidos en la Región Neotropical, y que contiene unas 160 especies. En Paraguay fueron registradas seis especies: *Bachia bresslaui*, *Cercosaura schreibersii*, *Colobosaura kraepelini*, *Colobosaura modesta*, *Micrablepharus maximiliani*, y *Vanzosaura rubricauda*; y más recientemente también *Placosoma* sp. Además de las siete especies conocidas, aquí se confirma el registro de *Cercosaura ocellata* para Paraguay. También se presenta información sobre la distribución y afinidades eco-regionales de las especies de Gymnophthalmidae de Paraguay.

Palabras Clave: Distribución geográfica, microteidos, Sauria, Región Neotropical, Ecorregión.

ABSTRACT: “Distribution and biogeographic affinities of the Family Gymnophthalmidae in Paraguay (Reptilia: Sauria)”: Gymnophthalmidae is a family of small lizards known as “microteiids”. The family contains about 160 species which are distributed throughout the Neotropical Region. Six species have been recorded from Paraguay: *Bachia bresslaui*, *Cercosaura schreibersii*, *Colobosaura kraepelini*, *Colobosaura modesta*, *Micrablepharus maximiliani*, and *Vanzosaura rubricauda*; and more recently also *Placosoma* sp. In addition to these seven species, the record of *Cercosaura ocellata* is here confirmed for Paraguay. Information is also provided about distribution and eco-regional affinities of species of Gymnophthalmidae from Paraguay.

Key Words: Geographical distribution, Microteiids, Sauria, Neotropical Region, Ecoregion.

INTRODUCCIÓN

Gymnophthalmidae es una familia de pequeñas lagartijas con varias adaptaciones morfológicas, las cuales hacen de esta un grupo altamente derivado. La familia contiene una diversidad de cerca de 36 géneros y 160 especies, y su rango de distribución está limitado a latitudes tropicales, donde la mayor diversidad es encontrada en la cuenca del Amazonas y en los valles andinos (Presch, 1980; Pianka y Vitt, 2003). Los representantes de esta familia fueron inicialmente considerados como “Microteidos” debido a la gran similitud con los miembros de la Familia Teiidae (Ceí, 1993). Sin embargo, actualmente se los considera representantes de una familia diferente, debido a una combinación de características que incluyen alargamiento del cuerpo, reducción de extremidades motoras, ausencia de párpados y fusión de algunas de las

mayores placas cefálicas (Rodrigues *et al.*, 2007; Carreira *et al.* 2005).

En Paraguay se reconocen seis especies hasta el momento: *Bachia bresslaui*, *Cercosaura schreibersii*, *Colobosaura kraepelini*, *Colobosaura modesta*, *Micrablepharus maximiliani* y *Vanzosaura rubricauda*. Una séptima especie (*Placosoma* sp.) fue registrada más recientemente (Fariña y Hostettler, 2003) y una octava (*Cercosaura ocellata*) es confirmada en este trabajo.

El estudio de esta familia en Paraguay es problemático, porque las colecciones científicas ofrecen muy escasa representatividad, presumiblemente porque son animales pequeños y por consiguiente difíciles de observar en el campo.

El objetivo del presente trabajo es proveer una actualización del conocimiento de esta rara familia

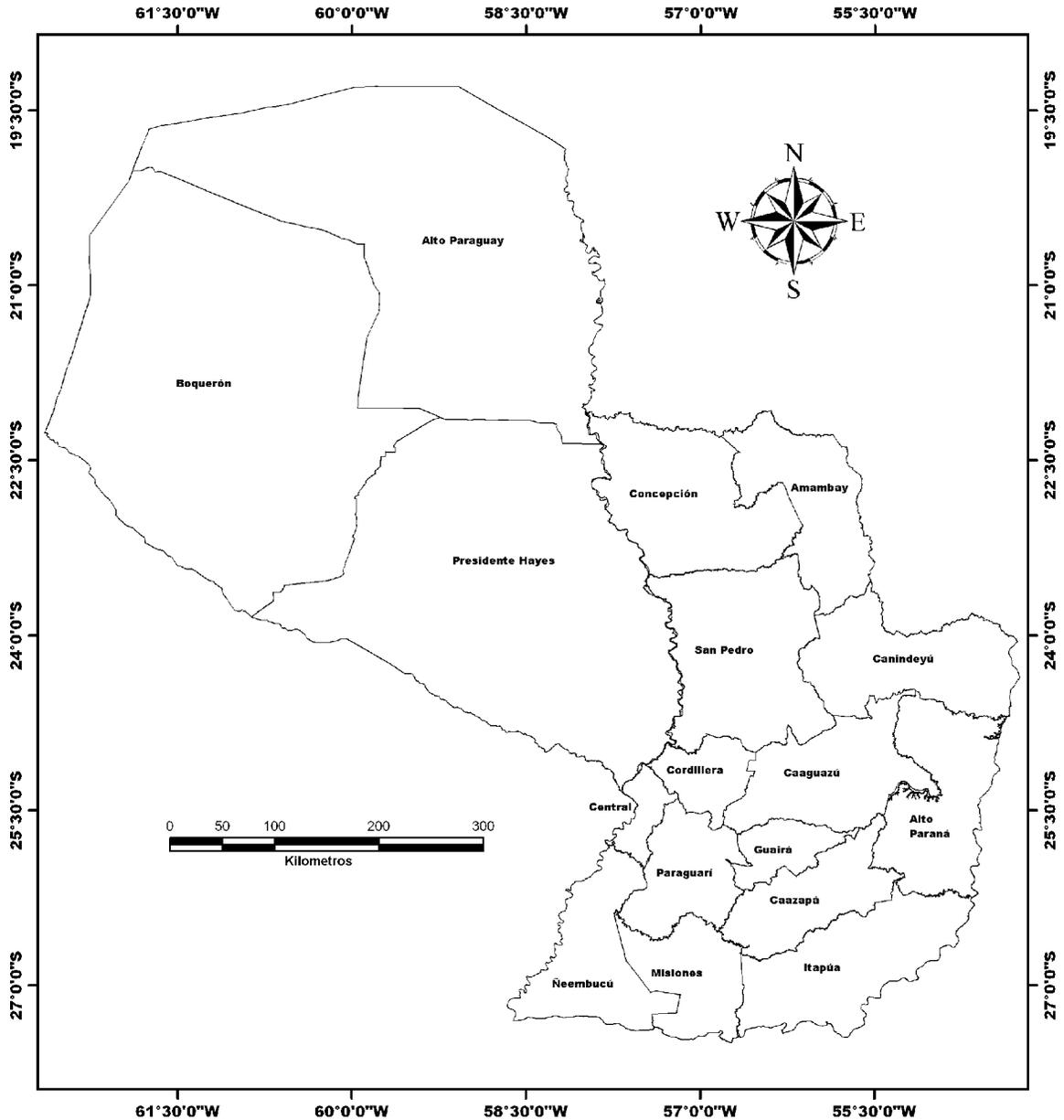


Figura 1. Mapa de Paraguay mostrando la división política.

en Paraguay, y también brindar datos sobre la distribución a nivel local. También son discutidas las afinidades biogeográficas, con respecto a los ambientes naturales presentes en Paraguay.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para este trabajo, se examinaron ejemplares

depositados en diferentes colecciones herpetológicas. Esas colecciones son: Museo Nacional de Historia Natural el Paraguay (MNHNP, Paraguay), Instituto de Investigación Biológica del Paraguay (IIBP-H, Paraguay), y United States National Museum (USNM, U.S.A.).

La superficie total de Paraguay es de 406.752 Km², y el país está dividido en dos regiones natu-

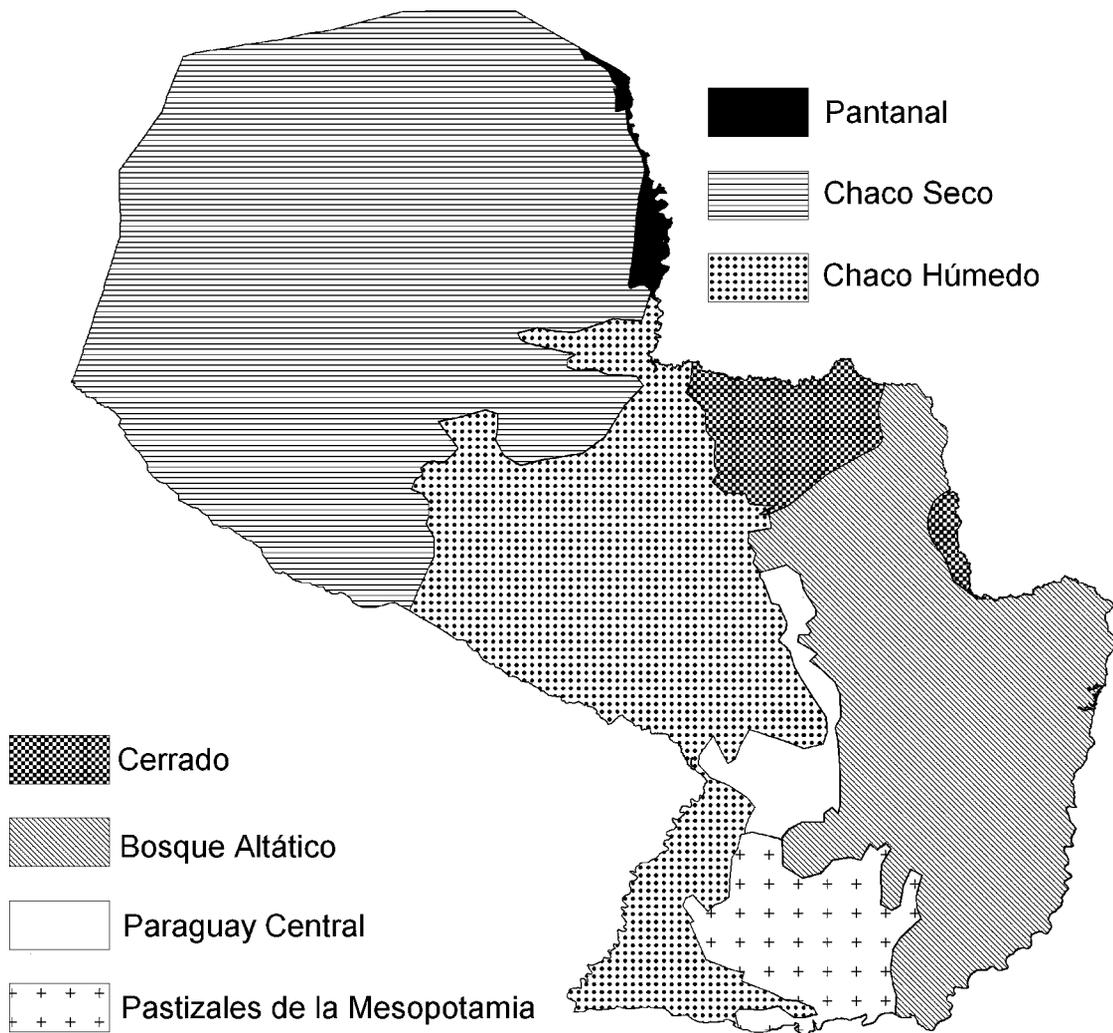


Figura 2. Ecorregiones de Paraguay.

rales, separadas por el Río Paraguay. El lado oeste (comúnmente llamado “Chaco”) representa el 60.7% del total del país, y el restante 39.3% corresponde a la Región Oriental al este del mencionado río (Fig. 1). La información sobre las diferentes formaciones naturales sigue al concepto de “ecorregiones” para Latinoamérica (Dinestein *et al.* 1995) con las modificaciones en la cuales se incluyen los Pastizales de la Mesopotamia, o Pastizales del Sur (Del Castillo y Clay, 2005) y Paraguay Central (Fig. 2).

Los mapas de distribución fueron hechos en base a los ejemplares analizados (listados en el Apéndice I) y a referencias bibliográficas. Los mapas fueron elaborados usando GPS TrackMaker, versión 13.4.

RESULTADOS

Siete especies de gimnoftálmidos fueron registrados para Paraguay. Muchas de ellas habitan la Ecorregión del Cerrado (Tabla 1). A continuación se brinda una lista con cada una de las especies registradas para Paraguay.

	CS	CH	PA	PC	CE	BA	PS
<i>Bachia bresslaui</i>					+		
<i>Cercosaura ocellata</i>					+		+
<i>Cercosaura schreibersii</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Colobosaura kraepelini</i>		+					
<i>Colobosaura modesta</i>					+		
<i>Micrablepharus maximiliani</i>				+			
<i>Vanzosaura rubricauda</i>	+	+			+		

Tabla 1. Tabla mostrando la incidencia de cada especie en las ecorregiones de Paraguay. CS: Chaco Seco, CH: Chaco Húmedo, PA: Pantanal, PC: Paraguay Central, CE: Cerrado, BA: Bosque Atlántico, y PS: Pastizales del Sur. La presencia de cada especie en las ecorregiones, se simboliza con un signo “+”.

Bachia bresslaui (Amaral, 1935)

Se distribuye en el centro y sur de Brasil y en el noreste de la Región Oriental de Paraguay (Peters y Donoso-Barros, 1970; McDiarmid y Foster, 1987; Colli *et al.* 2002). En Paraguay sólo está presente en el Departamento de Amambay (McDiarmid y Foster, 1987) (Fig. 3). La especie muestra afinidades ecológicas con la Ecorregión del Cerrado, no sólo en Paraguay sino también en Brasil (Colli *et al.* 1998).

Comentarios: El único registro para Paraguay fue en base a un ejemplar referido por McDiarmid & Foster (1987) depositado en el United States National Museum (Fig. 4). Esta especie nunca más fue registrada para Paraguay. Existe también una mención previa de *B. dorbignyi* hecha por Hellmich (1960) de Paraguay (aunque este sin referencia a localidad específica). Es probable que el ejemplar de Hellmich corresponda realmente a *B. bresslaui*.

Cercosaura ocellata Wagler, 1830

Su rango de distribución va desde Venezuela y Colombia hasta el norte de Argentina y Paraguay (Avila-Pires, 1995; Tedesco, 1998). En Paraguay es difícil establecer con exactitud su distribución,

debido a que existen únicamente tres registros de la especie, y está geográficamente muy distantes uno de otro (Fig. 3). Sin embargo, está presente únicamente en el lado este del Río Paraguay. Este es el primer registro que confirma la presencia de *Cercosaura ocellata* en Paraguay. El primer ejemplar proviene del Parque Nacional Cerro Corá en Amambay. Recientemente fueron registrados dos ejemplares adicionales: uno en Aguará Ñu en la Reserva Natural Mbaracayú (Departamento de Canindeyú) y otro en Kangüery en el Parque Nacional San Rafael (Departamento Itapúa). En Paraguay esta especie exhibe preferencias por los pastizales naturales. Todo el material proviene del Cerrado (Departamentos de Amambay y Canindeyú) y de los Pastizales del Sur (Departamento de Itapúa).

Comentarios: Esta especie cuenta con dos subespecies: *C. o. ocellata* y *C. o. bassleri* y *C. o. petersi*, de las cuales sólo esta última está presente en Paraguay.

Cercosaura schreibersii Wiegmann, 1834

Posee una amplia distribución en el centro y sur de Brasil, norte de Argentina, Paraguay, Bolivia y Uruguay (Rodrigues *et al.*, 2007; Carreira y

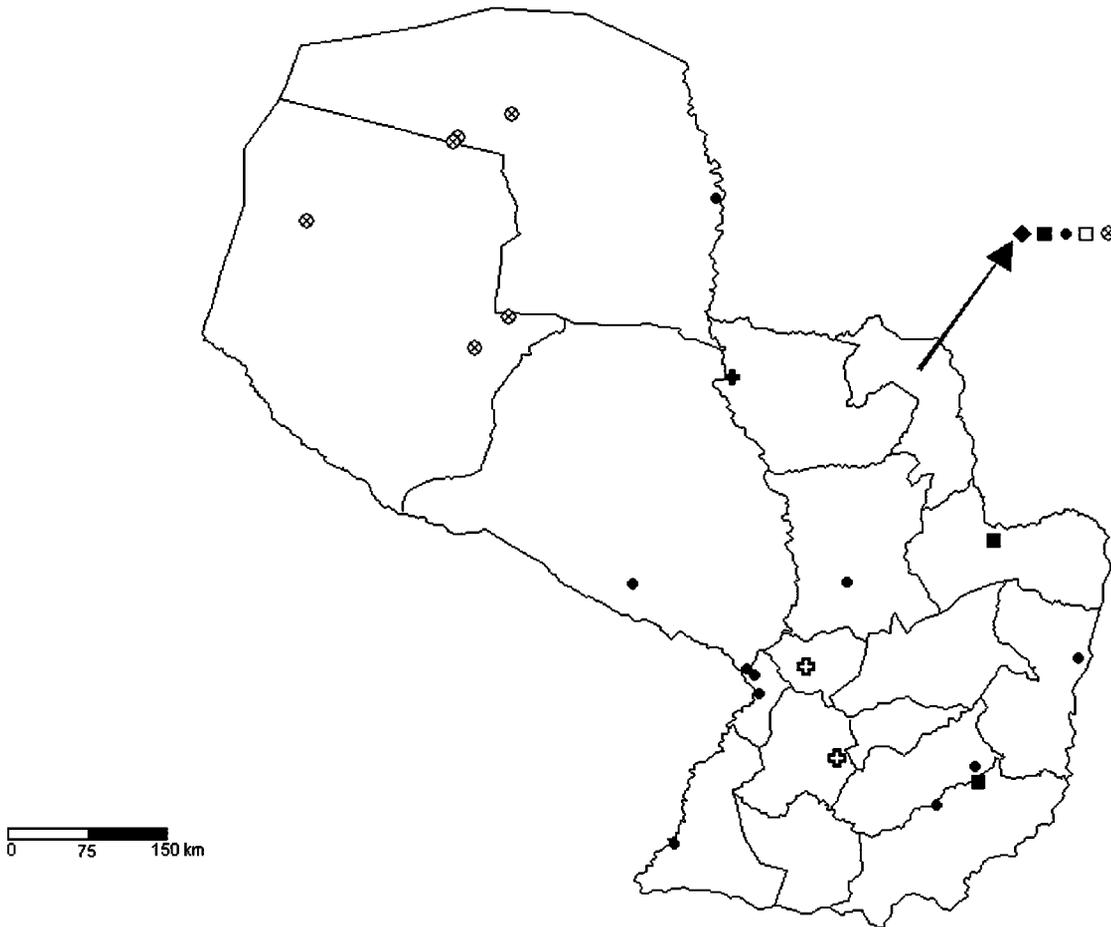


Figura 3. Mapa de Paraguay mostrando la distribución de los Gymnophthalmidae. Rombo Negro: *Bachia bresslaui*, Cuadrado Negro: *Cercosaura ocellata*, Punto Negro: *Cercosaura schreiberei*, Cruz Negra: *Colobosaura kraepelini*, Cuadrado Blanco: *Colobosaura modesta*, Cruz Blanca: *Micrablepharus maximiliani*, Círculo Cruzado: *Vanzosaura rubricauda*.

Meneghel, 2005; Peters y Donoso-Barros, 1970). En Paraguay es el representante más común de la Familia Gymnophthalmidae y presenta la más amplia distribución. Se lo encuentra a ambos lados del Río Paraguay, en los Departamentos de Alto Paraguay, Amambay, Central, e Itapúa (Fig. 3). Fue también registrado para el Departamento de Ñeembucú (Giraudoy Contreras, 1994), y para Presidente Hayes (Parker, 1931). Debido a la amplia distribución de la especie, está presente en una gran variedad de ecosistemas, siendo el único gimnofálmido encontrado en el Bosque Atlántico del Alto Paraná y en el Pantanal (Tabla 1). Asimismo,

es la única especie que habita ambientes alterados cercanos a viviendas humanas.

Comentarios: Esta especie fue frecuentemente registrada para Paraguay, siempre como *Pantodactylus schreiberei* (Talbot, 1979; Aquino *et al.*, 1996) hasta que recientemente se lo colocó en el género *Cercosaura* (Doan, 2003). *C. s. schreiberei* es la única subespecie presente en Paraguay. Fariña y Hostettler (2003) presentan un registro de *Placosoma* sp. en base a un ejemplar depositado en la estación biológica de la Reserva Mbaracayú. Además, en el Museo Nacional de Historia Natural del Paraguay, un ejemplar

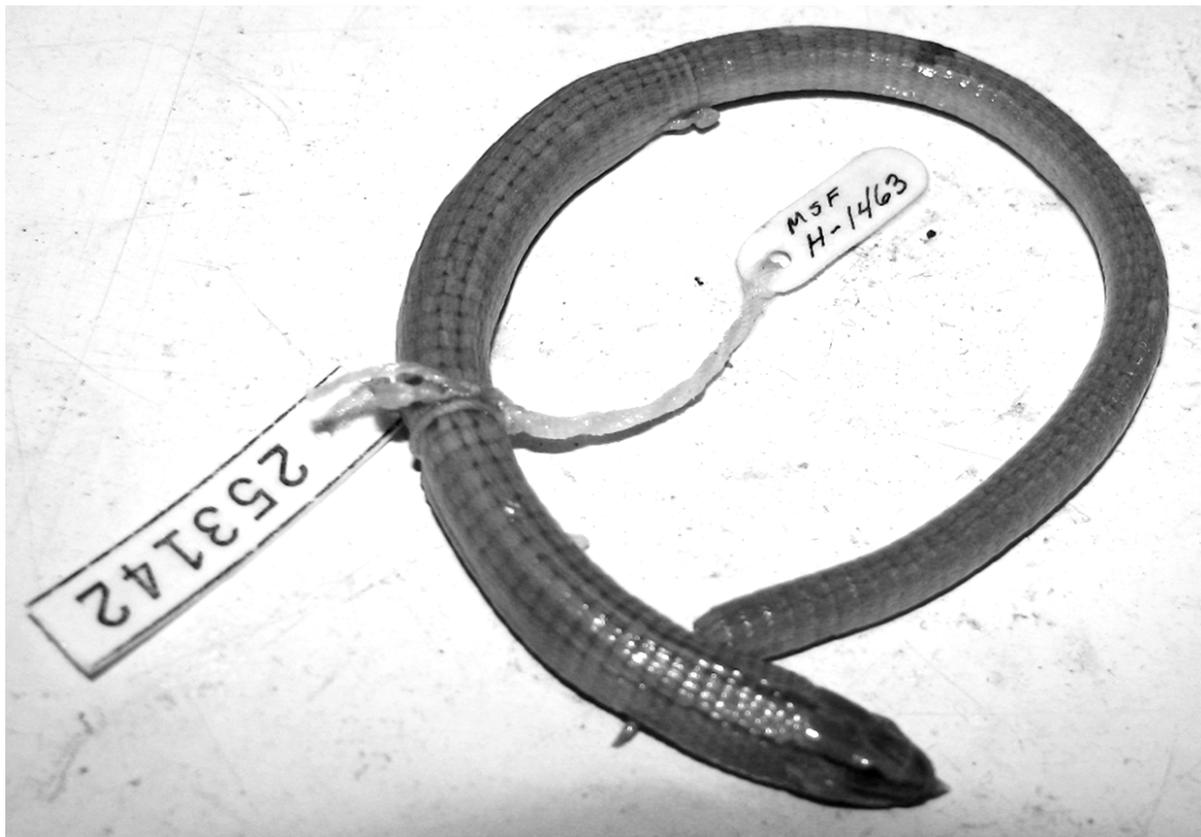


Figura 4. Único ejemplar conocido de Paraguay de *Bachia bresslaui*, depositado en el National Museum of Natural History (Washington, D.C., U.S.A.).

(MNHNP 6460) estaba catalogado como *Placosoma* sp. Ambas identificaciones fueron hechas pro Lee Fitzgerald, y ambos ejemplares provienen de la Reserva Mbaracayú en la localidad de Aguará Ñu (Cerrado). El examen del ejemplar MNHNP 6460 derivó en la conclusión de que no corresponde a *Placosoma*, y su asignación genérica es sin duda *Cercosaura*. Si bien posiblemente se trata de un ejemplar de *C. schreibersii*, una revisión más detallada y un mejor muestreo del lugar son necesarios para confirmar esta observación.

Colobosaura kraepelini (Werner, 1910)

Esta es una especie endémica de Paraguay, conocida sólo de “Puerto Max” (Departamento de Concepción) (Fig. 3). Como resultado de lo poco que se conoce a esta especie, es sumamente difícil establecer las afinidades ecológicas o

ecorregionales. Probablemente esté asociada al Chaco Húmedo.

Comentarios: Amaral (1933) realizó una revisión del género y concluyó que *C. kraepelini* es una especie válida. Fue también incluida como una especie por Peters y Donoso-Barros (1970).

Colobosaura modesta (Reinhardt & Lütken, 1862)

Esta especie se encuentra presente en el centro y norte de Brasil (Amaral, 1933) alcanzando también Paraguay (Peters y Donoso-Barros, 1970). En Paraguay sólo se la conoce del Parque Nacional Cerro Corá, por lo tanto está asociada al Cerrado (Fig. 3).

Comentarios: Peracca (1895) proveyó información sobre un ejemplar de *Perodactylus modestus*, sin especificar más detalles acerca de su localidad. Sin embargo, el trabajo de Peracca

fue hecho en base a colecciones provenientes de Argentina y Paraguay, y debido a que *C. modesta* no se encuentra en Argentina, con seguridad el ejemplar proviene de algún lugar en el territorio paraguayo. Este sería el primer registro con localidad precisa en Paraguay, para *C. modesta*. Bertoni (1914; 1939) citó *Pantodactylus modestus* por error. Aquí se ofrece el primer dato con localidad específica de *C. modesta* para Paraguay.

Micrablepharus maximiliani (Reinhardt & Lütken, 1862)

Se encuentra distribuido en Brasil y Paraguay (Peters y Donoso-Barros, 1970). En Paraguay está presente en los Departamentos de Cordillera y Paraguari, asociado a una zona de transición entre el Chaco Húmedo y el Bosque Atlántico del Alto Paraná (Fig. 3). Esta zona de transición también se la conoce como “Paraguay Central”.

Comentarios: La primera mención de la especie para Paraguay fue hecha por Boettger (1885a) en la descripción original de *Micrablepharus glaucurus* y luego corregida a *M. maximiliani* por Boettger (1885b). Esta es una especie muy rara en Paraguay.

Vanzosaura rubricauda (Boulenger, 1902)

Esta especie se distribuye desde Bolivia hasta el norte de Argentina (Peters y Donoso-Barros, 1970; Dirksen y De la Riva, 1999). En Paraguay está presente en los Departamentos de Alto Paraguay, Boquerón y Amambay, por lo que su distribución se restringe al norte del país (en ambas regiones) (Fig. 3). Está presente en el Chaco Seco, Chaco Húmedo y Cerrado.

Comentarios: El primer registro para Paraguay fue efectuado por Talbot (1979) y posteriormente también referido por Aquino *et al.* (1996). Sin embargo, Ziegler *et al.* (2002) se atribuyen el registro de la especie, posiblemente desconociendo los trabajos previos. Previamente ubicado en el género *Gymnophthalmus*, hasta que se erigió el género *Vanzosaura* en el cual incluyó a la especie (Rodrigues, 1991).

DISCUSIÓN

Entre los Gymnophthalmidae de Paraguay, *C. schreibersii* es la especie con mejor adaptación a diferentes ambientes, lo cual queda en evidencia por su presencia en el Chaco así como también ambientes con pastizales naturales (Rodrigues *et al.*, 2007; Carreira y Meneghel, 2005). *V. rubricauda* también muestra adaptaciones a diferentes ecorregiones pero sólo está asociada a ambientes xéricos como el Chaco y el Cerrado (Dirksen, 1999). Por otro lado, *B. bresslaui* y *C. modesta* son endémicos de la ecorregión del Cerrado (Colli *et al.*, 1998; Amaral, 1933; Langstroth, 2005).

La diversidad de Gymnophthalmidae en Paraguay es pequeña en comparación a la rica diversidad encontrada en Brasil. Montanucci (Montanucci, 1973) señala que dos centros de origen para los Gymnophthalmidae son los Andes y la cuenca del Amazonas. En Paraguay, la más alta diversidad de estas lagartijas se da en el Cerrado (Tabla 1). Con respecto a los centros de origen o dispersión, Amazonas representa una zona de bosques tropicales húmedos, previamente ligados al Bosque Atlántico durante el Pleistoceno (Cracraft y Prum, 1988; De Oliveira *et al.*, 1999). Debido a la retracción del bosque durante el Último Glacial Máximo (LGM=Last Glacial Maximum) durante el Pleistoceno, hubo una expansión de los ambientes xéricos. En este sentido, la Caatinga brasilera, el Cerrado y el Chaco se encuentran formando un corredor seco, que son parte del “Arco Seco” (“Dry Arc”) mencionado por Prado & Gibbs (1993) al unirse estos ambientes a la región Andina. En este “arco” existe un evidente contacto entre el Chaco y la llanura andina.

Por esto, y debido a que la gran mayoría de las lagartijas de la Familia Gymnophthalmidae están ausentes en el Bosque Atlántico en Paraguay (sólo *C. schreibersii* presente), es posible que las lagartijas de esta familia en Paraguay tengan un origen Andino, más que Amazónico. Un importante centro de diversidad para Gymnophthalmidae de Paraguay parece ser el Cerrado, el cual soporta a cinco de las siete especies totales encontradas en

Paraguay; aunque es probable que al igual que otros gimnoftálmidos sudamericanos, tenga un origen interdigitado en donde se integran diversos orígenes (Doan y Castoe, 2005). Aguiar y Melo (2007) establecen para ciertos grupos de himenópteros, al Cerrado como una encrucijada biótica debido a la mezcla de elementos de la diagonal árida conformada por Caatinga-Cerrado-Chaco, con los que se encuentran en la diagonal húmeda propuesta por estos autores formada por Amazonas-Cerrado-Bosque Atlántico. Esto sin duda favorece la diversidad de algunos grupos de animales.

El Chaco Húmedo es un área extensa que tiene zonas de transición con otras ecorregiones. Como resultado de esto, este ambiente es el segundo más diverso en cuanto a especies de Gymnophthalmidae en Paraguay, después del Cerrado. En el Chaco Húmedo se pueden apreciar tres especies, mientras que los demás ambientes contienen dos; excepto por el Pantanal y el Bosque Atlántico en los cuales *Cercosaura schreibersii* es la única especie presente.

La conservación de gimnoftálmidos en el Cerrado es bastante exitosa debido al pequeño tamaño de estos animales, y también al hecho de que el Parque Nacional Cerro Corá es una de las áreas silvestres protegidas más importantes en Paraguay. Con respecto al escasamente conocido *Colobosaura kraepelini*, un detallado análisis en la localidad de Puerto Max (localidad tipo) sería necesario para conocer y descubrir más acerca de esta extraña lagartija. Aun es muy escaso el conocimiento concerniente a la distribución de Gymnophthalmidae en Paraguay. Más estudios de campo son necesarios a fin de formalizar un mejor conocimiento de la herpetofauna de Paraguay. Las evidencias de este limitado conocimiento actual, se pueden apreciar en las grandes interrupciones exhibidas en la distribución de algunas especies, y la escasez de registros de otras.

AGRADECIMIENTOS

A Mónica por el constante apoyo y colaboración.
A Martha Motte (Museo Nacional de Historia Natu-

ral del Paraguay), Steve Gotte y Christina Keating Sami (National Museum of Natural History) por permitir la revisión de especímenes a su cargo. A Bolívar Garcete por las sugerencias que ayudaron a mejorar este trabajo. Este trabajo es parte del proyecto de Tesis "Biogeografía de Reptiles de Paraguay" en preparación por el autor.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguiar, A. J. C.; Melo, G. A. R. 2007. Systematics and biogeography of the bee genus *Paratetrapedia* s.l. (Hymenoptera, Apidae, Tapinotaspidini): cerrado as a composite area. *Darwiniana*, 45: 58-60.
- Amaral, A. do. 1933. Estudos sobre Lacertílios neotropicos. I. novos generos e especies de lagartos do Brasil. *Mem. Ins. But.*, 7: 51-75.
- Aquino, A.L.; Scott, N.; Motte M. 1996. Lista de los anfibios y reptiles del Museo Nacional de Historia Natural del Paraguay. En: Romero Martínez, O. (ed.). Colecciones de Fauna y Flora del Museo Nacional de Historia Natural del Paraguay. Asunción: Ministerio de Agricultura y Ganadería. p.331-400.
- Avila-Pires, T.C.S. 1995. Lizards of Brazilian Amazonia (Reptilia: Squamata). *Zool. Ver.*, 299: 1-706.
- Bertoni, A. de W. 1914. Reptiles y batracios. En: Fauna Paraguaya, Catálogos sistemáticos de los vertebrados del Paraguay. Descripciones Físicas y Económicas de Paraguay. Asunción: Gráfica M. Brossa. p.17-30.
- Bertoni, A de W. 1939. Catálogos sistemáticos de los vertebrados de Paraguay. *Rev. Soc. Cien. Par.*, 4: 3-60.
- Boettger, O. 1885b. Liste von Reptilien und Batrachiern aus Paraguay. *Zeit. Natur.*, 58: 213-248.
- Boettger, O. 1885b. Berichtigung der Liste von Reptilien und Batrachiern aus Paraguay. *Zeit. Natur.*, 58: 436-437.
- Carreira, S.; Meneghel, M.; Achaval, F. 2005. Reptiles de Uruguay. Montevideo: Universidad de la República. Montevideo.

- Cei, J.M. 1993. Reptiles del noroeste, nordeste y este de la Argentina. Mus. Reg. Sci. Nat. Torino., 14: 1-949.
- Colli, G.R.; Zatz, M.G.; Cunha H.J. da. 1998. Notes on the ecology and geographical distribution of the rare Gymnophthalmid lizard *Bachia bresslaui*. Herpetologica., 54(2): 169-174.
- Colli, G.R.; Bastos, P.; Araujo, A.F.B. 2002. The Character and Dynamics of the Cerrado Herpetofauna En: Oliveira, P. S.; Marquis, R. J. (eds.). The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savana. New York: Columbia University Press, p.223-241.
- Costa, L. 2003. The historical bridge between the Amazon and the Atlantic Forest of Brazil: A study of molecular biogeography with small mammals. J. Biogeog., 30: 71-86.
- Cracraft, J.; Prum, O. 1988. Patterns and processes of diversification: speciation and historical congruence in some neotropical birds. Evolution., 42: 603-620.
- Del Castillo, H.; Clay, R. 2005. Atlas de las Aves del Paraguay. Asunción: Asociación Guyra Paraguay.
- De Oliveira, P.; Barreto, A.; Suguio, K. 1999. Late Pleistocene/Holocene climatic and vegetational history of the Brazilian Caatinga: the fossil dunes of the middle Sao Francisco River. Paleo TREE., 152: 319-337.
- Dinerstein, E.; Olson, D.; Graham, D.; Webster, A.; Primm, S.; Bookbinder, M.; Ledec, G. 1995. Una evaluación del estado de conservación de las ecorregiones terrestres de América Latina y el Caribe. Washington: WWF, Banco Mundial.
- Dirksen, L.; De la Riva, I. 1999. The lizards and amphisbaenians of Bolivia (Reptilia, Squamata): checklist, localities, and bibliography. Graellsia, 55: 199-215.
- Doan, T.M. 2003. A new phylogenetic classification for the gymnophthalmid genera *Cercosaura*, *Pantodactylus* and *Prionodactylus* (Reptilia: Squamata). Zool. J. Linn. Soc., 137: 101-115.
- Doan, T.M.; Castoe, T.A. 2005. Phylogenetic taxonomy of the Cercosaurini (Squamata: Gymnophthalmidae), with new genera for species of *Neusticurus* and *Proctoporus*. Zool. J. Linn. Soc., 143: 405-416.
- Fariña, R.; Hostettler, T. 2003. Vertebrados de la Reserva Natural del Bosque Mbaracayú. Asunción: Fundación Moisés Bertoni/ Fondo Francés para el Medio Ambiente Mundial.
- Giraud, A.; Contreras, A.O. 1994. Lista preliminar de los reptiles registrados en el Departamento de Ñeembucú, Paraguay. Bol. Asoc. Herp. Arg., 10: 1-4.
- Hellmich, W. 1960. Die Sauria des Gran Chaco und seiner Randgebiete. Ver. Bayer. Akad. Wiss., 101: 1-131.
- Langstroth, R.P. 2005. Adiciones probables y confirmadas para la saurofauna boliviana. Kempffiana, 1: 101-128.
- McDiarmid, R.; Foster, M.S. 1987. Additions to the reptile fauna of Paraguay with notes on a small herpetological collection from Amambay. Stud. Neotrop. Fauna Envir., 22: 1-9.
- Montanucci, R. 1973. Systematic and evolution of the Andean lizard genus *Pholidobolus* (Sauria: Teiidae). Misc. Pub. Mus. Nat. His. Univ. Kansas., 59 1-52.
- Parker, H.W. 1931. Reports of an expedition to Brazil and Paraguay in 1926-26, supported by the Trustees of the Percy Sladen Memorial Fund and the Executive Committee of the Carnegie Trust for Scotland. J. Linn. Soc., 37: 285-290.
- Peracca, M.G. 1985. Viaggio del dott. Alfredo Borelli nella Republica Argentina en el Paraguay. Boll. Mus. Zool. Anat. Comp., 10: 1-32.
- Peters, J.A.; Donoso-Barros, R. 1970. Catalogue of the Neotropical Squamata, Part. II; Lizards and Amphisbaenians. Bull. U. S. Nat. Mus., 297: 1-293.
- Pianka, E.; Vitt, L. 2003. Lizards, Window to the Evolution of Diversity. Berkeley: University of California Press.

- Prado, D.E. 2000. Seasonally dry forest of tropical South America: from forgotten ecosystems to a new phytogeographic unit. Ed. J. Bot., 57(3): 437-461.
- Prado, D.E.; Gibbs, P.E. 1993. Patterns of species distributions in the dry seasonal forest of South America. Ann. Miss. Bot. Gar., 80: 902-927.
- Presch, W. 1980. Evolutionary history of the South American microteiid lizards (Teiidae: Gymnophthalminae). Copeia, 1980(1): 36-56.
- Rodrigues, M.T. 1991. Herpetofauna das dunas interiores do Rio São Francisco, Bahia, Brazil. III. *Procellosaurinus*: um novo genero de microteiideos sem palpebra, com a redefinição do genero *Gymnophthalmus* (Sauria, Teiidae). Pap. Av. Zool., 37: 329-342.
- Rodrigues, M.T.U.; Pellegrino, K.C.M.; Dixo, M.B.O.; Verdade, V.K.; Pavan, D.; Suzart Argolo, A.J.; Sites, J.W. 2007. A New Genus of Microteiid Lizard from the Atlantic Forests of State of Bahia, Brazil, with a New Generic Name for *Colobosaura mentalis*, and a Discussion of Relationships Among the Heterodactylini (Squamata, Gymnophthalmidae). Am. Mus. Nov., 3565: 1-27.
- Talbot, J.J. 1979. Una nueva lista sistemática de reptiles del Paraguay. Inf. Cien. Ins. Cien. Bás., 2: 76-94.
- Tedesco, M.E. 1998. Una nueva especie de *Pantodactylus* (Squamata, Gymnophthalmidae) de la Provincia de Corrientes, República Argentina. Facena, 14: 53-62.
- Ziegler, T.; Böhme, W.; Unger, J. 2002. First record of *Gymnophthalmus rubricauda* Boulenger, 1902 for Paraguay, with notes on its morphology, ecology and habitat (Reptilia: Sauria: Gymnophthalmidae). Faun. Abh. Staat. Mus. Tier. Dresden, 22: 347-351.

APÉNDICE

Material Examinado

Bachia bresslaui

Amambay: Parque Nacional Cerro Corá (USNM 253142).

Cercosaura ocellata

Amambay: Parque Nacional Cerro Corá (MNHNP 8444). Canindeyú: Reserva Natural del Bosque Mbaracayú (MNHNP 11296). Itapúa: Kangüery, Parque Nacional San Rafael (IIBP-H 668).

Cercosaura schreibersii

Paraguay (MNHNP 9678). Alto Paraguay: Fuerte Olimpo (MNHNP 10008-9). Alto Paraná: Refugio Biológico Pikyry (MNHNP 11220-1). Amambay: Parque Nacional Cerro Corá (MNHNP 2890, 2895, 7051, 8447). Caazapá: Parabel (MNHNP 11211). Central: Asunción (MNHNP 2893, 6609, 7669, 8189-90, 9845), San Lorenzo (MNHNP 11244), Villeta (MNHNP 2891-2, 2894). Itapúa: Estancia San Isidro (MNHNP 9674). Presidente Hayes: Estancia La Golondrina (MNHNP 8443).

Colobosaura modesta

Amambay: Parque Nacional Cerro Corá (MNHNP 8454-6, 8521).

Micrablepharus maximiliani

Paraguari: Parque Nacional Ybycui (MNHNP 8445).

Vanzosaura rubricauda

Alto Paraguay: Parque Nacional Defensores del Chaco, Mojón 54 (MNHNP 11212). Amambay: Parque Nacional Cerro Corá (MNHNP 2835-6, 8461). Boquerón: Comunidad Ayoreo Tunucojai (MNHNP 10720); Parque Nacional Teniente Enciso (MNHNP 10616).

EVALUACIÓN DE LA IMPORTANCIA DEL BAÑADO TACUMBÚ (ASUNCIÓN - PARAGUAY) PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS AVES ACUÁTICAS*

Cristina Morales^{1,2} & Romina Cardozo^{1,3}

¹Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Asunción. Correo electrónico: ²cmoralespy@gmail.com; ³nadiaromin@gmail.com.

*Proyecto financiado por el Rectorado de la Universidad Nacional de Asunción.

RESUMEN: El proyecto “Evaluación de la importancia del Bañado Tacumbú para la conservación de las aves acuáticas” tuvo como objetivo realizar inventarios y monitoreos de poblaciones de aves a fin de evaluar, mediante criterios estandarizados de identificación de sitios de importancia para las aves, la relevancia del área para las especies acuáticas. Los censos e inventarios fueron conducidos mensualmente entre julio y diciembre de 2008, abril y junio de 2009. Durante el periodo de estudio se registraron 22 especies acuáticas, entre ellas una especie casi amenazada (*Tryngites subruficollis*). La especie más abundante fue el Mbigua (*Phalacrocorax brasilianum*), registrándose concentraciones de pernocte que representa entre el 1 y el 4 % de la población nacional de la especie. Consideramos que el Bañado Sur, incluyendo la ex cantera de Tacumbú, constituye un sitio de importancia nacional para la conservación de las aves acuáticas; se recomienda la declaración del sitio como área protegida, así como la implementación de acciones de recuperación inmediata de la laguna, asegurando la participación local como método para asegurar la sustentabilidad de la iniciativa.

Palabras clave: conservación, monitoreo, aves acuáticas, bañado Tacumbú

ABSTRACT: The project “Evaluation of the importance of the Tacumbú wetlands for the conservation of the aquatic birds” had the objective of conducting inventories and monitoring bird populations in order to evaluate, using standardized method for the identification of important birds sites, the relevance of the area for the aquatic species.

Bird censuses and inventories were implemented monthly, between July and December of 2008 and april and june of 2009. During the period of study, 22 aquatic species were registered, one of them considered as Nearly Threatened (*Tryngites subruficollis*). The most abundant species was the Mbigua (*Phalacrocorax brasilianum*); the concentrations of birds in a roosting area represented between 1 and 4% of the national population of the species. We considere that the Bañado Sur, including the ex-quarry of Tacumbú, constitutes a site of national importance for the conservation of aquatic birds; the declaration of the site as protected area is recommended, as well as the implementation of actions of immediate recovery of the lagoon, assuring the local participation as a tool to guarantee the sustainability of the initiative.

Keywords: conservation, monitoring, aquatic birds, Tacumbú wetlands.

INTRODUCCIÓN

Las aves acuáticas están definidas por la convención Ramsar como las especies de aves que “dependen ecológicamente de los humedales”. Wetlands International emplea una definición más precisa, incluyendo a todas las especies que existen en 33 familias, en el grupo de aves acuáticas (Clay et al. 2004), definición adoptada en el presente proyecto.

Muchas de las especies acuáticas se congregan

en colonias para reproducirse y de esta manera las poblaciones son muy vulnerables a eventos que ocurren dentro o en las cercanías de sus áreas de alimentación, pernocte y nidificación. Muchas especies también se congregan en otras épocas del año, por ejemplo para mudar, alimentarse, migrar o invernar. Las especies no coloniales son generalmente menos abundantes, y se piensa que han sufrido de recientes disminuciones en sus números, debido a la conversión del hábitat. Por estas razones, estas aves constituyen indicadores

útiles de la calidad del ambiente y de la salud del ecosistema.

Las aves acuáticas constituyen un componente destacado de la avifauna paraguaya. Cumplen un papel importante en la cultura nacional y son además una fuente de proteína en las dietas de muchas poblaciones rurales. En Paraguay se encuentran documentadas 692 especies de aves, y 122 de estas pertenecen a 19 familias de aves acuáticas. Tres especies se encuentran en Peligro Crítico de extinción (*Anhima cornuta*, *Mergus octosetaceus* y *Numenius borealis*), considerándose las dos últimas probablemente extintas a nivel nacional. Una especie (*Sarkidiornis melanotos*) está en Peligro, y otra (*Laterallus xenopterus*) está en la categoría Vulnerable. Además, otras once especies se encuentran Casi Amenazadas.

De acuerdo a Guyra Paraguay (2004), 70 especies son residentes-nidificantes permanentes; tres especies nidificantes que migran al Norte en invierno, y una especie nidificante y migrante al Norte con algunos individuos veraneantes; existen cinco especies de las que aún no hay total certeza de que se reproduzcan en Paraguay; tres especies son migradoras australes, una de las cuales se sospecha podría reproducirse en el país; 15 especies son migradoras neárticas, más cinco migradoras neárticas que presentan individuos veraneantes; tres especies son divagantes, más cuatro divagantes que son migradoras neárticas; cuatro especies son divagantes migradoras australes y una especie se considera regionalmente extinta. Además dos especies, *Cygnus melancoryphus* y *Anas sibilatrix*, son consideradas Hipotéticas.

Además de los sistemas migratorios neárticos y australes de larga distancia, muchas de las especies de aves acuáticas hacen movimientos regionales o locales, probablemente como respuesta al cambio de las condiciones hidrológicas. Hayes & Fox (1991) y Hayes (1996) mostraron que la abundancia tanto de aves playeras migrantes como aves acuáticas residentes está en relación positiva con la expansión de la costa expuesta en la Bahía de Asunción y a lo largo del río Paraguay, ya que las aves de patas largas prefieren alimentarse sobre las costas y aguas

poco profundas, típicas de bajos niveles acuáticos (Clay *et al.* 2004).

Se desconoce adónde se dispersan las aves acuáticas durante los períodos de aguas altas a lo largo del Río Paraguay. Probablemente, se mueven a áreas de humedales cercanas al Río Paraguay. Sin embargo, también hay movimientos estacionales hacia aguas arriba del Pantanal de Brasil o aún más allá, aguas abajo hacia el delta del Río Paraná, o hacia el Este a las costas de humedales del Sur de Brasil y Uruguay (Antas 1994).

Hasta la fecha, existen pocos datos cuantitativos para las poblaciones de aves acuáticas en Paraguay. Los datos existentes, con pocas excepciones, están limitados a uno o esporádicos conteos de un pequeño grupo de sitios. Dentro de las excepciones están el monitoreo de poblaciones de aves acuáticas en la Bahía de Asunción, que condujeron Hayes y Fox (1991) durante 1988-89 y que Guyra Paraguay continuó desde el año 2000 hasta la actualidad, y el monitoreo de poblaciones de aves acuáticas en las lagunas de la cuenca alta del Riacho Yacaré Sur en el Chaco Central, desde el 2000 hasta la fecha.

Los datos existentes, sin embargo, demuestran que el Paraguay alberga humedales de importancia mundial. Entre ellos las Lagunas Saladas en el Chaco Central, Riacho Yacaré Sur, Río Negro y la Bahía de Asunción fueron identificadas como Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (IBAs por sus siglas en inglés) por cumplir con criterios de presencia de especies amenazadas y concentraciones importantes de aves acuáticas (Cartes 2008).

Estudios anteriores en la zona del Bañado Sur fueron conducidos por la Asociación Guyra Paraguay en el año 2004 (BDGP 2008). En dicha oportunidad se generó un listado general de especies, sin ofrecer información sobre las abundancias de las mismas. El Bañado Tacumbú constituye un refugio de aves acuáticas y está conectado a la red de bañados situados al norte de Asunción, entre ellos la Bahía de Asunción, sitio de importancia internacional para la conservación de las aves. La evaluación de su importancia a nivel nacional y regional es importante para definir y establecer

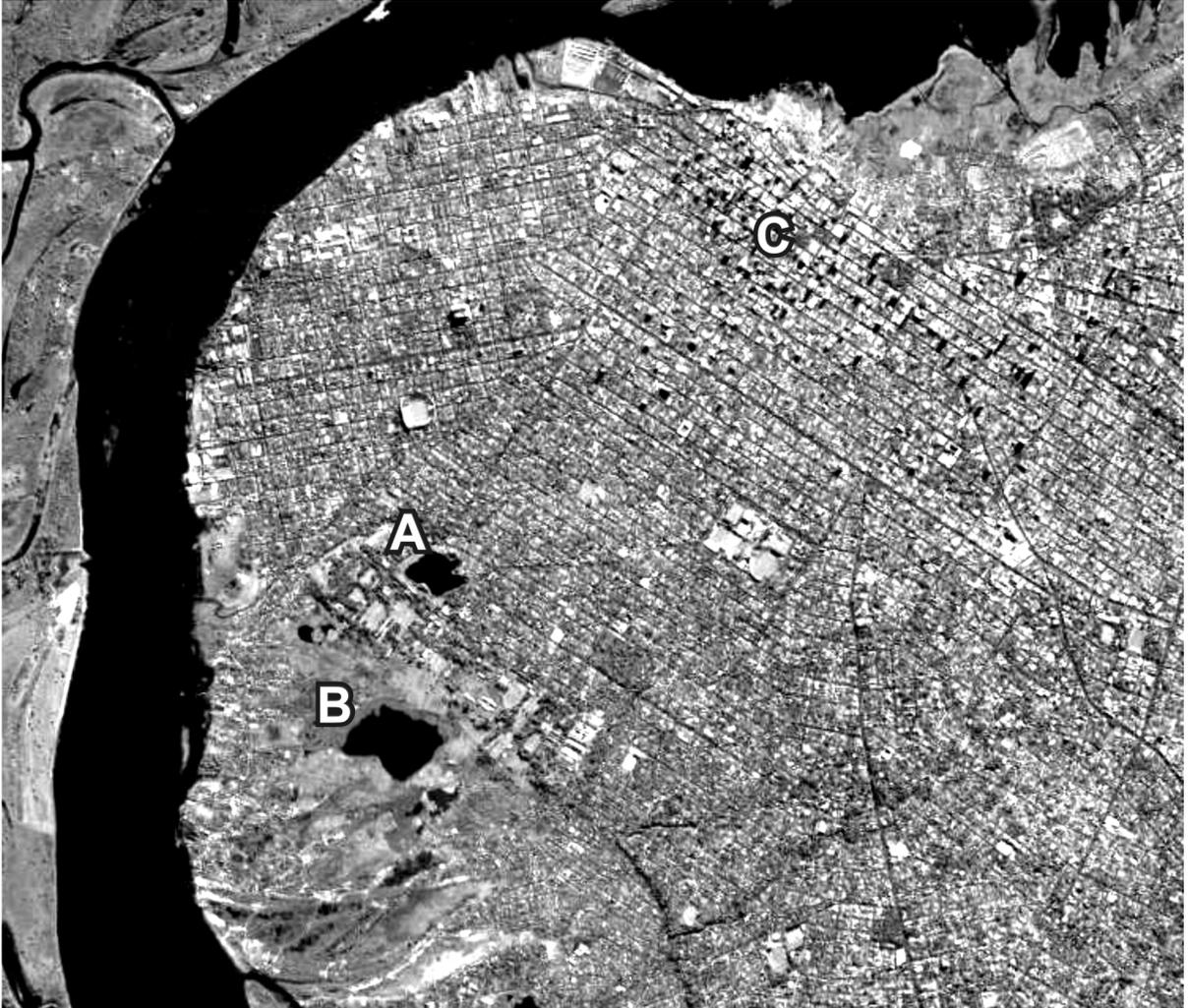


Figura 1. Ubicación del sitio de estudio. Se indican la ex cantera Tacumbú (A), la zona del Bañado Sur (B) y la ubicación del microcentro de la Ciudad de Asunción (C).

esfuerzos integrados de conservación, en una de las zonas más marginales de la ciudad de Asunción.

El proyecto, cuyos resultados se exponen en este trabajo, tuvo como objetivos realizar inventarios y censos de las aves que utilizan el sitio a fin de evaluar la importancia de los hábitats para la conservación de las aves acuáticas y en base a ello, proponer medidas de conservación.

MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en la ex cantera de Tacumbú y

el Bañado Sur ($25^{\circ}18,7'S$ $57^{\circ}39,9'W$), en el predio de la 1^a División de Infantería del Ejército, situado en el Barrio Tacumbú, a orillas del río Paraguay (Figura 1). La ex cantera contiene una laguna de 0.1 km^2 , con rocas originadas en el Triásico (Comin-Chiaramonti & Gomes, 1996), asentada en una depresión de aproximadamente 10 metros de profundidad, resultante de la acción antropogénica de extracción de rocas del Cerro Tacumbú. La ex cantera está cercada por especies arbustivas y arbóreas, y en los alrededores se encuentran poblaciones humanas correspondientes al Bañado Sur.

Relevamientos ornitológicos

De julio a diciembre de 2008 y en abril y junio del 2009 se condujeron inventarios de la avifauna, así como recuentos totales de las especies acuáticas, mediante observaciones directas. Las observaciones se realizaron durante las primeras horas de la mañana (06:00 – 06:45) en julio, agosto y setiembre y durante la tarde (18:00 a 19:00) en octubre y diciembre. En abril y junio de 16:00 a 17:30. Los horarios de censo fueron modificados a fin de ajustar la metodología.

El objetivo del censo fue la estimación poblacional de las especies de aves acuáticas que utilizan la cantera y comparar los datos obtenidos con criterios internacionales estandarizados para la identificación de sitios de importancia para la conservación.

Criterios para la identificación de sitios de importancia

La evaluación de la importancia del área para la conservación de las aves se realizó utilizando los criterios establecidos por la Convención Ramsar, así como los de BirdLife International.

La convención Ramsar ofrece una herramienta por medio de la cual los gobiernos acuerdan estándares comunes para la conservación e uso inteligente de los humedales. Un mecanismo por el cual esto se logra es a través de la designación de una lista de Humedales de Importancia Internacional. Estos sitios Ramsar deben cumplir al menos con uno de los ocho criterios por los cuales el humedal puede ser juzgado como de importancia internacional. Dos de los criterios se relacionan específicamente a las poblaciones de aves acuáticas; el primero (criterio 5) establece que “un humedal debería ser considerado de importancia internacional si mantiene regularmente 20,000 o más aves acuáticas”. El segundo (criterio 6) establece que un humedal debería ser considerado de importancia internacional si mantiene regularmente 1% de los individuos de una población de una especie o subespecie de ave acuática.

BirdLife Internacional ha establecido un programa internacional Areas de Importancia para

la Conservación de las Aves, que utiliza criterios estandarizados internacionalmente basados en:

- a) Presencia de especies globalmente amenazadas.
 - b) Presencia de especies de rangos restringidos (especies con un rango de menos de 50,000 km²)
 - c) Presencia de especies endémicas de biomas
 - d) Presencia de números significativos global o regionalmente de especies congregatorias
- Este último criterio incluye los subcriterios:

- i) El sitio se conoce o se piensa que contiene regularmente, 1% de la población biogeográfica una especie congregatoria de ave acuática, y
- ii) El sitio se conoce o se piensa que contiene regularmente, 20,000 aves acuáticas de una o más especies.

Los criterios globales citados anteriormente se aplicaron a una escala nacional para el presente trabajo.

RESULTADOS

Diversidad y Abundancia de Especies

Informaciones previas (BDGP 2008), así como los resultados obtenidos durante el periodo de estudio indican un total de 91 especies de aves para la zona; de las cuales, 50 fueron registradas entre julio y diciembre de 2008; abril y junio del 2009.

Del total, 22 corresponden a especies acuáticas pertenecientes a 10 familias (Anexo 1). Siete de estas especies —en su totalidad pertenecientes a la familia Scolopacidae— realizan migraciones de larga distancia, desde sus sitios de reproducción en Alaska y Canadá, pasando por Paraguay en su migración hacia las zonas de invernada al sur del continente sudamericano.

La mayor riqueza de especies fue registrada, en la zona de los esteros y del río Paraguay; mientras que en el lago de la cantera fue registrada la mayor abundancia, con conteos máximos en el mes de diciembre de 1265 individuos, correspondientes a cuatro especies (*Phalacrocorax brasilianum*, *Egretta thula*, *Nycticorax nycticorax* y *Ardea*

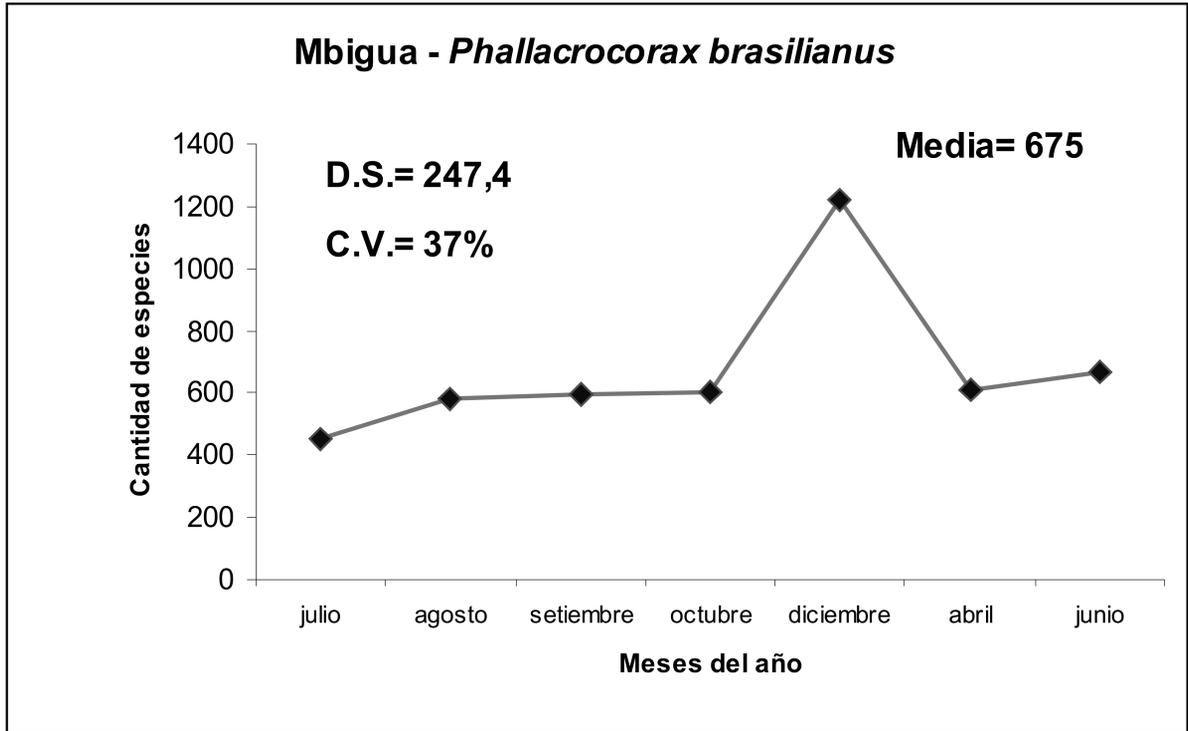


Gráfico 1. Número de individuos de mbigua (*Phalacrocorax olivaceus*) registrados por mes en el dormitorio de la ex cantera de Tacumbú.

alba). Las especies más abundantes durante el periodo de estudio fueron el Mbigua (*P. brasilianum*) con 1217 individuos, la garza blanca (*A. alba*) con conteos máximos de 283 individuos y la garcita blanca (*E. thula*) con conteos de 110 individuos.

Especies de interés especial

No se registraron especies de interés especial (amenazadas, endémicas o restringidas a biomas) entre el invierno y primavera del año 2008, así como en estudios previos en la zona del bañado. No obstante es importante destacar los registros de 2004 en la zona del río Paraguay (Cerro Lambaré, Arroyo Lambaré, Bañado Sur, A° Ferreira hasta río Paraguay), los cuales revelaron la presencia del playerito canela (*Tryngites subruficollis*) (BDGP 2008); especie migratoria neártica casi amenazada a nivel global

Cantidades significativas de especies

congregatorias

Durante el periodo de estudio se verificó la presencia de un dormitorio utilizado regularmente por concentraciones importantes del Mbigua (*Phalacrocorax brasilianum*) en el área de la ex cantera del cerro Tacumbú. El sitio es utilizado además, aunque en bajas concentraciones por la garcita blanca (*E. thula*) (n= 110) y la garza blanca (*A. alba*) (n=283).

Las especies utilizan la vegetación arbustiva que se desarrolla en las paredes de la cantera, en especial aquellas situadas en los lados occidental y norte de la misma. La zona oriental es menos utilizada debido a la presencia de edificaciones.

Con relación al Mbigua, entre julio y diciembre de 2008, se registraron concentraciones de individuos en aumento constante. Siendo el mínimo registrado durante el invierno (julio de 2008, 500 individuos) y la máxima concentración de individuos a fines de la primavera (diciembre de 2008, 1217 individuos). En el gráfico 1 (basado en los datos de

los Anexos 2 y 3) se puede observar el tamaño de las concentraciones de la especie durante el periodo de estudio.

Amenazas para las especies acuáticas

El área de estudio se encuentra íntegramente dentro de la 1era División de Infantería del Ejército Nacional, lo cual ofrece cierta protección para los hábitats y las especies. No obstante, la zona de bañados conectados al río Paraguay, al oeste del área de estudio, se encuentra fuertemente influenciada por los pobladores locales que utilizan la zona para actividades de pesca y caza furtiva de mamíferos (carpinchos) y reptiles acuáticos (yacarés).

En la zona de la cantera, área prioritaria para la conservación de los mbiguas, el principal impacto proviene de los moradores ubicados en la parte más elevada de la cantera. En esta zona se destaca la contaminación con residuos sólidos de los hogares, ya que aunque cuentan con recolección domiciliaria de la basura, éstos optan por arrojarla a la laguna formada en la ex cantera.

Aunque no se ha analizado el nivel de contaminación de las aguas, es altamente probable que los residuos afecten a las poblaciones de peces que se desarrollan en el lago y que son consumidos por las aves acuáticas.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Patrón de comportamiento de la especie

Phalacrocorax brasilianus

En los meses del monitoreo se constató una variabilidad en la presencia de individuos de la especie *Phalacrocorax brasilianus*. En el Gráfico 1 se puede observar una tendencia ascendente. Entre los meses de julio a octubre el aumento en número de individuos es relativamente bajo con respecto al punto del mes diciembre, que se nota como un punto aislado. Si éste no existiese, sería solo un ligero aumento por mes. En términos de números se menciona un promedio mínimo ($\pi=456$) en el mes de julio y promedio máximo ($\pi=1216$) en el mes de diciembre.

La desviación estándar (D.S.=247.4) es muy alta comparado con la media $X=675$, lo que le da una alta variabilidad (37%). Existe una alta variabilidad en la presencia de individuos entre un mes y otro.

Si por el contrario, el mes de diciembre no fuese monitoreado, tendríamos una leve tendencia en aumento, con una $X=586$, una D.S.= 73.1 y una C.V.= 13% insignificante en términos de variabilidad. La variación en el número de individuos entre un mes y otro sería mínima, por lo tanto, es el $\pi=1216$ que proporciona la variación.

La prueba de chi cuadrado determinó que la probabilidad de que el número de individuos contados por mes sean iguales es mínima, ($p<0.0001$) menor a cualquier nivel de significación.

Los cambios en las fluctuaciones poblacionales de esta especie están condicionados por la estacionalidad, especialmente con la época reproductiva, por lo que se puede concluir que, esta tendencia coincide con el ciclo biológico de la especie.

Importancia del Bañado Sur para la conservación de las Aves Acuáticas

A nivel internacional, la existencia de 20.000 o más aves acuáticas o el 1% de la población biogeográfica o global de una especie en un sitio dado, es reconocida como un indicador de la importancia global del sitio. Organismos internacionales que siguen este criterio son: La Convención Ramsar sobre Humedales de Importancia Internacional, BirdLife International con su programa de Áreas de Importancia para las Aves, y la Red de Reservas de Aves Playeras del Hemisferio Occidental.

Utilizando criterios de congregaciones de importancia, la ex cantera de Tacumbú, califica como sitio de importancia nacional para la conservación de las aves, considerando la elevada concentración del Mbigua (*P. brasilianum*) que representa entre el 1,2 y 4,8 % de la población en el territorio nacional, la cual se estima entre 25.000 a 100.000 individuos (Zarza y Morales, 2007).

Durante el último Censo Neotropical de Aves Acuáticas realizado en Paraguay, de 22 sitios

censados en todo el territorio nacional, el Mbigua resultó la especie más abundante con un conteo máximo en el mes de febrero de 1389 individuos (Centrón *et al* 2008). El conteo en el dormitorio de la ex cantera de Tacumbú, representa aproximadamente el 88% del total de individuos censados en 6 Departamentos del país; lo cual refleja la importancia de este sitio para la protección de la especie.

RECOMENDACIONES

El Bañado Sur y en especial la ex cantera de Tacumbú constituyen sitios de importancia para la conservación de las aves acuáticas a nivel nacional. Avanzar hacia la conservación de las especies y del hábitat dependerá de la realización de las siguientes actividades:

1. Declaración de la cantera de Tacumbú como área protegida para la conservación del hábitat y las especies que utilizan el área.
2. Implementación de un programa de concienciación y educación sobre la importancia de la laguna y la cantera para la conservación de las especies, así como del potencial turístico del área.
3. Desarrollo de una campaña de limpieza de la laguna, junto con los pobladores locales, miembros de la 1ª División de Infantería y la Municipalidad de Asunción.
4. Mejoramiento del servicio de aseo urbano en el área de la cantera.
5. Continuación de las investigaciones, a fin de determinar:
 - . Fluctuaciones poblacionales en el dormitorio y zona de bañados durante el periodo verano – otoño 2008 - 2009
 - . Estudios de demografía de las poblaciones de Mbiguas, a fin de determinar las tendencias de la población.
 - . Determinación del nivel de contaminación con micropoluyentes en la laguna de la ex cantera.

CONCLUSIONES

El Bañado Sur, incluyendo la ex cantera de Tacumbú, constituye un sitio de importancia nacional para la conservación de las aves acuáticas.

Se registraron importantes concentraciones del Mbigua (*P. brasiliensis*) en el dormitorio situado en la ex cantera, que representa entre el 1 y el 4 % de la población total a nivel nacional para la especie.

Como medida para asegurar la conservación de la especie se recomienda la declaración del sitio como área protegida y la implementación de acciones que conyeben a la recuperación inmediata de la laguna.

AGRADECIMIENTOS

A los estudiantes de la cátedra Ecología de Poblaciones y Comunidades del año 2008, por su apoyo en la realización de los censos y a los directivos de la 1ª División de Infantería por los permisos concedidos para la implementación de la investigación. Al Profesor Lic. Carlos Molinas por su orientación y contribución técnica en el análisis estadístico. A Bolívar Garcete por su colaboración en la revisión y formato del trabajo.

BIBLIOGRAFIA.

- Clay, R.P., Lesterhuis, A.J. y L. López (2004) *Aves de los humedales de Paraguay*. Pp 175-190 en: Salas-Dueñas, D., Mereles, F. y Yanosky, A. (eds.) Los Humedales de Paraguay. Comité Nacional de Humedales. Asunción-Paraguay.
- Guyra Paraguay (2004). *Lista comentada de las Aves de Paraguay. Annotated checklist of the Birds of Paraguay*. Artes Gráficas Zamphirópolis S. A. Asunción.
- Hayes, F. E., and J. A. Fox (1991) Seasonality habitat use, and flock sizes of shorebirds at the Bahía de Asunción, Paraguay. Willson Bulletin
- Hayes, F.E. (1995) *Status, distribution y biogeography of the birds of Paraguay*. American Birding Association. Monographs in Field Ornithology No.1.

- Antas, P. 1994. Migration and other movements among the lower Paraná river valley wetlands, Argentina, and the south Brazil/Pantanal Wetlands.
- Cartes. J.L., 2008. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves en Paraguay. Marco General para el Conocimiento de las IBAs del Paraguay y su Conservación a Largo Plazo. BirdLife International – SEAM – PNUD
- Guyra Paraguay (2008). Base de Datos de Guyra Paraguay. Base de datos digital.
- Comin-Chiaramonti, P. & Gomes, C.B. (1996) *Alkaline Magmatism in Central-Eastern Paraguay. Relationship with Coeval Magmatism in Brazil*. Edusp/ Fapesp. Sao Paulo. Pp. 17-29.
- Zarza, R. y C. Morales (2007) Aves Acuáticas del Paraguay. BirdLife Internacional (Disponible en www.birdlife.org).
- Centrón, S., Lesterhuis, A. y Morales, C. 2008. Informe Anual del Censo Neotropical de Aves Acuáticas. Capítulo Paraguay. Informe presentado a Wetland Internacional.

ANEXO 1

Lista de especies de aves del Bañado Sur [Fuente: Base de Datos de Guyra Paraguay (2008): Cerro Lambaré, Arroyo Lambaré, Bañado Sur, A° Ferreira hasta río Paraguay y retorno por Bañado Tacumbú, en fechas 15 de febrero y octubre de 2004].

Orden Podicipediformes

Fam. PODICIPEDIDAE

Podilymbus podiceps

Orden Pelecaniformes

Fam. PHALACROCORACIDAE

Phalacrocorax brasilianus

Orden Ardeiformes

Fam. ARDEIDAE

Ardea cocoi

Ardea alba

Egretta thula

Butorides striata

Nycticorax nycticorax

Fam. THRESKIORNITHIDAE

Plegadis chihi

Orden Falconiformes

Fam. CATHARTIDAE

Coragyps atratus

Cathartes aura

Fam. ACCIPITRIDAE

Gampsonyx swainsonii

Rostrhamus sociabilis

Buteo magnirostris

Fam. FALCONIDAE

Caracara plancus

Fam. ARAMIDAE

Aramus guarauna

Orden Charadriiformes

Fam. CHARADRIIDAE

Vanellus chilensis

Pluvialis dominica

Fam. JACANIDAE

Jacana jacana

Fam. SCOLOPACIDAE

Tringa flavipes

Tringa solitaria

Actitis macularius

Calidris fuscicollis

Calidris melanotos

Tryngites subruficollis

Phalaropus tricolor

Fam. LARIDAE

Phaetusa simplex

Sterna superciliaris

Fam. RYNCHOPIDAE

Rynchops niger

Orden Columbiformes

Fam. COLUMBIDAE

Columba livia

Patagioenas picazuro

Columbina talpacoti
Columbina picui
Leptotila verreauxi

Orden Psittaciformes

Fam. PSITTACIDAE

Myiopsitta monachus
Brotogeris chiriri

Orden Cuculiformes

Fam. CUCULIDAE

Tapera naevia
Crotophaga ani
Guira guira

Fam. STRIGIDAE

Glaucidium brasilianum

Fam. TROCHILIDAE

Chlorostilbon aureoventris
Hylocharis chrysura

Fam. ALCEDINIDAE

Ceryle torquatus
Chloroceryle amazona

Fam. PICIDAE

Picumnus cirratus
Colaptes campestris

Orden Passeriformes

Fam. DENDROCOLAPTIDAE

Lepidocolaptes angustirostris

Fam. FURNARIIDAE

Furnarius rufus
Certhiaxis cinnamomeus
Satenes pyrrholeuca
Phacellodomus ruber

Fam. THAMNOPHILIDAE

Thamnophilus doliatus

Fam. TYRANNIDAE

Camptostoma obsoletum
Elaenia spectabilis
Serpophaga griseiceps
Hemitriccus margaritaceiventer
Pyrocephalus rubinus
Xolmis irupero
Hymenops perspicillatus
Fluvicola albiventer
Machetornis rixosa
Pitangus sulphuratus

Megarynchus pitangua
Tyrannus melancholicus
Tyrannus savana

Fam. HIRUNDINIDAE

Progne tapera
Progne chalybea
Hirundo rustica

Fam. TROGLODYTIDAE

Cistothorus platensis
Troglodytes aedon

Fam. TURDIDAE

Turdus rufiventris
Turdus amaurochalinus

Fam. MIMIDAE

Mimus saturninus

Fam. VIREONIDAE

Cyclarhis gujanensis

Fam. PARULIDAE

Geothlypis aequinoctialis

Fam. EMBERIZIDAE

Euphonia chlorotica
Thraupis sayaca
Saltator coerulescens
Paroaria coronata
Paroaria capitata
Coryphospingus cucullatus
Oryzoborus angolensis
Sporophila collaris
Sporophila leucoptera
Sicalis flaveola
Sicalis luteola
Zonotrichia capensis

Fam. ICTERIDAE

Molothrus bonariensis
Agelaioides badius
Agelasticus cyanopus
Chrysomus ruficapillus
Icterus cayanensis
Sturnella superciliaris

Fam. FRINGILLIDAE

Carduelis magellanica

Fam. PASSERIDAE

Passer domesticus

ANEXO 2Cantidad de individuos de mbigua (*Phalacrocorax olivaceus*) censados por mes

Meses censados	Cantidad de individuos contados	Promedio
julio	450	675,857143
agosto	585	675,857143
setiembre	595	675,857143
octubre	602	675,857143
diciembre	1216	675,857143
abril	612	675,857143
junio	671	675,857143
Total	4731	4731

ANEXO 3

Cálculos estadísticos basados en los datos del Anexo 2.

Media	675,8571429			
Desvi,estan	247,4		Min	Max
CV	36,6	37%	595	4731

EL RENDIMIENTO ACADÉMICO DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACEN: UNA METODOLOGÍA PARA SU MEDICIÓN

Carlos Molinas F.¹

¹Departamento de Matemáticas de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Resumen: Comúnmente el rendimiento académico se asocia directamente con las calificaciones por los estudiantes. Sin embargo, en la actualidad esta noción ha cambiado dándole al mismo un carácter multidimensional, de características complejas y cuya evaluación involucra a un gran número de variables. Se propone para la medición del rendimiento académico de estudiantes de la FaCEN utilizando el método de las componentes principales, para la identificación de las dimensiones influyentes, utilizando variables del registro académico. En esta investigación, no se examinan las causas que pueden afectar al rendimiento académico, más bien, se plantea el estudio de varias dimensiones a saber: la calidad, la cantidad, el abandono y la velocidad (Garnica Olmos, 1997). Para la valoración del rendimiento, se utilizaron 20 variables, resultando 3 dimensiones: cantidad-retardo, velocidad-calidad y abandono. Se ha obtenido un buen ajuste, con rotación varimax, dando porcentuales de varianza explicada de 85.2% y una adecuación de las variables de 0.80. Una vez establecidas las dimensiones, se calculan medidas de rendimiento por estudiante, y estas son utilizadas en la aplicación de un comparativo de rendimiento académico por carreras (ANOVA). Se han encontrado diferencia significativa ($p < 0.0001$) en el rendimiento académico entre las carreras ofrecidas por la FaCEN. Utilizando un análisis post hoc de Gabriel resultan dos grupos de carreras diferenciados por el rendimiento; uno con rendimiento negativo, es decir bajo y otro con rendimiento positivo. Los resultados permitirán ampliar los estudios relacionados a las causas que determinan el bajo rendimiento.

Palabras clave: Rendimiento académico, componentes principales, rotación varimax.

Abstract: Academic performance is commonly thought as directly associated to students examination scores. However, nowadays this notion has changed towards a multidimensional approach, involving several variables for assessment. We propose to measure academic performance using the principal components technique, with which influential dimensions can be identified. This research does not examine causes that might affect performance, instead, focuses on the study of several dimensions, such as, according to Garnica Olmos (1997), quality, quantity, dropping and the speed. Data for analysis come from academic records of students at FaCEN-UNA. Performance was evaluated using 20 variables, resulting in 3 dimensions to mention: quantity-delay, speed-quality and dropping. A good fit is obtained after varimax rotation, giving the model an 85,2% of explained variance and a variables adequacy of 0.80. Once dimensions had been established, measures of performance were estimated for students, and these were used for comparisons among careers by means of an ANOVA analysis. Significant differences, $p < 0.0001$, are found among careers offered at FaCEN. The Gabriel's post hoc analysis resulted in two groups of careers, one with positive performance and the other with negative performance, this is to say, one group performed above the average score, whereas the other below. These results will help to broaden the study in order to find out the underlying causes of performance differences.

Keywords: Academic performance, principal components, varimax rotation.

INTRODUCCIÓN

Una vez que el postulante a una carrera universitaria cumple con los requisitos de admisión, que no es solamente el académico, sino de una previa de presentación de un complejo de documentos revalidados, el mismo está, y con muchas

expectativas, por entrar en la etapa de su formación profesional. Aunque para algunos pocos es la continuación de otra, sin embargo sigue siendo una nueva etapa en relación a la disciplina elegida. Quizás la expectativa de esta etapa es solo superada con la de graduación; en ésta, el ciudadano universitario

ya se encuentra certificado para desempeñarse como profesional y lleva consigo la impronta de la institución con su oferta académica. Entre la primera y la segunda etapa que es de transición entre el ingreso y la graduación; se encuentra la “vida universitaria del estudiante”. Paradójicamente las instituciones de enseñanza superior no conocen como es en realidad la “vida académica del estudiante” o si poseen un conocimiento; este es empírico o es en relación a aspectos muy aislados de la misma. Es muy escasa la producción de trabajos realizados al respecto en esta etapa a nivel de la UNA y menos aun de parte las universidades privadas. Un aspecto relevante en la “vida universitaria del estudiante” tanto para él, como para la institución y la sociedad en general; es el rendimiento que este tiene a lo largo de su vida académica en la institución, entendiéndose desde su ingreso hasta su graduación.

El rendimiento académico del estudiante es uno de los indicadores más importantes de la calidad educativa de las instituciones y siendo una de las dimensiones más significativas del proceso de enseñanza aprendizaje, su evaluación resulta de vital importancia. Al interior de las instituciones su conocimiento y comprensión permitiría entre otras cosas, reorientar aspectos referentes a la formación del estudiante universitario; aplicar programas de apoyo a sectores más vulnerables, dotar de más y mejores insumos educativos tales como textos actualizados, acceso a información, docentes con capacitación continua etc. Sin embargo, si estas estrategias no están orientadas a incrementar el nivel cognoscitivo del estudiante resultaría estéril todo esfuerzo (Vélez ; 2003). De hecho que los aspectos mencionados no son todos aquellos que se deberían considerar, ni se pretende enumerar todos, pues la escasez de los recursos financieros obliga a optimizar. Un buen comienzo sería aumentar y profundizar estudios relacionados al Rendimiento Académico del Estudiante Universitario.

El presente trabajo trata de encontrar y explicar las dimensiones influyentes en la variable Rendimiento Académico del Estudiante Universitario. A partir de los registros académicos

de los estudiantes se esboza una metodología, a través de un modelo matemático, para su evaluación; una vez encontradas dichas dimensiones, utilizarlos para verificar diferencias por carreras. Si bien no se abarca la totalidad de los factores que lo afectan, por ejemplo: psicológicos, sociológicos, socio demográfico, su preparación previa etc., la misma explica el rendimiento por medio de sus dimensiones, utilizando variables que son resultados de su vida académica desde el ingreso del mismo a la institución hasta su última matrícula.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se presenta un modelo matemático para determinar las dimensiones influyentes del rendimiento académico, a partir del mismo se determina el rendimiento y su posterior análisis por carreras.

En una primera parte se realiza un análisis con descriptivos univariados y bivariados utilizando la base de datos de los estudiantes obtenidos de los registros académicos de la FaCEN. Para efectos del análisis hay que adecuar estos registros a un formato de base de datos para su análisis.

En la segunda parte se realiza un análisis por componentes principales para obtener un modelo matemático que explique la variable rendimiento académico como una variable latente. Dando así una variable que evalúa y mide el rendimiento académico, posteriormente se contrasta la misma por carreras.

Marco teórico de la metodología utilizada para la medición del Rendimiento Académico

El método de las Componentes Principales cuya sigla es ACP es una técnica multivariante desarrollada por Benzécri (1980) [citado por Peña, 2002], se debe a Hottelling (1933) [citado por Uriel Jiménez, 1995 y Uriel Jiménez & Aldás Manzano, 2005] quien se basó en la publicación de Karl Pearson (1901) sobre el análisis de factores. Tiene por objeto reducir el conjunto de variables observadas en otro conjunto, por lo general, más pequeño de “componentes” incorrelacionados entre sí. Se puede

trabajar con los individuos y con variables o ambos; el ACP los proyecta en planos definidos por los componentes, por lo general se resume la información a uno, dos o más planos. El ACP, sus propiedades, características y la forma de interpretar los resultados pueden estudiarse en diversos trabajos como los de Mardia y otros (1979) [citado por Plá & Miranda, 1986], Gnanadesikan (1977), Morrison (1976) [citado por Anderson, 1984], Kendall (1980) [citado por Gnanadesikan, 1977], Harris (1975) [citado por Anderson, 1984] y Garnica (1997).

Los objetivos del ACP son: generar nuevas variables que puedan expresar la información contenida en el conjunto de datos, reducir la dimensionalidad del problema planteado, eliminar variables, cuando sea posible, que no aportan información. El análisis por ACP puede partir de la matriz de varianza-covarianza o de la matriz de correlaciones, para nuestro trabajo partimos de esta última. Este método no exige normalidad ni homocedasticidad pero si que las variables originales sean continuas o medidas por lo menos en una escala de intervalos y que el número de variables sea mucho menor que el de individuos (Hair et al, 2002; Cuadras Avellana, 1981). El ACP no permite la inclusión de variables nominales ni ordinales si bien algunos autores la incluyen, pero como variables indicadoras o dummy.

Las componentes son las dimensiones del rendimiento académico, utilizando el planteo de Garnica (1997), "*El rendimiento estudiantil: una metodología para su medición*", se espera que el primero represente la calidad de los estudios, el segundo, cantidad de horas cursadas y retardo en los estudios, el tercero, abandono y la cuarta la velocidad de los estudios. El análisis se realiza con el paquete estadístico SPSS 10.1 (Pérez, 2000; Johnson Dallas, 2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis descriptivo

Para la cohorte de estudio (1999-2006) el número medio de materias cursadas es de 31.9 materias es un poco menos que el doble de la media de materias aprobadas de 17.3 materias, ambos con altos coeficientes de variación por encima de 55%, es

de esperar que el mismo comportamiento se observe en las unidades; con medias de 121.2 y 64.5 unidades, para unidades cursadas y unidades aprobadas con coeficientes de variación alrededor de; 55% para el primero y 75% para el segundo.

En relación a las diferentes carreras la media de materias cursadas va de 30.2 a 33.6 materias para geología y matemática estadística, con coeficientes de variación alrededor de 50%, para el de materias aprobadas es de 15.9 a 18.6 materias para tecnología de producción y biología respectivamente, con coeficientes de variación superior a 70%. Así mismo las unidades cursadas y aprobadas van de 110.8 a 133.8 unidades cursadas y de 55.2 a 71.2 unidades aprobadas para tecnología de producción y matemática estadística con coeficientes de variación cercano a 55% para la primera variable y superior a 69% para la segunda.

La carrera de matemática estadística es la que posee el mayor promedio de materias cursadas, unidades cursadas y aprobadas y biología el de materias aprobadas.

Teniendo en cuenta que el promedio de materias que el estudiante, de cualquier carrera, tiene que aprobar para acceder a la licenciatura es de 42.7 y que el número medio de unidades a cursar es de 152.7, la cohorte de estudio ha cursado cerca del 75% (31.9/42.7) de las materias que lo promocionan a la licenciatura, sin embargo solo ha aprobado el (17.3/42.7) 40%. Para las unidades cursadas y aprobadas se da similar comportamiento; las unidades cursadas es de 79% y las unidades aprobadas de 42%.

El percentil 75 de las materias cursadas es de 46 materias, es decir un poco más de 25% de los estudiantes de la cohorte han superado el promedio de materias para promocionarse a la licenciatura (42.7). El caso de materias aprobadas el percentil 75 es de 26 materias y el percentil 95 de 42 materias. La cohorte toma a los matriculados del año 2006 y es de esperar que un estudiante que ha ingresado, cualquiera sea el número, en el 2006 y que toma cinco materias como mínimo, tiene cursadas y aprobadas 10 materias, los ingresantes del 2005, 20 materias, para los del 2004, 30 materias y para el

Variables	Estadísticos	Carreras							
		Matemática Estadística	Matemática Pura	Biología	Física	Geología	Tecnología de Producción	Química	Total
Materias cursadas	Meda	33,66	32,75	30,48	30,99	30,25	30,75	32,24	31,90
	CV	50,28	53,81	61,31	55,31	56,47	60,63	56,35	56,39
Unidades cursadas	Meda	133,81	132,69	110,98	118,57	111,18	110,86	122,82	121,29
	CV	51,66	56,06	60,60	55,06	58,43	58,02	54,91	56,31
Promedio de parciales	Meda	56,17	56,75	58,68	57,08	59,14	52,56	55,11	55,21
	CV	21,61	22,27	17,82	21,81	19,73	19,44	19,26	20,63
Número de semestres cursados	Meda	8,03	7,50	6,17	7,09	7,71	6,85	7,16	7,21
	CV	51,19	54,83	60,07	55,05	52,79	60,76	52,81	56,31
Materias retiradas	Meda	13,74	12,74	10,62	11,66	14,75	13,80	11,93	12,96
	CV	76,79	82,96	102,73	75,20	80,40	90,18	84,54	86,08
Número de semestres que hace retiro de materias	Meda	6,09	5,52	4,67	5,11	6,25	5,47	5,37	5,52
	CV	61,27	67,63	74,36	62,56	68,66	69,84	64,98	67,03
Materias a rendir en los dos semestres	Meda	6,03	5,36	3,66	4,89	4,25	6,03	5,64	5,58
	CV	80,85	87,21	121,60	82,02	98,92	98,18	85,60	92,67
Número de semestres intensivos	Meda	2,62	2,75	3,08	2,71	2,32	3,35	3,12	3,00
	CV	84,29	85,78	90,92	85,91	107,49	85,63	95,83	88,97
Número de materias aprobadas	Meda	17,95	17,91	18,60	18,83	17,71	15,91	17,99	17,38
	CV	67,38	64,76	74,23	78,95	73,22	84,21	71,32	74,31
Número de veces que rinde	Meda	24,63	23,59	21,86	22,54	20,79	21,11	23,95	22,84
	CV	62,81	63,25	70,34	72,40	70,87	79,69	66,02	69,94
Unidades aprobadas	Meda	71,25	71,01	64,45	69,79	61,64	55,27	67,51	64,59
	CV	69,40	66,46	74,61	80,87	75,93	83,22	68,73	74,54
Meda de nota probatoria	Meda	3,14	3,20	3,22	3,18	3,44	3,14	2,96	3,13
	CV	18,67	17,65	18,16	19,17	18,49	16,93	17,71	18,01
Meda de nota global	Meda	2,69	2,76	2,94	2,87	3,21	2,73	2,49	2,72
	CV	27,61	25,62	23,69	26,52	23,89	23,76	23,81	25,52
Indicador de materias aprobadas	Meda	,54	,55	,60	,56	,56	,48	,53	,53
	CV	44,93	43,51	39,92	47,93	39,71	48,48	44,78	45,80
Indicador de unidades aprobadas	Meda	,53	,55	,57	,54	,53	,46	,53	,52
	CV	45,10	44,14	42,77	51,14	43,86	52,53	44,02	47,50
Indicador de materias retiradas	Meda	,41	,38	,34	,45	,49	,45	,36	,41
	CV	70,80	74,41	96,10	75,33	63,36	82,75	70,51	78,74
Promedio de materias aprobadas	Meda	2,37	2,54	3,02	2,47	2,33	2,25	2,44	2,43
	CV	54,50	51,53	48,07	53,13	53,77	54,23	51,65	53,43
Promedio de unidades aprobadas	Meda	9,35	10,03	10,61	9,15	7,90	7,94	9,38	9,08
	CV	54,94	52,25	49,36	55,54	55,49	56,93	49,89	54,61
Tiempo de retardo	Meda	1,62	1,37	,87	1,12	1,64	1,21	1,16	1,28
	CV	128,56	148,72	186,10	156,25	110,16	156,12	152,54	149,04
Promedio de materias retiradas	Meda	1,66	1,58	1,52	1,8	1,77	1,88	1,5	1,69
	CV	64,5	66,6	69,1	66	49,7	65,7	61	65,8

Cuadro 1: Promedios y coeficientes de variación por carreras

2003, 40 materias. Si se considera similar cantidad de ingresantes en el periodo 2003-2006 el promedio ideal sería de 20 materias cursadas y aprobadas, además los que han ingresado antes del 2003 (36.3 %) aportan mayor cantidad de materias cursadas y aprobadas de hecho se esperaría un promedio superior a 20.

El valor medio de la variable promedio de materias aprobadas (materias aprobadas por semestres cursados), y del indicador de materias aprobadas (materias aprobadas por materias cursadas) son 2.4 materias aprobadas por semestres y 0.5 materias aprobadas por materias cursadas, con coeficientes de variación de 53.4% y 45.8% respectivamente. Por carreras el valor medio del promedio e indicador de materias aprobadas varía de 2.2 a 3 materias aprobadas por semestres y 0.4 a 0.5 para tecnología de producción y biología con coeficientes de variación de 48% a 54% y 48% a 39% respectivamente. Es decir, en promedio, se aprueban 2.4 materias por semestres y la mitad de las materias que se cursan.

El valor medio del promedio de unidades aprobadas (unidades aprobadas por semestres cursados) es de 9 unidades aprobadas por semestres con un coeficiente de 54.6% y del indicador de unidades aprobadas (unidades aprobadas por unidades cursadas) da un promedio de 0.5 con 47.5% de coeficiente de variación.

Por carreras el valor medio del promedio de unidades aprobadas va de 7.8 a 10.6 unidades aprobadas por semestres con coeficientes de variación de 55.4% y 49.3% para las carreras de geología y biología respectivamente. Y para el indicador de unidades aprobadas va de 0.46 a 0.57 con coeficientes de variación de 52.5% y 42.7% para tecnología de producción y biología respectivamente.

La carrera de biología presentan los mayores promedios de: materias aprobadas, promedio de materias aprobadas, promedio de unidades aprobadas e indicador de unidades aprobadas, en contraparte la carrera de tecnología de producción presenta los promedios más bajos en las variables mencionadas.

El valor medio del número de veces que ha rendido, que es la cantidad media que ha rendido exámenes finales, es de 22.8 con un coeficiente de variación del 70%. Los valores de esta variable teniendo en cuenta las carreras van de 20.7 a 24.6 para geología y matemática estadística con coeficientes de 70.8% a 62.8% para el primero y segundo. Las materias a rendir en los dos semestres, que son las materias que dejan para rendir (exámenes finales) en el semestre siguiente, promedian 5.5 materias con coeficientes de variación de 92.6%, para las diferentes carreras los valores varían entre 3.6 y 6 materias para biología y, tecnología de producción y matemática estadística, con coeficientes de variación que superan el 80%.

La media de nota global de los estudiantes de esta cohorte es de 2.7, la media de nota probatoria es de 3.1 y el promedio de parciales es de 55.2%, para las diferentes carreras los valores varían entre 2.4 a 3.2, 2.9 a 3.4 y de 55.1 a 59.1, estos pares de valores para las carreras de química y geología respectivamente. La carrera de química es la que posee menor nota promedio global, probatoria y de parciales y la de mayor corresponde a la carrera de geología. Los coeficientes de variación para las tres variables están por debajo del 27%.

La media de materias retiradas es de 12.9 materias, la media del promedio de materias retiradas (materias retiradas por semestres cursados) es de 1.6 materias por semestre, el indicador de materias retiradas (materias retiradas por materias cursadas) da una media de 0.4 y la del número de semestres en que hace retiros de materias es de 5.5 semestres con coeficientes de variación de 86%, 65.8%, 78.7% y 67% respectivamente. La carrera con más alto valor medio en la primera variable es geología con 14.7 materias y la de menor valor medio es biología con 10.6 materias, en cuanto a la segunda variable mencionada el mayor valor corresponde a tecnología de producción con 1.8 materias por semestres y el de menor valor a química con 1.5 materias por semestres, los valores para la tercera variable son de 0.34 para la carrera de biología y 0.48 para

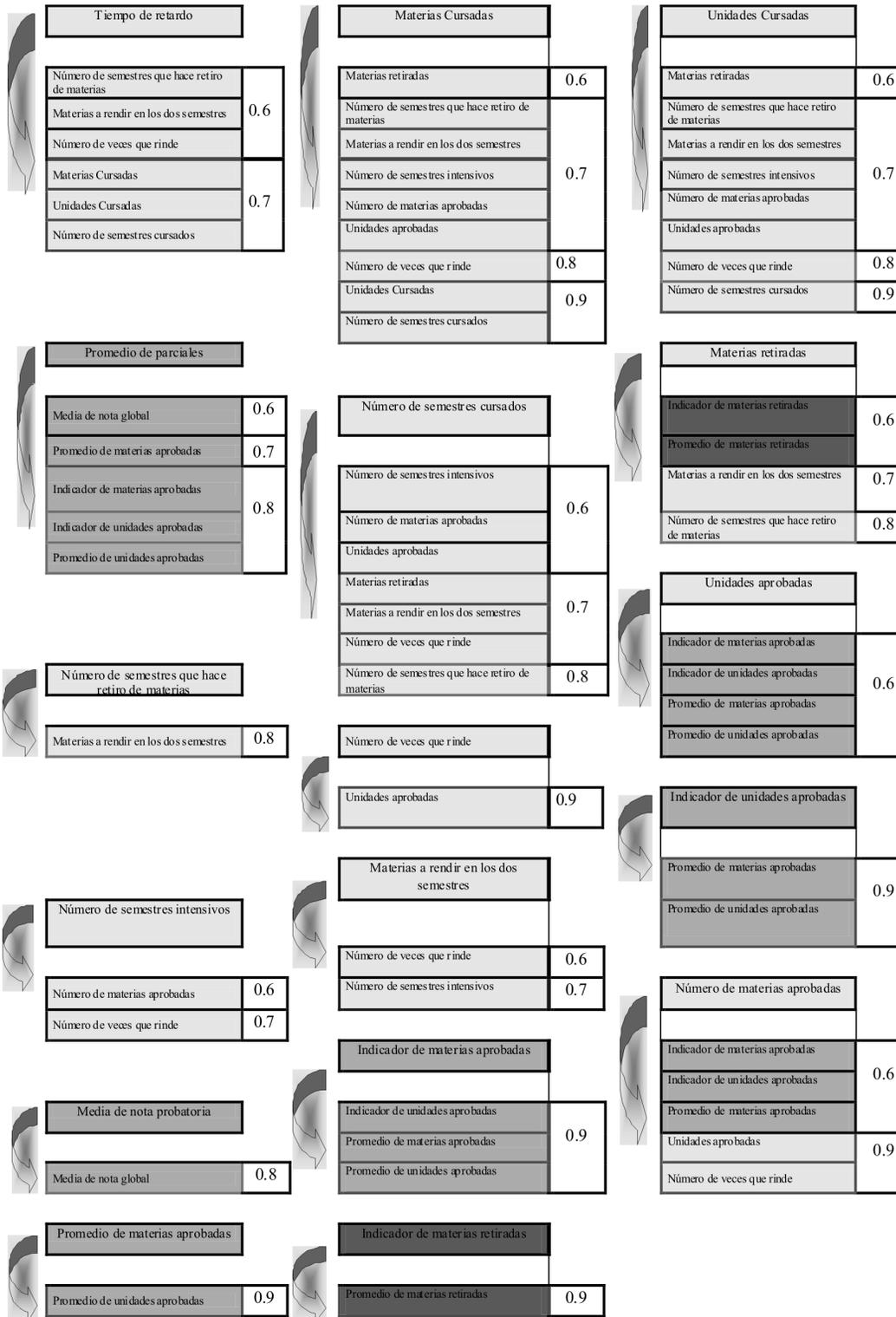


Fig. 1: Grupos de correlaciones bi-variadas

geología y para la cuarta variable el menor valor corresponde a 4.6 semestres para biología y el mayor de 6.2 semestres para geología.

El número medio de semestres cursados es de 7.2 semestres y el número medio de semestres intensivos es de 3 semestres con coeficientes de variación de 56.3% y 88.9%. La carrera con mayor número de semestres cursados es matemática estadística con 8 semestres y el de menor es biología con 6.1 semestres. El mayor promedio de semestres intensivos corresponde a la carrera de tecnología de producción con 3.3 semestres y el de menor a geología con 2.3 semestres.

La media de tiempo de retardo de los estudiantes es de 1.2 semestres, la carrera con menor valor es de biología con 0.8 semestres y con valores de 1.6 semestres están las carreras de geología y matemática estadística. Los coeficientes de variación están por encima del 100%.

En la figura 1 se puede apreciar las correlaciones bi-variadas entre las 20 variables. Las mismas se disponen de acuerdo a correlaciones medias (0.6) a altas correlaciones (0.9), formando grupos de variables con estas correlaciones para una mejor comprensión de las relaciones e interrelaciones entre las mismas. Así se formaron 17 grupos que están relacionados e interrelacionados entre sí, los grupos se inician con una variable que se ha obtenido con el criterio de la mayor cantidad de correlaciones en relación a otras. Un siguiente agrupamiento más general se ha realizado por tonos; el gris claro que representa el de mayor cantidad de grupos (8) y de variables, el gris medio con la siguiente mayor cantidad de grupos (5) y variables, el gris oscuro con la menor cantidad de grupos (1) y variables y los combinados; gris oscuro con gris claro (1) y gris claro con gris medio (2).

Los grupos marcados con gris claro son de variables relacionadas a materias, unidades, cantidad de pruebas finales, retardo y semestres, es decir las de este grupo están correlacionadas las variables; materias cursadas, aprobadas, a rendir y retiradas (4), unidades cursadas y aprobadas (2), semestres cursados, intensivos y de retiro de materias (3), número de veces que rinde (1) y tiempo

de retardo (1). Estas se encuentran mediana y altamente correlacionadas positivamente entre sí, con correlaciones por encima de 0.6 e interrelacionadas también positivamente pero en menor grado, por debajo de 0.5, con las del grupo del mismo tono, gris claro, formando un conglomerado de variables que relacionan materias, unidades, semestres, cantidad de pruebas y retardo.

Los grupos de tono gris medio son de variables que relacionan indicadores de materias y unidades aprobadas (2), de promedios de materias e unidades aprobadas (2), de media de parciales (1) y de notas tanto probatorias como global (2). Este conglomerado de grupos se encuentran mediana y altamente correlacionadas positivamente entre sí, con correlaciones superiores a 0.6 e interrelacionadas entre variables de distintos grupos con correlaciones alrededor y por debajo de 0.5. Las variables de este grupo; indicador de materias e unidades aprobadas y promedio de materias aprobadas, se relacionan con el primer grupo a través de las variables materias e unidades aprobadas y número de veces que rinde con correlaciones por debajo de 0.6.

Los grupos de tono gris oscuro están formados por un grupo de variables indicador y promedio de materias retiradas (2) y otro combinado con las mencionadas y materias retiradas con correlación de 0.6.

Análisis de Componentes Principales

El método de las componentes principales, ACP, permite hallar un modelo matemático para el cálculo de rendimiento académico de los estudiantes de FaCEN de la cohorte 1999 – 2006 e identifica las variables que más influyen en el rendimiento. Se han obtenido tres componentes principales con un porcentual de varianza de 40.4% para la primera componente, 25.4% para la segunda y 19.3% para la tercera componente. El porcentaje de varianza acumulada por las tres componentes es de 85.2%. La adecuación muestral es de 0.80. Se han rotado, en forma ortogonal (varimax), las componentes para una mejor explicación de las variables en las componentes principales.

Variables	Componentes		
	1	2	3
Materias Cursadas	,977	-,025	-,007
Unidades Cursadas	,962	-,042	-,015
Número de semestres cursados	,951	-,089	,124
Número de veces que rinde	,899	,238	-,283
Materias a rendir en los dos semestres	,815	-,171	,275
Número de semestres que hace retiro de materias	,813	-,237	,429
Número de materias aprobadas	,804	,426	-,327
Número de semestres intensivos	,794	,016	-,049
Unidades aprobadas	,792	,429	-,341
Tiempo de retardo	,765	-,057	,144
Media de nota global	-,236	,856	,073
Promedio de parciales	,023	,846	-,296
Media de nota probatoria	-,267	,793	,132
Indicador de materias aprobadas	,193	,789	-,503
Indicador de unidades aprobadas	,193	,783	-,503
Promedio de materias aprobadas	,159	,755	-,561
Promedio de unidades aprobadas	,139	,747	-,571
Indicador de materias retiradas	,039	-,162	,897
Promedio de materias retiradas	,113	-,193	,885
Materias retiradas	,648	-,235	,656

Cuadro 2: Correlaciones entre variable y componentes

De acuerdo al cuadro 2, las variables más correlacionadas, en forma positiva, con la primera componente son; materias cursadas, aprobadas y a rendir; unidades cursadas y aprobadas; número de veces que rinde; semestres cursados, intensivos y que hace retiro de materias y; tiempo de retardo. Con excepción de materias retiradas, este grupo de materias correlacionadas con la primera componente es el mismo conglomerado encontrado en el análisis de correlaciones bi-variadas. Realizando un segundo análisis por componentes principales con las variables más correlacionadas con la primera componente y agregando la variable materias retiradas, se confirma que estas variables se mantienen en la primera componente principal;

la variable materias retiradas no puede confirmarse en esa componente, pues en este análisis su peso es mayor en la segunda componente. Esta variable será considerada en otra componente. Con relación a la segunda componente las variables más correlacionadas en forma positiva son; Media de notas globales, probatorias; indicadores y promedios de materias y unidades aprobadas; y promedio de parciales. Un análisis por componentes con solo estas variables, resulta una primera componente con las variables promedio e indicadores y una segunda con media de notas global y probatoria. De acuerdo al cuadro 2, esto es por la influencia positiva de las variables promedios e indicadores en la segunda componente y negativa en la tercera, esto es plau-

sible pues estas representan la velocidad de promoción del estudiante. La tercera componente las variables más correlacionadas son; indicadores, promedios y materias retiradas y como se expuso en el análisis de la segunda componente con correlaciones negativas los indicadores y promedios de aprobadas y parciales. Con un análisis por componentes con solamente estas variables se agrupan como principal a las indicadores y promedios de aprobadas y parciales y en una segunda componente, a los indicadores promedios y materias retiradas. De acuerdo a estos resultados la tercera componente esta relacionada con el retiro de materias.

Por tanto, el rendimiento académico se relaciona con la Cantidad-Retardo, la Velocidad-Calidad de estudios y con el abandono, es decir el rendimiento académico de los estudiantes de FaCEN puede explicarse con la cantidad de materias que cursan y el retardo para concluir su grado como más importante, en segundo lugar está la velocidad de promoción y la calidad de estudios y por último el abandono de materias.

Se propone el cálculo del rendimiento académico a partir de la siguiente ecuación:

$$R = -CR * \beta_1 + VC * \beta_2 - A * \beta_3 \quad [1]$$

$R =$ Rendimiento; $CR =$ Cantidad-Retardo;
 $VC =$ Velocidad-Calidad; $A =$ Abandono

Esta ecuación garantiza la obtención de una variable unidimensional, rendimiento, función de tres componentes: cantidad-retardo, velocidad-calidad y abandono.

Rendimiento Académico por Carreras

A partir de las variables generadas por cada componente (estandarizadas) se calcula la variable rendimiento académico con la ecuación [1], con la misma se realiza un análisis de varianza univariado, tomando como variable dependiente el rendimiento académico y como variable independiente a las diferentes carreras. De este análisis se ha encontrado diferencias significativas entre el rendimiento y las diferentes carreras ($P < 0.0001$).

De acuerdo al análisis post hoc (Comparación por parejas de Gabriel) las carreras de Tecnología de Producción y Matemática Estadística forman un grupo homogéneo con valores medios de la variable rendimiento; negativo, en relación a las carreras de Biología, Física, Matemática Pura, Geología y Química, que forman el otro grupo homogéneo, con promedios positivos de rendimiento. La carrera que detenta el mayor promedio positivo de rendimiento es biología y el de menor valor medio corresponde a la carrera de Química.

CONCLUSIÓN

El modelo matemático, dado por el procedimiento de las componentes principales, se ajusta a los datos de las variables consideradas como las determinantes del rendimiento académico. Es plausible que se pueda utilizar el método de las componentes principales para el estudio y evaluación del rendimiento académico de estudiantes universitarios. El rendimiento académico, de los estudiantes de FaCEN de la cohorte 1999-2006, esta explicado por tres dimensiones; cantidad-retardo, velocidad-calidad y abandono en ese orden de importancia.

La dimensión más importante encontrada es la de cantidad-retardo, se refiere a que un estudiante que tiene en promedio, más horas cursadas, es el que más tarda en sacar su carrera, es decir le cuesta más y se encuentra retrasado para la culminación de la misma.

La segunda dimensión más importante se refiere a la velocidad y calidad; que es la rapidez con que culmina la carrera con buenos indicadores de calidad.

La tercera encontrada refiere a los que de alguna manera están paulatinamente abandonando su carrera.

Las carreras se diferencian en sus rendimientos formándose dos grupos; uno de rendimiento negativo, y otro positivo. Las carreras con rendimiento negativo son; Tecnología de Producción y Matemática Estadística, y los de rendimiento positivo; Biología, Física, Matemática Pura, Geología y Química.

Estos resultados reflejan una realidad de los estudiantes de FaCEN de la cohorte 1999-2006, en que predominan aquellos que cursan reiteradas veces una o varias materias semestre en semestre, alta permanencia y con promociones de baja nota (escala de 1 a 5). Siguen a este grupo los estudiantes dedicados a cursar y promocionarse en tiempo, sin semestres intensivos y con buenas notas; son los conocidos como regulares. Por último están los que van dejando la carrera con altos índices de abandono de materias.

BIBLIOGRAFÍA

- Peña D. 2002. Análisis de datos multivariantes. Primera Edición. Madrid: Mac Graw Hill. p. 133-170.
- Anderson T. W. 1984. An Introduction to Multivariate Statistical Analysis, 2da. ed. New York. John Wiley & Sons. 80 p.
- Cuadras Avellana, C.M. 1981. Métodos de Análisis Multivariante. Barcelona: Editorial Universitaria de Barcelona. p. 269-293.
- Garnica Olmos E. 1997. El Rendimiento Estudiantil: Una Metodología para su Medición. Revista Economía No. 13,; p. 19 (7-25). <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/19178>. 13 de julio del 2007, 18:23:10: hs.
- Gnanadesikan R. 1977. Methods for Statistical Data Analysis of Multivariate Observations. New York: John Wiley. 101 p.
- Hair J. F. Jr.; Anderson R. E. ; Tatham R. L.; *et al.* 2002. Análisis Multivariante. 5º Edición. Madrid: Prentice Hall. 11 p.
- Johnson Dallas E. 2000. Métodos Multivariados Aplicados al Análisis de Datos. México: Internacional Thomson Editores. p. 93-146.
- Navarro R. E. 2003. Factores Asociados al Rendimiento Académico. Revista Iberoamericana de Educación (ISSN: 1681-5653): p. 21 (1-21). <http://www.rieoei.org/investigacion1.htm>. 17 de julio del 2007 18:39:03: hs.
- Navarro R. E. 2003b. El Rendimiento Académico: Concepto, Investigación y Desarrollo. REICE - Revista Electrónica Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación 2003, Vol. 1, No. 2: p. 15 (1-15). <http://www.ice.deusto.es/RINACE/reice/vol1n2/Edel.pdf>. 20 de mayo del 2008, 17:59:42: hs.
- Pérez C. 2000. Técnicas de análisis multivariante de datos. Aplicaciones con SPSS. Madrid; Pearson Prentice Hall. . p. 121- 154.
- Plá L. E.; De Miranda F. 1986. Análisis Multivariado: Método de Componentes Principales. Washington, D.C.: Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Monografía Nº 27. 94 p..
- Uriel Jiménez E. 1995. Análisis de Datos: Series Temporales y Análisis Multivariantes. Madrid: Editorial AC. p. 309-342
- Uriel Jiménez E.; Aldás Manzano J. 2005. Análisis Multivariante Aplicado. Madrid: Thomson Editores. p. 365-406.
- Velez E.; Schiefelbenin E.; Valenzuela J. 1994. Factores que Afectan el Rendimiento Académico en la Educación Primaria. Revisión de la literatura para América Latina y el Caribe p. 1-16. <http://www.campusoei.org/calidad/Velezd.PDF>. 11 de marzo del 2008, 12:36: hs.

CALIDAD DE AGUA DEL EMBALSE DE YACYRETÁ EN LA COTA DE 76 METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR

Hugo A. Rojas¹

¹Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Asunción, Paraguay. Correo electrónico: hugorojas@facen.una.py

Resumen: El presente trabajo consiste en el estudio de Calidad de Agua del Embalse de Yacyretá en su condición de Cota 76 msnm. Para el efecto, se consideraron los datos relevados desde la formación del embalse, mayo/ 1994 y los disponibles en archivo, entre los años 1983-1990, en su evolución espacial-temporal. La metodología empleada fue la aplicación de una Estadística Básica Descriptiva, Estadística Inferencia. Para el estudio de tendencia se aplicó el Test de Tendencia Kendall Estacional. Los resultados de los tratamientos se dan en forma de tablas comparativas, gráficos de evolución y cálculos de tendencia, referentes a Parámetros In situ, iones responsables de la Salinidad y Nutrientes, desarrollados independientemente para dos estaciones del curso principal, Pto. Franco y Pto. Candelaria, y finalmente relacionadas al Sistema Yacyretá. Los cambios notados de la condición de río a embalse, se definen de la siguiente manera: “decrecimiento altamente significativo” del oxígeno en la Entrada al Sistema, “no significativa” en el Centro del lago y Salida del Sistema. Sin cambios en el pH, y tendencia “creciente altamente significativa” de la conductividad y “decrecimiento altamente significativo” de la turbidez en las tres estaciones. Sin cambios en la alcalinidad total, “aumento significativo” del cloruro sólo en el Centro del lago, y “creciente significativo” en todo el Sistema para el sulfato. El calcio y el magnesio, “sin cambios significativos” en todas las estaciones. “Crecimiento significativo” del sodio y el potasio en todo el Sistema, “disminución significativa” del N-amoniaco y N-nitrato en las tres estaciones de control. Para el N-orgánico y la sílice, “crecimiento significativo” en el Centro del lago y Salida del Sistema.

Palabras clave: Calidad de agua, Embalse Yacyretá, Cota 76 msnm

Abstract: The present work consists of a water quality study of the Yacyretá reservoir at 76 masl. For this cause, data we obtained as from the formation of the dam, May 1994, and the data available in files, from 1983-1990, in their spatio-temporal evolution, were used. A basic descriptive statistical method, statistical inference, was employed and the Seasonal Kendall Tendency test was applied for the tendency study. Results of the analyses are shown in the form of comparative tables, evolution graphs and tendency calculations, relating to the parameters in situ, Salinity- and Nutrient ions, developed independently for two stations of the main course, Pto. Franco and Pto. Candelaria, and finally related to the Yacyretá System. The changes noted in the conditions from river to reservoir, are defined in the following way: “highly significant decrease” in oxygen at the Entrance to the System, “not significant” at the Center of the lake and far downstream from the System. Without changes in pH, and “highly significant increase” in conductivity and “highly significant decrease” of the turbidity between the three stations. Without changes in the total alkalinity, “significant increase” of the chloride at the Center of the lake only, and “significant increase” in sulfate over the whole System. “No significant changes” in calcium and magnesium for the three stations. “Significant increase” in sodium and potassium over the whole System, “significant decrease” in ammonium-N and nitrate-N over the three stations. And “significant increase” in organic N and silica, at the Center of the lake and way out of the System.

Key words: Water quality, Yacyretá damming, Habergeon 76 msnm

INTRODUCCIÓN

Una característica fundamental de la tierra es la abundancia de agua, que cubre un 71 por ciento de su superficie, con una profundidad media de 3800 metros. La hidrosfera contiene una inmensa cantidad de agua, de la cual aproximadamente un

99 por ciento se halla en las depresiones oceánicas. La importancia de las cantidades relativamente pequeñas de agua dulce, reside en el mantenimiento de la vida terrestre (Wetzel, 1981).

El uso y abuso creciente de los recursos finitos de las aguas dulces, exige no solo preocupación,

sino un esfuerzo concertado para aumentar nuestros conocimientos sobre su funcionamiento, convirtiéndose la Limnología en un campo riguroso de la ciencia al intentar resumir sus características principales, enfrentándonos con una gran variedad de elementos que afectan el metabolismo de los organismos y su productividad (Wetzel, 1981)

El crecimiento de la humanidad y la utilización de las aguas dulces de forma exponencial creciente, son componentes indispensables de cualquier análisis del recurso. La sociedad y muchos limnólogos, tienden a no considerar al hombre y al uso y abuso de las aguas dulces, como un factor influyente en el mantenimiento de los sistemas lacustre. El hombre es un componente de dichos ecosistemas y su acción va en aumento (Wetzel, 1981).

La formación de un embalse modifica los patrones de circulación de las aguas. De una rápida velocidad de circulación, se pasa a un ambiente de reducida o nula velocidad del fluido, y con ello, una retención de contaminantes y sedimentación del material particulado, arrastrando hacia el fondo compuestos químicos de distinta naturaleza (Taller Actualización PMMA, 2002).

Así mismo, el nuevo ambiente creado tiene un importante “espejo de agua”, superficie de contacto con la atmósfera, intercambiando calor y absorbiendo energía de la radiación solar, pudiendo producir heterogeneidades en las propiedades físicas y químicas del agua (Taller Actualización PMMA, 2002).

Además, se producen cambios en la composición y concentración de los organismos de la biota acuática. De organismos adaptados a la turbulencia de un río, ambiente Lótico, que se caracterizan por ser “oportunistas” y de corto tiempo de vida se pasa a otro, ambiente Léntico, con organismos aptos para su desarrollo en ambientes lacustre. El tipo y la presencia de estos, también dependen de la calidad del agua y condiciona la presencia de distintas especies autóctonas de la fauna íctica (Taller Actualización PMMA, 2002).

La acumulación de un exceso de nutrientes, genera un impacto sobre la calidad del agua denominado Eutrofización, etimológicamente “bien o

excesivamente alimentado”, caracterizado por un desarrollo explosivo de algas microscópicas, o manifestándose por el desarrollo de malezas acuáticas, que cuando mueren y sedimentan, producen descomposición de material orgánico, pudiendo ocasionar la ausencia del Oxígeno Disuelto en las capas profundas (Odum, 1987).

La magnitud o intensidad, de los distintos problemas de calidad de agua en un embalse, están estrechamente vinculados al “Tiempo de Retención Hidráulico” (Volumen/ Caudal), es decir, el tiempo que el agua es retenida en el cuenco lacustre, o sea el tiempo teórico en que se vaciaría el embalse para un dado caudal de erogación, si no ingresara agua alguna. A mayor tiempo de permanencia hidráulico, los problemas de sedimentación, acumulación de tóxicos y desarrollo “algal” (Eutrofización), serán también mayores (Taller Actualización PMMA, 2002).

A solicitud de la Comisión Mixta Argentino Paraguaya del Río Paraná -COMIP-, mediante convenios con el Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas, INCITH, de la República Argentina y el Instituto de Ciencias Básicas, I.C.B., de la Universidad Nacional de Asunción de la República del Paraguay, con la colaboración de la Dirección General de la Provincia de Misiones, República Argentina, se llevaron a cabo, durante el período comprendido entre los años 1982-1990, campañas mensuales de muestreo de las aguas del Río Paraná y algunos afluentes principales, en el tramo comprendido entre los Km. 1596 y 1927. Se realizaron actividades de muestreo en las principales entradas y salidas al futuro Sistema Corpus. Con frecuencia mensual, se extrajeron muestras de agua, además de otras estaciones, en las siguientes secciones:

- **Sección N° 2: Río Paraná, Km. 1930,** aguas arriba de la confluencia con el R. Iguazú (Referencia: 1 Km. aguas abajo de Pto. Pte. Franco)
- **Sección N° 6: Río Paraná, Km. 1598,** a la altura del Eje Candelaria - Campichuelo (Referencia: Escala

Hidrológica sobre Margen Derecha)
(CMRP & ICB, 1983).

- El criterio seguido en la selección de los parámetros se orientó hacia uno de los problemas inherentes a todo represamiento y de importancia relevante como es la “Eutrofización”, término que caracteriza a un curso léntico con alta productividad planctónica, elevada tasa de consumo de oxígeno y altas concentraciones de compuestos químicos que alteran la calidad del agua, pudiendo influir negativamente sobre los distintos usos asociados al futuro embalse de “Corpus”. Los componentes vinculados al crecimiento explosivo del fitoplancton como los nutrientes, penetración de luz y características hídricas darían elementos que permitirían evaluar la posible eutrofización del mencionado embalse (CMRP & ICB, 1983).

A requerimientos de la Entidad Binacional Yacyretá, desde agosto de 1993, se realizan tareas de Monitoreo de la calidad del Agua en el área de incidencia directa de Yacyretá sobre el Río Paraná, entre las progresivas Km. 1598, en el Eje Candelaria-Campichuelo, y Km. 1380, cercana Itá Ibaté/ Panchito López y sub-embalses laterales (EEBY & FACEN, 1993).

Dichos trabajos se efectivizaron mediante Convenios con la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FaCEN) de la Universidad Nacional de Asunción, el Centro Regional de Investigación y desarrollo (CERIDE), la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales de la Universidad Nacional de Misiones (UNaM) y la Comisión Mixta argentino-paraguaya del Río Paraná (COMIP).

Atendiendo al Programa “Calidad de Agua”, el Monitoreo tiene el propósito de medir la evolución de aquellas variables ambientales generadas por la presencia de Yacyretá, tanto internas (Área de Impacto), como externas (Ingresos al Embalse), que condicionarán la calidad de sus aguas y su aptitud para los diferentes usos del recurso (EEBY &

FACEN, 1993).

La “Operación de la Red de Monitoreo”, tiene componentes de *medición*, de *análisis estadístico* y de *investigación ambiental* o *evaluación* que desarrollan las Instituciones Académicas (EEBY & FACEN, 1993).

Para éste último diseño, espacialmente se consideró tanto el Área de Impacto por la presencia de YACYRETA, definida en principio, desde el eje Candelaria/ Campichuelo hasta Itá Ibaté/ Panchito López, y aquella zona adyacente e inmediatamente aguas arriba del área de impacto que condicionarán la aptitud del recurso agua en el Embalse (EEBY & FACEN, 1993).

Este trabajo tiene como objetivo general el estudio de la Calidad del Agua del Embalse de Yacyretá a Cota 76 msnm.

Se traza como objetivos específicos, verificar los cambios en la Calidad de las Aguas del Río Paraná, en base a los datos relevados a Cota 76 msnm, mayo/94’ – abril/06’.

Efectuar el estudio comparativo de los indicadores de calidad de agua, parámetros In Situ, Nutrientes e Iones principales, entre los datos actuales recabados en el período de embalse Yacyretá y los datos de archivo en condición de río (históricos).

Realizar el análisis temporal/ espacial de los principales indicadores de calidad de agua, parámetros In Situ, Nutrientes e Iones principales, que permitan definir su condición actual y su tendencia en el tiempo.

La metodología de estudio empleada es la aplicación de una Estadística Básica Descriptiva y una Estadística Inferencial (marques de Cantú, 1990; Daniel, 1979).

El test de distribución que sirve como base para el ensayo de tendencia es el Kendall Tau (Daniel, 1979; Kendall & Sundrum, 1953; Bradley, 1968).

METODOLOGÍA

Teniendo en cuenta las características de un ambiente Lótico (Río) y un ambiente Léntico (Embalse), se consideraron datos históricos de calidad de agua del Río Paraná, extraídos de

Programas desarrollados mediante Convenios entre la Comisión Técnica Mixta del Río Paraná (COMIP) y el Instituto de Ciencias Básicas (ICB) de la Universidad Nacional de Asunción, durante el período comprendido entre los años 1982-1990, en Campañas mensuales de Muestreo en el tramo Km. 1596 y 1927.

La metodología de estudio empleada es la aplicación de una Estadística Básica Descriptiva y una Estadística Inferencial. Para hacer uso del análisis de varianza, se comprobaron los supuestos teóricos del modelo, la homocedasticidad y normalidad. Los resultados de los tratamientos se dan en forma de tablas comparativas y gráficos referentes a:

- Parámetros In situ
- Iones principales. Salinidad
- Nutrientes

El estudio de Tendencia se realiza por estación y grupos de parámetros, en una evolución temporal/ espacial de condición de Calidad de Agua. El test de distribución que sirve como base para el ensayo de tendencia es el Kendall Tau (Kendall, 1975). La hipótesis nula para este estudio es que la variable casual es independiente del tiempo. La única suposición de fondo necesaria, es que la variable casual es independiente e idénticamente distribuida (con cualquier distribución), indicándose de existir una tendencia, su magnitud, expresada como una pendiente (valor por unidad de tiempo), aunque esto no implique la aceptación de una tendencia lineal.

Como un asistente al test se define el estimador de pendiente Kendall, como la mediana de las diferencias (expresadas como pendientes) de pares ordenados de valores que son comparados en el test Kendall estacional, registrando la diferencia, dividida por el número de años separando los valores puntuales. La mediana de estas diferencias se toma como el cambio por año debido a la tendencia.

Primeramente, se consideran como antecedentes históricos y se comparan los datos correspondientes a dos estaciones, la Sección N° 2 Río Paraná, aguas arriba de la confluencia con el

R. Iguazú, 1 Km. aguas abajo de Pto. Pte. Franco, y la Sección N° 6 Río Paraná, Eje Candelaria/Campichuelo, con referencia a la Escala Hidrológica sobre Margen Derecha.

En segundo lugar, se establece una línea de correlación entre los datos históricos de la Sección N° 6 Río Paraná, del Convenio COMIP/ ICB y la correspondiente a la Estación Índice EI-1 Río Paraná, del Convenio EBY/ FaCEN, con los mismos criterios de evaluación.

Cabe mencionar, que la Sección N° 6 Río Paraná, del Convenio COMIP/ ICB se corresponde con la actual Estación Índice EI-1 Río Paraná, del Convenio EBY/ FaCEN, en el Eje Candelaria/Campichuelo, por lo que la población de datos provenientes de ambos Convenios, aunque separados en el tiempo, corresponden al mismo sitio.

Los temas se desarrollan siguiendo el siguiente esquema:

1. Análisis comparativo entre las estaciones E-2 Pto. Franco y E-6 Pto. Candelaria, sobre el Río Paraná, en condición de Río (años 1982-1990).
2. Estudio comparativo en la estación Pto. Candelaria considerando los periodos, condición de Río (años 1982-1990) y previo-post-Embalse (años 1993-2006)
3. Evolución temporal en la estación EI-4 Centro del lago Yacyretá, atendiendo a los periodos previo-post Embalse (años 1993-2006).
4. Evolución temporal en la estación EI-8 Itá Ibaté-Panchito López, atendiendo a los periodos previo-post Embalse (años 1993-2006).
5. Estudio de las tendencias por parámetro en cada estación, en el periodo de Río Paraná, en el previo-embalse y post-Embalse Yacyretá.

RESULTADOS

ANÁLISIS DE VARIANZA

Estaciones E-2 Franco – E-6 Candelaria

En la **TABLA 1** se da el resumen de los

PARÁMETROS	Media aritmética				Diferencias significativas entre periodos
	1982- 1985		1986-1990		
	E-2 Franco	E-6 Candel.	E-2 Franco	E-6 Candel.	
Oxígeno disuelto	10,5	9,2	10,8	9,4	SÍ
pH	7,3	7,2	7,1	7,0	NO
Conductividad	42,4	42,6	50,2	40,3	NO
Turbidez	23,2	42,2	14,2	23,0	SÍ
Transparencia	76	62	104	95	NO
Alcalinidad Total	19,3	18,5	20,0	19,3	SÍ
Cloruros	3,01	3,16	3,134	3,69	NO
Sulfato	2,27	1,58	1,77	2,18	NO
Calcio	4,51	4,31	4,92	4,92	NO
Magnesio	1,80	1,78	1,61	1,82	NO
Sodio	1,69	1,72	2,09	2,38	NO
Potasio	1,48	1,45	1,75	1,90	NO
N-Amoniacal	0,039	0,042	0,046	0,041	NO
N-Nitratos	0,242	0,312	0,247	0,317	SÍ
N-Orgánico	0,396	0,368	0,374	0,375	NO
Sílice	5,65	5,50	4,94	4,71	NO

Tabla 1. Estudio estadístico comparativo entre los años 1982-1985 y 1986-1990 para las estaciones E-2 Franco y E-6 Candelaria, Río Paraná

resultados del estudio estadístico comparativo entre los años 1982-1985 y 1986-1990 para las estaciones E-2 Franco y E-6 Candelaria - Río Paraná - para los parámetros mencionados, basados en datos históricos.

De acuerdo al Test aplicado, se señala cierta reducción en los tenores de oxígeno disuelto en la estación E-6 (Candelaria) con relación a la E-2 (Franco). El gráfico de evolución temporal muestra línea de tendencia estable en ambos puntos.

El pH y la conductividad no muestran cambios en las lecturas mensuales para las dos estaciones. Sin embargo, entre los periodos, se nota una tendencia levemente decreciente para el pH y creciente para la conductividad.

Con relación a la turbidez, se observa un

decrecimiento general de un periodo a otro en ambas estaciones, coincidiendo con el hecho resaltante del importante emprendimiento hidroeléctrico Itaipú y otras aguas arriba. Por otro lado, se registran en promedio, mayores valores en la estación E-6 Candelaria. La inferencia señala la existencia de diferencias significativas entre ambas estaciones. El gráfico de dispersión muestra una tendencia decreciente para ambos puntos.

Para la transparencia, ambas estaciones revelan un crecimiento en sus medidas de un periodo a otro; el gráfico de dispersión muestra una tendencia creciente en valores para ambos puntos, pero sin generar diferencias entre medias en la estadística aplicada.

Entre los parámetros indicadores de la Salinidad,

PARÁMETROS	E-6 Corpus			Dif. Signif e/periodos	E-1 Yacyretá			Dif. Signif e/periodos
	Periodos				Periodos			
	82-84'	85-87'	88-90'		93-95'	96-99'	00-06'	
Oxígeno disuelto	9,2	9,1	9,6	NO	8,8	9,0	8,1	SI
pH	7,2	7,2	7,0	SÍ	7,2	7,2	7,1	NO
Conductividad	43,0	45,3	51,7	SI	46,0	42,3	50,5	SI
Turbidez	53,7	26,7	15,6	SI	18,6	18,9	10,8	SI
Transparencia	50,7	88,1	102,6	SI	87,1	91,0	149,2	SI
Alcalinidad Total	17,6	20,3	18,9	SI	20,1	18,7	18,7	SI
Cloruros	3,00	3,94	3,13	SI	2,84	3,27	3,19	SI
Sulfato	1,58	2,18	-	NO	0,58	0,79	1,05	SI
Calcio	4,31	4,96	4,88	NO	4,45	4,46	4,19	SI
Magnesio	1,78	1,78	1,85	NO	1,50	1,41	1,60	NO
Sodio	1,72	3,09	1,76	SI	1,43	2,17	2,09	SI
Potasio	1,45	1,66	2,09	NO	1,05	1,57	1,28	SI
N-Amoniacal	0,044	0,040	0,037	NO	-	0,040	0,022	SI
N-Nitratos	0,328	0,309	0,257	NO	-	0,414	0,294	SI
N-Orgánico	0,396	0,382	0,360	NO	-	0,251	0,273	NO
Sílice	4,92	5,39	-	NO	11,44	12,57	12,88	SI

Tabla 2. Estudio estadístico comparativo entre los años 1982-1990 y 1993-2006 para las estaciones E-6 / E-1.

solamente la alcalinidad total, a pesar de promedios muy cercanos, marcó diferencias entre las estaciones. Se percibe una leve tendencia creciente en el gráfico de dispersión, para ambas estaciones. Los demás parámetros responsables: cloruro, sulfato, calcio, magnesio, sodio y potasio, no sufrieron modificación en el rango, entre puntos ni en el tiempo.

En relación a los nutrientes nitrogenados, sólo la forma inorgánica N-Nitratos varió en forma manifiesta entre las dos estaciones, generándose diferencias entre las medias. En general, la estación E-6 Candelaria indicó un nivel de concentración ligeramente superior que la E-2 Franco. En ambos se señalaron líneas de tendencia no significativas.

Estación Pto. Candelaria E-6/ E-1

En la **TABLA 2** se muestra el resumen del estudio estadístico comparativo entre periodos, (82-90) y (93-06) con los datos de fuentes diferentes, las históricas de Comip y posteriormente de Yacyretá, en el mismo punto.

Se detectaron cambios en los niveles de oxígeno disuelto en el periodo Yacyretá; la línea de tendencia en el gráfico de dispersión muestra un brusco decrecimiento en los primeros años del cierre, estabilidad en el tiempo intermedio y recuperación en los últimos seis años.

Para las lecturas de pH, la estabilidad se logró en menor tiempo; con relación a la conductividad, a pesar de las fluctuaciones en ambos periodos, puede afirmarse que el rango de variación de las lecturas

se reduce considerablemente en la época del embalse de Yacyretá.

Decrecimiento de la turbidez en ambos periodos, sobre todo en el primero. Mucha oscilación de la transparencia en el periodo de datos históricos para Corpus, proyectando una tendencia creciente con Yacyretá.

Se mantiene la fluctuación de la alcalinidad total en los dos periodos, aunque más estabilizadas y con menor variación actualmente. Se encontraron diferencias significativas para el cloruro en ambos periodos, pero, manteniendo un rango más estable con el embalse Yacyretá.

Importante decrecimiento del sulfato en el periodo actual con Yacyretá, mostrando estabilidad y tendencia no significativa en los últimos seis años de monitoreo. Así también, decrecimiento paulatino del calcio indicando diferencia poco significativa entre medias. Valores fluctuantes, pero en rango no significativo para el magnesio, en ambos periodos.

Con el sodio, se dieron diferencias entre medias, en el periodo actual de Yacyretá, sin embargo, se vio cierta reducción en el rango de variación y tendencia creciente. Descenso de los niveles de potasio, generando diferencia significativa entre promedios, debido a la dispersión de lecturas en los primeros años luego del cierre de embalse.

Estabilidad en las concentraciones de N-amoniaco con los datos históricos de COMIP - Corpus y con notable disminución en los últimos diez años de Yacyretá, indicando diferencias entre medias y tendencia decreciente en el gráfico de dispersión. Similar situación se encontró para el N-nitrato, tendencia creciente en los primeros tiempos del embalse Yacyretá, disminución y constancia en los últimos seis años, generándose diferencia entre medias. Estabilidad del nitrógeno orgánico en los últimos veinte y cinco años que cubrieron las etapas de estudios para Corpus y el actual Yacyretá.

Bastante variación en las concentraciones de sílice en los primeros años del embalse, estabilizándose posteriormente; la inferencia señaló diferencias entre medias, y el gráfico de dispersión mostró una línea de tendencia no significativa en el

último periodo.

Embalse Yacyretá. Estaciones EI-4 Pto. Valle – San Cosme

Ingresando al Embalse de Yacyretá a cota 76 m (años 93'-06'), la **TABLA 3**, muestra las variaciones encontradas en la transecta del Centro (EI-4), caracterizándose por una fuerte oscilación del oxígeno disuelto en los primeros años, con constancia en un rango menor en los últimos 6 años, por lo que el análisis de varianza señaló la existencia de diferencias significativas entre medias; la línea de tendencia en el gráfico de dispersión muestra un equilibrio para el último periodo.

Las lecturas de pH no fluctuaron en forma notoria durante el periodo embalse cota 76 m. La estadística no detectó diferencias entre medias, aunque en el periodo previo al embalse se dio un mayor rango de variación. La Conductividad muy elevada en el periodo pre-embalse y la gran fluctuación en los posteriores aunque en menor rango, generaron diferencias en la inferencia.

Decrecimiento de la turbidez en el transcurrir de los tres periodos, sobre todo, en las lecturas máximas, generando diferencias en la estadística y una línea de tendencia fuertemente negativa. De igual manera, crecimiento sostenido de la transparencia en todo el tiempo, originando diferencias entre medias, y una línea de tendencia fuertemente creciente en los primeros tiempos del cierre y más atenuada en los últimos 6 años.

Decrecimiento de la alcalinidad total en el tiempo, logrando una cierta estabilidad en los dos últimos periodos, generando diferencias significativas en las medias y una línea de tendencia levemente creciente en los últimos 6 años. Se encontraron diferencias significativas para el cloruro debido al aumento de mínimos y máximos en el tiempo, mostrándose una leve tendencia decreciente en los últimos 6 años.

Importante crecimiento del sulfato en el tiempo, generando diferencias entre las medias y tendencia estabilizada en el último periodo. Decrecimiento paulatino del calcio, con diferencias significativas en la estadística, y línea de tendencia con menor pendiente en el último periodo.

PARÁMETROS	EI-4 Pto. Valle – San Cosme			Diferencia Significativa e/ periodos
	Media aritmética			
	93'-95'	96'-99'	00'-06'	
Oxígeno disuelto	8,3	8,7	8,1	SI
pH	7,3	7,3	7,2	NO
Conductividad	47,8	42,0	50,5	SI
Turbidez	14,9	18,8	8,8	SI
Transparencia	98,9	101,4	173,4	SI
Alcalinidad Total	19,4	18,4	18,6	SI
Cloruros	2,80	3,26	3,28	SI
Sulfato	0,56	0,82	1,18	SI
Calcio	4,46	4,65	4,27	SI
Magnesio	1,45	1,53	1,55	NO
Sodio	1,44	2,22	2,10	SI
Potasio	1,04	1,53	1,27	SI
N-Amoniacal	-	0,033	0,021	SI
N-Nitratos	-	0,425	0,289	SI
N-Orgánico	-	0,227	0,242	NO
Sílice	11,27	-	12,68	SI

Tabla 3. Variaciones en diferentes los parámetros durante el período 1993-2006 para la transecta EI-4 (Puerto Valle - San Cosme).

Valores fluctuantes, pero en rango no significativo para el magnesio, en los tres periodos; tendencia levemente decreciente en el último. Crecimiento del sodio a partir del segundo, encontrándose diferencias entre medias, y una línea de tendencia creciente, pero en nivel reducido. Descenso en los niveles de potasio para el último periodo, notándose diferencia significativa entre promedios, y línea de tendencia en nivel disminuido.

Notable descenso en las concentraciones de N-amoniaco en el periodo pos-embalse, indicándose diferencias entre medias y tendencia decreciente en el gráfico de dispersión. Similar situación se encontró para el N-nitrato, tendencia creciente en los primeros tiempos, disminución y constancia en

los últimos seis años, generándose diferencia entre medias. Estabilidad en los tenores de nitrógeno orgánico en los últimos años, demostrada en el gráfico de dispersión y la ausencia de diferencia entre medias.

Disminución y estabilización en las concentraciones de sílice en los últimos años, señalándose diferencias en la inferencia y línea de tendencia no significativa.

Estación EI-8 Itá Ibaté/ Panchito

La TABLA 4 resume los resultados del estudio estadístico comparativo entre periodos en el embalse Yacyretá a cota 76 msnm.

A pesar de las oscilaciones detectadas en el nivel

PARÁMETROS	EI-8 Itá Ibaté			Diferencia Significativa e/ periodos
	Media aritmética			
	93'-95'	96'-99'	00'-06'	
Oxígeno disuelto	8,6	8,7	8,5	NO
pH	7,2	7,4	7,3	SI
Conductividad	46,8	41,3	50,3	SI
Turbidez	14,4	17,0	8,2	SI
Transparencia	91,0	105,2	160,1	SI
Alcalinidad Total	19,3	18,6	18,7	NO
Cloruros	2,85	3,03	3,22	SI
Sulfato	0,40	0,83	1,36	SI
Calcio	4,30	4,90	4,20	SI
Magnesio	1,55	1,24	1,55	SI
Sodio	1,36	2,19	2,12	SI
Potasio	1,01	1,56	1,27	SI
N-Amoniacal	-	0,030	0,025	NO
N-Nitratos	-	0,428	0,265	SI
N-Orgánico	-	0,252	0,260	NO
Sílice	10,69	12,35	12,96	SI

Tabla 4. Resultados del estudio estadístico comparativo en el período 1993-2006 para la estación EI-8 (Itá Ibaté).

de oxígeno disuelto, no se encontraron diferencias significativas entre medias a cota 76m mostrando una línea de tendencia equilibrada en el último periodo.

Las lecturas de pH, con tendencia creciente primeramente fueron estabilizándose a partir del segundo periodo, generando diferencias entre medias y una línea equilibrada en el gráfico de dispersión. La conductividad con mucha variación en el primer periodo, y tendencia marcadamente creciente en los siguientes, detectándose diferencias significativas.

Fuerte disminución de la turbidez a partir del segundo periodo, con diferencias en la estadística y una línea de tendencia fuertemente negativa. Crecimiento sostenido de la transparencia, originando diferencias entre las medias, y una línea

de tendencia fuertemente creciente en los primeros tiempos de formación del embalse, y más atenuada en la última etapa considerada.

Leve decrecimiento de la alcalinidad total en el tiempo, logrando estabilidad en los dos últimos periodos, sin generar diferencias entre medias, pero, con líneas de tendencia levemente crecientes. Leve diferencia en la estadística para el cloruro debido al decrecimiento de las concentraciones en los dos últimos periodos, y mostrando tendencias levemente disminuidas en esos periodos. Importante crecimiento del sulfato en el periodo completo, lo que señaló diferencias entre medias y tendencia estabilizada en el último. Decrecimiento sostenido del calcio, con diferencias significativas en la estadística, y línea de tendencia en menor nivel en el último periodo. Valores fluctuantes y en rango

ESTACION	VARIABLE	S (TEND)	TAU Kendall	Z CALC.	SIGNIFICANCIA
E-6 Pto. Candelaria (1982-1990)	Ox. Disuelto	51	0,23	2,32	**
	pH	-69	-0,31	-3,15	***
	Conductividad	77	0,34	3,52	***
	Turbidez	-59	-0,26	-2,64	**
	Transparencia	73	0,33	3,38	***
	Bicarbonato	15	0,07	0,66	NS
	Cloruro	-3	-0,02	-0,12	NS
	Sulfato	0	0,00	0,50	NS
	Calcio	1	0,05	0,00	NS
	Magnesio	1	0,05	0,00	NS
	Sodio	0	0,00	0,22	NS
	Potasio	7	0,37	1,23	NS
	N-amoniaco	-10	-0,18	-1,03	NS
	N-nitrato	-2	-0,03	-0,11	NS
N-orgánico	-4	-0,03	-0,18	NS	
Sílice	-11	-0,23	-1,25	NS	

Tabla 5. Parámetros registrados para la estación E-6 (Puerto Candelaria) durante el período 1982-1990.

creciente a través de los tres periodos para el magnesio, señalando diferencias entre medias y tendencia en equilibrio en el último periodo.

Crecimiento del sodio a partir del 2do. Periodo, año 96'-99' originando fuertes diferencias entre medias, y una línea de tendencia levemente creciente, pero en nivel reducido. Descenso en los niveles de potasio para el último periodo, luego del fuerte incremento en el primer periodo post-embalse, indicando la existencia de diferencias en la inferencia estadística y llegando a un equilibrio en el último periodo, pero dentro de un rango mucho más reducido.

Disminución de los niveles de N-amoniaco en los últimos años, no llegando a detectarse diferencias entre medias y mostrando una tendencia decreciente en el gráfico de dispersión. Igualmente, se encontró considerable reducción en las concentraciones del N-nitrato, generándose diferencia entre medias y una tendencia creciente en un primer momento, y en menor nivel en los últimos seis años. Disminución y estabilidad del nitrógeno orgánico en los últimos años, demostrada en el gráfico de dispersión y en la ausencia de diferencia entre medias. Fuerte disminución y estabilización en las concentraciones de sílice en los últimos años, señalándose diferencias

en la inferencia y línea de tendencia no significativa.

ESTUDIO DE TENDENCIA

Se realiza el estudio de tendencia por estación y grupos de parámetros, In Situ, Salinidad y Nutrientes, en una evolución temporal/ espacial de condición de Calidad de Agua.

Las siglas, indican en las tablas correspondientes al resumen de tendencias lo siguiente: **S (TEND)** indica la dirección de la tendencia; el grado de significancia viene dado por el valor de **Z calculado** (en valor y signo), con relación al teórico de 1,28; esta **significancia** viene representada por el **N° de asteriscos** en la última columna. Si el valor de Z calculado es menor que el valor teórico asumido (1,28), la tendencia es **NS** (no significativa).

Estación Pto. Candelaria

Las **TABLAS 5** y **6** muestran la situación de la estación Pto. Candelaria en los dos periodos considerados (años 82-90) y (años 93-06) con datos históricos de COMIP y actuales de Yacyretá respectivamente. Los resultados indican:

- Tendencia “creciente significativa” del oxígeno disuelto en los años 82'-90' y

ESTACION	VARIABLE	S (TEND)	TAU Kendall	Z CALC.	SIGNIFICANCIA
E-1 Candelaria (1993-2006)	Ox. Disuelto	-105	-0,18	-2,51	***
	pH	-106	-0,18	-2,54	**
	Conductividad	224	0,39	5,39	***
	Turbidez	-239	-0,42	-5,84	***
	Transparencia	239	0,42	5,82	***
	Bicarbonato	-18	-0,05	-0,55	NS
	Cloruro	27	0,07	0,81	NS
	Sulfato	110	0,35	4,00	***
	Calcio	-16	-0,06	-0,57	NS
	Magnesio	3	0,01	0,08	NS
	Sodio	147	0,51	5,58	***
	Potasio	59	0,20	2,22	**
	N-amoniacal	-47	-0,14	-1,57	**
	N-nitrato	-120	-0,35	-4,06	***
	N-orgánico	23	0,07	0,75	NS
Sílice	57	0,24	2,45	**	

Tabla 6. Parámetros registrados para la estación E-6 (Puerto Candelaria) durante el período 1993-2006.

- “decreciente altamente significativa en los años 93’-06’.
- Tendencia “decreciente altamente significativa” del pH en el periodo COMIP y “decreciente significativa” con YACYRETÁ.
- Tendencia “creciente altamente significativa” de la conductividad en ambos periodos. Fuerte incremento de la Z calculada en el último.
- Tendencia “decreciente significativa” de la turbidez en el periodo con datos históricos y “decreciente altamente significativa” con YACYRETÁ, observándose un notorio decrecimiento de la Z calculada.
- Tendencia “creciente altamente significativa” de la transparencia en ambos periodos.
- Con referencia al segundo grupo de parámetros, la Tendencia de los iones responsables de la Salinidad resultó “no significativa” en el periodo 82’-90’. Para el periodo YACYRETÁ, sin embargo, la tendencia indicó “creciente altamente significativa” para el sulfato y el sodio, y “creciente significativa” para el potasio.

- Para el grupo de Nutrientes, los cambios en las concentraciones “no tuvieron significancia” en el periodo 82’-90’; si los tuvieron con YACYRETÁ, en los parámetros N-nitrato y N-amoniacal “decreciente altamente significativa” y “decreciente significativa”, respectivamente. Para la sílice, la tendencia resultó “creciente significativa”.

Estaciones Ingreso-Centro-Salida del Sistema

Prosiguiendo con el tratamiento, se considera el periodo YACYRETÁ (1993-2006), evaluando los cambios notados a través del tiempo, y en forma comparativa, en las estaciones denominadas Entrada (EI-1), Centro (EI-4) y Salida (EI-8) del Sistema. La **TABLA 7** muestra el resumen del estadístico aplicado para los parámetros in-situ en esas estaciones. Los resultados indican:

- Tendencia “decreciente altamente significativa” del oxígeno disuelto en la Entrada al Sistema, perdiendo significancia, “no significativa”, en el Centro del lago y Salida del Sistema. Las lecturas variaron en pequeño rango.

ESTACION	VARIABLE	S (TEND)	TAU Kendall	Z CALC.	SIGNIFICANCIA
EI-1 Pto. Candelaria "Ingreso"	Ox. Disuelto	-105	-0,18	-2,51	***
	pH	-106	-0,18	-2,54	**
	Conductividad	224	0,39	5,39	***
	Turbidez	-239	-0,42	-5,84	***
	Transparencia	239	0,42	5,82	***
EI-4 Pto. Valle-San Cosme "Centro"	Ox. Disuelto	-38	-0,07	-0,89	NS
	pH	-51	-0,09	-1,21	NS
	Conductividad	203	0,35	4,88	***
	Turbidez	-192	-0,34	-4,68	***
	Transparencia	245	0,42	5,90	***
EI-8 Itá Ibaté "Salida"	Ox. Disuelto	-21	-0,04	-0,51	NS
	pH	-9	-0,02	-0,20	NS
	Conductividad	209	0,38	5,25	***
	Turbidez	-2,18	-0,41	-5,56	***
	Transparencia	264	0,49	6,64	***

Tabla 7. Resumen estadístico de parámetros para las estaciones EI-1, EI-4 y EI-8 en el período 1993-2006.

- Tendencia "decreciente significativa" del pH en la Entrada al Sistema, volviéndose "no significativa" en el Centro del Lago y Salida del Sistema.
- Tendencia "creciente altamente significativa" de la conductividad en las tres estaciones de control, Entrada al Sistema, Centro del Lago y Salida del Sistema, en nivel levemente inferior en el Centro.
- Tendencia "decreciente altamente significativa" de la turbidez en las tres estaciones de control, Entrada al Sistema, Centro del Lago y Salida del Sistema, en nivel levemente inferior en el Centro.
- Tendencia "creciente altamente significativa" de la transparencia en la Entrada al Sistema, Centro del Lago y Salida del Sistema, en aumento hacia la salida.
- Tendencia "decreciente significativa" del cloruro en la Entrada, "creciente significativa" en el Centro y "no significativa" a la Salida del Sistema.
- Tendencia "creciente altamente significativa" para el sulfato en la Entrada, Centro del lago y Salida del Sistema.
- El calcio y el magnesio, "sin cambios significativos" en todas las estaciones.
- Tendencia "creciente altamente significativa" del sodio en la Entrada del Sistema, Centro del Lago y Salida del Sistema.
- Tendencia "creciente significativa" para el potasio, en los tres puntos, Entrada, Centro del Lago y Salida del Sistema.

La **TABLA 8** da el resumen del estadístico Kendall aplicado para los parámetros responsables de la salinidad de las aguas en las mismas estaciones. Los resultados indican:

- Tendencia "no significativa" de la alcalinidad en las tres estaciones de control, es decir,

La **TABLA 9** muestra un resumen del estadístico, para los parámetros nutrientes de la serie nitrogenada y de la Sílice en las mismas estaciones del "Sistema Yacyretá". Los resultados indican:

- Tendencia "decreciente significativa" del N-amoniaco en la Entrada al Sistema, y "no significativa" en el Centro del lago y la

ESTACION	VARIABLE	S (TEND)	TAU Kendall	Z CALC.	SIGNIFICANCIA
EI-1 Pto. Candelaria "Ingreso"	Bicarbonato	-18	-0,05	-0,55	NS
	Cloruro	27	0,07	0,81	NS
	Sulfato	110	0,35	4,00	***
	Calcio	-16	-0,06	-0,57	NS
	Magnesio Sodio	3	0,01	0,08	NS
	Potasio	147	0,51	5,58	***
		59	0,20	2,22	**
EI-4 Pto. Valle-San Cosme "Centro"	Bicarbonato	-31	-0,08	-0,97	NS
	Cloruro	71	0,18	2,17	**
	Sulfato	107	0,34	3,89	***
	Calcio	-5	-0,02	-0,15	NS
	Magnesio Sodio	19	0,07	0,69	NS
	Potasio	133	0,46	5,05	***
		64	0,22	2,41	**
EI-8 Itá Ibaté "Salida"	Bicarbonato	5	-0,01	-0,14	NS
	Cloruro	35	0,09	1,11	NS
	Sulfato	105	0,42	4,36	***
	Calcio	-19	-0,07	-0,72	NS
	Magnesio Sodio	20	0,07	0,76	NS
	Potasio	124	0,46	4,93	***
		47	0,17	1,82	**

Tabla 8. Resumen estadístico Kendall aplicado a parámetros responsables de la salinidad en las estaciones EI-1, EI-4 y EI-8.

Salida.

- Tendencia "decreciente altamente significativa" del N-nitrato en las tres estaciones de control, Entrada al Sistema, Centro del Lago y Salida del Sistema.
- Tendencia "no significativa" para el N-orgánico en la Entrada al Sistema, "creciente significativa" en el Centro del lago y Salida del Sistema.
- Tendencia "creciente significativa" para la sílice en las estaciones Entrada al Sistema y Centro del lago, "creciente altamente significativa" a la Salida.

CONCLUSIÓN

Del estudio de Calidad de Agua del Río Paraná con datos históricos de COMIP para Corpus y del Embalse de Yacyretá en su etapa de cota 76 msnm., se desprende cuanto sigue:

Condición de Río - Estaciones E-2 Franco – E-6 Candelaria (1982/ 90)

- Ligera disminución en los valores de oxígeno disuelto en la estación E-6 (Candelaria) con relación a la E-2 (Franco). El gráfico de evolución temporal muestra una línea de tendencia estable en ambos puntos.
- El pH y la conductividad no muestran cambios en las lecturas mensuales para las dos estaciones. Sin embargo, entre los periodos, se nota una tendencia levemente decreciente para el pH y creciente para la conductividad.
- Decrecimiento general de la turbidez en ambas estaciones, coincidiendo con el hecho resaltante del emprendimiento hidroeléctrico Itaipú y otras aguas arriba; se debe señalar los mayores registros en la estación E-6 Candelaria. La inferencia señala la existencia de diferencias significativas entre ambas estaciones. El gráfico de dispersión muestra una tendencia decreciente para ambos puntos.
- Entre los parámetros indicadores de la

ESTACION	VARIABLE	S (TEND)	TAU Kendall	Z CALC.	SIGNIFICANCIA
EI-1 Pto. Candelaria "Ingreso"	N-amoniacal	-47	-0,14	-1,57	**
	N-nitrato	-120	-0,35	-4,06	***
	N-orgánico	23	0,07	0,75	NS
	Sílice	57	0,24	2,45	**
EI-4 Pto. Valle-San Cosme "Centro"	N-amoniacal	0	0,00	0,09	NS
	N-nitrato	-120	-0,35	-4,06	***
	N-orgánico	48	0,20	2,04	**
	Sílice	41	0,21	2,00	**
EI-8 Itá Ibaté "Salida"	N-amoniacal	-1	0,00	0,00	NS
	N-nitrato	-1,55	-0,45	-5,26	***
	N-orgánico	54	0,16	1,81	**
	Sílice	82	0,38	3,73	***

Tabla 9. Resumen estadístico para los parámetros de la serie nitrogenada y la sílice en las estaciones EI-1, EI-4 y EI-8.

Salinidad, solamente la alcalinidad total marcó diferencias entre las estaciones, con leve tendencia creciente en el gráfico de dispersión, para ambas estaciones. Los demás parámetros responsables: cloruro, sulfato, calcio, magnesio, sodio y potasio, no sufrieron modificación en el rango, entre puntos ni en el tiempo.

- En relación a los nutrientes nitrogenados, sólo la forma inorgánica N-Nitratos varió en forma manifiesta entre las dos estaciones, generándose diferencias entre las medias. En general, la estación E-6 Candelaria indicó un nivel de concentración ligeramente superior que la E-2 Franco. En ambos se señalaron líneas de tendencia no significativas.

Candelaria. Condición de río E-6 y Condición de embalse E-1

- Tendencia "creciente significativa" del oxígeno disuelto en los años 82'-90', cambios en los niveles en el periodo Yacyretá, con una línea de tendencia en brusco decrecimiento en los primeros años del cierre, estabilidad en el tiempo intermedio y recuperación en los últimos seis años. Tendencia "decreciente

altamente significativa en los años 93'-06'.

- Lecturas de pH con tendencia "decreciente altamente significativa" entre los años 82'-90', y "decreciente significativa" con YACYRETÁ.
- Conductividad, con fluctuaciones en ambos periodos; tendencia "creciente altamente significativa" en ambos periodos. Fuerte incremento de la Z calculada en el último.
- Decrecimiento de la turbidez en ambos periodos, mostrando una tendencia "decreciente significativa" entre los años 82'-90', y "decreciente altamente significativa" con YACYRETÁ, observándose un notorio decrecimiento de la Z calculada.
- La Tendencia de los iones responsables de la Salinidad resultó "no significativa" en el periodo 82'-90'. Para el periodo YACYRETÁ, sin embargo, la tendencia indicó "creciente altamente significativa" para el sulfato y el sodio, y "creciente significativa" para el potasio.
- Para el grupo de Nutrientes, los cambios en las concentraciones "no tuvieron significancia" en el periodo 82'-90'; si los tuvieron con YACYRETÁ, en los

parámetros N-nitrato y N-amoniacoal “decreciente altamente significativa” y “decreciente significativa”, respectivamente. Para la sílice, la tendencia resultó “creciente significativa”.

Estaciones Ingreso-Centro-Salida del Sistema Yacyretá. Condición de embalse a Cota 76 msnm

- Tendencia “decreciente altamente significativa” del oxígeno disuelto en la Entrada al Sistema, perdiendo significancia, “no significativa”, en el Centro del lago y Salida del Sistema. Las lecturas variaron en pequeño rango.
- Tendencia “decreciente significativa” del pH en la Entrada al Sistema, volviéndose “no significativa” en el Centro del Lago y Salida del Sistema.
- Tendencia “creciente altamente significativa” de la conductividad en las tres estaciones de control, Entrada al Sistema, Centro del Lago y Salida del Sistema, en nivel levemente inferior en el Centro.
- Tendencia “decreciente altamente significativa” de la turbidez en las tres estaciones de control, Entrada al Sistema, Centro del Lago y Salida del Sistema, en nivel levemente inferior en el Centro.
- Tendencia “creciente altamente significativa” de la transparencia en la Entrada al Sistema, Centro del Lago y Salida del Sistema, en aumento hacia la Salida.
- Tendencia “no significativa” de la alcalinidad en las tres estaciones de control, es decir, sin cambios en todo el Sistema.
- Tendencia “no significativa” del cloruro en la Entrada, “creciente significativa” en el Centro y “no significativa” a la Salida del Sistema.
- Tendencia “creciente altamente significativa” para el sulfato en la Entrada, Centro del lago y Salida del Sistema.
- El calcio y el magnesio, “sin cambios

significativos” en todas las estaciones.

- Tendencia “creciente altamente significativa” del sodio en la Entrada del Sistema, Centro del Lago y Salida del Sistema.
- Tendencia “creciente significativa” para el potasio, en los tres puntos, Entrada, Centro del Lago y Salida del Sistema.
- Tendencia “decreciente significativa” del N-amoniacoal en la Entrada al Sistema, y “no significativa” en el Centro del lago y la Salida.
- Tendencia “decreciente altamente significativa” del N-nitrato en las tres estaciones de control, Entrada al Sistema, Centro del Lago y Salida del Sistema.
- Tendencia “no significativa” para el N-orgánico en la Entrada al Sistema, “creciente significativa” en el Centro del lago y Salida del Sistema.
- Tendencia “creciente significativa” para la sílice en las estaciones Entrada al Sistema y Centro del lago, “creciente altamente significativa” a la Salida.

BIBLIOGRAFÍA

- Wetzel, R. G. 1981. Limnología. Barcelona: Ediciones Omega.
- Taller Actualización PMMA. 2002. 1ª Evaluación Ambiental, Matriz de Impacto: «Cambios Hidrobiológicos en el Agua Embalsada». Ituzaingó República Argentina. Entidad Binacional Yacyretá. p. 128
- Odum, E. P. 1987. Ecología, 3ª ed. México: Interamericana.
- CMRP & ICB. 1983. Convenio Marco. 1983-1999. Comisión Mixta del Río Paraná / Instituto de Ciencias Básicas. Calidad de agua. Programas. Fases.
- EEBY & FACEN. 1993. Convenio Marco. 1993-2006. Entidad Binacional Yacyretá / Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (Universidad Nacional de Asunción). Calidad de agua. Actas Complementarias 1-8.
- Marques de Cantú, M. J. 1990. Probabilidad y

- Estadística. México: ed. Mc. Graw-Hill.
- Daniel, W. W. 1979. Bioestadística. México: ed. Limusa; 370 pp.
- Kendall M.G. & Sundrum R.M. 1953. "Distribution-Free Methods and Order Properties", Review of the International Statistical Institute, 21:3, 124-134.
- Bradley V. J. 1968. Distribution-Free Statistics, Nueva York: ed. Prentice-Hall, Englewood Cliffs.

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

Francisco Cabañas Duarte^{1, 4}, Carlos E. Molinas Fernandez¹, Maria Stella Cabral de Bejarano² y Julia Noemí Mancuello de Alum³

¹Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento de Matemática

²Dirección de Planificación y Evaluación / Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social (DPE/MSP y BS).

³Dirección de Programas de Salud/ Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social (DPS/MSP y BS)

⁴Correo electrónico: fcabañas@facen.una.py

RESUMEN: La calidad de la atención en los servicios de Salud infantil, de acuerdo a la percepción de las/os usuarias/os es un concepto difícil de medir o cuantificar, para esta investigación se utilizó un indicador de rectoría clínica vinculado, a la calidad de la atención en los servicios de salud infantil con 43 variables, como: a) cumplimiento de la gratuidad de servicios, b) disponibilidad de medicamentos e insumos, c) servicios ofertados, d) horarios de atención, e) recursos humanos, f) tiempo de espera, g) accesibilidad, h) cobertura, i) cumplimiento y seguimiento del plan atención integral de las enfermedades prevalentes de la infancia, etc. El objetivo de la investigación es analizar los indicadores de calidad y evaluar la demanda de la atención en los establecimientos de Salud infantil. Se realizaron entrevistas individuales al acompañante del niño/a seleccionado/a al azar estando hospitalizadas/os o en consulta en dos regiones sanitarias de Asunción y Departamento Central entre los meses de Octubre 2007 a Junio del 2008, a quienes se les consultó acerca del servicio mediante un cuestionario diseñado con preguntas abiertas y cerradas. Se determinó el tamaño de muestra con una prevalencia del 50%, margen de error del 5,4 % y con una confianza del 95%, en total 317 entrevistas completas, los resultados muestran que la demanda de atención en los servicios de Salud infantil, las/os usuarias/os concurren para su tratamiento preferentemente en los Hospitales Especializados 25,7%, en Hospitales Distritales 15,8% y en Hospital Regional 10,5%, con relación a los indicadores de calidad de la atención el 1,6% consideran de muy mala calidad, el 3,8% de mala calidad, el 20,8% regular, el 43,8% buena y 30% muy buena, destacando que los servicios de salud, H.D de Limpio, CS Loma Pyta y el CS Nº 9 Bernardino Caballero son los centros de atención de mala calidad, mientras que los servicios: Acosta Ñu, H.N de Itauguá y HR San Lorenzo son los considerados como de muy buena calidad de atención. Los resultados de la prueba de significación estadística de diferencias de medias entre dos grupos demuestran que los Niños Hospitalizados en promedio provienen de lugares más distantes a los centros de atención en kilómetros, tardan en promedio más tiempo en minutos en llegar desde su domicilio al servicio y tienen un gasto promedio mayor que los niños en consulta $p < 0,01$. Con relación a los indicadores de calidad demuestran que tienen relación con la región sanitaria y el tipo de servicio consulta/hospitalización, demostrando así que la calidad de atención en el departamento Central es mejor que Asunción y que la atención en la consulta es mejor que en la hospitalización con significación $p < 0.01$.

Palabras clave: Calidad de atención, promoción y prevención, atención integral de las enfermedades prevalentes de la infancia, gasto de bolsillo, demanda de la atención e indicadores de rectoría clínica.

ABSTRACT: According to patients, the quality of care in Child health services is a difficult concept to measure or quantify. For this study, an index of clinical governance linked to the quality of care in these institutions was used. This index is based on 43 variables such as, implementation of free services, availability of medicines and supplies, services offered, hours of operation, human resources, waiting time, accessibility, coverage, compliance and monitoring of the Integral Care Plan of, among others, prevailing illness during childhood. The aim of this study was to analyze the quality indicators and to assess the demand of attention in several Child Health care institutions. Data were collected in two Sanitary Regions, Asunción and Central departments, during the months of October 2007 through June 2008, interviewing the person who was in charge of the hospitalized child or who was accompanying him/her to the health service; a questionnaire consisting of open and closed questions was answered. Out of 317 completed interviews, it was found that 25,7% sought services at Specialized Hospitals (HE), 15,8% at District Hospitals (HD) and 10,5% at Regional Hospitals (HR). Relating to the quality of care

indicators, 30% considered them very good, 32,5% good, 23% fair, and 14.5% of poor quality, being the HD at Limpio, the Health centres (CS) at Loma Pytá and the CS N° 9 Bernardino Caballero the worse ones; while on the other hand, the Acosta Ñu services, the National hospital at Itauguá and the HR at San Lorenzo were the best. The significance tests show that children admitted into hospital on average come from longer distances in km, take longer time to arrive from home to the services centre and have on average greater expenditure than children who come only for consultation. ($p < 0,01$). With respect to the indexes of quality, they are related to the sanitary region and to whether the child comes to be admitted into hospital or just for consultation; being concluded that in the Central department the quality of services is better than those provided in Asunción, whereas the attention provided in consultation is better than in hospitalization. ($p < 0,01$).

Keywords: Quality of care, Promotion and Prevention, Comprehensive care of prevalent diseases in childhood, pocket money expenditure, Demand for care and indicators of clinical governance.

INTRODUCCIÓN

La información sobre la salud infantil es de vital importancia dentro de las estadísticas sociales, debido a su relación con un grupo estratégico de la población en el contexto de las políticas de desarrollo humano: niños menores de edad. Paraguay dispone de cinco Encuestas Nacionales de Demografía y Salud Sexual y Reproductiva (ENDSSR), realizadas en 1987, 1990, 1995, 1998 y 2004, las cuales permiten hacer un seguimiento y disponer de importantes puntos de referencia para el diseño o revisión de políticas en el sector. Contiene mucha información sobre aspectos relacionados con la salud infantil que no sólo permite evaluar aspectos del pasado inmediato en la materia, sino también anticipar o proyectar las tendencias futuras. En el se presentan los resultados referidos a temas tales como: la cobertura de las vacunas, la prevalencia y tratamiento de ciertas enfermedades, especialmente la diarrea e infecciones de las vías respiratorias, la situación nutricional de los niños (Cepec & al. 2004).

La resolución ministerial 196 del 23/09/97, dispone la implementación del plan nacional de atención integral a la niñez, cuyo objetivo general es contribuir a mejorar la calidad de vida de los/as niños/as del Paraguay, promoviendo acciones integradas de vigilancia del proceso de crecimiento y desarrollo.

El país por medio de su política nacional de salud para su gestión 2006-2010 ha definido combatir las causas que produce la mortalidad infantil y establecer programas para su reducción, por lo tanto un objetivo y propósito fundamental de la política

nacional de atención integral de la niñez, es ser el instrumento político – estratégico – operativo que encamine todos los esfuerzos que en el país se desarrollen para este fin (M.S.P y B.S., 2006-2010).

Paraguay presenta dos características esenciales a ser tenidas en cuenta para la planificación de las acciones en salud. En primer lugar, el marcado contraste que existe entre municipios y también entre Regiones Sanitarias, y en segundo lugar el proceso de “acumulación epidemiológica” producido en los últimos años. Este fenómeno se caracteriza por la prevalencia concomitante de problemas de salud propios de comunidades en vías de desarrollo (enfermedades infecciosas, inmunoprevenibles, erradicables a través de las mejoras en las condiciones de saneamiento básico) con aquellas de las sociedades “desarrolladas” (accidentes, enfermedades crónicas no transmisibles, adicciones) que refieren a las condiciones de vida. La situación de salud del país refleja un perfil epidemiológico propio de un país en vías de desarrollo en donde por múltiples causas es lento el tránsito hacia un desarrollo humano y social sostenible. Impactan notablemente las enfermedades transmisibles, sobre todo en la población infantil, la mayoría de ellas prevenibles, enfermedades infectocontagiosas, parasitarias, diarreicas y respiratorias agudas que constituyen las principales causas de morbimortalidad (M.S.P y B.S., 2005).

La Tasa de Mortalidad Infantil es tan alta como la materna. Esta tasa, estimada en 37 ‰ muertes por nacidos/as vivos/as, que coloca a Paraguay en

el tercer lugar de mortalidad infantil en América Latina, luego de Nicaragua y Honduras, según la Organización Mundial de la Salud (OMS). El 52% de las muertes infantiles ocurre en el primer mes de vida y está altamente relacionado a causas prevenibles con una buena cobertura clínica: prematuridad, lesiones debidas al parto, infecciones, neumonía, infecciones respiratorias, parasitosis y anemia y diarreas, la mayoría de las cuales podría ser evitada si fueran detectadas en los controles a las mujeres embarazadas. Sin embargo, estos controles son escasos y muchas veces están ausentes en todo el ciclo de gestación. Datos del Ministerio de Salud indican que sólo el 47.8% de las mujeres rurales realiza apenas un control del embarazo, lo cual es insuficiente para determinar problemas fetales y de gestación en la madre. El mismo documento informa que “la OMS señala el alto porcentaje en subregistros existentes en el país”. FAO 2007 (USAID & al 2008).

Con relación a las causas de mortalidad de los menores de 1 año, las enfermedades congénitas y las afecciones originadas durante el período perinatal representan el 65% de las defunciones mientras que en el grupo de 1 a 4 años el primer lugar es ocupado por los accidentes, seguido por las enfermedades del corazón, mientras que las neumonías e influenza han quedado relegadas a un cuarto lugar. Respecto de la mortalidad por IRA, en los últimos años se ha registrado un descenso del peso de las mismas en el total de defunciones, situación que podría explicarse por una mayor precocidad en la consulta y un mejoramiento de la atención ambulatoria. Sin embargo es necesario profundizar esta tendencia promoviendo el abordaje integral de esta patología, reformulando la red de atención a fin de dar respuesta en los períodos de mayor demanda, como es en época invernal, y revisando los criterios de notificación de los decesos para reducir los niveles de sub-registro.

Las disparidades socio-sanitarias del Departamento Central se ponen de manifiesto al analizar la tasa de mortalidad infantil (TMI), que refleja aspectos tan diversos como las condiciones de vida del niño y su familia, su estado nutricional,

la accesibilidad a los servicios de salud, el nivel educativo y el ingreso de los padres. En este sentido, el promedio de TMI del País para 2005 fue de 17,6 ‰ nacidos vivos. Esta situación pone de relieve la necesidad de priorizar las acciones en aquellas zonas y grupos que muestran una situación de desventaja con relación al resto de la población (M.S.P y B.S., 2006).

Las variaciones anuales registradas en las TMI dentro de la misma Región Sanitaria tienen que ser analizadas teniendo en cuenta la notificación de los nacimientos en los Registros Civiles. Se ha constatado un descenso de los niveles de notificación en algunos distritos como consecuencia del aumento de la desocupación, la falta de incentivos para las inscripciones y el arancelamiento de los registros de nacimiento, hecho que puede condicionar oscilaciones en las tendencias (USAID & al 2008).

La investigación permitirá identificar los factores y estimar los parámetros e indicadores de calidad y la demanda de la atención, indicadores de satisfacción vinculados a las variables de accesibilidad, cobertura y demanda de los Servicios de Pediatría, los gastos reales que tienen las familias, identificar las principales causas de concurrencia y conocer los tipos de servicios que solicitan para la atención de la salud, grado de conocimiento acerca de la Salud infantil, la predisposición que tienen las madres o encargados para participar en actividades de promoción y prevención como indicadores de rectoría clínica vinculados a la calidad en salud pública y orientar hacia la formulación de mejores políticas de salud infantiles y de ese modo contribuir en la mejora de la calidad de vida, combatir las causas que producen la mortalidad infantil y proponer programas para su reducción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño de la investigación: Observacional, descriptivo, exploratorio de corte transversal.

Localización y tiempo: A nivel Asunción y Departamento Central, de noviembre de 2007 a Junio de 2008.

Población y unidad de datos:

a) El total de los Establecimientos de Salud de la Red de Servicios del Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social en Asunción y Departamento Cen-

tral (Tabla 1).

b) Población de niños de menores de 10 años que demandan atención en los establecimientos de salud.

	Asunción	Departamento Central
Hospitales maternos infantiles:	4	1
Hospitales Regionales:		1
Hospitales Especializados	6	3
Centros Especializados	6	2
Hospitales Distritales:		5
Centros de Salud:	11	16
Puestos de Salud	12	48
Total:	39	76

Tabla 1. Población y unidad de datos de la muestra.

Fuente de información: Informantes calificado Madre/padre, encargado o acompañante de los niños seleccionados.

Tamaño de la muestra: La investigación esta enfocado en la evaluación de la calidad de atención de los establecimientos de salud infantil del MSP y BS e internamente fueron entrevistadas/os el mínimo óptimo de personas. Se ha empleado un nivel de confianza de 95%, una amplitud de 5,4 % y una prevalencia esperada del 50% que maximiza el tamaño de muestra, por que se desconoce la proporción de la variable de interés. Se necesitan para este estudio aproximadamente 315 encuesta a niños hospitalizados y en consulta y/o urgencias para el estudio. Por razones prácticas de afijación se decidió que la muestra tuviera un tamaño de 317 encuestas a niños/as tanto en consulta y/o urgencia,

como en hospitalización.

Diseño muestral: El diseño de la muestra es de tipo probabilística en la primera etapa, estratificado en 2 regiones sanitarias, distribuida en establecimientos de salud según niveles de atención y complejidad. La distribución de la muestra es proporcional al numero de hospitalizados, en consulta y/o urgencias realizadas en los establecimientos de salud infantil según datos proveídos por la Dirección de Bioestadística del MSPBS, año 2006 en las 2 regiones sanitarias. La distribución de las encuestas a los niños/as tanto en consulta y/o urgencia, como en hospitalización, se tiene de acuerdo a la siguiente base de distribución promedio para las 2 regiones del proyecto (Tabla 2).

	Asunción	Departamento Central	Nº de Encuestas
Niños hospitalizados	17	63	80
Niños en consultas y/o urgencias	89	148	237
Total	106	211	317

Tabla 2. Diseño muestral de este trabajo.

a) Estratificación de servicios, según niveles de atención y complejidad: Hospitales especializados, Hospitales regionales, Hospitales Distritales, Centros de Salud en 2 regiones del país.

b) Usuarías/os reales que acuden a la consulta y/o

urgencia u hospitalización del servicios de la red de servicios del MSPBS, del área urbana o rural de los distritos seleccionados de 2 regiones sanitarias proporcional al numero de consultas realizadas según datos proveídos por la Dirección de Bioestadística, año 2006.

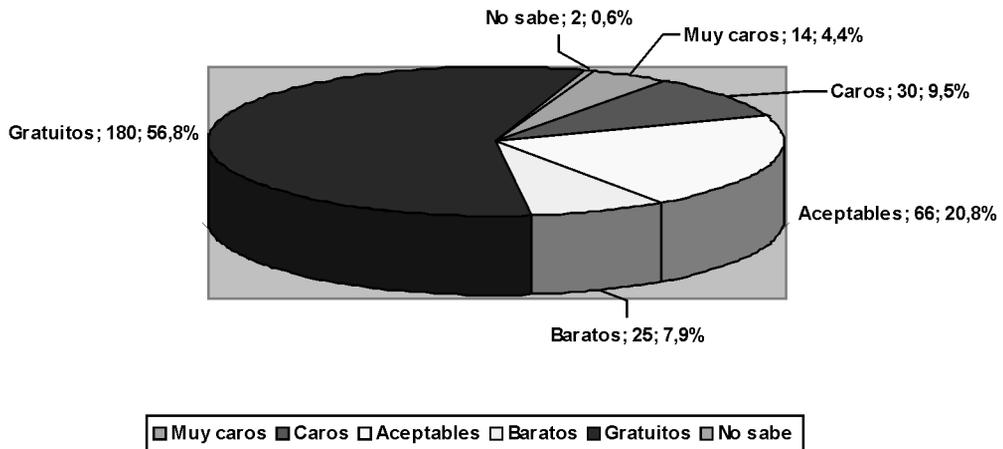


Gráfico 1. Costos para la atención.

Recolección de datos por muestra y selección:

Mediante una encuesta realizada a los informantes calificados que son los responsables de los niños/as hospitalizados y en consulta y/o urgencias, para lo cual se aplicó un cuestionario estructurado conteniendo preguntas cerradas y abiertas, que es llenado por medio de una entrevista individual al informante del niño/a seleccionado/a al azar.

La presentación de los resultados incluye un breve análisis de cada indicador, relacionando variables importantes con características sociodemográficas, nivel educativo, características de la vivienda, entre otros en tablas y gráficos, incluyendo un georeferenciamiento de los establecimientos de salud por departamentos y distritos. Se incluye un glosario técnico de los conceptos presentados en la formulación de los cuadros estadísticos.

Procesamiento y Análisis de datos: Para el procesamiento de los datos, se elaboró un archivo en formato SPSS10.1 (Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales). Los cuestionarios fueron supervisados y codificados previamente a la carga de los mismos. Para el análisis de los datos con componentes analíticos se utilizó la estadística descriptiva. Las variables cuantitativas se expresan en promedio, desvío estándar y por medio del test t de Student evaluar la significancia estadística de los parámetros y estimadores de las variables. Las variables cualitativas se expresan en porcentaje, se

realizaron cruce de variables principales y por medio de Chi cuadrado evaluar la posible asociación entre variables.

Control de calidad de datos: Se ha conformado un equipo de encuestadores/as y supervisores seleccionados y capacitados. Se realizó la prueba del instrumento. El trabajo de campo fue permanentemente supervisado por los responsables de la encuesta.

Ética: Consentimiento Informado. La participación de los/las encuestados/as fue voluntaria, previa explicación y aceptación verbal para acceder a la entrevista. Se mantiene la confidencialidad de los datos de la encuesta.

Riesgo, beneficio: Esta investigación no implicó ningún riesgo para las personas encuestadas. La información obtenida en el estudio será utilizada para la formulación de políticas públicas de salud infantiles y reportes científicos.

Distribución del trabajo entre asociados y principales actividades: Los profesionales según categorías que participaron incluyen médicos, estadísticos, técnicos estadígrafos, estudiantes de estadística. Los estudiantes de estadísticas son responsables de la recolección y carga de datos. Los Licenciados en estadística son responsables de

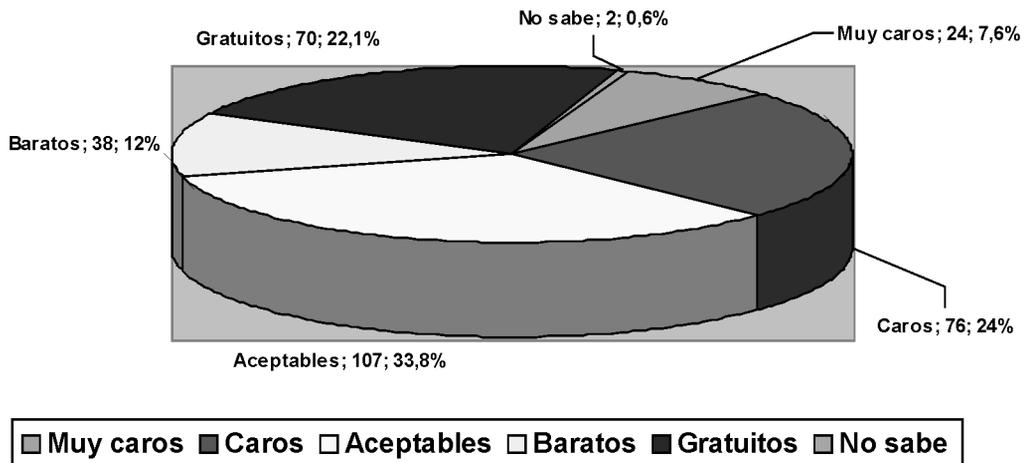


Gráfico 2. Costos para el tratamiento.

la supervisión, codificación, procesamiento y análisis de datos. En este último participan también los médicos.

Recursos utilizados: La Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y el MSPBS cuenta con recursos humanos para estimar e interpretar los indicadores, equipos de Computadoras, fotocopiadora, vehículos, y se requiere un número mayor para el cumplimiento de los plazos del proyecto.

Glosario de términos:

- MSP y BS: Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social.
- ENDSSR: Encuestas Nacionales de Demografía y Salud Sexual y Reproductiva.
- TGF: Tasa Global de Fecundidad.
- TMI: Tasa de mortalidad infantil
- IRA: Infecciones respiratorias agudas.
- HDMI: Hospital Distrital Materno Infantil.
- HD: Hospital Distrital.
- CS: Centro de Salud.
- CMI: Centro Materno Infantil.
- HR: Hospital Regional.
- HN Hospital Nacional.
- HE: Hospital Especializado.
- PNUD: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

FAO: Organización para la alimentación y la Agricultura.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

OPS: Organización Panamericana de la Salud.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aproximadamente la mitad 152(47,9%) tuvo alguna enfermedad o problema de salud y 165(52,1%) no tuvo alguna enfermedad o problema de salud antes de consultar o ser hospitalizado.

Las principales enfermedades o síntomas o problema de salud que tuvo antes de consultar o ser hospitalizado son los problemas mas frecuente en los/as niños/as como el problema en las vías respiratorias (IRA), Fiebre, Diarrea y vómitos (Anexo 1).

Los tipos de servicios que solicitan los/as Niños/as para la atención de su enfermedad son los Hospitales Especializados 25,7%, Hospitales Distritales 15,8% y Hospital Regional 10,5%, cabe destacar que no busco ayuda el 10,5% (Anexo 2)

Los diagnósticos más frecuente en los/as niños/as de acuerdo al especialista que la atendió fueron los problemas generados en las vías respiratorias (IRA), Fiebre y Diarrea (Anexo 3).

En lo referente a por que esta consultando/ Por qué fue hospitalizado el niño/a las causas fueron los problemas como en las vías respiratorias (IRA),

Servicios ofertados y los derechos	Si	No	Total
Se encuentra expuesto en lugares bien visible los servicios que presta el establecimiento	278 (87,7%)	39(12,3%)	317
Gratuidad de los servicios	129 (40,7%)	188(59,3%)	317
Disponibilidad de medicamentos e insumos básicos	122(38,5%)	195(61,5%)	317
Servicio de transporte y su costo	76(24,0%)	241(76,0%)	317

Cuadro 1. de los servicios ofertados y los derechos de las/os usuarios especialmente las/os niños.

Fiebre, vomito y Diarrea. También aproximadamente el 24,3% acuden solamente para control (Anexo 4).

Con referencia a las charlas educativas sobre Salud Infantil tenemos que 220(70%) no escucho o asistió, 67(21%) si escucho y 30 (9%) si escucho y asistió.

Los principales temas desarrollados fueron campaña de vacunación 14,4%, importancia sobre nutrición infantil 13,4%, dengue y enfermedades respiratorias 12,4% (Anexo 5).

El principal medio de comunicación utilizado en las actividades educativas son las Charlas en los hospitales 49,5%; como también por TV, Volantes o folletos y talleres (Anexo 6).

Solamente 6(6%) no comprendió nada, comprendió algo 36(37%) y comprendió mucho 55(57%) de los contenidos de la información recibida

Con relación a la necesidad de asistir a charlas y control periódico del niño se tiene un alto porcentaje de aceptación más del 99% (Anexo 7).

Cabe destacar que el 95,3% se aplicaron la vacuna BCG, el 84,5% pentavalente y la hepatitis B 52,7%, por otro lado con referencia a la hepatitis A, la triple viral y la varicela tienen la cobertura de vacunación muy baja (Anexo 8).

En lo referente a la participación en actividades educativas organizadas por el establecimiento de salud de su localidad existe un alto porcentaje 84,2% que no participa en ninguna actividad y los que participan lo hacen principalmente en Comisiones vecinales y Reuniones en la comunidad (Anexo 9)

Con relación al tiempo que tarda en llegar desde su domicilio al servicio de salud tiene una mediana

de 30 minutos, así mismo el 46% tardan menos de 30 minutos y el 24,6 % tardan 60 minutos o más en llegar desde su casa hasta el servicio (Anexo 10).

Con relación a la distancia en Kilómetros desde su domicilio al servicio de salud tiene una mediana de 10 kilómetros, así mismo el 48,3% recorren menos de 10 kilómetros y el 27,1 % recorren 15 kilómetros o más para llegar desde su casa hasta el servicio (Anexo 11).

Con estas prueba de significación estadística se demuestra que los Niños Hospitalizados llegan en promedio significativamente desde mayor distancia en kilómetros y por lo tanto tardan en promedio significativamente mas tiempo en llegar desde su casa al servicio que los niños en consulta (Anexos 12 y 13).

Con relación a la opinión con respecto a los medios que utilizó para llegar a este servicio el 64,7 % llego en colectivo y el 19,2% caminando (Anexo 14).

Con referencia a la opinión con respecto a la accesibilidad, 30(9,5%) considera que este servicio esta muy lejos, 74(23,3%) lejos y 213(67,2%) cerca de su domicilio.

Cabe destacar que 49(15,5%) considera que no tuvo dificultades y 268(84,5%) tuvo pocas a muchas dificultades para llegar al servicio.

Con relación a la distancia desde su domicilio al servicio, 183(57,7%) considera es el más cercano y 134(42,3%) considera no es el más cercano.

Con relación a los gastos totales el 19,6% menciona que no tuvo gasto alguno, cerca del 54% mencionan el gasto común en pasajes y el 8,8% más de 300.000 guaraníes. El mínimo de gasto

Plan atención integral de las enfermedades prevalentes	Si	No	Total
Desnutrición	170 (53,6%)	143(46,4%)	317
Enfermedad Respiratorias	207(65,3%)	110(34,7%)	317
Enfermedad prevenibles por vacunas	227(71,6%)	90(28,4%)	317
Enfermedades diarreicas	188(59,3%)	129(40,7%)	317

Cuadro 2. Cumplimiento y seguimiento del plan atención integral de las enfermedades prevalentes de la infancia.

mencionado es 2000 y el máximo de 4.050.000 presentando mucha variabilidad, el promedio de gasto es 141.757,5 y la mediana 4200 (Anexo 15).

Con la prueba de significación estadística se demuestra que los Niños Hospitalizados tienen un gasto promedio mayor en el servicio que los niños en consulta $p < 0,001$ (Anexo 16).

Alrededor del 74% cubren sus gastos de su propio bolsillo (Anexo 17)

Se destaca que 65(20,5%) ha tenido que prestar o vender algo y 252(79,5%) no tuvo necesidad de prestar o vender algo para pagar estos gastos.

Con relación a los costos para la atención mas de la mitad el 56,8% mencionaron que fueron gratuitos y aproximadamente un 14% considero de caro a muy caro (Gráfico 1).

Con relación a los costos para la tratamiento aproximadamente un 31,6% considero de caro a muy caro y el 33,8% mencionaron que fueron aceptables (Gráfico 2)

Los servicios que presta el establecimiento de salud se encuentra expuesto en lugares bien visible el 87,7% y solamente alrededor del 40% conocen sobre la gratuidad de los servicios y la disponibilidad de medicamentos e insumos básicos; además aproximadamente el 24% tiene información sobre servicio de transporte y su costo (Cuadro 1).

Con relación a los que conocen el Plan de Atención Integral de las enfermedades prevalentes: el 53,6% sobre desnutrición, el 65,3% sobre Enfermedad Respiratorias, el 71,6% sobre enfermedad prevenibles por vacunas y el 59,3% sobre Enfermedades diarreicas (Cuadro 2)

Con relación a que si el establecimiento de salud tiene instrumentos y equipos para tratar, tenemos que solamente 141(44,5%) considera que tiene su-

ficientes, 149(47%) considera que tiene algunos, 18(5,7%) considera que no tiene ninguno y no sabe 9(2,8%).

Con relación a que si el establecimiento de salud tiene instrumentos y equipos para tratar, tenemos que 141(44,5%) considera que tiene suficientes, 149(47%) considera que tiene algunos, 18(5,7%) considera que no tiene ninguno y 9(2,8%) no sabe.

Se destaca que el 71% considera que el establecimiento de salud tiene algunos medicamentos disponibles para tratar (Gráfico 3).

Aproximadamente el 59% considera las 24 horas los horarios de atención servicios que presta el establecimiento (Gráfico 4)

Al analizar los indicadores de calidad de la atención en los establecimientos de Salud Infantil de acuerdo a la percepción de las/os usuarias/os muestran que el 5,4% lo consideran de mala a muy mala calidad, el 73,8% lo consideran de buena a muy buena calidad. Cabe destacar que los servicios de salud, H.D de Limpio, CS Loma Pyta y el CS n° 9 Bernardino Caballero son los que presentan índices de atención de mala calidad, mientras que los servicios: Acosta Ñu , H.N de Itauguá y HR San Lorenzo son los que tienen índices de atención de muy buena calidad (Cuadro 3).

Los resultados demuestran que los indicadores de calidad de la atención en los establecimientos de Salud Infantil tienen relación con la región sanitaria revelando que la calidad de atención en el departamento Central es mejor que Asunción con significación $p < 0.01$ (Cuadro 4).

Los resultados demuestran que los indicadores de calidad de la atención en los establecimientos de Salud Infantil tienen relación con el tipo de servicio consulta/hospitalización revelando que la calidad de

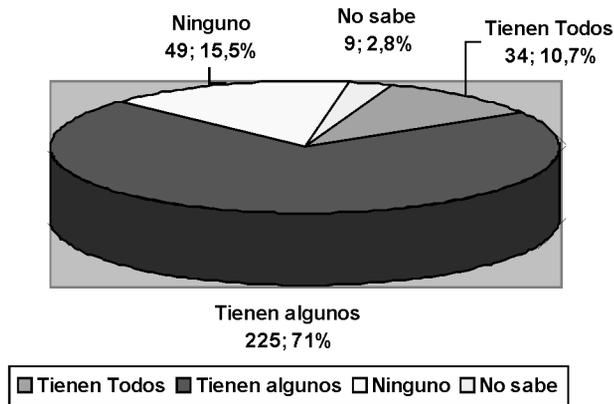


Gráfico 3. Disponibilidad de los medicamentos.

atención en la consulta es mejor que en la hospitalización con significación $p < 0.01$ (Cuadro 5).

Cabe destacar que alrededor el 72,6% considera tiempo de espera como regular o largo (Gráfico 5).

Con relación a su experiencia con el servicio el 80,8 % lo considera de aceptable a muy buena y solo un 2% considera deficiente su experiencia con la atención recibida (Gráfico 6).

Cabe destacar que mas del 92% quedo satisfecha con las atenciones recibidas, que continuará viniendo a este servicio a solicitar atención y que recomendaran a otras personas a venir a este servicio (Cuadro 6).

CONCLUSIÓN

Según los resultados obtenidos, podemos concluir algunos aspectos tale como: Las principales causas de consultas/ hospitalización y los diagnósticos más frecuente de acuerdo al especialista que se debe tener en cuenta para prevenir los problemas de salud en los/as niños/as son los problemas en las vías respiratorias (IRA), fiebre, diarrea y vómitos. Se tiene que insistir para que todos/as puedan realizar el control periódico del niño/as para prevenir enfermedades y de esa forma aumentar la cobertura de vacunación. Por otro lado debido a la escasa cooperación se debe incentivar la participación de los padres o encargados en actividades educativas organizadas por el servicio de

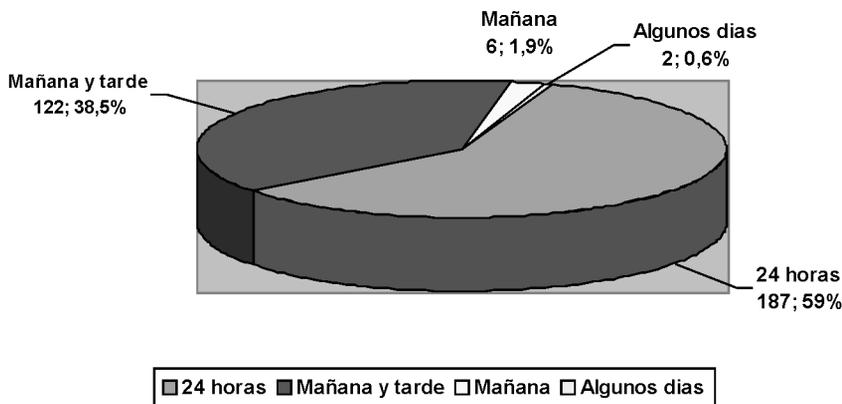


Gráfico 4. Horario de atención.

Nombre del Establecimiento	Calidad					Total
	Muy Mala	Mala	Regular	Buena	Muy buena	
San Pablo	1(5,9%)	1(5,9%)	6(35,3%)	8(47,1%)	1(5,9%)	17
Bernardino Caballero CS n° 9	1(8,3%)	0(0,0%)	4(33,3%)	6(50,0%)	1(8,3%)	12
M.IHBO	0(0,0%)	3(11,5%)	4(15,4%)	8(30,8%)	11(42,3%)	26
HR San Lorenzo	0(0,0%)	0(0,0%)	1(7,7%)	6(46,2%)	6(46,2%)	13
Cruz Roja	0(0,0%)	0(0,0%)	5(27,8%)	8(44,4%)	5(27,8%)	18
HDMI Fernando de la Mora	0(0,0%)	0(0,0%)	1(7,7%)	10(76,9%)	2(15,4%)	13
HDMI Lambaré	0(0,0%)	0(0,0%)	4(28,6%)	8(57,1%)	2(14,3%)	14
HDMI MR Alonso	0(0,0%)	1(10,0%)	2(20,0%)	3(30,0%)	4(40,0%)	10
HMI Santísima Trinidad	0(0,0%)	0(0,0%)	1(10,0%)	9(90,0%)	0(0,0%)	10
HR de Luque	0(0,0%)	0(0,0%)	4(16,7%)	11(45,8%)	9(37,5%)	24
H.N de Itauguá	0(0,0%)	1(5,9%)	3(17,6%)	5(29,4%)	8(47,1%)	17
C.M.I de San Lorenzo	0(0,0%)	1(3,6%)	8(28,6%)	9(32,1%)	10(35,7%)	28
H.D de Ñemby	0(0,0%)	0(0,0%)	0(0,0%)	8(57,1%)	6(42,9%)	14
C.S n° 8 Sajonia	0(0,0%)	0(0,0%)	4(33,3%)	7(58,3%)	1(8,3%)	12
C.S de Loma Pyta	2(18,2%)	0(0,0%)	4(36,4%)	4(36,4%)	1(9,1%)	11
H.M.I de Capiatá	0(0,0%)	1(7,1%)	2(14,3%)	7(50,0%)	4(28,6%)	14
C.S de Itauguá	0(0,0%)	0(0,0%)	0(0,0%)	8(66,7%)	4(33,3%)	12
H.D de Limpio	1(7,1%)	2(14,3%)	6(42,9%)	5(35,7%)	0(0,0%)	14
Acosta Ñu	0(0,0%)	2(5,3%)	7(18,4%)	9(23,7%)	20(52,6%)	38
Total	5(1,6%)	12(3,8%)	66(20,8%)	139(43,8%)	95(30%)	317

Cuadro 3. Establecimientos según Calidad.

salud como ser campaña de vacunación, nutrición, salud bucal, lactancia, dengue y enfermedades respiratorias y prevenibles.

Las pruebas de significación estadística se demuestran que los Niños Hospitalizados llegan en promedio desde mayor distancia en kilómetros y por lo tanto tardan en promedio mas tiempo en llegar desde su casa al servicio que los niños en consulta. Esto obedece principalmente a que los responsables de los niños que tienen problemas de salud más severa confían mas en algunos hospitales

especializados de la capital o del departamento Central. Con la construcción de más hospitales distritales materno infantil previsto para el departamento central se proporcionará una atención más inmediata, adecuada y oportuna a los pacientes. Encontramos mucha variabilidad en el gasto de bolsillo declarado por las usuarias/os de servicios de salud infantiles tenemos para los gastos totales y se demuestra que los Niños Hospitalizados tienen un gasto promedio mayor en el servicio que los niños en consulta y la mayoría cubren sus gastos de su

Región sanitaria	Calidad					Total
	Muy Mala	Mala	Regular	Buena	Muy buena	
Asunción	4(3,8%)	4(3,8%)	28(26,4%)	50(47,2%)	20(18,9%)	106(100%)
Central	1(0,5%)	8(3,8%)	38(18,0%)	89(42,2%)	75(35,5%)	211(100%)
Total	5(1,6%)	12(3,8%)	66(20,8%)	139(43,8%)	95(30,0%)	317(100%)

Cuadro 4. Regiones según Calidad.

propio bolsillo, con ayuda familiar y algunos han tenido que prestar o vender algo para pagar estos gastos. Con la implementación de la gratuidad en la consulta y estudios de especiales se pueden ser disminuirán los gastos de bolsillo.

Con relación a los indicadores de rectoría clínica vinculados a la calidad de los servicios de salud infantiles los servicios que presta el establecimiento se encuentra expuesto en lugares bien visible, solamente 2 de cada 5 conocen sobre la gratuidad de los servicios y la disponibilidad de medicamentos e insumos básicos; además aproximadamente 1 de cada 4 tiene información sobre servicio de transporte y su costo. Los que mencionan conocer el plan atención integral de las enfermedades prevalentes: un poco mas de mitad sobre desnutrición, cerca de 2 de cada 3 sobre Enfermedad Respiratorias, un poco mas de 7 de cada 10 sobre enfermedad prevenibles por vacunas y cerca de 3 de cada 5 sobre Enfermedades diarreicas y solamente 5 de cada 11 considera que el establecimiento de salud tiene suficientes instrumentos y equipos para tratar, alrededor de 7 de cada 10 considera que el establecimiento de salud tiene algunos medicamentos disponibles para tratar y alrededor de 3 de cada 5 considera las 24 horas los

horarios de atención servicios que presta el establecimiento

Para analizar los indicadores de calidad de la atención en los establecimientos de Salud Infantil muestra que los servicios de salud, HD de Limpio, CS Loma Pyta y el CS nº 9 Bernardino Caballero son los que presentan índices de atención de mala calidad, mientras que los servicios: Acosta Ñu, HN de Itauguá y HR San Lorenzo son los que tienen índices de atención de buena a muy buena calidad. Además los resultados demuestran que los indicadores de calidad de la atención en los establecimientos de Salud Infantil tienen relación con la región sanitaria y tienen relación con el tipo de servicio consulta/hospitalización revelando que la calidad de atención en el departamento Central es mejor que Asunción y que la calidad de atención en la consulta es mejor que en la hospitalización.

Alrededor de 8 de cada 11 considera tiempo de espera como regular o largo en el establecimiento de salud, y la mayoría tienen que madrugar para conseguir turnos y mencionan que generalmente se pierde una mañana para la atención. Con relación a su experiencia con el servicio un poco mas de 4 de cada 5 lo considera de aceptable a muy buena y solo 1 de cada 50 considera deficiente su

Consulta/ Hospitalización	Calidad					Total
	Muy Mala	Mala	Regular	Buena	Muy buena	
Niño Consulta	5(2,1%)	9(3,8%)	52(21,9%)	113(47,7%)	58(24,5%)	237(74,8%)
Niño Hospitalizado	0(0,0%)	3(3,8%)	14(17,5%)	26(32,5%)	37(46,3%)	80(25,2%)
Total	5(1,6%)	12(3,8%)	66(20,8%)	139(43,8%)	95(30,0%)	317(100%)

Cuadro 5. Establecimientos según Calidad.

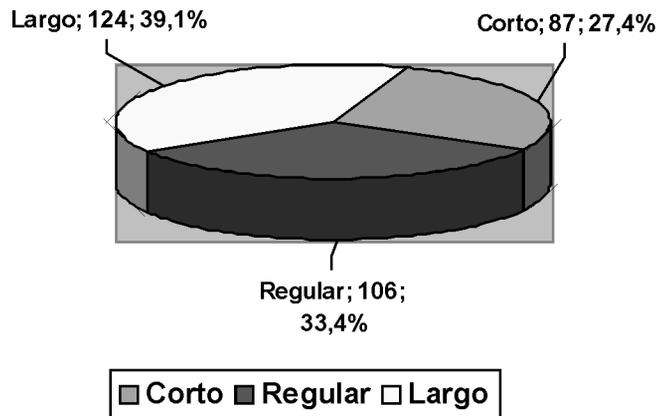


Grafico 5. Parecer en general por el tiempo de espera.

experiencia con la atención recibida y que mas de 9 de cada 10 quedo satisfecha con las atenciones recibidas, que continuará viniendo a solicitar atención y que recomendaran a otras personas a venir a este servicio.

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Asunción y a la Dirección general de planificación del Ministerio de Salud Publica y Bienestar Social por el apoyo brindado para la realización de esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

CEPEC, USAID, UNFPA, CDC, IPPF. Encuesta Nacional de Demografía y Salud Reproductiva Paraguay -. 2004

M.S.P y B.S. Política de Promoción de la salud. 2006-2010. Salud con Equidad Sistema Nacional de salud

M.S.P. y B.S. Comisión Nacional de vigilancia epidemiológica de la salud y la morbilidad materna y neonatal. 2005

USAID, OPS, OMS. Perfil de los sistemas de salud Paraguay Monitoreo y analisis de los

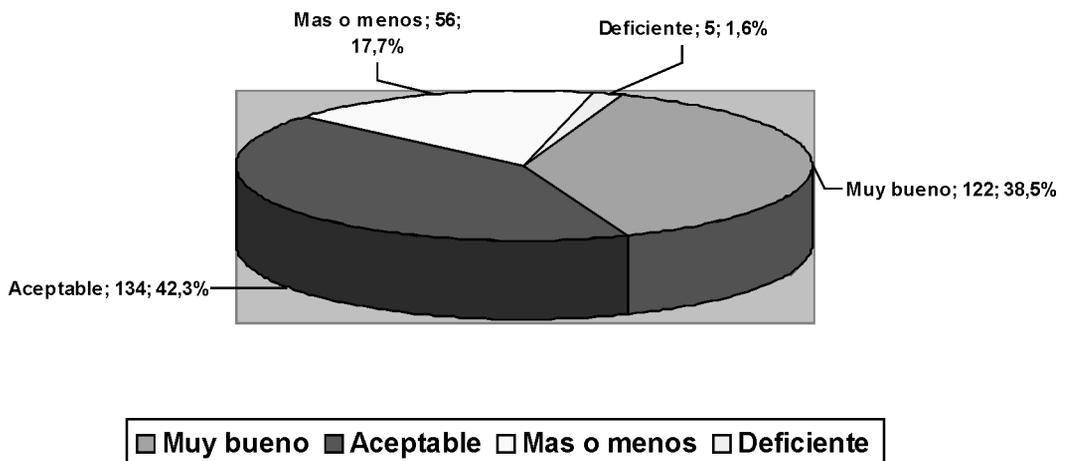


Grafico 6. Experiencia con este servicio.

Satisfacción con la atención	Si	No	Total
Quedo Satisfecha con la atenciones recibidas	293(92,4%)	24(7,6%)	317
Continuará viniendo a este servicio a solicitar atención	295(93,1%)	22(6,9%)	317
Recomendaría a otras personas a venir a este servicio	294(92,7%)	23(7,3%)	317

Cuadro 6. Satisfacción con la atención que se recibió.

- procesos de cambio y reforma. 2008 Tercera Edición
- M.S.P. y B.S Guía de vigilancia epidemiológica de la salud y la morbilidad materna y neonatal. 2005
- MSP y BS/OPS, 2006. Cuentas de Salud, Paraguay 2002/2004. Octubre 2006
- OPS/OMS. MSPyBS. Recursos Humanos. Factor crítico de la Reforma Sanitaria en el Sector Salud del Paraguay. Desafíos de la Gestión. Paraguay, 1999.
- Salud del Paraguay”. Desafíos de la Gestión. Paraguay, 1999.
- Banco Mundial, 2006. Paraguay Health Service Delivery in Paraguay. Report N° 33416-PY
- Estadísticas sanitarias mundiales 2008. Organización Mundial de la Salud, Ginebra, 2008.
- Maudonnet, R. Administración Hospitalaria. Editorial Cultura Medica Ltda. Rio de Janeiro Brasil, 1988
- Ministerio de Salud del Uruguay, Asesoría de Planificación. “Establecimientos de Salud en el Uruguay”. Uruguay, 1999.
- OPS/OMS.ACODESS/Ministere des Affaires Etrangères. « La transformación de la gestión de hospitales en América Latina y el Caribe ». Washington D.C. 2001.
- García, E. Rodríguez, E. Sistema de Salud para la Ciudad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina, 2001.
- OPS/OMS. Dever, A. Epidemiología y Administración de Servicios de Salud. Maryland, USA, 1991.
- OPAS/Ministerio de Salud de Brasil. “Proyecto de Desenvolvimento de Sistemas e Serviços de Saude. “Brasilia, 2003.

ANEXOS

Qué síntomas tuvo	Frecuencia	Porcentaje
Fiebre	42	27,6
Dolor de garganta	21	13,8
Respiración Forzada	19	12,5
Diarrea	17	11,2
Tos/ Catarro	15	9,9
Nariz Tapada	11	9,2
Vómito	11	7,2
Gripe	9	5,9
Chillido de pecho/ Le aprieta el pecho	7	4,6
Dolor de oído	6	3,9
Pecho Hundido	5	3,3
Dolor de Cabeza	5	3,3
Pulmonía/Neumonía/ Bronquitis	5	3,3
Convulsión	4	2,6
No se iba de cuerpo - Estreñimiento	3	1,9
Alergia	3	1,9
Asma	3	1,9
Problema del Corazón	3	1,9
Sangrado de Nariz	2	1,3
Piel amarilla	2	1,3
Otros con un caso cada uno: Principio de Epilepsia, Problema Renal, Quiste en el rostro, Varicela, Infección, Pulmón no desarrollado, Prematuro, Agitación y Tragó líquido de la placenta	1	0,7

Anexo 1. Cuadro de que enfermedad, síntomas o problema de salud tuvo antes de consultar o ser hospitalizado.

Donde busco ayuda	Frecuencia	Porcentaje
Hospital Especializada	39	25,7
Hospital Distrital	24	15,8
No busco ayuda	16	10,5
Hospital Regional	16	10,5
Sanatorio/Hospital Privado	15	9,9
Centro Materno Infantil	14	9,2
Centro Salud	10	6,6
Cruz Roja	8	5,3
Puesto de Salud	5	3,3
Otros con un caso cada uno: Farmacéutico, Médico Ñana/Curandero, Juan Max Boettner, Fundación Blas Garay, Doctor Particular	1	0,7
Total	152	100,0

Anexo 2. Cuadro de si buscó ayuda donde consulto por ese problema.

Diagnóstico	Frecuencia	Porcentaje
Dolor e Infección de garganta	19	12,5
Fiebre	16	10,5
Gripe	10	6,6
Bronconeumonía/Neumonía	10	6,6
Bronquitis	9	5,9
Respiración Forzada, Resfrió /Nariz tapada	9	5,9
Problema del Pecho / Tos	9	5,9
Diarrea	7	4,6
Alergia	6	3,0
Infección Urinaria	6	3,0
Problema de Pulmón	5	3,3
Dolor de estómago, Gastroenteritis	4	2,6
Dolor de oído	3	2,0
Asma	3	2,0
Vómito y Mareos	3	2,0
Cólico	2	1,3
Encefalitis	2	1,3
Amigdalitis	2	1,3
Otros con un caso cada uno: Cirugía gastrointestinal, Dengue, Problema de Lactosa, Angina Adenoide, Soplo del Corazón, Principio de Epilepsia, Otorrino, Quiste maxilar, Peritonitis, Anemia, Convulsión, Parasitosis, Amigdalitis, Trastorno mental, Prematuro, Infección, Bajo Peso, Varicela, Azúcar elevada en la sangre y Virósico	1	0,7

Anexo 3. Cuadro de cual fue el diagnóstico del especialista que atendió al niño/a.

Motivo consulta/hospitalización	Frecuencia	Porcentaje
Neumonía/Gripe/Resfrío/Bronconeumonía/ Bronquitis	87	27,4
Control	77	24,3
Fiebre	40	12,6
Vomito	29	9,1
Diarrea	21	6,6
Le aprieta el pecho, problema del pecho, Tos	18	5,7
Dolor de garganta	14	4,4
Infección	10	3,2
Vacunación	8	2,5
Problema renal/Infección Urinaria	7	2,2
Dolor de estomago, estreñimiento	7	2,2
Alergia	5	1,6
Dolor de oído	4	1,3
Extracción de diente	3	0,9
Curación de una cirugía/por una operación	3	0,9
Problema del corazón	3	0,9
Sangrado de Nariz	3	0,9
Prematuro	3	0,9
Viruela / Varicela	3	0,9
Otros con dos caso cada uno Anomalia/deformación congénita, Desnutrición, Tumor, Dolor de cabeza, Control nutricionista, Leucemia, Hemia, Convulsión, Problema de pulmón, Respiración forzada	2	0,6
Otros con un caso cada uno: Meningitis, Problema en la lengua, Tuvo una caída, Herpes, Defecto parte intima, Tiene un lunar raro, Desvanecimiento, Cirugía quiste maxilar, Glóbulo blanco, Piel amarilla, Problema en la cabeza, Agitación, Malformación en la columna, Tragó líquido de la placenta	1	0,3

Anexo 4. Cuadro de por que esta consultando/ Por qué fue hospitalizado/a el niño/a.

Temas desarrollados	Frecuencia	Porcentaje
Campaña de vacunación	14	14,4
Importancia sobre nutrición infantil	13	13,4
Dengue y Campaña de vacunación	12	12,4
Campaña de vacunación y Importancia sobre nutrición infantil	11	11,3
Enfermedades Respiratorias	6	6,2
Dengue, campaña de vacunación e importancia de nutrición infantil	6	6,2
Dengue	6	6,2
No recuerda	5	5,2
Diarrea	3	3,1
De todo un poco	3	3,1
Diarrea, Dengue, y Campaña de vacunación	2	2,1
Enfermedades Respiratorias y Dengue	2	2,1
Cuidado de bebe	2	2,1
Diarrea, higiene y vomito	2	2,1
Dengue, Campaña de vacunación y Maltrato Infantil	2	2,1
Otros con un caso cada uno: Importancia sobre nutrición infantil y Diarrea, Dengue y diarrea, Lactancia, Enfermedades Respiratorias, diarrea y fiebre, Enfermedades Respiratorias, Diarrea y Campaña de vacunación, Enfermedades Respiratorias, Diarrea y Importancia sobre nutrición, Enfermedades Respiratorias, Diarrea, Dengue, Vacuna, Nutrición Infantil y Salud Bucal y Diarrea, Dengue, Campaña de vacunación y Nutrición Infantil	1	1,0
Total	97	100,0

Anexo 5. Cuadro de cuáles fueron los temas desarrollados.

Medio de comunicación utilizado	Frecuencia	Porcentaje
Charlas en los hospitales	48	49,5
TV	6	6,2
Volantes o folletos	6	6,2
Talleres	6	6,2
Volantes o folletos y Charlas en los hospitales	5	5,2
Cine/video y Charlas en los hospitales	4	3,1
Talleres y Charlas en los hospitales	3	3,1
Radio Local	3	3,1
Amistades	3	3,1
Pasacalles o carteles	3	3,1
Charlas en colegios	3	3,1
TV y Charla en Colegios	2	2,0
Visitas en la casa y Charlas en los hospitales	1	1,0
1º auxilio , Pasacalles, Radio, TV, Volante, Taller y Charla	1	1,0
Radio Local y Charlas en los hospitales	1	1,0
Volantes o folletos y Talleres	1	1,0
Parlante	1	1,0
Total	97	100,0

Anexo 6. Cuadro de cuál fue el medio de comunicación utilizado en esa actividad educativa.

Necesidad de asistir a charlas y control	Si	No	Total
Cree usted que es necesario asistir a estos tipos de charlas	96(99,0%)	1(1,0%)	97(100%)
Cree usted que es necesario el control periódico del niño	315(99,4%)	2(0,6%)	317(100%)

Anexo 7. Cuadro de las necesidades de asistir a charlas y control periódico del niño.

Vacunas	Si	No	No sabe	Total
BCG	298(95,3%)	9(2,8%)	6(1,9%)	317
Pentavalente	268(84,5%)	43(13,6%)	6(1,9%)	317
Hepatitis B	167(52,7%)	143(45,1%)	7(2,2%)	317
Hepatitis A	68(21,5%)	241(76,0%)	8(2,5%)	317
Triple Viral	122(38,5%)	188(59,3%)	7(2,2%)	317
Varicela	16(5,0%)	295(93,1%)	6(1,9%)	317

Anexo 8. Cuadro de la cobertura de vacunación.

En qué participa	Frecuencia	Porcentaje
Reuniones en la comunidad	17	5,4
Comisiones vecinales	10	3,2
Comisiones pro-centros de salud	8	2,5
Club de madres	8	2,5
Jornada de Capacitación	2	0,6
Otros con un caso cada uno: Adicciones, Vacunación, Club de madres y de lactantes, Comisiones vecinales y Reuniones en la comunidad, Club de madres y lactantes, y comisiones pro-centro de salud	1	0,3
No participa	267	84,2
Total	317	100,0

Anexo 9. Cuadro de la participación en actividades educativas organizadas por el establecimiento de salud de su localidad.

Tiempo que tarda en minutos	Frecuencia	Porcentaje	Estadísticos	
Hasta 10	59	18,6	Media	63,22
15	42	13,2	Mediana	30,00
Entre 20 y 25	45	14,2	Moda	30
30	76	24,0	Desviación típica	251,979
Entre 35 y 45	17	5,4	Mínimo	2
60	32	10,1	Máximo	4320
Mas de 60	46	14,5		
Total	317	100,0		

Anexo 10. Cuadro del tiempo que tarda en llegar desde su casa hasta este servicio.

Distancia en km	Frecuencia	Porcentaje	Estadísticos	
Hasta 1	22	6,9	Media	30,9
De 2 a 3	31	9,8	Mediana	10
De 4 a 5	35	11,0	Moda	10
De 6 a 7	34	10,7	Desviación típica	84,96
De 8 a 9	31	9,8	Mínimo	0,02
De 10 a 11	46	14,5	Máximo	500
De 12 a 14	32	10,1		
De 15 a 19	27	8,5		
De 20 a 30	31	9,8		
Mas de 30	28	8,8		
Total	317	100,0		

Anexo 11. Cuadro de la distancia en Kilómetros entre su casa y el servicio.

	Niño Consulta		Niño Hospitalizada	
Media	31,1265823		158,3125	
Varianza	939,441536		238920,85	
Observaciones	237		80	
Grados de libertad = 79			Estadístico t = -2,326	
P(T<=t) una cola = 0,0113			Valor crítico de t (una cola) = 1,664	
Hipótesis	Estadístico calculado	Distribución	Significación	Resultado
H ₀ : $\mu_{\text{hospitalizado}} = \mu_{\text{consulta}}$ H ₁ : $\mu_{\text{hospitalizado}} > \mu_{\text{consulta}}$	-2,326	T de 79 grados de libertad	0,0113	Significativo
Estamos seguro que los Niño Hospitalizada tardan en promedio significativamente mas tiempo en llegar desde su casa al servicio que los niños en consulta $p < 0,011$.				

Anexo 12. Prueba t para dos muestras independientes suponiendo varianzas desiguales. Cuanto tiempo tarda en llegar desde su casa hasta este servicio. Contrastar el test para saber si los Niño Hospitalizada tardan en promedio mas tiempo en llegar desde su casa al servicio que los niños en consulta $\alpha = 5\%$.

	Niño Consulta	Niño Hospitalizada		
Media	12,72	84,606		
Varianza	1338,66	20960,416		
Observaciones	237	80		
Grados de libertad = 82		Estadístico t = -4,394		
P(T<=t) una cola < 0,0001		Valor crítico de t (una cola) = 1,664		
Hipótesis	Estadístico calculado	Distribución	Significación	Resultado
H ₀ : $\mu_{\text{hospitalizado}} = \mu_{\text{consulta}}$ H ₁ : $\mu_{\text{hospitalizado}} > \mu_{\text{consulta}}$	-4,394	T de 82 grados de libertad	0,0001	Significativo
Estamos seguro que los Niño Hospitalizada llegan en promedio significativamente desde su casa al servicio desde mayor distancia en kilómetros que los niños en consulta $p < 0,0001$				

Anexo 13. Prueba t para dos muestras independientes suponiendo varianzas desiguales. Cuanto tiempo tarda en llegar desde su casa hasta este servicio. Contrastar el test para saber si los Niño Hospitalizada llegan en promedio desde su casa al servicio mas lejos (mayor distancia en kilómetros) que los niños en consulta $\alpha = 5\%$.

Medios utilizados	Frecuencia	Porcentaje
Colectivo	205	64,7
Caminando	61	19,2
Auto/Moto	30	9,5
Ambulancia	10	3,2
Taxi	8	2,5
Carro o Carreta	1	,3
Barco y colectivo	1	,3
Colectivo y Auto/ Moto	1	,3
Total	317	100,0

Anexo 14. Cuadro de los medios que utilizó para llegar a este servicio.

Gasto total	Frecuencia	Porcentaje	Estadísticos	
No Gasto Nada	62	19,6	Media	141.757,5
De 2000 a 4400	138	43,5	Moda	4.200
De 5000 a 10000	33	10,4	Mediana	4.200
De 12000 a 45000	26	8,2	Desviación típica	474.782,71
De 50000 a 92000	10	3,2	Mínimo	2.000
De 100000 a 296000	20	6,3	Máximo	4.050.000
De 300000 a 792000	16	5,0		
De 800000 y mas	12	3,8		
Total	317	100,0		

Anexo 15. Cuadro del gasto total.

	Niño Consulta		Niño Hospitalizada	
Media	8280,590717		430418,13	
Varianza	545612333,5		6,00201E+11	
Observaciones	237		80	
Grados de libertad = 79			Estadístico t = -4,87	
P(T<=t) una cola = 0,001			Valor crítico de t (una cola) = 1,66	
Hipótesis	Estadístico calculado	Distribución	Significación	Resultado
H ₀ : $\mu_{\text{hospitalizado}} = \mu_{\text{consulta}}$ H ₁ : $\mu_{\text{hospitalizado}} > \mu_{\text{consulta}}$	-4,87	T de 79 grados de libertad	0,001	Significativo
Estamos seguro que los Niño Hospitalizada tienen un gasto promedio significativamente mayor en el servicio que los niños en consulta $p < 0,001$				

Anexo 16. Prueba t para dos muestras independientes suponiendo varianzas desiguales. Cuanto es el gasto total en este servicio. Contrastar el test para saber si los Niño Hospitalizada tienen un gasto promedio mayor en el servicio que los niños en consulta $\alpha = 5\%$.

Como cubre sus gastos de salud	Frecuencia	Porcentaje
De su propio bolsillo	233	73,5
Ayuda familiar/ pareja/Marido	47	14,8
Exoneran todo/ Gratuito	10	3,2
Ayuda no familiar	8	2,5
De su propio bolsillo y ayuda familiar	8	2,5
Ayuda familiar, ayuda no familiar y fundación	3	0,9
De su bolsillo, ayuda familiar, ayuda no familiar y fundación	2	0,6
Ayuda familiar y exoneración	2	0,6
Seguro	1	0,3
De su propio bolsillo y ayuda no familiar.	1	0,3
Ayuda familiar y ayuda no familiar.	1	0,3
Indi	1	0,3
Total	317	100,0

Anexo 17. Cuadro de como cubre sus gastos de salud.

DOSIMETRÍA BIOLÓGICA BASADA EN LA DETECCIÓN DE MICRONUCLEOS EN PACIENTES EXPUESTOS A COBALTOTERAPIA EN PARAGUAY¹.

F.J. Gómez Grance², V. Fernandez², G. Guggiari³, T. Resquin⁴, F. Cabañas Duarte², A. Gómez⁵, J. Alfonso⁵.

¹Publicación Financiada por FaCEN y MSP y BS –Instituto Nacional del Cáncer, ^{2,5}Facultad de Ciencias Exactas y Naturales –UNA, ^{3,4}Instituto Nacional del Cáncer – MSP y BS.

RESUMEN: Las radiaciones ionizantes son genotóxicas y pueden ser cancerígenas si las dosis de radiación son superiores a los valores dictados por normas nacionales e internacionales. Los efectos genotóxicos son estudiados mediante bioensayos de Micronúcleos (MN) en células de la mucosa bucal de pacientes con cáncer del Instituto Nacional de Cáncer de Aregua, los cuales, dentro del esquema de tratamiento son expuestos a radiaciones ionizantes. El objetivo del presente trabajo es el de evaluar el nivel de genotoxicidad en diferentes modalidades de exposición al tratamiento radioterapéutico y relacionarlo con las dosis de radiación. Los resultados de los análisis presentaron una amplia variabilidad en el conteo de Micronúcleos, debido a factores Físicos y Biológicos, como las diversas dosis de radiación para el tratamiento de diversos tumores en diferentes órganos. Como conclusión se observa que cuanto mas lejana es la zona de irradiación a la toma de la muestra (la mucosa bucal) hay una disminución en la aparición de MN, este hecho puede llevar a la estimación de las dosis de radiación absorbida por el paciente y la determinación de niveles de formación de MN, como un indicador biológico de buena práctica. También se ha identificado una diferencia sustancial entre la frecuencia de micronúcleos y el alto porcentaje de células apoptoticas a partir del octavo día de tratamiento, en algunos pacientes.

Palabras claves: *Dosimetría, Genotóxicos, Micronúcleos, Radiación ionizante.*

ABSTRACT: Ionizing radiations are genotoxic and might be carcinogenic if the radiation doses are above the values dictated by national and international standards. The genotoxic effects are studied by means of bioassays of micronuclei (MN) in cells of the patients' mucous mouths of the National Institute of Cancer in a city named Aregua, whom were exposed to ionizing radiations within their treatment scheme. The objective of the present work is to evaluate the genotoxic level at different modalities of exposure to the radio-therapeutic treatment and to relate them to the radiation doses. The analysis results displayed an ample variability in the count of MN, due to Physical and Biological factors, as the diverse radiation doses for the treatment of diverse tumors in different organs. In conclusion, it was observed that the most distant it is the zone of irradiation to the taking of the sample (the mouths' mucous) the least MN appearance. This means that the levels of MN can be used to estimate the radiation doses absorbed by the patient and as well as a biological indicator of good practice. Also, it has been identified a substantial difference between the frequency of micronucleus and the high percentage of apoptotic cells as on the eighth day of treatment, in few patients.

Key words: *Dosimetría, Genotóxicos, Micronúcleos, Radiación ionizante.*

INTRODUCCIÓN

La carcinogénesis esta determinada por varios factores, tanto genéticos como ambientales, por tal razón los factores que involucran la cura del cáncer también está limitada por estos y otros factores de carácter socio cultural. (Jianlin et al, 2004)

Debido a lo anterior haremos referencia a los fundamentos de carácter radiobiológico de la on-

cología actual para el tratamiento de un tumor maligno. En ese sentido la Oncología Radiante con mas de cincuenta años de experiencia y constante evolución, tanto en el seguimiento médico como en el tratamiento con mejores calidades de haces de radiación, ha mejorado la calidad de vida de los pacientes, aumentando la tasa de sobrevivida en forma paulatina en el transcurrir del tiempo. (Galle y Paulli,

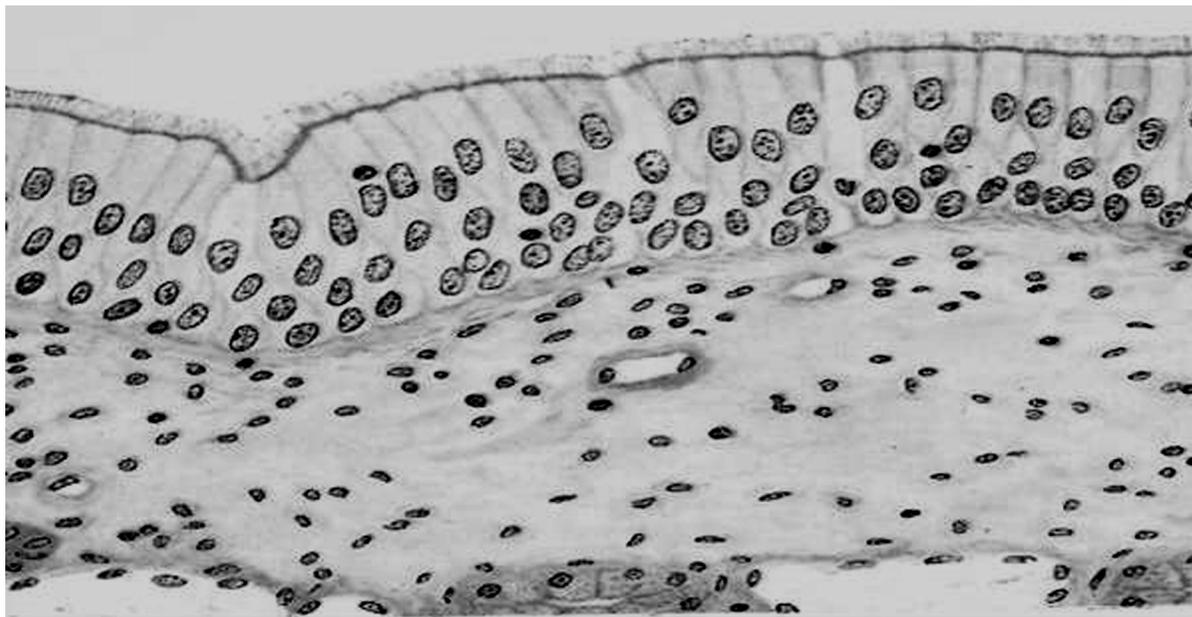


Figura 1. Células del epitelio y la región basal de la mucosa bucal, 330X. (Di Fiore, 1975)

2003)

Es conocido el inicio de la carcinogénesis como la incapacidad de la formación estructural del cromosoma, a causa de la falta de reparación de la cadena ADN dañada por los procesos de formación de radicales libres o por daño directo de agentes físicos o químicos. En este sentido las radiaciones ionizantes como agente Físico, interactúan con el medio acuoso en el cual se encuentra la cadena de ADN, formando en la vecindad de la misma, radicales libres que dañan la estructura del ADN, a demás de formar radicales libres, estas radiaciones son capaces de romper la cadena de ADN mediante una ionización de las bases que las conforma. La primera de las interacciones se denomina interacción indirecta y la segunda interacción directa. (International Atomic Energy Agency, 1986; Jianlin et al., 2007)

Los dos tipos de interacciones están presentes en una irradiación de pacientes oncológicos con técnica de radioterapia, sean con modalidades de Braquiterapia o Teleterapia, sin embargo la proporción de cada interacción es diferente en regiones anatómicas diferentes, dependiendo a demás de estadio del tumor.

En el presente estudio se utilizó un equipamiento específico de Teleterapia, siendo este un equipo con una fuente de Co -60, emisor de rayos gamma de 1,25 MeV, con el cual se tratan una amplia gama de enfermedades oncológicas en el Instituto Nacional del Cáncer-Paraguay.

Los rayos gamma emitidos por la fuente de Co-60, son colimados y direccionados al volumen tumoral en el paciente, una vez que llegan a éste, interactúan con el medio biológico produciendo una serie de reacciones fisico-químicas como ser variabilidad de pH., creación de radicales libres y ruptura de cromosomas, estos efectos a nivel celular originan células con distintos daños cromosómicos, como ser los llamados huevo-quebrado (cross-egg) y micro-núcleo, que inducen a apoptosis.

Los micro-núcleos son fragmentos de cromosomas, que por alguna razón fueron separados de la cinética de formación celular y quedaron con un pequeño núcleo satélite del original, la hipótesis de que a mayor fluencia de fotones de rayos gamma, mayor ruptura de los cromosomas y por ende mayor probabilidad de formación de micronúcleos, es una de las confirmaciones de este trabajo. (Di Fiore, 1975)

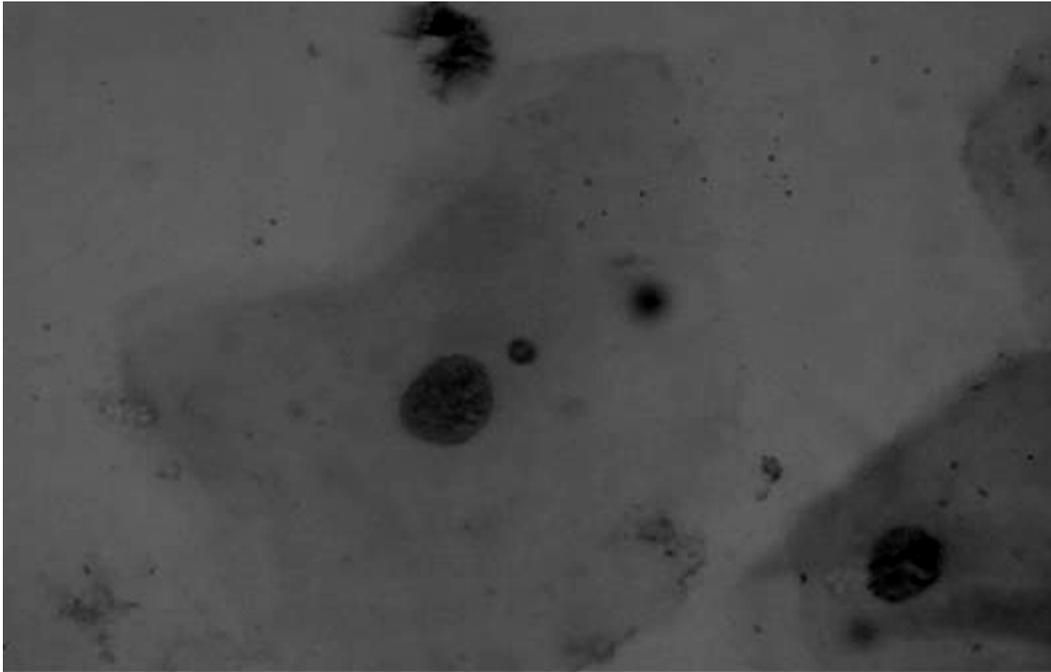


Figura 2. Micro-núcleo cercano al núcleo central, este micro-núcleo contiene material genético desmembrado de los cromosomas.

Sin embargo la dinámica celular y la conformación del tejido epitelial de la mucosa bucal, junto con la variabilidad de los procesos orgánicos en los pacientes oncológicos, hacen que las medidas de los efectos de las radiaciones ionizantes in-Vitro sean más difíciles de describir, que un hecho físico de causa-efecto. (Vallerga et al., 2006)

El tejido epitelial que forma la mucosa bucal es un epitelio estratificado de células planas, las cuales cumplen un ciclo de diez días luego de los cuales son eliminadas, la dificultad radica en que las interacciones de las radiaciones ionizantes que darán origen a un micro-núcleo, ocurren en la capa basal de la mucosa bucal y no en el epitelio. (Di Fiore, 1975)

Es decir las células impactadas por los fotones y cuya interacción origina un micro núcleo-celular deben viajar por así decirlo hasta el exterior del tejido epitelial donde serán recogidos mediante un palillo baja lengua.

Por otra parte los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes son acumulativos en los órganos irradiados, además el tratamiento con radioterapia es loco-regional a la zona de irradiación, sien-

do estas características confirmadas en el presente trabajo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología de muestreo se efectuó sobre once (11) pacientes, los cuales fueron seleccionados sin discriminar el tipo de tumor ni la zona de irradiación y a quienes se prepararon para recibir su tratamiento en el Instituto Nacional del Cáncer Aregua-Paraguay.

a) A cada paciente se le extrajo una muestra de mucosa bucal antes del inicio de su tratamiento y durante los veinticinco (25) a treinta (30) días consecutivos que completan su tratamiento, con sesiones diarias de radioterapia.

Las muestras de células de la mucosa bucal, son obtenidas mediante un hisopado con espátula de madera a pacientes con cáncer, realizando seguidamente un frotis sobre el portaobjetos limpio, dejándose secar al aire a temperatura ambiente. Se obtuvo cuatro láminas por día y por paciente.

La muestra se fijó en etanol – ácido acético en proporción de 3:1 durante 1 hora, y se dejó secar a temperatura ambiente.

<i>ID</i>	<i>Tasa de Dosis/día</i>	<i>Dosis Total</i>	<i>Días Total</i>	<i>Tipo de Tumor</i>	<i>Estadio</i>
5	2,0	50	20	Ca-cérvix	IIA
11	2,0	50	25	Ca-cérvix	IIIB
12	3,6	59,4	23	Tumor Cerebral	IIIB
13	3,6	48,6	28	Ca-mama	IIIA
29	2,0	54	27	Tumor Cerebral	IVB
39	1,8	36	22	Sarcoma- Maxilar	IA
63	3,6	84,6	24	Ca- Orofaringe	IVB
64	1,8	52,2	29	Tumor Cerebral	IA
76	3,0	30	13	Parótida	Recidiva
77	1,8	50,4	24	Ca-maxilar	IIB
80	3,6	86,4	25	Ca-cérvix	IVB

Tabla 1. Valores de dosis por día de tratamiento y tipo de tumor con su estadio.

Se procedió a realizar la hidrólisis en HCL 1N.

- 5 minutos a temperatura ambiente.
- 10 minutos a 60 °C.
- 5 minutos a temperatura ambiente.

Se transfirió a un cuppling en agua helada (5 °C) durante 5 minutos para cortar la hidrólisis y dejar secar.

Las láminas hidrolizadas fueron colocadas en carbol fucsina durante 20 minutos como máximo en ausencia de luz.

Se lavaron las láminas con agua corriente y se dejaron secar a temperatura ambiente.

Luego se observaron y se analizaron en microscopios Olympus a 1000x y se llegaron a contar 2.000 células por paciente determinando el número de M.N. y las frecuencias de aparición. (Figura 2)

b) Como control negativo se tomaron 6 perso-

nas no fumadoras, ni sometidas a ningún tratamiento con fármacos o productos naturales, y se procedió con la misma técnica de muestreo de micro-núcleo.

Las fichas de tratamiento de los once (11) pacientes son analizados teniendo en cuenta las dosis de radiación impartidas cada día en la zona de irradiación. Las dosis totales de tratamiento, los días de tratamiento, el tipo de tumor y estadio de evolución tumoral. (Tabla 1)

A cada paciente se le extrajo las muestras de la mucosa bucal durante los 25 a 30 días de tratamiento, con los cual próximamente se leyeron 100 láminas por pacientes, contándose 50.000 células y determinándose la frecuencia de micro-núcleos por día.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez obtenidos los datos de conteos de micro-núcleos de cada muestra diaria y verificada la do-

Planilla de Control Negativo							
S_1	M	T_0	FN	S_2	N	T_0	FN
N	15	1471	1,02		1	2011	0,05
	2	2087	0,10		4	1050	0,38
	1	2010	0,05		5	2000	0,25
	4	2020	0,20		3	2000	0,15
	2	1529	0,13		4	2020	0,20
\overline{MN}		0,30		\overline{MN}		0,21	
σ		0,41		σ		0,12	
CV		1,36		CV		0,60	

Tabla 2. Cantidad de micro-núcleos (MN), y frecuencia de micro-núcleos (FMN) según el sexo de personas sanas y no irradiadas con radiaciones ionizantes.

sis de radiación impartida, se realizó el seguimiento de la variación de las frecuencias de micro-núcleo estimándose una incertidumbre de clase B de 3 %, que correspondería a errores sistemáticos en la obtención de las muestras.

Por otra parte se estimó los valores de control negativo, los cuales son presentados en la Tabla 2

Como se observa en la Tabla 3 los promedios de frecuencia de micro-núcleos en general van aumentando a medida que la dosis de radiación y la gravedad del paciente son mayores.

Los valores promedios de frecuencia de micro-núcleos obtenidos, se deben analizar desde el punto de vista del indicador de las variables dolencia-gravedad y dosis de radiación suministrada, sin embargo las dosis de radiación no están en relación directa con el promedio de micro-núcleos, en especial debido a que el promedio de las frecuencias, se calcula con varias muestras obtenidas durante los días de tratamientos, dando lugar a valores de la muestra sesgados por factores radiobiológicos, como ser el factor de recuperación biológica y la cinética celular.

Por otra parte, no se determinó que el promedio de MN esté en función directa de las dosis totales de tratamiento lo cual corroboraría trabajos ante-

riosos (Jianlin et al., 2004; Eliana et al., 2005; Rached et al., 1998; He et al., 2000).

Sin embargo este trabajo establece una relación cuadrática para la dosis de radiación del análisis de cuatro gráficos de Frecuencia de Micro-núcleo Vs. Dosis, mostrados en los Gráficos 1,2,3 y 4, es posible observar que la curva de tendencia cuadrática representa el mejor ajuste, en especial para pacientes cuya zona de irradiación coincide con la zona de extracción de la muestra (mucosa bucal), en donde el coeficiente de correlación representa el 15 % y en las zonas de irradiación alejadas de la zona de extracción representa un coeficiente de correlación mucho menor que el 1%.

Si la zona irradiada es lejana a la zona de cabeza y cuello, pero irradia el tracto gastrointestinal, existe una reacción y un cambio en la cinética de la mucosa bucal, cuyo epitelio recubre todo el aparato gastrointestinal (del cual forma la mucosa bucal), es decir el hecho de irradiar el epitelio en cualquier zona del cuerpo produce una variación del recuento del micronúcleos, sin embargo esto no es posible detectarlo como una función lineal de la dosis, debido al tipo de muestreo y a la cinética celular del tracto basal al epitelio. (Di Fiore, 1975; De Almeida et al. y Sadigursky, 2006)

ID	Dolencia-Gravedad	Dosis (Gy)	Promedio de Frecuencia de MN	(FMN/Gy) 100
5	Carcinoma Escamoso Filtrante - Ca de cérvix IIA.	50,0	0,97	1,94
11	Carcinoma Escamoso Filtrante - Ca de cérvix IIIB.	50,0	0,62	1,24
12	Tumor Cerebral ASTROCITOMA IIIB.	59,4	1,64	2,76
13	Ca de Mama izq. IIIA-Supraclavicular	48,6	0,72	1,48
29	Metástasis Cerebral-CA MAMA IVB	54,0	1,15	2,12
39	Sarcoma Difuso-maxilar Izquierdo.	36,0	1,48	4,11
63	Ca Orofaringe IV-B	84,6	0,61	0,72
64	Tumor Cerebral ASTROCITOMA Pilocítico.	52,2	0,46	0,88
76	Recidiva de Ca Parótida post cirugía.	30,0	0,56	1,86
77	Ca de seno maxilar derecho IIIB.	50,4	0,87	1,73
80	Carcinoma Escamoso IVB	86,4	0,66	0,76

Frecuencia de micro-núcleos en personal no expuesta es de 0,3.

Tabla 3. Valores de dosis impartidas, frecuencia de micro-núcleos y gravedad de las dolencias.

Es de suponer que en regiones en donde la mucosa epitelial no se ve comprometida no exista ninguna correlación con las dosis de radiación, sin embargo se puede observar la figura 4 en donde la misma patología con diferentes estadios fueron tratadas con las mismas dosis obteniéndose diferentes curvas de respuesta de frecuencias de micronúcleos, lo que contradice resultados preliminares de (Eliana et al., 2005), en donde las dosis de radiación mayores generan frecuencias de micronúcleos mayores sin tener en cuenta el estadio de la enfermedad.

La aparente contradicción esta dada en la diferencia de la gravedad de la enfermedad, es decir para un cáncer de cérvix estadio II irradiado a una misma dosis que un cáncer de cérvix de estadio I, la frecuencia de micronúcleos en el primer caso presenta un mayor recuento de MN. (Jianlin et al., 2007; Muller et al., 2002)

La literatura (International Atomic Energy Agency, 1986; Di Fiore, 1975) estima que el rendimiento de MN, esta relacionado con las dosis de radiación por la siguiente ecuación:

$$Y = AD^2 + BD + C$$

Ec-1

En donde las constantes A, B, C son características del tipo de radiación, la fluencia de los fotones y la radiosensibilidad del indicador biológico.

De hecho la estimación de las dosis de radiación mediante indicadores biológicos necesita una gran cohorte (Minodier et al., 2002; Baciuchka et al., 2002; Chandra et al., 2001); de modo a que estos indicadores sean más precisos a dosis altas y gran tasa de dosis sin embargo, para dosis de radioterapia en donde las dosis son fraccionadas y se llegan a dosis altas pero con fracciones baja de las dosis, los factores A, B y C son mayores a los estimados en la literatura (International Atomic Energy Agency, 1986; Vallerga et al., 2006); lo que hace que la estimación posea una incertidumbre asociada respecto a dichos trabajos del orden de 28,04 % (Tabla 4).

La mejor estimación de la ecuación que relaciona las dosis con la frecuencia de MN esta dada por el promedio de los coeficientes para aquellas curvas de mayor coeficiente de correlación R^2 , de modo que la curva que estimaría la dosis se puede escribir como:

$$Y = 1,7 \times 10^{-3} D^2 + 4,69 \times 10^{-2} D + 1.013$$

Ec-2

ID	D (Gy)	Dicentricos (Y) Linfocitos	MN-I131 (Y)	MN-Co-60 (Y)	Dif % Co-60 I-131	ABS de Dif % MN Dicentrico	Error % Promedio
5	2,0	0,73	0,18	0,93	402,8	26,8	
11	2,0	0,73	0,18	0,93	402,8	26,8	
12	3,6	1,20	0,48	0,87	80,6	27,6	
13	3,6	1,20	0,48	0,87	80,6	27,6	
29	2,0	0,73	0,18	0,93	402,8	26,8	
39	1,8	0,69	0,16	0,93	493,5	35,5	28,0 %
63	3,6	1,20	0,48	0,87	80,6	27,6	
64	1,8	0,69	0,16	0,93	493,5	35,5	
76	3,0	0,99	0,35	0,89	152,2	10,5	
77	1,8	0,69	0,16	0,93	493,5	35,5	
80	3,6	1,20	0,48	0,87	80,6	27,6	

Tabla 4. Estimación de porcentaje de frecuencia de micro-núcleos y dicentricos mediante la curva de dosis respuesta medida en: facilidad de teleterapia y iodoterapia con I-131. [International Atomic Energy Agency, 1986; Vallerga et al., 2006]

Se puede notar en la tabla 4 que existe una gran diferencia en el cálculo de la frecuencia de micro-núcleo en función de la dosis para la estimación con I-131 y los cálculos con la función determinada en este trabajo, sin embargo la diferencias son notoriamente menores cuando se calcula de frecuencia de micronúcleos con la función obtenida para los dicentricos en linfocitos irradiados con Co-60.

Los gráficos mostrados en las páginas que siguen denotan las curvas de ajuste y la ecuación de correlación entre las dosis de radiación y la frecuencia de MN detectadas en los pacientes, con distintas patologías. Es de destacar que se encuentran en proceso de evaluación 72 pacientes con diferentes patologías, con los cuales se espera la reducción de la incertidumbre y el aumento en la exactitud de la determinación de la Dosis al paciente con lo que se pretende una conclusión definitiva del presente trabajo.

CONCLUSIONES

La gran variabilidad de los datos y el valor de incertidumbre de clase B, hacen que la estimación de la dosis de radiación impartidas a pacientes de cáncer, tenga una incertidumbre asociada del 30 %, sin embargo se espera una reducción de dicha

incertidumbre a medida que aumente los datos sobre las dosis por fracción de los pacientes a incluir en la estadística.

Es decir manteniendo un mayor muestreo de pacientes y estimando la curva normal para un tratamiento protocolizado estándar se podría determinar la Dosis con una exactitud del orden de 10%, en situaciones de exposiciones normales de tratamiento.

En situaciones de exposición accidental en donde la tasa de dosis es sumamente mayor se espera una incertidumbre del 3% en la estimación de la dosis.

LITERATURA CITADA

- Baciuchka P.M., et al. 2002. Acentromeric micronuclei are increased in peripheral blood lymphocytes of untreated cancer patients. *Mutation Research.*, 520: 189-198p.
- Chandra J.G., et al. 2001. Evaluation of micronuclei frequency in the cultured peripheral blood lymphocytes of cancer patients before and after radiation treatment. *Mutation Research.*, 491: 9-16p.
- De Almeida Reis S., Ribeiro Do Espirito Santo A., Sadigursky M. 2006. *Cytologic Alterations*

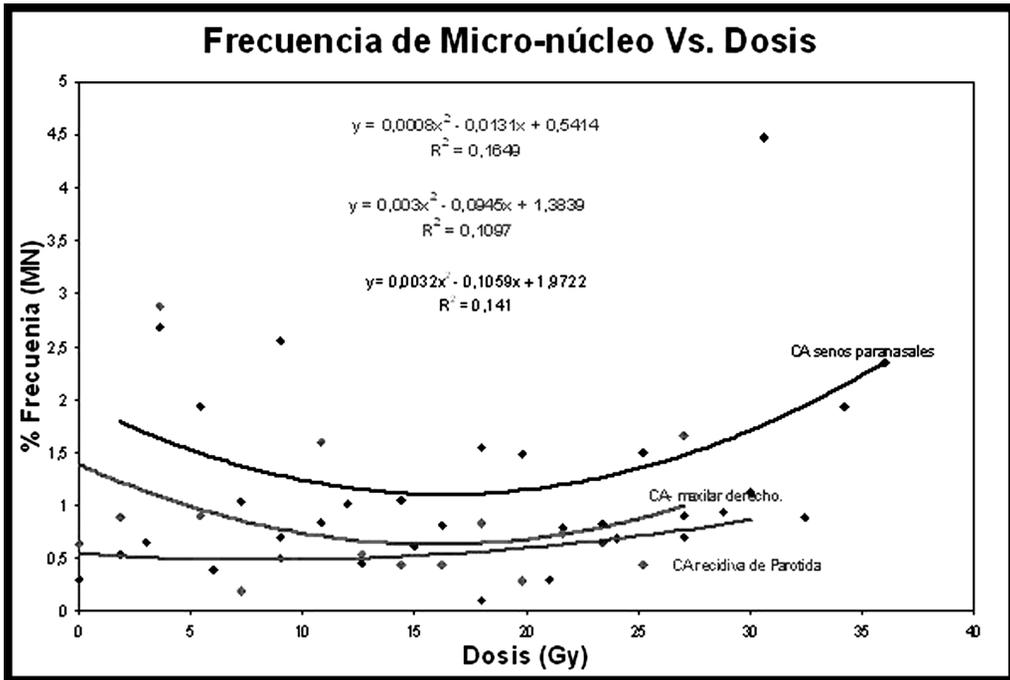


Gráfico 1. Curvas de tendencias que correlacionan las dosis de radiación con la frecuencia de micronúcleos contadas en las muestras bucales, para patologías de cabeza y cuello, con correlación alta.

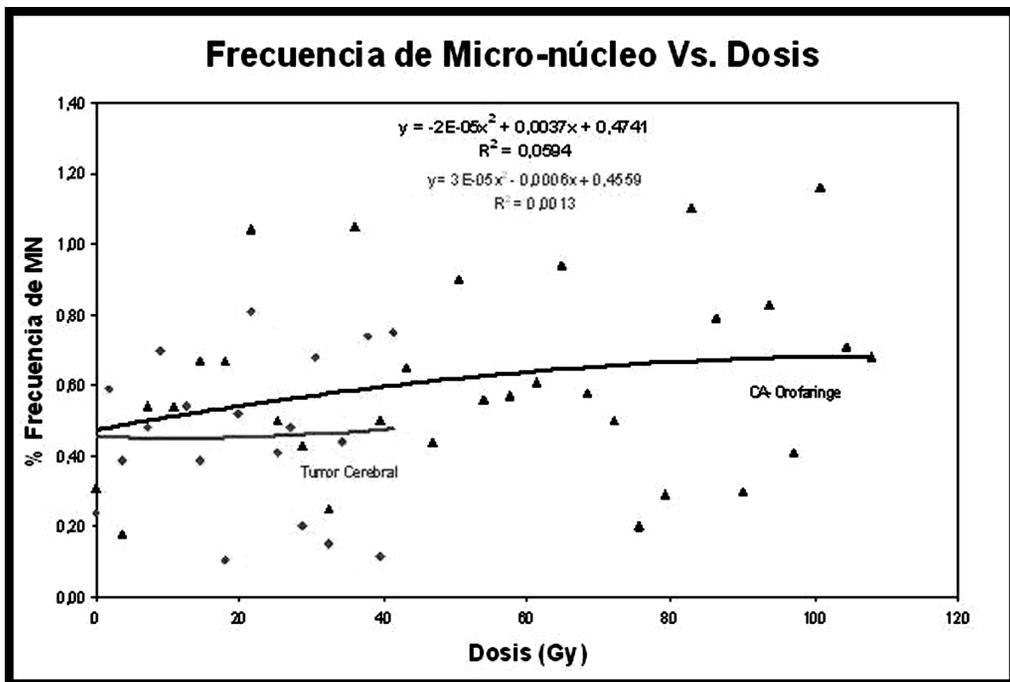


Gráfico 2. Curvas de tendencias que correlacionan las dosis de radiación con la frecuencia de micronúcleos contadas en las muestras bucales, para patologías de cabeza y cuello, con menor coeficiente de correlación.

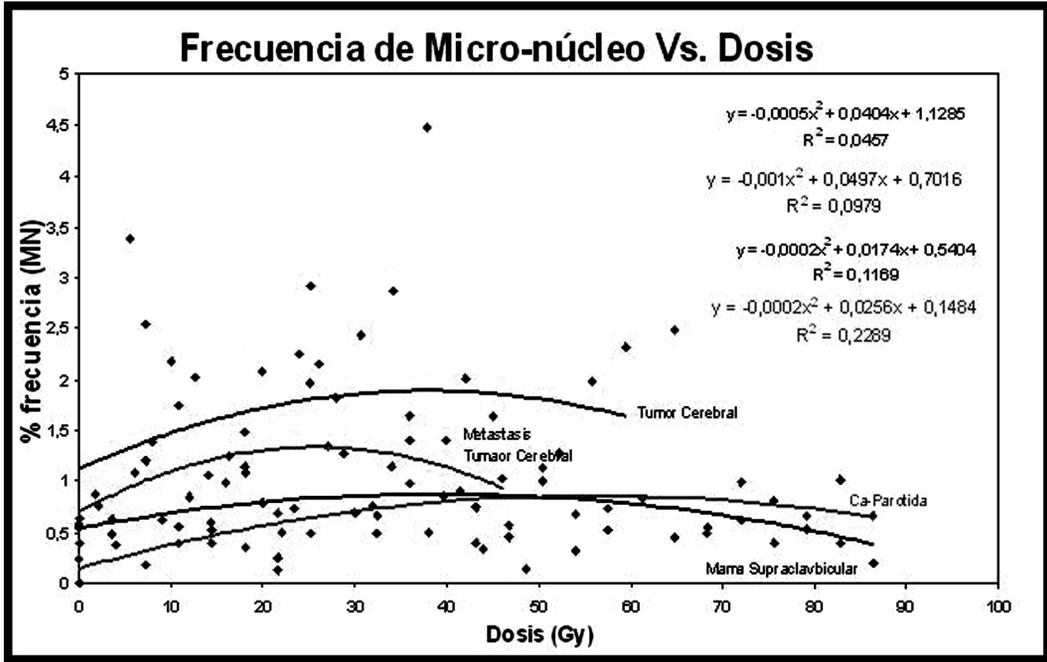


Gráfico 3. Curvas de tendencias que correlacionan las dosis de radiación con la frecuencia de micronúcleos contadas en las muestras bucales, para patologías de cabeza y tumor cerebral, con menor coeficiente de correlación.

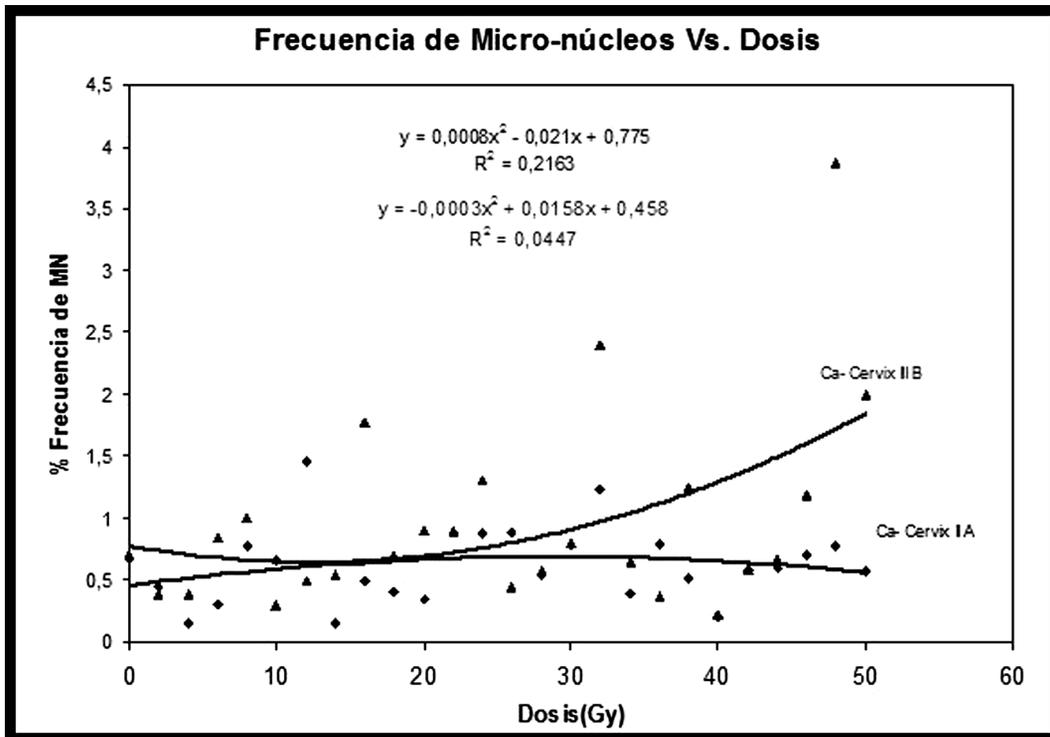


Gráfico 4. Curvas de tendencias que correlacionan las dosis de radiación con la frecuencia de micronúcleos contadas en las muestras bucales, para patologías de cérvix uterino, con menor coeficiente de correlación.

- in the oral mucosa after chronic exposure to ethanol. *J Oral Pathol Med.*, 20(2): 97-102p.
- Di Fiore M.S.H. 1975. *Diagnóstico Histológico*. 1ra Edición. Buenos Aires-Argentina: El ATENEO. 857p
- Eliana M., Minicucci, Pereira A. 2005. Cytogenetic Damage in Circulating Lymphocytes and Buccal Mucosa Cells of Head and neck Cancer patients Undergoing Radiotherapy. *J.Radat. Res*, 46 (2): 135-142.
- Galle P., Paulli R. 2003. *Manual de Biofísica: Radiobiología y Radiopatología*. Barcelona-España: Masson. 248p
- He J.L., et al. 2000. Comparative evaluation of the in vitro micronucleus test and the comet assay for the detection of genotoxic effects of X-ray radiation. *Mutation Research*. 46(9): 223-231p.
- International Atomic Energy Agency. 1986. *Biological Dosimetry: chromosomal Aberration Analysis for Dose Assessment*. Viena Austria: Technical Reports. 69p. Series N° 260.
- Jianlin L, Jiliang H., Wei Z. 2007. Investigating the genetic instability in the peripheral lymphocytes of 36 untreated lung cancer patients with comet assay and micronucleus assay. *Mutation Research*. 617: 104-110p.
- Lou Jianlin, He Jiliang, Jin Lifen. 2004. Measuring the genetic damage in cancer patients during radiotherapy with three genetic end-points. *Nutagenesis*. 19(6): 457-464p.
- Minodier S., et al. 2002. Cytogenetic monitoring of industrial radiographers using the micronucleus assay. *Mutation Research.*; 521: 37-46p.
- Muller W.U., et al. 2002. Does radiotherapy affect the outcome of the comet assay? *The British Journal of Radiology*. 75: 608-614p.
- Rached E., et al. 1998. No Predictive Value of the Micronucleus Assay for Patients with Severe Acute Reaction of Normal Tissue after Radiotherapy. *Eur J Cancer*. 34(3): 378-383p.
- Suhas S., et al. 2004 Application of the micronucleus test to exfoliated epithelial cells from the oral cavity of beady smokers, a high-risk group for oral cancer. *Mutation Research.*; 561:15-21p.
- Vallerga M.B., Cabrejas M, et al. 2006. Dosimetría Biológica de pacientes con carcinoma diferenciado de tiroides tratados con Yodo -13. In: *Congreso Americano del IRPA, 1, Acapulco, México, 2006*. International Radiation Association. 4-8p.

IMPLEMENTACIÓN DE UN NUEVO SISTEMA DOSIMÉTRICO PARA RADIOTERAPIA BASADO EN DOSÍMETROS FRICKE¹.

F. J. Gómez Grance², H. A. Melgarejo³, M. Godin⁴, R. Estigarribia⁵, M. Martínez⁶.

¹ Publicación Financiada por FaCEN y TERAPEUTY S.A.,² Laboratorio de Ciencia Radiológica e Imagenología-FaCEN-UNA,^{3, 4, 5} Clínica TERAPEUTY S.A.,⁶ Laboratorio de Calidad de Agua -FACEN-UNA.

RESUMEN: La determinación de las dosis de radiación impartida al paciente, se realiza mediante estimaciones de la dosis de referencia con una incertidumbre de al menos 3% en los mejores casos, esta dosimetría tradicional se efectúa con detectores denominados Cámara de Ionización. Por lo que la propuesta se basa, en el fenómeno de reacción de la soluciones de sulfato ferroso de amonio, que al ser expuesto a radiación ionizante, cambia la absorbancia en proporción directa con la magnitud de las dosis de radiación que reciba, constituyéndose en un dosímetro cuya utilización en Radioterapia se hace más frecuente. Como resultado del presente trabajo, podemos decir que la dosimetría FRICKE es menos exacta que la dosimetría con cámara de ionización, pero dicha dosimetría, puede ser utilizada como parámetro relativo a la dosimetría física tradicional. Sin embargo trabajos posteriores podrían mejorar la exactitud de los dosímetros FRICKE mediante el cambio del estado físico de la solución y la optimización en la preparación de la solución, conjuntamente con el aumento en la precisión y la exactitud del espectrofotómetro al medir la absorbancia.

Palabras clave: Radioterapia, Control de Calidad, Radiación Ionizante, Dosímetro.

ABSTRACT: The Determined radiation dose delivered to the patient, it is estimated by the reference dose with an uncertainty of 3% in the best cases; this is done with traditional dosimetry detectors called ionization chamber. This research is based on the phenomenon of the reaction of solutions of ferrous ammonium sulfate, which when exposed to ionizing radiation, the absorbance changes in direct proportion to the magnitude of the radiation dose received, due to this it becomes an useful dosimeter for radiotherapy being its use more frequent. As a result of this work, we can say that FRICKE dosimetry is less accurate than ionization chamber dosimetry, but such dosimetry can be used as a relative parameter to traditional physical dosimetry. However, further research could improve the accuracy of the FRICKE dosimeters by changing the physical state of the solution and optimize the preparation of the solution, together with increased precision and accuracy of the spectrophotometer, when measure the absorbance.

Key words: Radiotherapy, Quality Control, Ionizing Radiation, Densitometry

INTRODUCCIÓN

El tratamiento del cáncer, con radiaciones ionizantes experimenta un constante avance debido al desarrollo de nuevos equipos para impartir las dosis, lo mas exactas posibles, de modo a maximizar el daño al tumor y minimizar los daños a tejido sano.

Uno de los componentes más importantes del sistema de aplicación clínica de la radioterapia, es la medición de los parámetros de salida del equipo de Teleterapia, estos equipos pueden contener una fuente radiactiva como la de cobalto-60 (Co-60) o poseer Aceleradores Lineales de Partículas, los

cuales imparten las dosis de radiación.(Organismo Internacional de Energía Atómica, 2000)

Las dosis de radiación impartidas son calculadas mediante los parámetros de salida, de los cuales, el más importante y que condiciona las dosis absorbidas por el paciente, es la “dosis de referencia en agua” estimada por los distintos protocolos, sea del Organismo Internacional de Energía Atómica-OIEA o la Asociación Americana de Físicos Médicos-AAPM (Huq et al.,1999).

Por otra parte las dosis de referencia estimadas poseen una incertidumbre asociada, que en el me-

Por de los casos es del 3 %, con lo cual el error debe ser minimizado de modo a mantener un mayor margen de seguridad, para cumplir con esta premisa, se realizan controles cruzados con las cámaras de ionización, los cuales constituyen verificaciones redundantes que consisten en mediciones realizadas por varios profesionales (al menos dos), y también se utilizan detectores con principios físicos diferentes, como la termo-luminiscencia y el fenómeno de semiconducción de las cargas eléctricas en detectores sólidos (Organismo Internacional de Energía Atómica, 2000; Cunningham y Johns, 1983)

Además de las mediciones redundantes por parte de la propia clínica, el Organismo Internacional de Energía Atómica – OIEA conjuntamente con la Organización Panamericana de la Salud-OPS, poseen programas gratuitos de inter-comparación, con dosímetros termolumiscentes TLDs, los cuales son enviados a las clínicas anualmente (Organismo Internacional de Energía Atómica, 2005; Organismo Internacional de Energía Atómica, 1998)

El presente trabajo ofrece un método dosimétrico alternativo y fiable, mediante la solución Fricke, que al ser expuesta a radiación ionizante, cambia la absorbancia en proporción directa con la magnitud de las dosis de radiación que reciba, constituyéndose así en un sistema dosimétrico redundante.

Los dosímetros Fricke son utilizados en la determinación de dosis, en irradiadores industriales, los cuales se utilizan para esterilización de insectos e irradiación de alimentos, estos dosímetros poseen un rango de medición en esas prácticas del orden de 40-400 Gy (International Atomic Energy Agency, 1977).

La dosimetría Fricke ha demostrado poseer una reacción estable de oxidación-reducción, inducida por la exposición a las radiaciones ionizantes, también ha demostrado poseer versatilidad y facilidad de procesamiento de las lecturas con un bajo costo, por lo que estos factores hacen de esta alternativa una opción viable.

También se debe tener en cuenta que la reacción de oxidación-reducción que forman los iones, se puede activar con la iluminación de luz natural, por lo que se debe mantener la solución en lugares fres-

cos y oscuros. (Pedrosa et al., 2003)

Podemos definir la calibración del dosímetro por medio del factor “f” que determina la respuesta del dosímetro, en valores de absorbancia “A”, así este factor está dado por:

$$f = \frac{(A - A_0)}{D} \quad \text{Ec-1}$$

En donde A_0 es la absorbancia medida antes de que la solución sea irradiada, y D es la dosis de radiación impartida al dosímetro. (ZAVALA et al., 1985)

Además el factor “f” depende de la eficiencia o rendimiento (G) de los fotones de rayos gamma que interactúan con el dosímetro (ρ), la densidad del dosímetro (\bar{n}), el camino óptico recorrido (d) por la radiación UV que utiliza el espectrofotómetro, el coeficiente de extinción molar (k) a 305 nm y 25 °C, factores de conversión de volumen (b) y energía (ϵ), como también de la constante de Avogadro (N_A). (ZAVALA et al., 1985)

Así el factor f se puede escribir como:

$$f = \frac{N_A}{\rho \cdot G \cdot \epsilon \cdot d} \cdot \frac{b}{k} \quad \text{Ec-2}$$

En la ecuación 2, “G” se denomina rendimiento de interacción del fotón en la solución Fricke y su valor está medido en unidades del inverso de la energía del fotón (International Atomic Energy Agency, 1977).

Con este formalismo se realizaron las exposiciones de los dosímetros FRICKE con el maniquí desarrollado en el Laboratorio de Ciencias Radiológicas e Imagenología dependiente de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Asunción, para dicha irradiación se utilizó un Acelerador de 6 MU, para el que se mantiene un programa de Calidad adecuado en la Clínica de Radioterapia Terapeutix S.A.

MATERIALES Y MÉTODOS

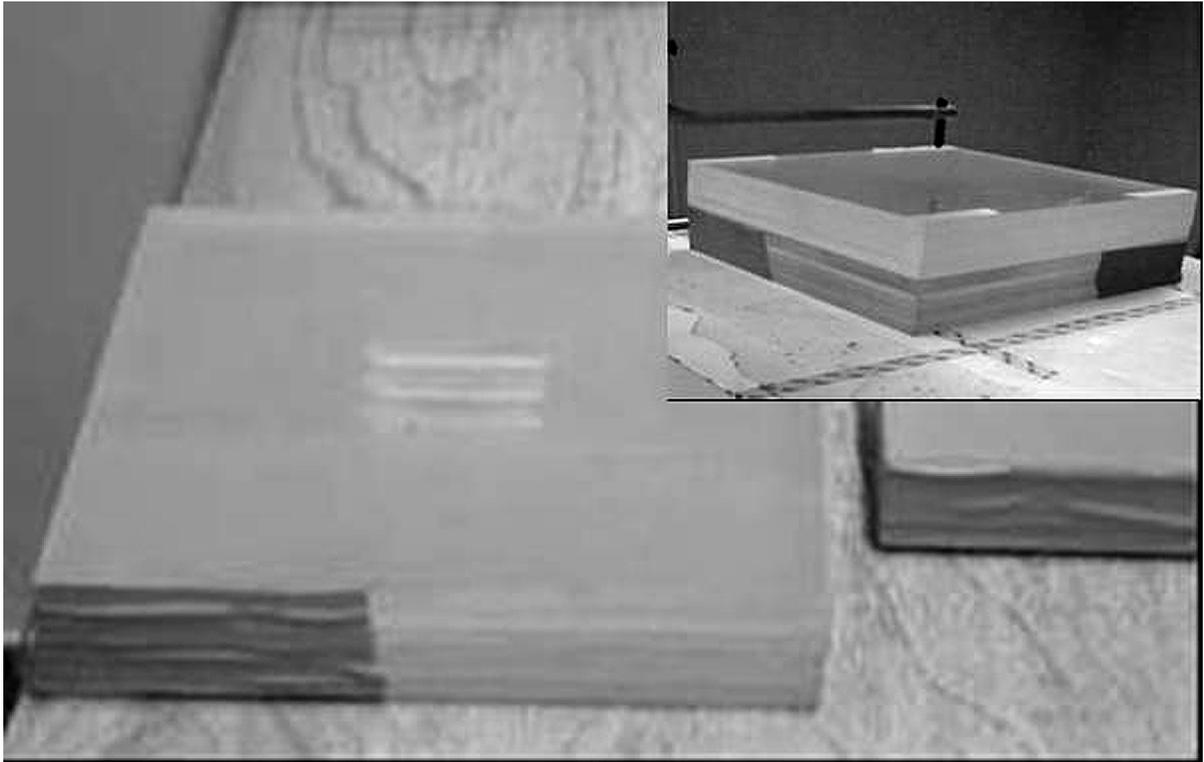


Figura 1. Maniquí equivalente a agua construido en FACEN, con tres ranuras para el posicionamiento de las cápsulas dosimétricas.

De manera a realizar la mejor estimación de las dosis de radiación impartidas en la Clínica, se procedió a:

- I- La construcción del maniquí equivalente a agua y las cápsulas dosimétricas.
- II- Preparación de la Solución Fricke.
- III- El control de calidad del espectrofotómetro.
- IV- La irradiación de soluciones Fricke en condiciones de referencia.
- V- Mediciones de Absorbancia con el espectrofotómetro.

Los dosímetros no pueden ser irradiados en el aire debido a la necesidad de atenuación bajo la condición de equilibrio electrónico (CEP) de los electrones secundarios y Build-Up (Padgorsak, 2005), además, los dosímetros en estado líquido, están contenidos en un recipiente, el cual sería muy grande si pensamos en la atenuación necesaria, por tal motivo se procedió a:

I- Construcción del maniquí equivalente a agua y las cápsulas dosimétricas.

Para la construcción del maniquí equivalente a agua se realizó el siguiente cálculo.

- Se considera la ecuación de atenuación de haces de fotones, bajo condiciones de haz fino (PADGORSK, 2005)

$$I = I_0 e^{-\mu X} \quad \text{Ec-3}$$

- El coeficiente de atenuación másico relativo agua-acrílico, obtenido de la Tabla I-I referencia (International Atomic Energy Agency, 1977).

$$\left[\frac{\mu_{en}}{\rho} \right]_{a/p} = 1,04 \quad \text{Ec-4}$$

- La condición de misma atenuación de la dosis:

$$\left[\frac{\mu_{en}}{\rho} \right]_{a/p} = \frac{d_p}{d_a} = 1,04 \quad \text{Ec-5}$$

- La densidad nominal del acrílico: Ver referencia (International Atomic Energy Agency, 1977) cuadro 21.

$$\rho_p = 1,190 \text{ g/cm}^3$$

- El espesor másico del agua:

$$d_a = 1 \text{ g/cm}^2$$

- Con la Ec-5 se calcula el espesor másico del acrílico:

$$d_p = 1,04 \text{ g/cm}^2$$

Y teniendo en cuenta la profundidad de referencia en agua: $d'_p = 5 \text{ cm}$., ver referencia (Organismo Internacional de Energía Atómica, 1998) cuadro VII, se calculó el espesor de acrílico equivalente a 5 cm de agua:

$$e = \frac{d'_p}{\rho_p} \approx 4,4 \text{ cm} \quad \text{Ec-6}$$

Por tanto la parte superior del maniquí posee 4 cm de espesor, más la parte intermedia 0,5 cm y el inferior 10,5 cm. Entonces las dimensiones finales del cubo de acrílico son de 25 cm x 25 cm y 15 cm de altura. Dicho cubo fue construido con láminas acrílicas de 1 cm de espesor y 25 cm x 25 cm de superficie, como se muestra en la Figura 1

Para el posicionamiento de los dosímetros se efectuó tres aberturas en el acrílico de modo a ubicar las cápsulas del dosímetro en una posición fija respecto al maniquí, como se muestra en la figura 1.

Las cápsulas de los dosímetros están hechas de

material plástico con un espesor de 1 mm y fueron envueltas con una lámina opaca a la luz natural, de modo a reducir el ruido debido a las recombinaciones estimuladas por dichos fotones.

II- Preparación de la solución Fricke.

La preparación del dosímetro se realiza disolviendo 0,392 g de sulfato ferroso de amonio ($(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_6\text{H}_2\text{O}$) y 0,0585 g de NaCl en 12,5 ml. H_2SO_4 0.8N a 25 °C. Esta solución no es completamente estable, sin embargo se puede guardar por 9 semanas en botellones acaramelados a temperatura de 15°C a 20 °C (International Atomic Energy Agency, 1977).

Se debe preparar además una solución patrón de modo a obtener el coeficiente de extinción de la sustancia o que es lo mismo su absortividad.

La solución "master" o solución patrón debe tener una absorbancia aproximadamente de 4, para preparar dicha solución es necesario pesar 100 mg de hierro puro en polvo [pro análisis-p.a.], colocando luego en un frasco volumétrico de 1000 ml de cuello largo calibrado. Luego se adiciona 60 ml de agua destilada y 22,5 ml de ácido sulfúrico concentrado [densidad de 1,84 g/ml], se calienta lentamente hasta que se disuelva completamente el alambre de Fe y se disipe el humo blanco.

Con el frasco invertido se deja enfriar la solución, se debe recordar que durante el calentamiento, enfriado y reflujo, el cuello del frasco permaneció a 45° para evitar la pérdida de solución por borboteo.

III- Control de calidad del Espectrofotómetro.

Es posible chequear las longitudes de onda detectadas por el espectro fotómetro de la Shimadzu Modelo: UV-160A, mediante dos procedimientos:

- Mediante una lámpara de mercurio estándar, que emite fotones de longitudes de onda específica en el rango visible y de UV.
- Mediante una lente que filtre determinadas longitudes de onda.

Se puede controlar la absorbancia [densidad

Longitud de Onda (nm)	Máximo y Mínimo	Coefficiente de Extinción ($\text{g}^{-1}\text{cm}^{-1}$)	Absorbancia ($0,055\text{g}/\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)
235	Mínimo	12,5	0,687
257	Máximo	14,5	0,797
313	Mínimo	4,5	0,270
350	Máximo	10,7	0,588

Tabla I. Valores de la escala estándar de la absorbancia del Dicromato de Potasio (International Atomic Energy Agency, 1977).

óptica]; mediante la verificación de la longitud de onda que está emitiendo la lámpara.

Para ello se chequea la escala de la absorbancia o la densidad óptica de una solución estándar [Dicromato de Potasio], la cual se prepara mediante la dilución de 10 ml de ácido sulfúrico en 1000 ml de agua destilada (International Atomic Energy Agency, 1977).

Luego se vierte 500 ml de agua destilada en un recipiente limpio de 1000 ml de capacidad. Se mezcla 35 ml del ácido sulfúrico disuelto con 500 ml de agua del recipiente. Se disuelve 55 mg de dicromato de potasio [p.a.] con la solución del mismo frasco. Cualquier cantidad entre 60 y 50 mg de dicromato de potasio puede ser utilizada pero debe conocerse el peso con una precisión de 0,1 mg. (International Atomic Energy Agency, 1977).

Por último se llena el frasco justo por debajo de la marca calibrada y se deja estabilizar la solución a una temperatura constante, determinada mediante un termómetro calibrado, luego se llena con agua destilada hasta la marca y se mezcla meticulosamente hasta que esté lista para su uso.

La absorbancia, "A" de la solución de dicromato de potasio puede calcularse [utilizando como solución blanco la solución acuosa del ácido sulfúrico] mediante la fórmula:

$$A = a \cdot c \cdot d \quad \text{Ec-7}$$

donde:

"a" se denomina coeficiente de extinción dado en [$\text{g}^{-1}\text{cm}^{-1}$], ver Tabla I

"c" es la concentración de dicromato de

potasio en ácido sulfúrico [g^{-1}]
 "d" es el camino óptico de la cubeta utilizada [cm.]

Se utiliza el Dicromato de Potasio como estándar debido a la estabilidad de dos picos máximos y dos picos mínimos cuyos coeficientes de extinción y absorbancia se observan en la Tabla I.

Para realizar las medidas y controlar el ajuste de la perilla de selección de longitudes de onda, se procede de la siguiente forma:

- i. Se selecciona con el selector la longitud de onda 235 nm.
- ii. El selector de transmitancia se ajusta a 0% con la cubeta de referencia oscura.
- iii. Se ajusta a 100 % de transmitancia quitando la cubeta de referencia y dejando vacía la misma.
- iv. Se carga el dicromato de potasio en la cubeta y se analiza en el espectrómetro anotando el valor de la transmitancia.
- v. Se selecciona nuevamente la longitud de onda a 4 nm por encima y debajo de 235 nm y se mide en los dos casos.
- vi. Se repite los pasos desde el ii al v con el selector de longitudes de onda a 257 nm, en 313 nm y 350 nm.
- vii. Para que el equipo esté dentro del rango de tolerancia los valores nominales deben encontrarse dentro del 2%.
- viii. De no estar en conformidad con el paso vii los valores de lectura deben efectuarse con más detalle y son desechadas aquellas medidas fuera de la media.

Tipo de haz	Calidad	Profundidad de referencia	Distancia fuente superficie	Tamaño de campo.
<i>Rx de alta energía</i>	<i>TPR 20/10 < 0,70</i>	<i>5 cm</i>	<i>100 cm</i>	<i>10 cm x 10 cm</i>

Tabla II. condiciones de referencia para la calidad del haz de irradiación (Organismo Internacional de Energía Atómica, 1998).

IV- Irradiación de soluciones Fricke en condiciones de referencia.

Una vez diseñado y construido el maniquí para efectuar la irradiación de los dosímetros Fricke, se procedió a la puesta en marcha del setup de irradiación, teniendo en cuenta el equipamiento disponible para la irradiación, en ese sentido las dosis de radioterapia son calculadas en relación a una dosis de referencia medida en un maniquí de agua, con parámetros estándares y característicos de la energía del haz de radiación, en este caso se utiliza un acelerador de electrones que mediante la interacción con un filtro aplanador produce haces de fotones de 6 MeV. (Padgorsak, 2005)

Las condiciones de referencia de medición se muestran en la Tabla II:

Para impartir las dosis establecidas de 60, 50, 30, 10 Gy, se irradiaron los dosímetros en condiciones de referencia, es decir a distancia fuente-superficie de 100 cm con las cápsulas dosimétricas en el isocentro.

Estas condiciones fueron simuladas con el maniquí controlando la calidad del haz, y manteniendo la distancia fuente-superficie y el tamaño de campo.

Se irradian los dosímetros con dosis de 60 Gy, 50 Gy, 30 Gy y 10 Gy con exposiciones escalonadas de 999 UM hasta alcanzar las unidades monitor necesarias respectivamente.

Luego de la irradiación de cada grupo de dosímetro se retira del cuarto de irradiación y se ingresa los otros dosímetros para irradiar.

Terminada la irradiación en la Clínica se procedió a las lecturas de la absorbancia en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, con el espectrofotómetro Shimadzu-Modelo: UV-160A.

Con los valores medidos y el cálculo del coeficiente de extinción de la solución, se determinaron las dosis absorbidas para cada irradiación.

Se debe destacar que a los dosímetros para irradiar acompañan tres dosímetros denominados blancos, que determinan el fondo de la absorbancia, pues están sometidos a las mismas condiciones ambientales de los dosímetros irradiados.

V- Mediciones de Absorbancia con el espectro fotómetro.

Las mediciones de absorbancia del dosímetro y de la solución patrón se realiza con un espectrofotómetro, empleando una cubeta de cuarzo de camino óptico igual 1 cm e iluminado con luz de longitud de onda igual a 305 nm, fue necesario entonces, determinar el coeficiente de extinción de la solución patrón, y utilizar este coeficiente en el cálculo de la dosis que produce la variación de absorbancia.

Con las mediciones obtenidas se realizó la mejor estimación del coeficiente de extinción cuyo valor medido fue de: $2652,8 \text{ g}^{-1}\text{cm}^{-1}$.

Los demás valores considerados para la estimación de las dosis son:

N° de Avogadro: $N_A = 6,022 \times 10^{23}$

Densidad de la solución: $\rho = 1,024 \text{ g/cm}^3$

Rendimiento químico de irradiación " G " = $15,2 \times 10^{-2} \text{ eV}^{-1}$

Camino óptico = 1 cm

Factor de conversión de energía E: $1,602 \times 10^{-14}$

Factor de conversión de volumen K: 10^3 .

Con el coeficiente de extinción y la medida de absorbancia se determinó la dosis absorbida en los dosímetros:

Curva del coeficiente de extinción			
C	ABS.	Relación	
1	0	0	
2	1	0,032	0,032
3	2	0,068	0,034
4	5	0,183	0,037
5	7	0,257	0,037
6	10	0,372	0,037
7	15	0,567	0,038
8	20	0,759	0,038
9	25	0,943	0,038

Coeficiente de Extinción 2652,8

Tabla III. Valores de concentración vs. Absorbancia y el valor del coeficiente de extinción.

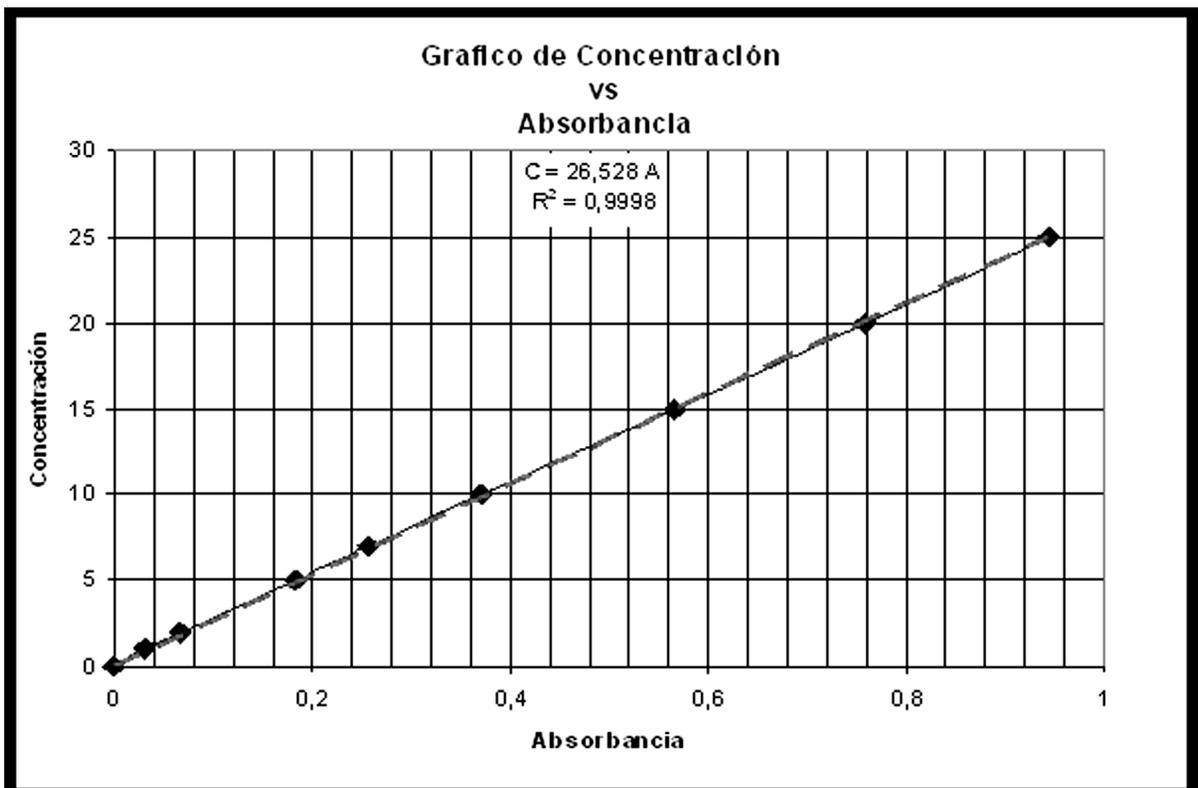


Gráfico 1. Línea de tendencia del análisis de regresión lineal, de la concentración de la solución Fricke y la absorbancia.

$$D = \frac{Na \times E}{K\rho_F G\epsilon\lambda} \Delta A \quad \text{Ec-9}$$

donde ΔA es la variación de absorbancia antes y después de irradiar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La medición de la absorbancia de los dosímetros se realiza mediante el valor del coeficiente de extinción de la solución Fricke.

Para la determinación del coeficiente de extinción (luego de la prueba de calidad del espectrofotómetro) se preparó diferentes alícuotas con diferentes concentraciones de la solución patrón, y se realizaron medidas de absorbancia para cada concentración, determinándose mediante la pendiente de la curva el coeficiente de extinción mostrado en la Tabla III

Con los datos de absorbancia y concentración se puede graficar la concentración en función de la absorbancia.

Una vez obtenida el valor del coeficiente de extinción, se realizó la irradiación de los dosímetros,

los cuales fueron irradiados en grupos de tres dosímetros, en quince oportunidades, y luego fueron medidos en el espectrofotómetro de la FaCEN, con lo cual se calculó las dosis de radiación, las cuales se muestra en la Tabla IV.

Como puede observarse en la Tabla IV, la diferencia porcentual con los valores de dosis teóricos es muy alta y no son suficientemente precisos para la dosimetría necesaria en Radioterapia.

En el Gráfico 2 podemos notar que la diferencia porcentual es de 15 % para el 95% de los valores estimados y solo el 5 % de ellos tienen un error porcentual de 20 % o más.

Parte de los errores en estimación de las dosis son debidos a los resultados obtenidos en el control de calidad del espectro fotómetro, que demostraron una falta de calibración y de constancia de dicho instrumento, como se observa en la tabla V.

Otro aspecto por el cual el error porcentual es muy elevado se debe al diseño del maniquí con las láminas de acrílico, pues entre láminas existe aire, cuyo efecto no se ha tenido en cuenta.

Las estimaciones de las dosis suministradas al dosímetro, mediante la medida de la absorbancia

Nº Prueba	Dosis Teórica Suministrada (Gy)	Dosis Medida(Gy)	Diferencia %
1	50	42,55	-14,9
2	30	25,56	-14,8
3	50	50,76	1,5
4	30	35,52	18,4
5	10	10,77	7,7
6	50	49,22	-1,6
7	30	24,83	-17,2
8	30	25,78	-14,1
9	60	48,17	-19,7
10	60	50,35	-16,1
11	60	48,57	-19,0
12	60	44,22	-33,6
13	60	39,86	-18,6
14	60	48,81	-12,3
15	60	52,61	-12,3

Tabla IV. Valores de dosis calculadas a partir de las medidas de absorbancia promediadas de cada grupo de dosímetros.

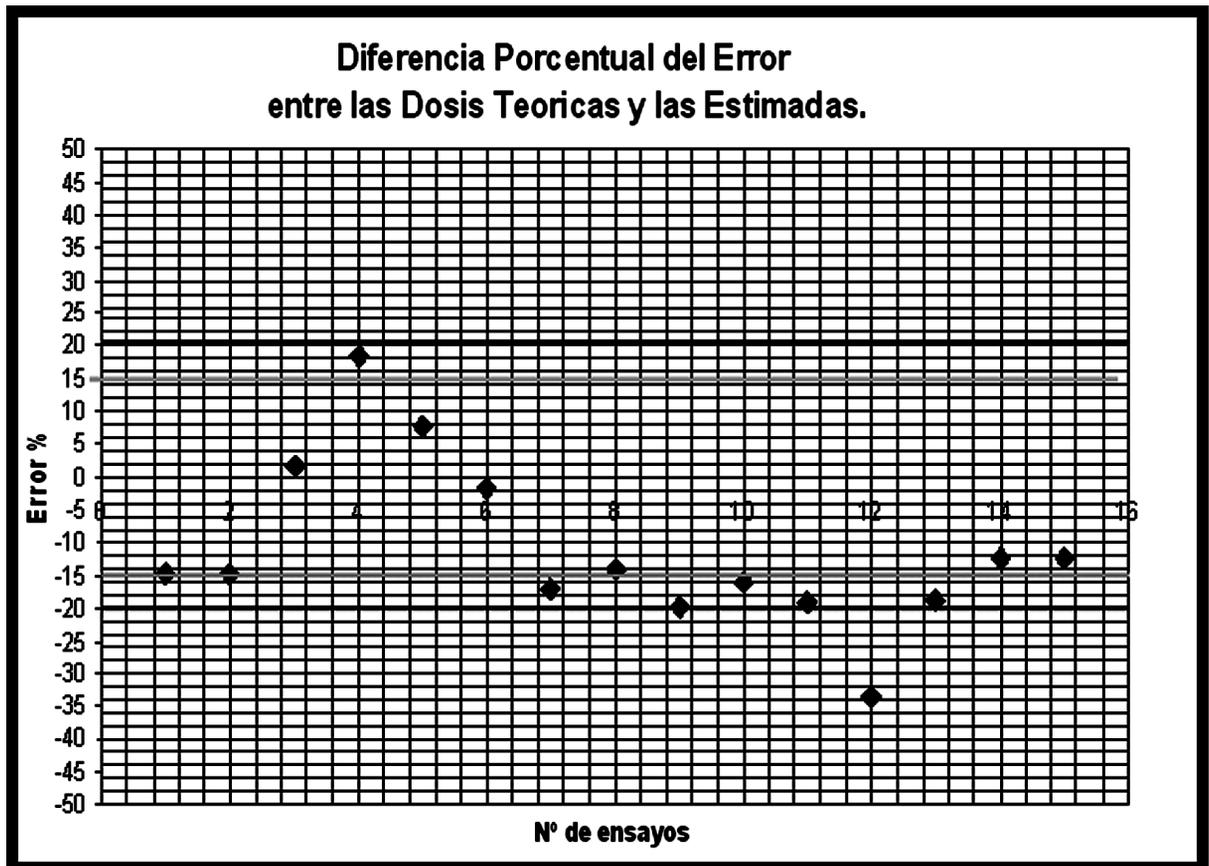


Gráfico 2. Valores de la diferencia porcentual se puede notar una gran tendencia a sobre estimar las dosis de radiación, dentro del 20% de error relativo.

de la solución Fricke, a demostrado ser una alternativa para establecer una dosimetría relativa y de referencia, sin embargo debido a la variabilidad de los valores estimados y el error relativo del 20%, se considera que ésta dosimetría *no podría* ser utilizada como una dosimetría absoluta, teniendo en cuenta que la dosimetría con cámara de ionización tiene una exactitud del 3%.

Sin embargo una optimización de los controles de calidad del espectrofotómetro y de la construcción del maniquí podría cambiar dicha afirmación.

Por otra parte se estima que cambiando el estado de la solución y la calidad del haz para la irradiación, como por ejemplo un haz de electrones y no de fotones, podría cambiar el rendimiento de interacción "G", del fotón o la radiación involucrada en la solución, lo cual resultaría en estimaciones

más exactas.

CONCLUSIONES

Las dosis de radiación así estimadas mediante este sistema verifica la necesidad de realizar nuevas investigaciones referentes a aumentar el rendimiento de interacción "G", aun así dicho sistema se constituyen un sistema redundante aunque no absoluto del control de Dosis que se aconseja realice una instalación de Radioterapia.

LITERATURA CITADA

Padgorsak, E.B. 2005. «Radiation Oncology Physics: a handbook for Teachers and students». Vienna-Austria: International Atomic Energy Agency. 657p.

<i>Valores medidos de Transmitancia y Valores calculados de ABSORBANCIA y COEFICIENTE DE EXTINCIÓN</i>						
<i>Longitud de Onda</i>	<i>Coefficiente de Extinción</i>	<i>Absorbancia</i>	<i>Transmitancia Medida</i>	<i>Coefficiente de Extinción Calculados</i>	<i>Absorbancia Calculada</i>	<i>Error %</i>
235	12,5	0,687	18,3	13,4	0,738	7,2
257	14,5	0,797	15,4	14,7	0,812	1,4
313	4,5	0,270	50,5	5,39	0,297	19,8
350	10,7	0,588	24,9	11	0,604	2,8

Tabla V. Valores de absorbancia para diferentes longitudes de onda, el error porcentual no debió pasar el 2%.

- Pedrosa G.A.C.; Dantas C.C.; Campos C.A. 2003. *Análise de Medições com Dosímetro Fricke*. Sociedade Brasileira de Metrologia (EBM). Recife: Pernambuco, 1-5p.
- Huq, M.S.; Hossain, M.; Andreo, P. 1999. A comparison of the AAPM TG51 protocol and the IAEA absorbed -dose-to water based Code the Practice for dosimetry calibration of high energy photon beams. , *Med. Phys.*, 26: 1153p.
- International Atomic Energy Agency. 1977. *Manual of Food Irradiation Dosimetry*. Vienna: Technical Reports. 159 p. Serie Nº 178.
- Zavala, J.L.; Fierro, M.M.; Schwarz, A.J. et al. 1985. *Dosimetry Practice For Irradiation of the Mediterranean Fruit Fly*. Chiapas-México: IAEA-SM 272/36. Dirección General de Sanidad Vegetal, Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos Metapa. 22-30 p.
- Cunningham, J.; Johns, H. 1983 *The Physics of Radiology* ;4ª Ed. Springfield: Charles C Thomas, Publisher. 796 P.
- Organismo Internacional de Energía Atómica. 1998. *Determinación de la Dosis Absorbida en haces de fotones y electrones*. ; Viena-Austria: Colección de Informe Técnico. 102 p. Serie Nº: 277
- Organismo Internacional de Energía Atómica. 2000. *Aspectos Físicos de la Garantía de Calidad en Radioterapia: Protocolo de Control de Calidad* Austria: IAEA-TECDOC. 135 p. Serie Nº 1151.
- Organismo Internacional d Energía Atómica. 2005. *Determinación de la Dosis Absorbida en Radioterapia con haces externos* Viena-Austria: Colección de Informe Técnico. 229 p. Serie Nº 398.

Reportes Científicos de la FACEN



ÍNDICE DE CONTENIDOS

Vol. 1, N° 1

2010

- 3-9 **Caballero, N.B.; A.E. Croce y C.J. Cobos.** Estudio Cinético de la Reacción $\text{CF}_2 + \text{CF}_2 + \text{He} \rightarrow \text{C}_2\text{F}_4 + \text{He}$ A 296 K
- 10-19 **Cacciali, P.** Distribución y afinidades biogeográficas de la familia Gymnophthalmidae de Paraguay (Reptilia: Sauria)
- 20-29 **Morales, C. y R. Cardozo.** Evaluación de la importancia del Bañado Tacumbú (Asunción - Paraguay) para la conservación de las aves acuáticas
- 31-39 **Molinas F., C.** El rendimiento académico de los estudiantes de la FaCEN: una metodología para su medición.
- 40-55 **Rojas, H.** Calidad de agua del embalse de Yacyretá en la cota de 76 metros sobre el nivel del mar
- 56-79 **Cabañas Duarte, F.; C.E. Molinas Fernandez; M.S. Cabral de Bejarano y J.N. Mancuello de Alum.** 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
- 80-89 **Gómez Grance, F.J.; V. Fernandez; G. Guggiari; T. Resquin; F. Cabañas Duarte; A. Gómez y J. Alfonso.** Dosimetría biológica basada en la detección de micronúcleos en pacientes expuestos a cobaltoterapia en Paraguay
- 90-99 **Gómez Grance, F. J.; H.A. Melgarejo; M. Godin; R. Estigarribia y M. Martinez.** Implementación de un nuevo sistema dosimétrico para radioterapia basado en dosímetros Fricke