



REPORTES CIENTÍFICOS

D E L A F A C E N

ISSN 2078-399X (impreso)

ISSN 2222-145X (online)

Volumen 6

Número 2

2015

El Niño/Oscilación del Sur (ENOS) El Niño/Oscilación del Sur (ENOS)

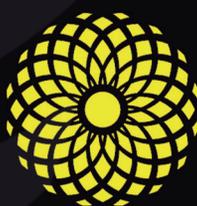
Modelización de la radiación ultravioleta tipo B total en la ciudad de San Lorenzo
- Paraguay

Caracterización espectroscópica y termoquímica del C_2Cl_4 de interés medioambiental.

Modelo para identificar desarrollo de competencias profesionales para el mercado
actual: el caso de la carrera de Tecnología de Producción - UNA

Hallazgo de areniscas columnares en la ciudad de Limpio, Paraguay

Tierras malas ("Badlands") del Pleistoceno en la zona de Ypané, departamento
Central



FACEN

Facultad de Ciencias
Exactas y Naturales

25 AÑOS

1990 - 2015

57 AÑOS DE HISTORIA

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

REPORTES CIENTÍFICO DE LA FACEN



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

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN

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

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

Prof. Constantino Nicolás Guefos Kapsalis, MAE
Decano

Dirección Web

www.facen.una.py

REPORTES CIENTÍFICOS DE LA FACEN

Dirección postal

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

Teléfono/Fax

595 21 585600

E-mail

reportescientificos@gmail.com

Dirección web

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

Revista indexada a:

Latindex y SciELOParaguay

Editor en Jefe

Dr. Miguel Ángel Vazquez – FACEN-UNA

Comité Editorial

Dra. Celeste Vega – CEDIC

Dra. Miriam Rolon – CEDIC

M.Sc. Andrea Weiler – FACEN – UNA

M.Sc. Gladys Ortiz – FACEN – UNA

M.Sc. Cristina Morales – Guyrá Paraguay

Dr. Alberto Yanoski – Guyrá Paraguay

Dra. Antonieta Rojas de Arias – OPS-PY

Dr. Robert Owen – Texas Tech University – USA

Dr. Julio Daviña – UNAM – Argentina

Dra. Ana Honfi – UNAM – Argentina

Dr. Carlos J. Cobos – INIFTA-UNLP – Argentina

Dr. Sebastián Simondi – FCEN-UNC – Argentina

Dra. María Paula Badenes – INIFTA-UNLP – Argentina

Dra. Larisa Bracco – INIFTA-UNLP – Argentina

M. Sc. Fernando Giménez Sena – FACEN-UNA

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

Dr. Ángel Vara Vela – IAG – USP – Brasil

Dr. Anselmo Mc Donald – ICG – Panamá

Dr. José Seguinot – UPR – Puerto Rico

Dr. Javier Alcides Galeano Sánchez – FACEN-UNA

Dr. Bolívar Rafael Garcete Barrett – FACEN-UNA

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

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

M.Sc. Gabriel Figueredo Rodas – FACEN-UNA

Lic. Nery López Acosta – FACEN-UNA

Lic. Sonia Mabel Molinas Ruiz Díaz – FACEN-UNA

Diseño de tapa

César Arce

Rep. cient. FACEN	San Lorenzo (Paraguay)	Vol. 6, Nº 2	julio-diciembre de 2015	ISSN 2078-399X (versión impresa) ISSN 2222-145X (versión online)
-------------------	------------------------	--------------	----------------------------	---------------------------------------------------------------------

REPORTES CIENTÍFICOS

DE LA FACEN

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Rep. cient. FACEN	San Lorenzo (Paraguay)	Vol.6, Nº 2	julio-diciembre de 2015	ISSN 2078-399X (versión impresa) ISSN 2222-145X (versión online)
-------------------	------------------------	-------------	-------------------------	---------------------------------------------------------------------

EDITORIAL

- 3-4 **Miguel Ángel Vázquez.** El Niño/Oscilación del Sur (ENOS).

ARTÍCULOS ORIGINALES

- 5-21 **César Daniel Amarilla.** Modelización de la radiación ultravioleta tipo B total en la ciudad de San Lorenzo - Paraguay.
- 22-31 **María Liz Ferreira & María Eugenia Tuccheri.** Caracterización espectroscópica y termoquímica del C₂Cl₄ de interés medioambiental.
- 32-41 **Ángel Basilio Ibáñez Mendoza.** Modelo para identificar desarrollo de competencias profesionales para el mercado actual: el caso de la carrera de Tecnología de Producción - UNA.
- 42-46 **Y. Bogarín, R. Celabe & M. Gadea.** Tierras malas ("Badlands") del Pleistoceno en la zona de Ypané, departamento central.

COMUNICACIONES CORTAS

- 47-48 **C. Alegre, F. Argüello, C. Colmán, A. Estigarríbia, V. Filippi, M. Gadea, F. González, G. González, A. Paciello, A. Rojas, G. Rotela, N. Salinas, M. Sánchez & C. Solalinde.** Hallazgo de areniscas columnares en la ciudad de Limpio, Paraguay.

COMUNICADOS DEL CUERPO EDITORIAL

- 49-56 Guía para la presentación de artículos científicos en la revista "Reportes Científicos de la FaCEN".



EDITORIAL

EL NIÑO/OSCILACIÓN DEL SUR (ENOS)

El Niño/Oscilación del Sur (ENOS) es un fenómeno natural acoplado entre la atmósfera y el océano, la interconexión de la presión atmosférica sobre el Pacífico oriental con la presión atmosférica sobre la parte oriental del océano Índico, es conocida como la Oscilación del Sur (OS), se caracteriza por un cambio en el suministro energético desde el océano hacia la atmósfera, que origina grandes cambios en los importantes sistemas de vientos y afectando los regimenes de lluvias en forma anómala. El Niño y La Niña son los componentes oceánicos, mientras que la Oscilación del Sur es el componente atmosférico, y ambos dan origen al término El Niño/Oscilación del Sur¹.

El fenómeno ENOS comprende tres fases: El Niño, La Niña y una fase neutra. El Niño es un término que usaron por primera vez, en el siglo XIX, los pescadores de Perú y Ecuador para referirse a las aguas inusualmente cálidas, causantes de una reducción de sus capturas, que observaron justo antes de Navidades. Los episodios de El Niño suelen empezar a mediados de año con un calentamiento a gran escala de las aguas de superficie en la parte central y oriental del Pacífico ecuatorial y cambios de la circulación atmosférica tropical (es decir, el viento, la presión y la precipitación). En general, El Niño ocurre cada cuatro a siete años y puede durar entre 9 hasta 18 meses.

El fenómeno opuesto de El Niño en el ciclo del ENOS se conoce como La Niña y se trata del enfriamiento a gran escala de las temperaturas de la superficie del océano en la misma región del Pacífico ecuatorial, sumado a una inversión de las condiciones de la atmósfera por encima del océano. El fenómeno La Niña o episodios de frío, produce las variaciones climáticas opuestas a las de El Niño.

Las fluctuaciones de las temperaturas oceánicas durante los episodios de El Niño y La Niña van acompañadas de fluctuaciones aún mayores de la presión del aire que se conocen como Oscilación del Sur. Se trata de un movimiento de vaivén, de este a oeste, de masas de aire, entre el Pacífico y la región australiana.

Esos cambios de la circulación atmosférica son consecuencia de la variación de las temperaturas de la superficie de los océanos y, al mismo tiempo, tienen su influencia en las pautas de las temperaturas oceánicas características de El Niño o La Niña.

La fase negativa de la Oscilación del Sur ocurre durante los episodios de El Niño y en ella se da una presión del aire anormalmente alta, que se anota sobre Indonesia, y una presión del aire anormalmente baja que se registra sobre la parte central y/u oriental del Pacífico tropical.

En un episodio de El Niño los vientos alisios superficiales a poca altura, que normalmente soplan de este a oeste a lo largo del ecuador (vientos del este), se debilitan o, en algunos casos, empiezan a soplar en la dirección opuesta.

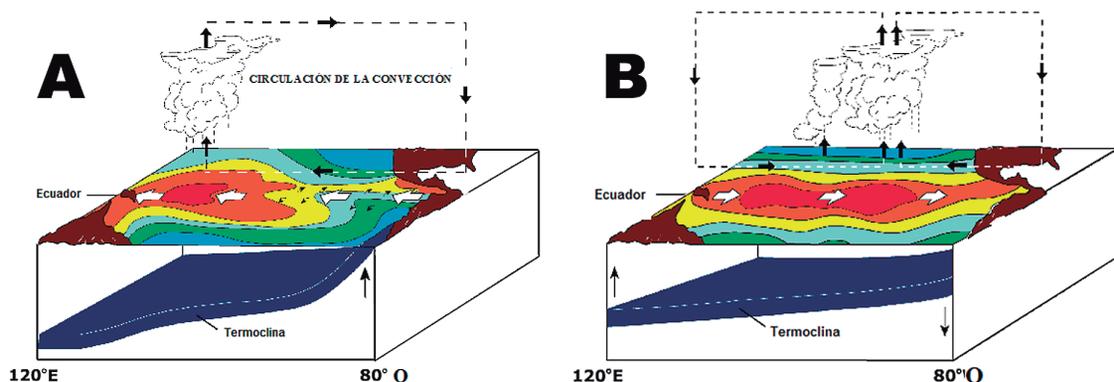


Figura 1. Condiciones climáticas normales y durante el fenómeno de El Niño. **A)** Condiciones normales del fenómeno ENOS. **B)** Condiciones de formación del fenómeno El Niño. Adaptados del NCEP (<http://www.noaa.gov>).

La fase positiva de la Oscilación del Sur ocurre durante los episodios de La Niña y en ella se da una presión del aire anormalmente baja, que se asienta sobre Indonesia, y una presión del aire anormalmente alta que se asienta sobre la parte central y/u oriental del Pacífico tropical.

En los últimos 25 años, los episodios de El Niño que se produjeron fueron de 1990/1993, 1997/1998, 2004/2005, 2009/2010 y el actual de 2015 con proyección hasta mediados del 2016. Los episodios de 1990/1993 y 1997/1998 fueron episodios clasificados como intensos. En cambio, los episodios más significativos para el mismo periodo del fenómeno La Niña fueron de 1998/2001, y 2007/2008, siendo el último como clasificado el más fuerte.

EFFECTOS DE EL NIÑO SOBRE EL CLIMA REGIONAL Y LOCAL

Durante los episodios de El Niño, la temperatura cálida de la superficie del mar en las partes central y oriental del Pacífico tropical calienta la atmósfera, lo que hace que el aire se eleve. A medida que se eleva, el aire se enfría y se producen precipitaciones. Por el contrario, en el lado occidental del Pacífico, la superficie del océano tiende a enfriarse y el aire se eleva menos. La magnitud y la escala de los cambios en la circulación atmosférica relacionados con el episodio de El Niño son tales que los efectos sobre el clima regional se extienden más allá de la cuenca del Pacífico tropical. Durante el verano del hemisferio sur suelen observarse condiciones más secas de lo normal en el sureste de África y el norte de Brasil.

A lo largo de la costa del Golfo de México, la costa occidental de la región tropical de América del Sur (Colombia, Ecuador y Perú), y desde el sur de Brasil hasta la región central de Argentina se observan condiciones más húmedas de lo habitual.

En Paraguay estudios realizados por Vázquez (2011)², muestra que en todos los casos de aparición del fenómeno de El Niño, la influencia del impacto se extiende desde la primavera (SON) del año de aparición del fenómeno y se desarrolla hasta el otoño (MAM) del año siguiente de aparición. Durante El Niño los excesos de lluvia se registran en el verano (DEF) llegando hasta 70 mm por encima de la normal en toda la región Oriental, y ligeramente superior en la región Occidental a excepción del extremo Sur del Chaco. Los estudios de Vázquez (2013)³, muestra que durante el fenómeno La Niña, en Paraguay se produce déficit de lluvia en las estaciones normalmente húmedas, y exceso de lluvia en la estación normalmente seca en todo el país. Además, se presenta exceso de precipitaciones en gran parte de la región Oriental durante la estación de verano (DEF) de Paraguay.

IMPACTO SOCIOECONÓMICO DE EL NIÑO 1997/1998

El episodio de El Niño producido en 1997/1998 tuvo un impacto devastador en numerosas partes del mundo. La sequía azotó las islas del Pacífico occidental, Filipinas e Indonesia, y afectó a la producción agrícola, el abastecimiento de agua y el suministro de energía hidroeléctrica. Las fuertes precipitaciones, que batieron numerosos récords, provocaron graves inundaciones en el sur de Brasil, Paraguay, Uruguay y Argentina. En la costa de Ecuador y Perú, las precipitaciones que fueron más de 10 veces superiores a los niveles normales provocaron inundaciones y erosiones y destruyeron infraestructuras. El Gobierno de Paraguay estimó que el episodio de El Niño 1997/1998 produjo daños en la producción agropecuaria, obras y servicios públicos a un monto de aproximadamente unos 187 millones de dólares de Estados Unidos, con casi 20 mil familias afectadas.

DR. MIGUEL ÁNGEL VÁZQUEZ
Director, Dirección de Investigación - FACEN
Editor en Jefe, Reportes Científicos de la FACEN

REFERENCIAS

¹OMM N° 974 y 976. Ginebra, Suiza, 2004; 2005

²VÁZQUEZ, M. 2011. Revista de la Sociedad Científica del Paraguay. Vol. XVI.

³Vázquez, M. 2013. Revista de la Sociedad Científica del Paraguay. Vol. XVIII.

MODELIZACIÓN DE LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA TIPO B TOTAL EN LA CIUDAD DE SAN LORENZO - PARAGUAY

MODELING OF THE TOTAL UV-B RADIATION IN THE CITY OF SAN LORENZO - PARAGUAY

CESAR DANIEL AMARILLA¹

¹Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Asunción, Campus Universitario, San Lorenzo, Paraguay.
E-mail: ceamarilla@gmail.com

Resumen: El desarrollo de las actividades como el comercio y la construcción en las zonas urbanas, la ganadería y agricultura en las zonas rurales son reflejos de la importancia de la energía solar en las comunidades. Por esta razón, el estudio del comportamiento de la intensidad de la radiación solar es de gran interés a nivel mundial. En esta investigación se analizan diversos modelos estadísticos obtenidos mediante la aplicación de una técnica estadística de gran importancia, el análisis de regresión lineal, sobre series de datos de dos variables radiométricas (las radiaciones global y ultravioleta tipo B total) registrados en el Laboratorio de Investigaciones de la Atmósfera y Problemas Ambientales (LIAPA) de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FACEN). El estudio de las variables radiométricas se ha hecho de forma horaria. El análisis horario permite conocer las horas del día en los cuales la intensidad de los rayos solares es mayor y en los que se deben tomar las debidas precauciones. Por ello, se construyen modelos estadísticos que relacionan al índice de transmisividad de la radiación UV-B total con el índice de claridad y la masa óptica relativa mediante la aplicación de técnicas del análisis de regresión lineal. Con todo lo expuesto, es posible informar a la población sobre las lesiones que pueden ocasionar las altas dosis de radiación solar de forma sencilla y la manera en que se pueden evitar estas lesiones.

Palabras clave: *análisis de regresión, variables radiométricas, índice de claridad, masa óptica relativa, índice de transmisividad de la radiación UV-B total.*

Abstract: The development of activities such as trade and construction in urban areas, livestock and agriculture in rural areas are reflections of the importance of solar energy in communities. For this reason, the study of the behavior of the intensity of solar radiation is of great interest globally. In this research, various statistical models obtained by applying a statistical technique of great importance are discussed, the linear regression analysis on data from two sets of radiometric variables (global radiation and ultraviolet B type total) recorded in the Research Laboratory Atmospheric and Environmental Problems (LIAPA), Faculty of Natural Sciences (FACEN). The study of radiometric variables was done hourly basis. The time analysis allows knowing the hour in which the intensity of sunlight is greater and which should take precautions. Therefore, statistical models relating the transmissivity ratio of total radiation UV-B index and optical clarity relative mass by applying linear regression analyzes were constructed. With the above, it was possible to inform people about the injuries that can cause high doses of solar radiation in a simple way and how they can avoid these injuries.

Key words: *regression analysis, radiometric variables, clearness index, relative optical mass, transmissivity index radiation UV-B total.*

INTRODUCCIÓN

La radiación que llega a la superficie terrestre procedente de sol modula el clima terrestre y es un factor natural de gran importancia en la evolución de la vida en la Tierra, debido a su influencia significativa en el medio ambiente (Vallejo Delgado, 2003). Esta radiación electromagnética abarca un amplio rango de longitudes de onda y se divide en varios

intervalos espectrales en los que tiene similares características: rayos γ , rayos X, radiación ultravioleta (UV), radiación visible y radiación infrarroja (Antón Martínez, 2007).

La región UV se divide en las franjas ultravioleta tipo C (UV-C), tipo B (UV-B) y tipo A (UV-A). Esta radiación, que representa aproximadamente un 8,3% del espectro solar extraterrestre y un 5% de la radiación que llega a la superficie de la Tierra (Varo

Martínez, 2006), es un factor natural de gran interés para la comunidad mundial debido a que es una de las más energéticas de las capas bajas de la atmósfera, razón por la cual influye enormemente sobre ella y los seres vivos (Mateos Villán, 2008). Esta radiación abarca las longitudes de onda más cortas del espectro solar, y es responsable de diferentes procesos biológicos en los seres vivos, y fisicoquímicos en la atmósfera (Román Díez, 2010).

La vida en la Tierra evoluciona dependiendo, entre otros factores, de la intensidad de radiación solar incidente sobre la superficie, esencialmente de la cantidad de radiación ultravioleta incidente sobre los organismos vivos. La radiación ultravioleta es biológicamente muy activa y posee varios efectos beneficiosos, pero resulta muy perjudicial para plantas, animales y seres humanos si se exceden ciertos límites de seguridad (Varo Martínez, 2006).

Una exposición a altas cantidades de irradiancia ultravioleta, por parte de los seres humanos, puede derivar en envejecimiento prematuro de la piel, aparición de arrugas y aumento de la probabilidad de padecer enfermedades relacionadas con la depresión del sistema inmunológico, cataratas oculares y cáncer de piel (Varo Martínez, 2006).

La radiación solar es un factor natural altamente variable en el tiempo y en el espacio. Su variabilidad horaria, diurna, mensual y anual está gobernada por parámetros astronómicos, geográficos y por las condiciones atmosféricas. Las actividades humanas afectan a la atmósfera, como por ejemplo la contaminación del aire y la destrucción de la capa de ozono, afectando también indirectamente a estas radiaciones al llegar a la superficie terrestre (Vallejo Delgado, 2003).

En el Paraguay se registran altas temperaturas durante gran parte del año y la mayor proporción de la población está expuesta a rayos solares intensos.

En cuanto a los antecedentes en el estudio de la radiación solar, a nivel país se ha revisado el de Díaz Escobar (2012). Esta investigación se llevó a cabo con el propósito de estimar el comportamiento de los valores máximos diarios de la irradiancia eritémica a través de modelos de series temporales que fueron construidos a partir de datos históricos

registrados por el Laboratorio de Investigaciones de la Atmósfera y Problemas Ambientales de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Asunción en la ciudad de San Lorenzo - Paraguay, además de estimar pronósticos del índice UV de acuerdo a las predicciones de la irradiancia eritémica.

A nivel de otros países se han revisado varios trabajos. Como los realizados por Varo Martínez (2006), quien con el propósito de dimensionar la influencia de la masa de aire, radiación global y columna total de ozono sobre la radiación UV-B eritémica construyó modelos estadísticos aplicando técnicas de regresión, estudiando además el comportamiento de la columna total de ozono y la intensidad de la radiación solar bajo cielo despejado, Antón Martínez (2007), que empleó técnicas del análisis de regresión simple y múltiple para la construcción de modelos estadísticos que relacionen a la radiación UV con la altura solar, nubosidad y el ozono, y Mateos Villán (2008), que con el objetivo de caracterizar y estimar la radiación solar ultravioleta horizontal (UVT), empleó modelos empíricos y estudió las principales componentes de la atmósfera que interaccionan con ella.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción de la zona de estudio

La estación meteorológica automática, cuya instalación se encuentra ubicada en el Laboratorio de Investigaciones de la Atmósfera y Problemas Ambientales (LIAPA) de la FACEN de la UNA en el Campus Universitario de la ciudad de San Lorenzo - Paraguay, está localizada a 25,34° de latitud sur, 57,52° de longitud oeste y altitud de 123 m.snm. El LIAPA cuenta actualmente con un área aproximada de 80 m². Las mediciones realizadas por los sensores se almacenan en un Microprocesador y Sistema de Almacenamiento de datos.

Recolección de datos

Para medir la irradiancia solar global en una superficie horizontal, el LIAPA utiliza un piranómetro CMP 11 de marca Kipp & Zonnen. Este piranómetro utiliza la tecnología de detección de temperatura

y es adecuado para redes meteorológicas y el tiempo de respuesta reducido de 1,66 segundos (63%) cumpliendo con los requisitos para aplicaciones de energía solar. Mientras que para medir la irradiancia solar UV-B total, el LIAPA utiliza un piranómetro UVB-1. Este sensor es utilizado para medir la efectividad biológica de la radiación UV-B solar.

Las técnicas de medición que utiliza el instrumento emplean una combinación de filtros de vidrios de colores para bloquear toda la luz visible del sol y fósforo fluorescente sensible que convierte la luz UV-B a luz visible (Verde). La luz verde resultante es medida con un foto detector de estado sólido. Es un instrumento rústico, diseñando para asegurar la estabilidad de su operación durante largo tiempo, sin necesidad de mantenimiento en las estaciones de campo. Este sensor está estabilizado a una temperatura de 40°C.

Modelos estadísticos y análisis de regresión

Los modelos estadísticos consisten en expresiones matemáticas que contienen variables aleatorias, fijas o matemáticas y parámetros poblacionales. Son modelos probabilísticos. Es decir, mezclan modelos matemáticos en los cuales puede haber equivocación pero no variabilidad (modelos deterministas) y componentes aleatorios.

El análisis de regresión es una técnica estadística para investigar y modelar la relación funcional entre dos o más variables (Montgomery et al., 2002).

Los modelos de regresión son funciones de la forma $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_p, \epsilon)$. Estas formas funcionales incorporan componentes que se describen a continuación:

- Y : variable aleatoria, denominada **variable de respuesta**
- X_1, X_2, \dots, X_p : variables no aleatorias, denominadas **variables predictoras o independientes**, consideradas como fijas dentro del modelo y cuyos valores son fijados por el experimentador.
- β_i para todo $i=0, 1, \dots, p$: conectores, denominados **parámetros poblacionales**, que determinan los aportes de las variables

predictoras o transformaciones de ellas en la variable de respuesta.

- ϵ : término de perturbación, denominado **error aleatorio**, que es un error que obedece a factores de caracteres aleatorios. Este error también puede obedecer variaciones de caracteres sistemáticos a causa de errores en el modelo.

La estimación de un modelo de regresión pueden ser realizada por varios métodos. Los métodos más utilizados, según Canavos (1998) son:

- **Mínimos Cuadrados**: Este método realiza las estimaciones de los parámetros intervinientes en el modelo seleccionado mediante la minimización de la suma de los cuadrados de las diferencias entre los valores observados y estimados, mediante el uso del modelo selecto, de la variable de respuesta. La diferencia del valor observado y del estimado de la variable respuesta se expresa como:

$$e_i = y_i - \hat{y}_i, \text{ para } i=1, 2, \dots, n \quad (1)$$

y recibe el nombre de **residual**, que constituye una estimación de ϵ .

- **Máxima verosimilitud**: Este método se basa en el hecho de que los factores de perturbación ϵ_i tienen distribuciones normales con medias cero y varianzas constante σ^2 . Como la variable aleatoria Y depende de la distribución del factor ϵ , entonces Y también sigue una distribución normal. Los estimadores de máxima verosimilitud se obtienen mediante la maximización de una cierta función denominada de verosimilitud.
- Los modelos obtenidos por análisis de regresión se diagnostican mediante el **análisis de los residuales**. Este análisis consiste en un procedimiento que muestra el cumplimiento de ciertos supuestos básicos que se establecen al plantear el modelo de regresión. Estos supuestos, según Hair et al. (1999) son:
- **Normalidad de los términos de error**: Establece que la distribución de probabilidad de

los errores aleatorios es normal con media cero y varianza σ^2 .

- Homogeneidad de varianzas de los términos de error: Establece que los errores aleatorios tienen varianzas constantes. Es decir,

$$\text{Var}(\varepsilon_i) = \sigma^2, \text{ para } i=1,2,\dots,n \quad (2)$$

- Independencia de los términos de error: Establece que los errores no están correlacionados. Es decir, cada variable predictor es independiente.
- Linealidad del fenómeno: La linealidad en regresión representa el grado de cambio en la variable dependiente asociado con la variable independiente.

Modelos de regresión simple y múltiple

Según Canavos (1998), los modelos de regresión simple proporcionan métodos a través de los cuales pueden establecerse asociaciones entre las dos variables de interés en las cuales la relación usual no es casual. Estos modelos tienen dos significados: uno que surge de la distribución conjunta de las dos variables aleatorias; el otro es empírico y nace de la necesidad de ajustar alguna función al conjunto de datos.

Cuando los modelos de regresión simple no nos proporcionan buenas estimaciones surge la necesidad de incorporar más variables en el estudio de regresión que nos permitan mejorar las estimaciones y de esta forma disminuir el error de estimación. El análisis de regresión múltiple constituye un procedimiento estadístico que nos permite relacionar en un estudio, más de dos variables. Son modelos empíricos más precisos que los de regresión simple, debido a que involucra más variables en el estudio realizado, pero son de mayor complejidad.

Modelos polinómicos, potencial y exponencial de regresión

Según Montgomery et al. (2002), un modelo de regresión polinómico de k-ésimo orden en una variable se define como:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \dots + \beta_k X^k + \varepsilon \quad (3)$$

donde ε es el componente aleatorio con media cero y varianza σ^2 .

La ecuación (3) corresponde a un modelo de regresión lineal, ya que es lineal en los parámetros y en la variable de respuesta. Además, considerando a cada potencia de X como una variable predictora, puede ser tratado como un modelo de regresión lineal múltiple.

Los modelos potencial y exponencial de regresión simple se definen respectivamente como:

$$Y = \beta_0 X_1^{\beta_1} \varepsilon \quad (4)$$

$$Y = \beta_0 \exp(\beta_1 X) \varepsilon \quad (5)$$

En estos casos ε es una componente aleatoria multiplicativa y las ecuaciones (4) y (5) presentan modelos de regresión simple no lineales, ya que no son lineales en los parámetros, pero son linealizables bajo transformaciones logarítmicas.

Al modelo potencial de regresión se le denomina también doblemente logarítmico, ya que tanto la variable de respuesta como la predictora se transforman bajo logaritmos. Las linealizaciones de los modelos potencial y exponencial están dadas por las expresiones:

$$\ln(Y) = \ln(\beta_0) + \beta_1 \ln(X) + \ln(\varepsilon) \quad (6)$$

$$\ln(Y) = \ln(\beta_0) + \beta_1 X + \ln(\varepsilon) \quad (7)$$

donde $\ln(\varepsilon)$ es una componente aleatoria con media cero y varianza σ^2 .

Un modelo potencial de regresión también puede ser múltiple. Por ejemplo, la siguiente ecuación corresponde a un modelo potencial de regresión múltiple que relaciona a una variable respuesta con dos variables predictoras.

$$Y = \beta_0 X_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} \varepsilon \quad (8)$$

y cuya linealización se expresa como:

$$\ln(Y) = \ln(\beta_0) + \beta_1 \ln(X_1) + \beta_2 \ln(X_2) + \ln(\varepsilon) \quad (9)$$

donde $\ln(\varepsilon)$ es una componente aleatoria con media cero y varianza σ^2 .

Cuando se trabaja con un modelo potencial o exponencial de regresión, se está estimando la media geométrica y no la media aritmética.

Estimaciones de los parámetros de un modelo de regresión lineal por Mínimos Cuadrados

Dado un modelo de regresión lineal muestral de la forma:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_p x_{ip} + \varepsilon_i, \quad \forall i=1, 2, \dots, n \quad (10)$$

el método de mínimos cuadrados realiza las estimaciones mediante la minimización de la suma de los cuadrados de los errores. Así, minimiza respecto a los parámetros $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p$ la función de mínimos cuadrados que se expresa como:

$$\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n [y_i - (\beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_p x_{ip})]^2, \quad \text{para } i=1, 2, \dots, n \quad (11)$$

Estimación de la varianza del error

En un modelo de regresión con p variables predictoras se estiman $p+1$ parámetros a través de la minimización de la suma de los cuadrados de los errores. Por lo tanto, al estimar a los parámetros $p+1$ quedan $n-(p+1)$ características libres, *grados de libertad*, y se tiene que la estimación insesgada de σ^2 , a través de la suma de los cuadrados de los residuales y los grados de libertad se expresa como:

$$\widehat{\sigma}^2 = \text{CME} = \frac{1}{n-p-1} \sum_{i=1}^n e_i^2 \quad (12)$$

La expresión anterior recibe el nombre de *Cuadrado Medio del Error* (CME) y su raíz cuadrada, *error estándar de estimación* (RCME).

Análisis de varianza y el coeficiente de determinación

El análisis de la varianza consiste en un procedimiento estadístico que divide la variabilidad total de la variable dependiente mediante la utilización de un modelo de regresión estimado, de la siguiente manera:

$$SCT = SCR + SCE \quad (13)$$

El primer miembro de la ecuación final obtenida mediante el análisis de varianza se denomina Suma de Cuadrados Total (*SCT*) y es el que mide la variabilidad total de las observaciones. Mientras

que la primera y segunda parte del segundo miembro, se denominan Suma de Cuadrados Residual (*SCE*) y Suma de Cuadrados de la Regresión (*SCR*) respectivamente. La suma cuadrado de regresión mide la parte de la variabilidad total explicada por la ecuación de regresión y la suma cuadrado de error la variabilidad no explicada por la ecuación de regresión.

Al cociente entre la suma cuadrado de regresión y la suma cuadrado total se la denomina *coeficiente de determinación* (R^2) y es el que mide la proporción de variabilidad de la variable de respuesta explicada por los regresores considerados en el modelo de regresión. El coeficiente de determinación se expresa como:

$$R^2 = \frac{SCR}{SCT} \quad (14)$$

La estadística de Durbin-Watson

La estadística que estudia la correlación de los errores en el tiempo originados por un modelo de regresión fue desarrollada por James Durbin y Geoffrey Watson entre 1950 y 1951. Esta estadística supone que los errores están autocorrelacionados mediante un modelo autorregresivo de primer orden. Esto es,

$$\varepsilon_t = \rho \varepsilon_{t-1} + \eta_t, \quad \text{para } t \geq 2 \quad (15)$$

donde η_t , denominada ruido blanco, es libre de autocorrelación y ρ es la constante que mide la correlación entre los errores y se estima mediante:

$$\hat{\rho} = \frac{\sum_{t=2}^n e_t e_{t-1}}{\sum_{t=1}^n e_t^2} \quad (16)$$

donde e_{t-1} y e_t son los residuos en los instantes $t-1$ y t . La autocorrelación puede ser negativa, cero o positiva y se mide por medio del estadístico d que está dada por:

$$d \approx 2 - 2\hat{\rho} \quad (17)$$

Cuando se detecta autocorrelación, Canavos (1998) muestra la utilización de un proceso iterativo que se debe a Cochrane y Orcutt (1949), y que plantea la transformación:

$$y_t - \rho y_{t-1} = \beta_0 (1 - \rho) + \beta_1 (x_{t1} - \rho x_{(t-1)1}) + \dots + \beta_p (x_{tp} - \rho x_{(t-1)p}) \quad (18)$$

Entonces, el modelo de regresión lineal transformado libre de autocorrelación y los ajustes de los parámetros originales se expresan como:

$$y_t^* = \beta_0^* + \beta_1^* x_{t1}^* + \dots + \beta_p^* x_{tp}^* + \eta_t, \quad \text{para } t=2,3,\dots, n \quad (19)$$

$$\beta_0 = \frac{\beta_0^*}{1 - \rho} \text{ y } \text{Var}(\beta_0) = \frac{\text{Var}(\beta_0^*)}{(1 - \rho)^2} \quad (20)$$

$$\beta_i = \beta_i^* \text{ y } \text{Var}(\beta_i) = \text{Var}(\beta_i^*), \quad \text{para } i=1,2,3,\dots, p \quad (21)$$

Criterio de Información de Akaike (AIC)

Este criterio es una medida de la calidad relativa de un modelo para un conjunto dado de datos. Proporciona un medio para la selección del modelo con mejor ajuste a los datos y se basa en la entropía de la información, que ofrece una estimación relativa de la pérdida de información cuando se utiliza un modelo determinado para representar el proceso que realmente genera un conjunto de datos.

El modelo preferido es el que tiene el valor mínimo de AIC. El AIC utilizado para analizar la comparación de las bondades de ajustes de los modelos de regresión se define como:

$$AIC_p = n \log \left(\frac{SCE}{n} \right) + 2k \quad (22)$$

donde SCE es la suma cuadrado de error, k es el número de parámetros estimados.

Validación cruzada en k iteraciones

La validación cruzada permite estudiar la estabilidad dentro de una determinada muestra considerada para un análisis estadístico. Se utiliza preferentemente en situaciones en donde el objetivo principal es la predicción y se quiere estudiar la precisión de un modelo, construido a partir de una muestra, que se utilizará para la predicción.

Este método consiste en la división de los datos

de muestra en dos conjuntos complementarios, una denomina muestra de entrenamiento y la otra de prueba. La muestra de entrenamiento es utilizado para estimar los parámetros correspondientes de un determinado modelo y la de prueba para la validación del mismo.

Medias de las diferencias relativas y absolutas relativas

Las medias de las diferencias relativas (MBE) y absolutas relativas (MABE) son indicadores de la bondad de ajuste de los modelos estimados y del error cometido al realizar predicciones de la variable de respuesta a través de un modelo de ajuste respectivamente. Estos indicadores están dados en la siguiente expresión:

$$MBE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \hat{y}_i)}{y_i} \text{ y } MABE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|y_i - \hat{y}_i|}{y_i} \quad (23)$$

donde y_i es un valor de la variable de respuesta obtenida a través de mediciones y \hat{y}_i es el correspondiente valor estimado a través de un modelo de ajuste.

Variables involucradas en los modelos de regresión

Las variables consideradas en la formulación de los modelos de regresión son construidas a partir de las variables radiométricas, radiación global y UV-B total, y de parámetros astronómicos.

- **Índice de claridad o transmisividad solar atmosférica**

Este índice refleja la influencia de los factores atenuantes, en especial el de las nubes y aerosoles, sobre la radiación global antes de incidir sobre la superficie terrestre. Se define la transmisividad solar horaria en la siguiente ecuación:

$$k_t^h = \frac{G_{med}^h}{E_{ext}^h} \quad (24)$$

G_{med}^h es la irradiancia horaria de la radiación global registrada en el LIAPA y E_{ext}^h es la irradiancia

horaria de la radiación solar extraterrestre y viene dada por la expresión:

$$E_{ext}^h = I_{sc} E_0 \cos(SZA_M) \quad (25)$$

I_{sc} es la constante solar extraterrestre y toma un valor de $1366,1 \text{ Wm}^{-2}$, dando una energía por unidad de área de 4917960 Jm^{-2} por cada hora según el espectro de Gueymard (2003), E_0 constituye el factor de corrección de la excentricidad de la órbita terrestre y cuya expresión en serie de Fourier, siguiendo a Varo Martínez (2006), es:

$$E_0 = 1,00011 + 0,034221 \cos(\Gamma) + 0,00128 \text{sen}(\Gamma) + 0,000719 \cos(2\Gamma) + 0,000077 \text{sen}(2\Gamma) \quad (26)$$

con Γ medido en radianes, denominado *ángulo diario*, y que está relacionado con el día juliano n (sucesivamente se cuentan los días hasta 365 o 366) de la siguiente manera:

$$\Gamma = \frac{2\pi(n-1)}{361} \quad (27)$$

Finalmente, SZA_M es el ángulo cenital, en el punto medio de un intervalo de tiempo de una hora, medido en radianes. Este parámetro astronómico, siguiendo a Antón Martínez (2007), se puede calcular mediante la expresión:

$$\cos(SZA_M) = \text{sen}(\varphi)\text{sen}(\delta) + \cos(\varphi)\cos(\delta)\cos(\omega_M) \quad (28)$$

En la ecuación anterior, φ , δ y ω_M constituyen la latitud del lugar, declinación de la Tierra y el ángulo horario en el punto medio de un intervalo de una hora. La declinación se puede estimar a través de la serie de Fourier dada por:

$$\delta = 0,00692 - 0,39991 \cos(\Gamma) + 0,07026 \text{sen}(\Gamma) - 0,00676 \cos(2\Gamma) + 0,00091 \text{sen}(2\Gamma) - 0,0027 \cos(3\Gamma) + 0,00148 \text{sen}(3\Gamma) \quad (29)$$

En ángulo horario se estima mediante la expresión

$$\omega_M = \frac{\pi}{12} t - \pi \quad (30)$$

Con t denominado *tiempo solar verdadero* y cuya expresión está dada por:

$$t = t_{civil} + \frac{L_{ref} - L_{local}}{15} + \frac{E_t}{60} \quad (31)$$

t_{civil} , L_{ref} y L_{local} constituyen la hora local, la longitud del mediano de referencia y la longitud del mediano del lugar respectivamente. E_t es denominada la *ecuación del tiempo* y es estimada por serie de Fourier mediante la expresión:

$$E_t = 229,18 [0,000075 + 0,001868 \cos(\Gamma) - 0,032077 \text{sen}(\Gamma) - 0,014615 \cos(2\Gamma) - 0,040849 \text{sen}(2\Gamma)] \quad (32)$$

• Índice de transmisividad de la UV-B total

Este índice mide la modulación que sufre la radiación UV-B total en su paso por la atmósfera. Se define la transmisividad ultravioleta tipo B total en el intervalo de tiempo de una hora de la siguiente manera:

$$k_{UVB}^h = \frac{E_{UVB_{med}}^h}{E_{UVB_{ext}}^h} \quad (33)$$

donde $E_{UVB_{med}}^h$ es la irradiancia total en el intervalo de una hora de la radiación UV-B total registrada en la estación LIAPA y $E_{UVB_{ext}}^h$ constituye la irradiancia total en el intervalo de una hora de la UV-B total extraterrestre, y que puede ser calculada considerando, la parte de la constante solar que corresponda a la banda de la UV-B total y la ecuación:

$$E_{UVB_{ext}}^h = I_{sc_{UVB}} E_0 \cos(SZA_M) \quad (34)$$

donde $I_{sc_{UVB}}$ es la constante solar correspondiente a la irradiancia de la UV-B total y que toma un valor de $21,30 \text{ Wm}^{-2}$ aproximadamente, dando una energía por unidad de área de 76680 Jm^{-2} por cada hora según el espectro de Gueymard (2003).

• Altura solar y masa óptica relativa

La altura solar es un factor de gran influencia sobre la radiación solar a través del tiempo. Esto se debe a que la cantidad de absorbentes y dispersores de la irradiancia ultravioleta tipo B total presentes

en la atmósfera es diferente para cada altura solar (Antón Martínez, 2007). Las revisiones bibliográficas de las investigaciones hechas sobre radiación solar muestran que el indicador de la influencia de la altura solar sobre la radiación UV-B total es la **masa óptica relativa** simbolizada por m_r y que se determina mediante la expresión:

$$m_r = \frac{1}{\cos(SZA)} \quad (35)$$

Software informático

Para la construcción de los modelos estadísticos y el análisis de regresión, este trabajo ha requerido la utilización de los paquetes estadísticos R y SPSS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de las evoluciones temporales de las variables radiométricas

Para cada variable radiométrica, el análisis exploratorio de los datos da cuenta de los resultados:

- **Evolución temporal de la radiación global**

La variación temporal de la radiación global a lo largo del periodo 1997 al 2012 presenta un comportamiento sinusoidal con picos máximos y mínimos en los meses de verano e invierno respectivamente. Este comportamiento se debe a la variación de la altura solar a lo largo del año.

Los valores horarios de la irradiancia global que muestran intensidades elevadas se registraron entre

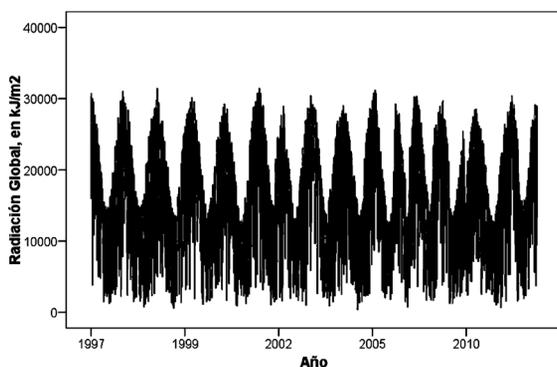


Figura 1. Evolución diaria de la radiación global, en kJm^{-2} , en el periodo 1997 al 2012.

9:00 y 15:00 horas. Los valores máximos observados fueron 3980 y 3989 kJm^{-2} y se registraron entre las 11:00 y 13:00 horas el 27 de enero de 1997 y 14 de diciembre de 2012 respectivamente. El menor valor horario fue registrado el 14 de noviembre de 2001 entre las 7:00 y 8:00 horas, y fue de 5 kJm^{-2} .

Se constatan dispersiones horarias importantes en los distintos intervalos horarios, debido a que tanto las desviaciones estándar y los rangos intercuartílicos son un tanto altas con relación a las medias y medianas. El coeficiente de variación en todos los casos es mayor al 40%.

En cuanto al análisis de los valores máximos y mínimos horarios, se constatan que las diferencias entre los valores mínimos y los percentiles 5%; y las diferencias entre los valores máximos y los percentiles 95% son muy elevadas. Entonces, los valores mínimos y máximos no son representativos dentro de las distribuciones horarias de la radiación global, pudiendo representar valores atípicos en la distribución horaria general de datos de esta variable.

- **Evolución temporal de la radiación UV-B total**

Al igual en el caso de la radiación global, la radiación UV-B total presenta un comportamiento del tipo sinusoidal con picos máximos y mínimos en los meses de verano e invierno respectivamente.

Las intensidades horarias más altas de irradiancia UV-B total horaria se registraron entre las 9:00 y 15:00 horas. Los valores máximos encontrados fueron de 18193 y 18026 Jm^{-2} ; que se registraron los días 11 y 13 de enero de 1997 en los intervalos horarios de 12:00 a 13:00 horas y de 11:00 a 12:00 horas, respectivamente. El menor valor horario fue de 11 Jm^{-2} , registrado entre las 17:00 y 18:00 horas del día 21 de diciembre de 2010.

Se observaron grandes dispersiones en los distintos intervalos horarios, debido a que tanto las desviaciones estándares y los rangos intercuartílicos son altos con relación a las medias y medianas. El coeficiente de variación en todos los casos es mayor al 40%, llegando a casi 70% en algunos casos.

En el análisis de los valores máximos y mínimos

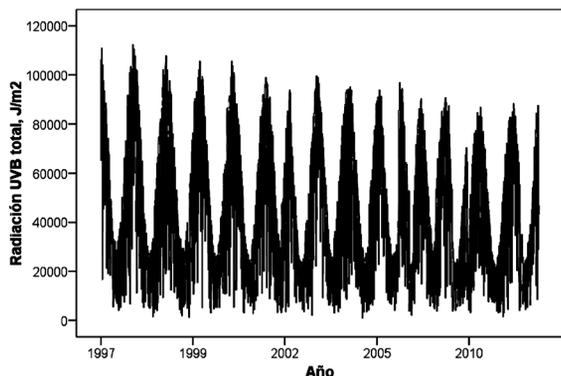


Figura 2. Evolución diaria de la radiación UV-B total, en Jm^{-2} , en el periodo 1997 al 2012.

horarios, se constatan que las diferencias, entre los valores mínimos y los percentiles 5% por un lado y las diferencias entre los valores máximos y los percentiles 95% por otro, son muy elevadas. Entonces, los mínimos y máximos no son representativos dentro de las distribuciones horarias de la radiación UV-B total, pudiendo representar valores atípicos en la distribución general de datos de esta variable.

Aplicación del análisis de Regresión

Modelos de regresión lineal simple

Para poder determinar la influencia de la altura solar sobre la UV-B total en un instante dado, el cielo debe estar despejado. Una de las maneras para determinar si el cielo está despejado, es a través del índice de claridad. Según Román Díez (2010), la condición del cielo según el índice de claridad horario está dada en la Tabla 1.

Según la Tabla 1, para proponer y estimar las funciones que relacionen a la UV-B total con la altura solar se deben utilizar datos para los cuales

Tabla 1. Condición del cielo según el índice de claridad horario k_t^h .

Criterio	Condición de cielo
$0 < k_t^h \leq 0,34$	Hora nublada
$0,34 < k_t^h \leq 0,75$	Hora parcialmente nublada
$k_t^h \geq 0,75$	Hora de cielo claro

$$k_t^h \geq 0,75.$$

Para establecer la influencia de la altura solar sobre la variación de la intensidad de la radiación UV-B total en horas con cielo despejado en este trabajo se proponen modelos de los tipos potencial y exponencial, ambos linealizables mediante la transformación logarítmica, siguiendo las recomendaciones de Murillo et al. (2003) y Antón Martínez (2007) para el primer caso y la de Dubrovsky et al. (2000) y Antón Martínez (2007) para el segundo.

$$k_{UVB}^h = \beta_0 m_r^{\beta_1} \varepsilon_h \tag{36}$$

$$k_{UVB}^h = \beta_0 \exp(\beta_1 m_r) \varepsilon_h \tag{37}$$

En la Figura 3 se puede observar la dispersión de los datos referentes al índice de transmisividad de la UV-B total en función de la masa óptica relativa. Las curvas azul y roja representan a los modelos potencial y exponencial estimados por mínimos cuadrados ordinarios.

En la Tabla 2 se puede observar que los coefi-

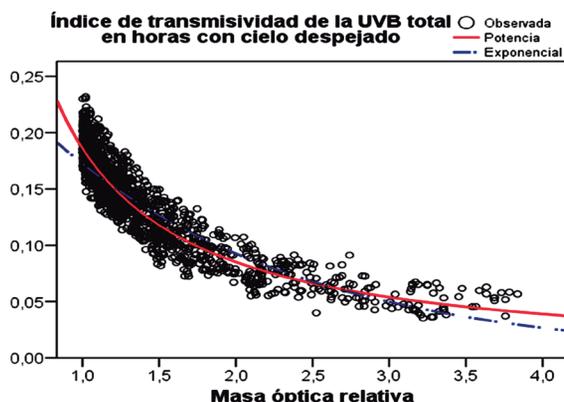


Figura 3. k_{UVB}^h versus m_r , en horas con cielos despejados, en el periodo 1997 al 2011.

cientos de determinación para los modelos potencial y exponencial son superiores a los 80%. Además, el menor valor en el error estándar de estimación lo presenta el modelo potencial. Entonces, el modelo que muestra el mejor ajuste es el potencial.

Por su parte, para establecer la influencia horaria de la nubosidad, columna total de ozono y la carga

Tabla 2. Estadísticos R^2 y $RCME$ para los modelos potencial y exponencial que relacionan a las variables k_{UVB}^h y m_r en horas con cielo despejado.

Modelos	n	R^2	$RCME$
Potencial	1162	0,880	0,103
Exponencial	1162	0,835	0,120

de aerosoles en conjunto sobre la radiación UV-B total, el ángulo cenital debe ser prácticamente constante. Entonces, para proponer las funciones que relacionen a los índices de transmisividades k_{UVB}^h y k_t^h se seleccionan datos horarios en intervalos cenitales de longitud 5° . Así Antón Martínez (2007) y Mateos Villán (2008) entre otros proponen modelos polinómicos de hasta tercer grado y potencial linealizable mediante la transformación logarítmica. Además de los modelos polinómicos y potencial, en esta investigación, se propone también un modelo exponencial linealizable mediante la transformación logarítmica.

$$k_{UVB}^h = \beta_0 + \beta_1 k_t^h + \beta_2 (k_t^h)^2 + \beta_3 (k_t^h)^3 + \varepsilon_h \quad (38)$$

$$k_{UVB}^h = \beta_0 (k_t^h)^{\beta_1} \varepsilon_h \quad (39)$$

$$k_{UVB}^h = \beta_0 \exp(\beta_1 k_t^h) \varepsilon_h \quad (40)$$

La Tablas 3 muestra los valores estimados de los estadísticos R^2 , AIC y $RCME$, en intervalos cenitales de longitud 5° , obtenidos para los modelos polinómicos, potencial y exponencial horarios. Se observa que, en los distintos intervalos cenitales considerados, el mayor valor del R^2 y el menor valor en el AIC , en casi todos los casos, se presenta para el polinomio de grado tres. Además, el mayor valor para R^2 superior al 90% en casi todos los casos, se presenta en el modelo potencial y el menor valor en el estadístico $RCME$, inferior a 0,02, se obtiene para el polinomio de grado tres en todos los casos analizados. No obstante, el modelo potencial también muestra un valor bajo, inferior a 0,3, del estadístico $RCME$. Entonces, los modelos polinómico de grado tres y potencial muestran buenos ajustes.

Como el modelo polinómico cúbico tiene cuatro

parámetros a estimar y el potencial solamente dos, por el principio de parsimonia, en este trabajo se selecciona al modelo potencial como el adecuado para estudiar la influencia de la nubosidad y aerosoles en conjunto sobre la radiación UV-B total.

Modelo de regresión múltiple

El análisis de regresión lineal simple realizado en la sección anterior, reveló que el índice de transmisividad horario de la UV-B total se relacionaba de mejor manera con el índice de claridad y la masa óptica relativa a través de modelos potenciales.

Antón Martínez (2007) y Mateos Villán (2008), en estudios realizados en las ciudades españolas de Badajoz y Valladolid propusieron con muy buenos resultados modelos potenciales múltiples para explicar la variabilidad del índice de transmisividad horaria de la UV-B total por medio del índice de claridad y la masa óptica relativa. Entonces, según el análisis de regresión simple realizada en la sección anterior y la bibliografía consultada, se propone el siguiente modelo de regresión múltiple:

$$k_{UVB}^h = \beta_0 m_r^{\beta_1} (k_t^h)^{\beta_2} \varepsilon_h \quad (41)$$

cuya linealización mediante la transformación logarítmica se expresa como:

$$\ln(k_{UVB}^h) = \ln(\beta_0) + \beta_1 \ln(m_r) + \beta_2 \ln(k_t^h) + \ln(\varepsilon_h) \quad (42)$$

La ecuación (32) modela la media geométrica de la variable k_{UVB}^h . En esta ecuación la variable $\ln(\varepsilon_h)$ tiene distribución normal con media cero y varianza uno. El constaste de hipótesis global que se plantea sobre los parámetros de conexión, es:

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = 0$$

$$H_1 : \beta_1 \neq 0 \text{ o } \beta_2 \neq 0$$

El resumen del análisis de varianza realizado en base a la muestra tomada se presenta en la Tabla 4. Se observa que el valor obtenido para el p-valor es de $2,00E-16$, que es mucho menor que 0,05. Por lo tanto, la regresión múltiple es estadísticamente significativa. Entonces, podemos decir que alguna

Tabla 3. Estadísticos R^2 , AIC y $RCME$, en intervalos cenitales de longitud 5° , para los modelos polinómicos, potencial y exponencial que relacionan a los índices de transmisividades horarios.

SZA	n	Comparaciones entre los modelos			Comparaciones entre modelos		
		Polinómicos	R^2	AIC	Modelos	R^2	RCME
15-20	1579	Lineal	0,885	-5633,620	Cúbico	0,886	0,016
		Cuadrático	0,886	-5640,974	Potencial	0,958	0,128
		Cúbico	0,886	-5639,040	Exponencial	0,787	0,288
20-25	2382	Lineal	0,895	-8597,153	Cúbico	0,896	0,016
		Cuadrático	0,896	-8604,018	Potencial	0,966	0,126
		Cúbico	0,896	-8603,081	Exponencial	0,791	0,313
25-30	1892	Lineal	0,853	-6587,395	Cúbico	0,854	0,018
		Cuadrático	0,853	-6586,655	Potencial	0,944	0,162
		Cúbico	0,854	-6591,443	Exponencial	0,778	0,322
30-35	3087	Lineal	0,855	-11060,167	Cúbico	0,834	0,016
		Cuadrático	0,858	-11080,965	Potencial	0,948	0,155
		Cúbico	0,834	-11084,119	Exponencial	0,745	0,343
35-40	3108	Lineal	0,855	-11220,964	Cúbico	0,858	0,015
		Cuadrático	0,855	-11218,911	Potencial	0,942	0,162
		Cúbico	0,858	-11250,667	Exponencial	0,780	0,317
40-45	3484	Lineal	0,832	-12657,539	Cúbico	0,840	0,015
		Cuadrático	0,832	-12657,615	Potencial	0,928	0,178
		Cúbico	0,840	-12730,653	Exponencial	0,762	0,325
45-50	5366	Lineal	0,849	-24227,734	Cúbico	0,856	0,012
		Cuadrático	0,852	-20467,690	Potencial	0,942	0,159
		Cúbico	0,856	-20542,175	Exponencial	0,749	0,329
50-55	4259	Lineal	0,846	-16451,857	Cúbico	0,856	0,011
		Cuadrático	0,846	-16449,872	Potencial	0,935	0,172
		Cúbico	0,856	-16557,281	Exponencial	0,767	0,326
55-60	3782	Lineal	0,792	-14790,224	Cúbico	0,819	0,010
		Cuadrático	0,792	-14790,681	Potencial	0,905	0,198
		Cúbico	0,819	-15015,929	Exponencial	0,727	0,335
60-65	3808	Lineal	0,795	-15371,694	Cúbico	0,795	0,010
		Cuadrático	0,795	-15369,859	Potencial	0,912	0,198
		Cúbico	0,816	-15547,619	Exponencial	0,719	0,355
70-75	3730	Lineal	0,738	-16035,590	Cúbico	0,764	0,007
		Cuadrático	0,739	-16045,065	Potencial	0,851	0,257
		Cúbico	0,764	-16202,080	Exponencial	0,662	0,486

de las variables predictoras colabora en la explicación del comportamiento del índice de transmisividad horario de la UV-B total. Los contrastes de hipótesis individuales que se plantean sobre β_1 y β_2 son las siguientes:

$$H_0 : \beta_i = 0$$

$$H_1 : \beta_i \neq 0 \text{ para } i = 1, 2$$

La Tabla 5 presenta el resumen del análisis realizado en base a la muestra tomada para los contrastes de hipótesis anteriores. Se puede observar que los valores del p-valor son iguales a $2,00E-16$, que es muy inferior al 0,05. Por lo tanto, se puede decir que

Tabla 4. Análisis de varianza para el modelo de regresión lineal que relaciona al índice de transmisividad horario de la UV-B total con el índice de claridad y la masa óptica relativa.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F-cal	p-valor
Regresión	27603,172	2	13801,586	408724,123	2,00E-16
Residual	1425,629	42219	0,034		
Total	29028,802	42221			

cada variable predictora colabora de manera significativa en presencia de la otra sobre la explicación del comportamiento del índice de transmisividad de la UV-B total.

El valor obtenido del estadístico de Durbin-Watson es $d = 0,601$ que indica la presencia de autocorrelación positiva. Para dar solución a la autocorrelación positiva detectada, se realizan las estimaciones de los parámetros $\ln(\beta_0)$, β_1 y β_2 mediante las relaciones:

$$\ln(\beta_0) = \frac{\ln(\beta_0^*)}{1-\rho}, \beta_1 = \beta_1^* \text{ y } \beta_2 = \beta_2^* \quad (43)$$

$\ln(\beta_0^*)$, β_1^* y β_2^* son parámetros correspondientes al modelo de regresión lineal múltiple transformado:

$$\ln(k_{UVB}^h)^* = \ln(\beta_0^*) + \beta_1^* \ln(m_r)^* + \beta_2^* \ln(k_t^h)^* + \ln(\varepsilon_h)^* \quad (44)$$

Tabla 5. Contrastes de hipótesis realizado sobre los parámetros β_1 y β_2 del modelo de regresión lineal múltiple.

Coefficientes	Estimación	Error estándar	t-cal	p-valor
β_1	0,8569	0,0012	712,395	2,00E-16
β_2	-1,0806	0,0026	-418,734	2,00E-16

donde $\ln(\varepsilon_h)^*$ es un ruido blanco y $\ln(k_{UVB}^h)^*$, $\ln(m_r)^*$ y $\ln(k_t^h)^*$ están dadas por:

$$\ln(k_{UVB}^h)^* = \ln(k_{UVB}^h)_t - \rho \ln(k_{UVB}^h)_{t-1} \quad (45)$$

$$\ln(k_t^h)^* = \ln(k_t^h) - \rho \ln(k_{t-1}^h) \quad (46)$$

$$\ln(m_r)^* = \ln(m_r)_t - \rho \ln(m_r)_{t-1} \quad (47)$$

y ρ el coeficiente de correlación entre los errores.

La Tabla 6 presenta el resumen de las estimaciones por mínimos cuadrados ordinarios de los parámetros intervinientes en el modelo lineal múltiple presentado en la ecuación (34). El nuevo valor del estadístico d de Durbin-Watson indica ausencia de

Tabla 6. Estimaciones de los parámetros $\ln(k_{UVB}^h)^*$, β_1^* y β_2^* , además de los cálculos de los estadísticos R^2 , $RCME$ y d para el modelo lineal múltiple transformado.

Coefficientes	Estimación	Error estándar	R^2	$CCME$	d
$\ln(\beta_0^*)$	-0,4552	0,0008	0,937	0,1308	2,241
β_1^*	0,856	0,0014			
β_2^*	-1,0339	0,0027			

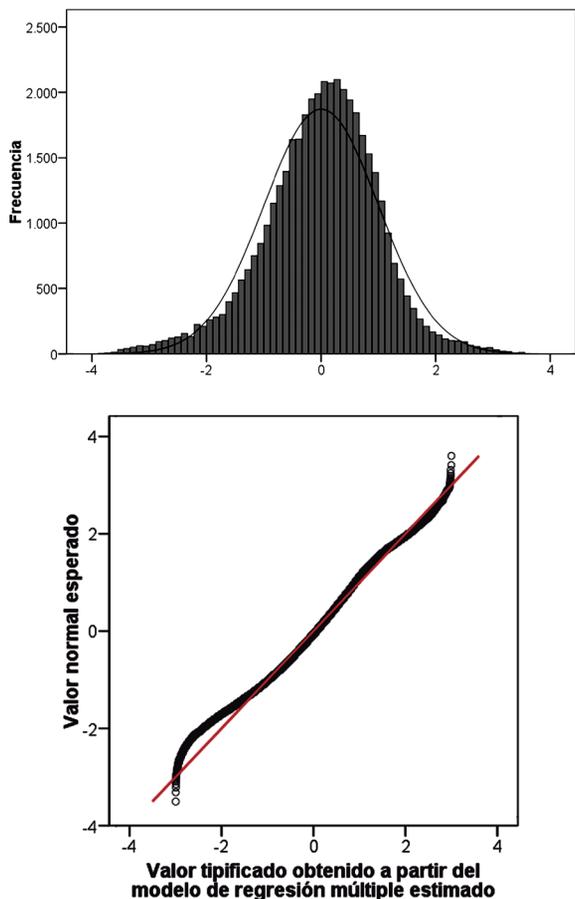


Figura 4. Histograma de los residuos estandarizados y gráfico Q-Q plot normal de regresión, resultantes en la estimación del modelo de regresión lineal múltiple.

autocorrelación. Las nuevas estimaciones de los parámetros $\ln(k_{UVB}^h)$, β_1^* y β_2^* con sus intervalos de confianza a un 95% de fiabilidad, se presentan en la Tabla 7.

La Figura 4 presenta el histograma de los residuos estandarizados observados frente a la curva

normal y el comportamiento de dichos residuales frente a los valores de los cuantiles normales esperados. Se puede ver que los residuales se ubican en su gran mayoría sobre la curva normal y que además, se presenta una muy leve asimetría negativa. Según lo observado, podemos asumir que se verifica de manera aproximada el supuesto de normalidad.

La Figura 5 muestra las regresiones parciales entre $\ln(k_{UVB}^h)$ con cada regresora. Se observa la

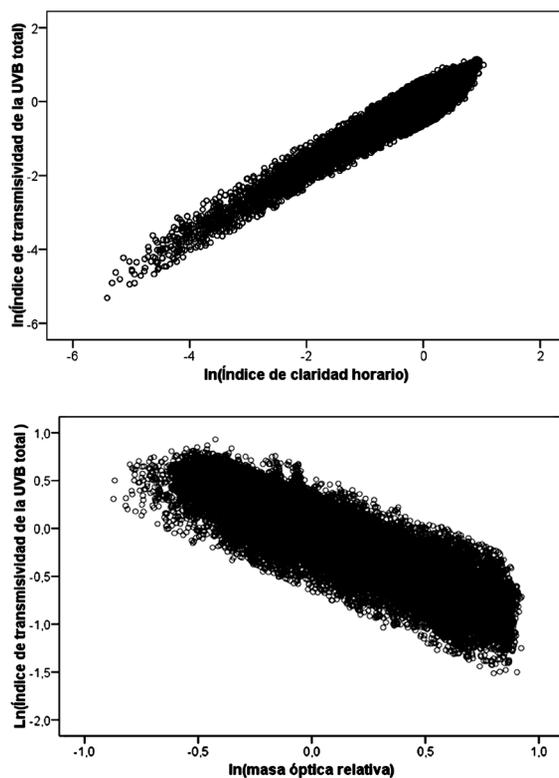


Figura 5. Regresiones parciales entre el logaritmo del índice de transmisividad horario de la UVB total con los logaritmos del índice de claridad horario y de la masa óptica relativa.

Tabla 7. Estimaciones de los parámetros $\ln(\beta_0)$, β_1 y β_2 , utilizando las estimaciones de los parámetros del modelo lineal múltiple transformado.

Coefficientes	Estimación	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%
$\ln(\beta_0)$	-1,4944	0,0027	(-1,4996;-1,4892)
β_1	0,856	0,0014	(0,8506;0,8614)
β_2	-1,0339	0,0027	(-1,0389;-1,0283)

correcta relación lineal entre la variable $\ln(k_{UVB}^h)$ con cada una de las regresoras. Así, se confirma el cumplimiento del supuesto de linealidad del fenómeno.

La Figura 6 muestra la dispersión de los residuos estudentizados frente a los valores predichos. Se constata a través de esta figura, que la dispersión de los residuos estudentizados no presentan ninguna

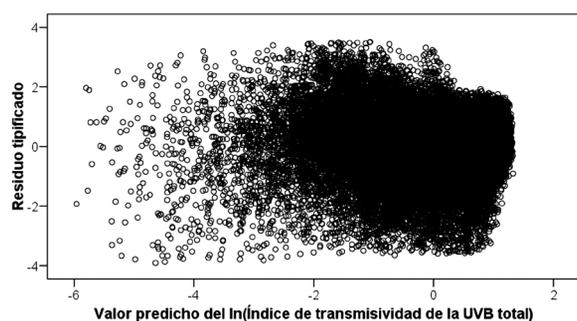


Figura 6. Residuos estudentizados versus valores predichos obtenidos en a través del modelo de regresión lineal múltiple estimado.

Tabla 8. Tolerancia y factor de inflación de la varianza correspondientes a las variables regresoras presentadas en el modelo de regresión múltiple.

Regresora	Tolerancia	FIV
$\ln(k_t^h)$	0,967	1,034
$\ln(m_r)$	0,967	1,034

tendencia, confirmando el cumplimiento de los supuestos de homogeneidad de varianzas e independencia de los errores.

En cuanto al análisis de la multicolinealidad entre las variables regresoras, según los valores de la tolerancia y el factor de inflación de la varianza (*FIV*) observados en la Tabla 8, podemos decir que se detecta en un nivel muy bajo. Así, el valor $1,034 < 5$ del *FIV* para ambos casos, indica una colinealidad irrelevante.

El análisis de la estabilidad dentro de la muestra considerada se realiza a través del método de la validación cruzada de k iteraciones. En la Tabla 9 se resumen las estimaciones realizadas

Tabla 9. Estimaciones a través de las muestras de entrenamiento para el modelo de regresión lineal múltiple, en 15 iteraciones.

k	n_e	Estimaciones			R^2	$RCME$
		$\ln(\beta_0)$	β_1	β_0		
1	38881	-1,5056	0,8531	-1,0318	0,938	0,1297
2	38803	-1,5030	0,8566	-1,0311	0,937	0,1317
3	38869	-1,4984	0,8570	-1,0323	0,938	0,1311
4	38722	-1,4890	0,8561	-1,0316	0,936	0,1322
5	38748	-1,4973	0,8555	-1,0322	0,937	0,1320
6	39703	-1,4951	0,8551	-1,0324	0,938	0,1294
7	39657	-1,4891	0,8564	-1,0329	0,938	0,1307
8	38885	-1,4945	0,8556	-1,0352	0,937	0,1313
9	38970	-1,4895	0,8576	-1,0368	0,938	0,1296
10	40392	-1,4931	0,8568	-1,0348	0,938	0,1310
11	39998	-1,4900	0,8584	-1,0347	0,937	0,1312
12	39561	-1,4918	0,8558	-1,0345	0,937	0,1309
13	40120	-1,4904	0,8553	-1,0353	0,937	0,1310
14	41048	-1,4918	0,8549	-1,0339	0,937	0,1306
15	38749	-1,4883	0,8561	-1,0341	0,938	0,1295

a través de las muestras de entrenamiento en cada iteración. Se observa en las distintas iteraciones como los valores estimados de los parámetros involucrados en el modelo de regresión múltiple no presentan grandes diferencias. Con lo cual, se puede apreciar una muy buena estabilidad dentro de la muestra considerada. La Tabla 10 presenta el resumen de las validaciones realizadas a través de las muestras de prueba. Los valores absolutos observados del promedio de las diferencias relativas MBE son inferiores al 5% en todos

los casos, indicando de este modo, ligeros sub o sobre-estimaciones en las distintas validaciones realizadas. Los valores del promedio del valor absoluto de las diferencias relativas $MABE$ indican que se ha estimado al índice de transmisividad horaria de la UV-B total en las distintas iteraciones con errores inferiores al 7%.

A continuación, se comparan los datos del índice de transmisividad horario de la UV-B total, correspondientes al año 2012, construidos a partir de mediciones realizadas en el LIAPA,

Tabla 10. Validaciones a través de las muestras de prueba para el modelo de regresión lineal múltiple, en 15 iteraciones.

k	Año	n_p	$MBE(\%)$	$MABE(\%)$
1	1997	3341	4,693	6,799
2	1998	3419	4,620	6,542
3	1999	3353	2,758	6,478
4	2000	3500	1,928	5,131
5	2001	3474	1,502	5,510
6	2002	2519	0,282	5,841
7	2003	2565	-2,608	5,380
8	2004	3337	0,871	4,752
9	2005	3252	-0,500	5,009
10	2006	1830	0,208	4,121
11	2007	2224	-0,874	5,057
12	2008	2661	-1,118	4,009
13	2009	2102	-2,518	4,526
14	2010	1174	-3,926	5,137
15	2011	3473	-2,252	4,513

en el periodo 1 de enero al 31 de diciembre, y no fueron utilizadas en el proceso de estimación, con los datos obtenidos a partir de predicciones, para el mismo año, hechas es base al modelo de regresión múltiple estimado. Se cuentan con 2525 casos en total.

Las asociaciones de los valores medidos y predichos correspondientes al año 2012 de la variable $\ln(k_{UVB}^h)$ se observan en el diagrama

de dispersión presentado en la Figura 7. La línea azul corresponde a la regresión lineal simple entre las magnitudes medidas y predichas, y cuya expresión está dada por:

$$\ln(k_{UVB}^{h(predicho)}) = -0,0416 + 0,9309 \ln(k_{UVB}^{h(medido)})$$

con $R^2 = 0,96$ (38)

Dados los resultados obtenidos en el proceso

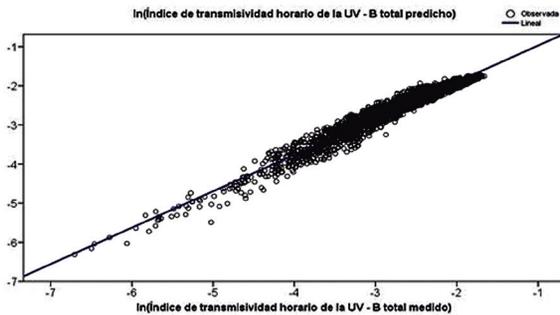


Figura 7. Diagrama de dispersión que refleja la asociación entre los valores medidos y predichos, correspondientes al año 2012, del logaritmo del índice de transmisividad horario de la UV-B total.

de diagnóstico y validación, el modelo de regresión lineal múltiple estimado que relaciona a los índices de transmisividades horarios y la altura solar está dado por la expresión:

$$\widehat{k_{UVB}^h} = 0,2244 m_r^{-1,0336} (k_t^h)^{0,8560}$$

con $R^2 = 0,94$ (39)

En la ecuación (39), la variable $\widehat{k_{UVB}^h}$ es la media geométrica estimada de la variable k_{UVB}^h a partir de las variables k_t^h y m_r . Este modelo indica que con cada incremento del 1% de la variable k_t^h , manteniéndose constante la variable m_r , se estima que la variable k_{UVB}^h se incrementa en promedio en un 0,86% y que con cada incremento del 1% de la variable m_r , manteniéndose constante la variable k_t^h , se estima que la variable k_{UVB}^h disminuye en un 1,03%.

Entonces, según la estimación del modelo presentado en la ecuación (39), el máximo valor que alcanza la media geométrica del índice de transmisividad horario de la UV-B total en FACEN es 0,2244 cuando el índice de claridad y la masa óptica relativa alcanzan el valor 1. Además, entre el índice de claridad y la masa óptica relativa explican un 94% de la variabilidad total experimentada por el índice de transmisividad horario de la UV-B total.

CONCLUSIONES

Con el fin de determinar modelos empíricos que

ayuden a entender y estimar el comportamiento de la radiación UV-B total, se proponen modelos de regresión polinómico, potencial y exponencial. Con la ayuda de los software estadísticos R y SPSS se estiman, por el método de mínimos cuadrados ordinarios, los diversos modelos horarios propuestos. Según los datos horarios disponibles, los modelos estimados arrojaron valores altos en los coeficientes de determinación y bajos valores en los errores estándares de estimación en la mayoría de los casos. A través del Criterio de Información de Akaike, se selecciona el modelo polinómico de mejor ajuste. De entre los modelos polinómico, potencial y exponencial propuestos, se selecciona el que presenta menor valor en el error estándar de estimación. El modelo de regresión seleccionado para su posterior validación es del tipo potencial.

El resultado del proceso de validación del modelo potencial seleccionado a través del análisis de los residuales, validación cruzada y utilización de nuevas muestras, arroja valores en los coeficientes de determinación superiores al 93%. El error estándar de estimación para el modelo que relaciona a los índices de transmisividades horarios y la masa óptica relativa es de 0,1308. Por lo tanto, la dependencia potencial estudiada arroja muy buenos resultados.

En resumen, en base a la técnica estadística que se ha aplicado en la búsqueda de posibles relaciones funcionales entre las radiaciones global y UV-B total y la altura solar, se constata que es factible predecir la intensidad de la irradiancia de la UV-B total en la ciudad de San Lorenzo-Paraguay mediante el uso de modelos potenciales de regresión linealizables bajo la transformación logarítmica. Cabe destacar que antes de hacer uso de estos modelos potenciales, debe tenerse en cuenta que la interpretación de un modelo de regresión lineal, bajo transformación logarítmica en la variable respuesta, debe hacerse en términos de la media geométrica o, equivalentemente, de la mediana, en lugar de en términos de la media aritmética.

Este trabajo multidisciplinario propone un modelo estadístico validado que muestran el comportamiento de la intensidad en superficie de la radiación UV-B total en la ciudad de San Lorenzo-Paraguay

durante los distintos meses del año, además de posibilitar la predicción de esta magnitud en los meses de mayor riesgo y de esta manera adoptar una correcta prevención social pública. Es decir, la utilidad de estos modelos de predicción es la de facilitar el control del comportamiento temporal de la radiación UV-B total a partir de mediciones registradas en la estación LIAPA.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y mi familia por el apoyo de siempre. En especial a mi abuela Avelina por haberme guiado desde siempre por el largo sendero de la vida y a mi hermana Máxima por darme su apoyo y confianza incondicional para el logro de mis metas y seguir mis ideales.

Al Prof. MSc. Jose Barrera Gómez por su orientación, paciencia y comprensión durante la realización de esta investigación.

Al Laboratorio de Investigaciones de la Atmósfera y Problemas Ambientales por cederme tan amablemente los datos que fueron utilizados para la construcción de la base de datos y posterior análisis descriptivo e inferencial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTÓN MARTÍNEZ, M. (2007). Modelos empíricos para la estimación de la Irradiancia Solar Ultravioleta. 212 páginas. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura, España.
- CANAVOS, G. C. (1988). Probabilidad y Estadística. Aplicaciones y Métodos. Primera edición en español. McGraw-Hill/Interamericana. México. 651 páginas.
- DÍAZ ESCOBAR, V. I. (2012). Estimación de la Irradiancia Eritémica basada en Modelos de Series Temporales y determinación del Índice UV en el Departamento Central del Paraguay. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - UNa.
- DUBROVSKY, M. (2000). Analysis of UV-B irradiances measured simultaneously at two stations in the Czech Republic. *Journal Geophysical Research*, N° D4, Vol. 105. Pp. 4907 - 4913.
- HAIR, J.F., ANDERSON, R. E., TATHAM, R.L. y BLACK, W. C. (1999). Análisis Multivariante. Quinta edición. Prentice Hall Iberia. Madrid. 799 páginas.
- MATEOS VILLÁN, D. D. (2008). Medida, Análisis Climatológico y Modelización de la Radiación Solar Ultravioleta Total en Valladolid. 111 páginas. Tesis de Maestría. Universidad de Valladolid, España.
- MONTGOMERY, D. C.; PECK, E. A.; VINING, G. G. (2002). Introducción al análisis de regresión lineal. 1ra. Edición en Español. Compañía Editorial Continental. México. 588 páginas.
- MURILLO, W.; CAÑADA, J. & PEDRÓS, G. (2003). Correlation between global irradiation in Valencia and Córdoba (Spain). *Inglaterra Renewable Energy*, issue 3, Vol. 28. Pp. 409 - 418.
- ROMÁN DIEZ, R. (2010). Efectos de los Componentes Atmosféricos sobre la Radiación Eritémica y Modelo propuesto para la reconstrucción de series. 111 páginas. Tesis de Maestría. Universidad de Valladolid, España.
- SPSS Inc. Released 2002. SPSS for Windows, Version 11.0. Chicago: SPSS Inc.
- VALLEJO DELGADO, L. (2003). Índice Ultravioleta. Departamento de Física. 72 páginas. Universidad de Antofagasta, Chile.
- VARO MARTÍNEZ, M. M. (2006). Modelización de la Radiación Ultravioleta Solar. 329 páginas. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba, España.
- COCHRANE, D., & ORCUTT, G. H. (1949). Application of least squares regression to relationships containing auto-correlated error terms. *Journal of the American Statistical Association*, 44(245), 32-61.

CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL, ESPECTROSCÓPICA Y TERMOQUÍMICA DEL C_2Cl_4 DE INTERÉS MEDIOAMBIENTAL

STRUCTURAL, SPECTROSCOPIC AND THERMOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF C_2Cl_4 OF ENVIRONMENTAL CONCERN

MARÍA LIZ FERREIRA¹, MARÍA EUGENIA TUCCERI²

¹Departamento de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales-Universidad Nacional de Asunción, Paraguay. E-mail: liz.ferres@gmail.com

²Instituto de Investigaciones Fisicoquímicas Teóricas y Aplicadas (INIFTA), Departamento de Química, Facultad de Ciencias Exactas-Universidad Nacional de La Plata, Argentina. E-mail: mtucceri@inifta.unlp.edu.ar

Resumen: El desarrollo del sector industrial en Paraguay es relativamente reciente, por lo tanto actualmente no existe una problemática medioambiental pronunciada. No obstante, la amplia aplicación del tetracloroetileno, C_2Cl_4 , como solvente en tintorerías de lavado a seco, genera productos de descomposición que pueden llegar a afectar la tropósfera. Con el fin de aportar datos precisos para la caracterización de esta especie en fase gaseosa, se realizaron cálculos mecánico-cuánticos basados en la Teoría del Funcional de Densidad (DFT). En particular se utilizó el funcional B3LYP combinado con el conjunto base 6-311+G(d) para efectuar una caracterización estructural, espectroscópica y termoquímica del C_2Cl_4 . Estos resultados pueden ser utilizados en el futuro como base para realizar un estudio profundo de la cinética y tiempo de residencia de este compuesto en la atmósfera, lo que permitiría elaborar inferencias más directas acerca de los efectos que podría causar en la salud humana y el medioambiente.

Palabras clave: tetracloroetileno, química computacional, química atmosférica.

Abstract: The development of industry in Paraguay is relatively recent, therefore currently there is no pronounced environmental issues. However, the wide application of tetrachloroethylene, C_2Cl_4 , as a solvent in dry cleaning laundries generates decomposition products that may affect the troposphere. In order to provide accurate data for the characterization of this species in gas phase, quantum mechanical calculations based on Density Functional Theory (DFT) have been performed. Particularly the functional B3LYP combined with the basis set 6-311+G(d) has been employed to make an structural, spectroscopic and thermochemical characterization of C_2Cl_4 . These results can be used in the future to perform a detailed study of the kinetics and residence time of this compound in the atmosphere, which would allow to analyze its effects on human health and environment.

Key words: tetrachloroethylene, computational chemistry, atmospheric chemistry

INTRODUCCIÓN

La importancia en la Química Atmosférica de los compuestos orgánicos volátiles (COV) surgió a partir de la identificación de la oxidación de hidrocarburos en presencia de la luz solar y de óxidos de nitrógeno, como una fuente fotoquímica de ozono y sus oxidantes (Derwent, 1995). Entre los compuestos orgánicos volátiles más importantes se encuentra el tetracloroetileno C_2Cl_4 , el cual se utiliza principalmente como disolvente en limpiadores de tintorería (lavado en seco) y limpiadores de metal. Además se lo utiliza en el proceso y acabado de la industria textil como solvente de extracción, fumigante de granos y en la fabricación de fluorocarbonos (OMS,

2003; ISTAS,2010).

A su vez, varias especies de algas marinas, tanto microalgas como macroalgas, han sido identificadas como productoras de hidrocarburos halogenados (Moore, 2001). Por ejemplo la microalga roja marina *P. purpureum* es un organismo epífito normalmente encontrado en las aguas costeras, la cual ha sido asociada en cultivos de laboratorio con la producción de tricloroetileno y tetracloroetileno, así como cantidades pequeñas de otros compuestos halogenados (Moore, 2001).

Un informe sobre la carcinogenicidad del tetracloroetileno fue llevado a cabo por La Agencia Internacional de Investigación del Cáncer (IARC,

por sus siglas en inglés) en el año 1995 y basándose en evidencias suficientes de pruebas en animales de laboratorio, lo ha clasificado en el grupo 2A, una sustancia considerada como “probablemente carcinogénica para los humanos” (WHO, 2006).

El tetracloroetileno es ampliamente utilizado a escala industrial, específicamente en instalaciones de tintorerías de lavado en seco en el Paraguay. El desarrollo industrial en el Paraguay es relativamente reciente, el sector es modesto aún y está tratando de superar dificultades y limitaciones (Sub-Secretaría de Estado de Recursos Naturales y Medio Ambiente, 1998). Según datos aportados por la Secretaría del Ambiente (SEAM, 2003), las tintorerías más importantes a nivel nacional presentan un consumo total de 25 kg/mes, emitiéndose un total de 6 toneladas/año de tetracloroetileno por un total de 20 empresas nacionales. También se tiene una exposición a bajos niveles del mismo en el medioambiente, alimentos y en el agua potable (SEAM, 2003). Presenta una eliminación relativamente rápida en la tropósfera (tiempo de vida: 0,3 años), menos del 1% de las emisiones son capaces de pasar a la estratósfera (Singh *et al.*, 1996).

Un área de preocupación medioambiental ha sido la toxicidad y la capacidad del C_2Cl_4 para producir productos de descomposición (Singh *et al.*, 1996). Por lo que resulta sumamente importante realizar una caracterización detallada de este compuesto, de manera de disponer de datos que luego permitan realizar análisis cinéticos sobre su comportamiento en la atmósfera y sus efectos en la salud humana.

Es bien conocido que la química computacional puede ser una herramienta útil en la estimación de diferentes propiedades moleculares tales como geometrías moleculares, frecuencias vibracionales, espectros infrarrojos y ultravioletas, entre otros (Ramachandran *et al.*, 2008). Por lo tanto, en este trabajo se efectuaron cálculos mecánico-cuánticos para caracterizar al tetracloroetileno, a partir de la estimación de sus parámetros estructurales, espectroscópicos y termoquímicos. Asimismo, se determinó experimentalmente el espectro infrarrojo de esta especie para compararlo con los resultados

de los cálculos realizados. Los datos obtenidos podrán luego ser utilizados en estudios cinéticos para poder realizar inferencias más directas acerca de los efectos en el medioambiente (especialmente en la disminución del ozono y en la formación de sustancias más tóxicas) a nivel local y regional así como en la salud humana.

MÉTODOS

Para los cálculos de optimización de geometrías, estimación de frecuencias vibracionales y algunas propiedades termoquímicas se empleó la Teoría del Funcional de la Densidad (DFT), en particular el funcional híbrido B3LYP (Becke, 1993) combinado con el conjunto de bases 6-311+G(d) disponible en el programa computacional Gaussian 09 (Frisch *et al.*, 2009).

Estos cálculos fueron desarrollados en el Instituto de Investigaciones Fisicoquímicas Teóricas y Aplicadas de la Universidad Nacional de La Plata-Argentina, donde se encontraban disponibles 6 computadoras destinadas a cálculos mecánico-cuánticos con sistema operativo Windows INTEL CORE 2 Quad CPU, 2.83 GHZ, 3.24 GB de RAM.

Por otro lado, se determinó experimentalmente el espectro IR del C_2Cl_4 líquido (Sigma-Aldrich 99%, sin previa purificación) mediante un espectrofotómetro FTIR Nicolet 8700 con accesorio ATR, con el fin de compararlo con el espectro IR calculado anteriormente.

Además, se efectuó la estimación de la entalpía de formación estándar del C_2Cl_4 por medio de dos métodos: esquema de reacciones isodésmicas y cálculo de energías de atomización totales.

Geometría molecular y frecuencias vibracionales

La optimización de la geometría de una molécula es el paso elemental en el estudio de la misma. En dicho cálculo se pretende localizar un mínimo en la superficie de energía potencial, con el fin de determinar la estructura más estable de dicha molécula. Las frecuencias vibracionales dependen de la segunda derivada de la energía respecto a las coordenadas nucleares y se calcularon en base a la geometría optimizada del compuesto (Ramachan-

dran et al., 2008).

En este trabajo se efectuaron cálculos de la geometría del C_2Cl_4 al nivel B3LYP/ 6-311+G(d) y se los comparó con valores experimentales conocidos. Además se determinaron las frecuencias vibracionales de esta especie con el mismo método de cálculo y a partir de ellas la energía en el punto cero (E_{ZPE}), la energía a 0 K (E_{0K}) y a 298 K (E_{298K}) y la entalpía a 298 K (H_{298K}) que se utilizaron en este trabajo (Ochterski, 2000).

Mediante la observación de los desplazamientos de los átomos correspondientes a las diferentes frecuencias vibracionales fue posible realizar también una asignación aproximada de las mismas. Estos resultados se compararon con el espectro IR medido en este trabajo y con datos de literatura.

Termoquímica

La entalpía de formación de una especie proporciona información acerca de la estabilidad y reactividad molecular, a partir de la cual se pueden realizar inferencias acerca de los efectos en los procesos químicos, posibles mecanismos cinéticos, tiempo de residencia en la atmósfera, entre otros.

Estimación de Entalpías de Formación

Dos posibles métodos para estimar entalpías de formación estándar de una especie lo constituyen los cálculos de energías de atomización totales y esquemas de reacciones isodésmicas. En este trabajo, se emplearon ambos métodos para estimar la entalpía de formación correspondiente al C_2Cl_4 . A continuación se describen brevemente los mismos.

Mediante el cálculo de energías de atomización total

Una forma de estimar la entalpía de formación a 298 K, $\Delta H_{f, 298K}^\circ$ de una especie dada, es mediante cálculos de energías de atomización total a 0 K, $\Sigma D_o(M)$, la cual se define como la cantidad de energía necesaria para separar a la molécula M en cada uno de sus átomos constituyentes. Dada la siguiente reacción:



La energía de atomización total a 0 K está dada por la siguiente expresión (Ochterski, 2000):

$$\Sigma D_o(M) = \Sigma x \varepsilon_o(X) - \varepsilon_o(M) - \varepsilon_{ZPE}(M) \quad (2.1)$$

donde:

$\varepsilon_o(M)$ es la energía electrónica total de la molécula,

$\varepsilon_{ZPE}(M)$ es la energía del punto cero de la molécula,

M representa a la molécula de interés,

X es cada átomo que conforma M , y

x es el número de átomos X en M .

Una vez obtenida $\Sigma D_o(M)$, se procede a calcular la entalpía de formación a 0 K, $\Delta H_{f, 0K}^\circ$ mediante la expresión:

$$\Delta H_{f, 0K}^\circ(M) = \sum_{\text{átomos}} x \Delta H_{f, 0K}^\circ(X) - \Sigma D_o(M) \quad (2.2)$$

donde:

$\Delta H_{f, 0K}^\circ(X)$ es el valor experimental de la entalpía de formación a 0 K de cada uno de los átomos extraído de la literatura (Ochterski, 2000).

Y por último, se realiza una conversión de la entalpía de formación a 298 K, $\Delta H_{f, 298K}^\circ(M)$, mediante la adición de algunas correcciones térmicas (Ochterski, 2000):

$$\Delta H_{f, 298K}^\circ(M) = \Delta H_{f, 0K}^\circ(M) + (H_{M, 298K}^\circ - H_{M, 0K}^\circ) - \sum_{\text{átomos}} x (H_{X, 298K}^\circ - H_{X, 0K}^\circ) \quad (2.3)$$

donde:

$\Delta H_{f, 0K}^\circ(M)$ es la entalpía de formación a 298 K del compuesto en estudio M ,

$H_{M, 298K}^\circ$ y $H_{M, 0K}^\circ$ corresponden a las entalpías a 298 K y 0 K de la especie de interés M calculada en el programa Gaussian 09,

x es la cantidad de cada átomo presente en la especie M , y

$H_{X, 298K}^\circ$ y $H_{X, 0K}^\circ$ son las entalpías a 298 K y 0 K de los átomos aislados de carbono y cloro, respectivamente, extraídos de la literatura.

Por lo que, para estimar la entalpía de formación a 298 K, $\Delta H_{f, 298K}^\circ$ se emplean las contribuciones

$H^\circ(298K) - H^\circ(0K)$ extraídas de la referencia (Ochterski, 2000) para los átomos de C y Cl con valores iguales a 0,25 y 1,10 kcal mol⁻¹, respectivamente. Previamente, se aplica la corrección de desdoblamiento de espín, el cual incluye las correcciones correspondientes a la cantidad de átomos de C y Cl en la molécula de interés, y este es sustraído al valor calculado de la entalpía de formación a 0 K (NIST, 2011).

Mediante esquemas de Reacciones isodésmicas

En el segundo método para estimar entalpías de formación estándar se emplean reacciones isodésmicas, las cuales son reacciones hipotéticas donde el número y tipo de enlaces son idénticos tanto en reactivos como productos (Ochterski, 2000).

Se procede a calcular la entalpía de reacción a 298 K, $\Delta H_{r,298K}^\circ$, de cada reacción propuesta

$$\Delta H_{r,298K}^\circ = \sum (H_{298K}^\circ)_p - (H_{298K}^\circ)_r \quad (2.4)$$

donde:

H_{298K}° es la entalpía a 298 K de cada especie calculada mediante el programa Gaussian 09, y p y r son los subíndices que representan a los productos y reactivos, respectivamente (Ochterski, 2000).

Posteriormente, se calcula la entalpía de formación a 298 K de la especie de interés, $\Delta H_{f,298K}^\circ (M)$, a partir del resultado anterior y de las entalpías de formación conocidas de las otras especies, $\Delta H_{f,298K}^\circ$ que intervienen en la reacción isodésmica (Sander *et al.*, 2011), teniendo en cuenta que:

$$\Delta H_{r,298K}^\circ = \sum (\Delta H_{f,298K}^\circ)_p - (\Delta H_{f,298K}^\circ)_r \quad (2.5)$$

Y siendo la única incógnita la entalpía de formación a 298 K de la especie de interés.

Para dichos cálculos se utilizó el método B3LYP/6-311+G(d) para el C₂Cl₄ y el B3LYP/6-311++G(d,p) para las especies que contenían átomos de H. Es decir que para éstos últimos, se adicionaron funciones de polarización y funciones difusas a los conjuntos de base.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Geometría del C₂Cl₄

Para la determinación de la geometría se aplicó el funcional B3LYP (Becke, 1993) con el conjunto de base 6-311+G(d), la cual tiene en cuenta funciones de polarización y difusas, específicamente sobre los átomos pesados (átomos de cloro, ya que no se disponen de átomos de hidrógeno). Este funcional fue elegido de manera particular, por la precisión de sus resultados y por el bajo costo computacional.

Teniendo en cuenta que el tetracloroetileno contiene un doble enlace y 4 átomos de cloro, se espera que la conformación más estable sea plana (Ramachandran *et al.*, 2008; Davis *et al.*, 2008). En la Tabla 1 se muestran los valores de los parámetros geométricos obtenidos para el tetracloroetileno utilizando el método mencionado anteriormente y en la Figura 1 se muestra un esquema de la estructura molecular encontrada para esta especie.

En base a los resultados observados en la Tabla 1, es posible concluir que en general existe una buena concordancia entre los valores calculados al nivel de teoría B3LYP/6-311+G(d) y los datos experimentales de literatura (NIST, 2011). En particular, la desviación media es de 0,013 Å para las longitudes de enlace y de 0,5 grados para los ángulos. Inclusive, los resultados obtenidos en el presente trabajo concuerdan razonablemente bien con los valores obtenidos en un estudio computacional realizado por Zhang (Zhang, 2006), el cual emplea el funcional PBE (Perdew-Burke-Enzerhof) y la base 6-31G(d,p) para la determinación de los parámetros geométricos del tetracloroetileno.

Tabla 1. Parámetros geométricos del C₂Cl₄ (longitudes de enlace en angstrom y ángulos de enlace en grados).

Parámetros geométrico	B3LYP/6-311+G(d)	Valores experimentales ¹
C-C	1,342	1,354
C-Cl	1,731	1,718
< C-C-Cl	122,6	122,2
< Cl-C-Cl	114,9	115,7

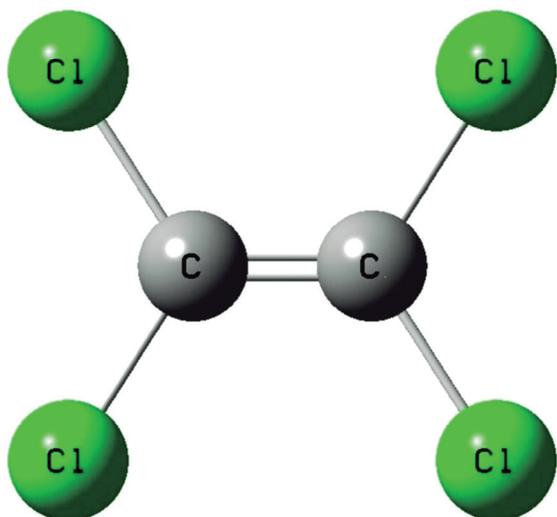


Figura 1. Parámetros geométricos calculados en este trabajo al nivel B3LYP/6-311+G(d)

Frecuencias vibracionales

Se calcularon las frecuencias vibracionales del C_2Cl_4 al nivel de teoría B3LYP/6-311+G(d) a partir de la geometría obtenida en la sección anterior. A su vez, se efectuó la asignación aproximada de las

Tabla 2. Frecuencias vibracionales del C_2Cl_4 calculadas con el método B3LYP/6-311+G(d) (en cm^{-1}), intensidades IR (en $km\ mol^{-1}$), asignaciones aproximadas y valores experimentales conocidos.

Asignación aproximada	B3LYP/6-311+G(d) (Intensidad)	Frecuencias experimentales ²
torsión CCl_2	96 (0)	110
balanceo CCl_2	181 (1)	176
tijereteo CCl_2	242 (0)	237
meneo CCl_2	295 (1)	288
tijereteo CCl_2	317 (0)	310
balanceo CCl_2	342 (0)	347
est. sim CCl_2	444 (0)	447
meneo CCl_2	546 (0)	512
est. sim CCl_2	767 (78)	777
est. asim CCl_2	875 (223)	908
est. asim CCl_2	957 (0)	1000
est. CC	1617 (0)	1571

²(NIST, 2011)

mismas. En la Tabla 2 se listan las frecuencias calculadas para el C_2Cl_4 junto con las intensidades, las asignaciones aproximadas y valores experimentales de literatura.

Puede observarse que los valores correspondientes a los doce modos vibracionales del C_2Cl_4 calculados en este trabajo están en buen acuerdo con los datos experimentales (NIST, 2011), y presentan una desviación media de $18\ cm^{-1}$.

En la Figura 2 se muestra el espectro del C_2Cl_4 líquido obtenido experimentalmente en este trabajo. Es posible apreciar la buena concordancia entre el espectro medido, las frecuencias vibracionales calculadas en esta investigación y las frecuencias experimentales de la literatura (NIST, 2011). Particularmente, en los cálculos se observa que las frecuencias de mayor intensidad corresponden al estiramiento simétrico CCl_2 a $767\ cm^{-1}$ y al estiramiento asimétrico CCl_2 a $875\ cm^{-1}$, lo cual concuerda con lo observado en el espectro infrarrojo medido. Es decir, los picos de mayor intensidad en la Figura 2, $772\ cm^{-1}$ y $909\ cm^{-1}$, corresponden respectivamente a los estiramientos simétrico y asimétrico del CCl_2 . Incluso, las frecuencias vibracionales calculadas con el método B3LYP/6-311+G(d) en este trabajo están en buen acuerdo con las reportadas por Zhang (Zhang, 2006), calculadas al nivel PDB(funcional Perdew-Burke-Enzerhof) con la base 6-31G(d,p).

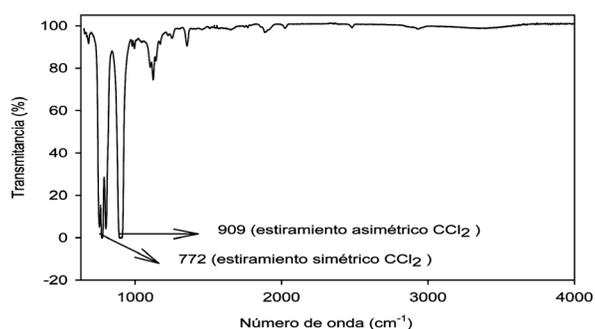


Figura 2. Espectro infrarrojo del compuesto C_2Cl_4 (líquido) obtenido experimentalmente en este trabajo.

Entalpía de formación estándar del C_2Cl_4

En la Tabla 3 se presentan los resultados obtenidos para la entalpía de formación estándar del C_2Cl_4 mediante el cálculo de la energía de atomización

Tabla 3. Entalpías de formación estándar del C_2Cl_4 (kcal mol⁻¹), a partir del cálculo de la energía de atomización total.

Parámetro	B3LYP/6-11+G(d)
$\sum D_o$	431,8
ΔH_{f0K}°	19,0
ΔH_{f298K}°	18,8

total al nivel B3LYP/6-311+G(d).

El valor de entalpía de formación estándar a 298 K para el C_2Cl_4 obtenido a partir de la entalpía de atomización total al nivel B3LYP/6-311+G(d) de 18,8 kcal mol⁻¹ es considerablemente más alto que el dato existente en la literatura de -5,7 kcal mol⁻¹ (NIST, 2011) proveniente de resultados experimentales. Por esto, se estimó también este valor a partir del planteo de reacciones isodésmicas a ese mismo nivel de teoría. En la Tabla 4 se presentan las reacciones isodésmicas empleadas para estimar la entalpía de formación a 298 K del C_2Cl_4 y los resultados obtenidos.

De la Tabla 4 puede observarse, que si bien, las entalpías de reacción de las cinco reacciones isodésmicas presentan diferencias de varias kcal mol⁻¹, se obtiene un buen acuerdo entre las entalpías de formación derivadas de cada una de ellas. El valor promedio de entalpía de formación estándar a 298 K para el C_2Cl_4 al nivel de teoría B3LYP/6-311++G(d,p) de -5,1 kcal mol⁻¹, está en muy buen acuerdo con el valor existente en la literatura de -5,7 kcal mol⁻¹ (NIST, 2011) con una desviación media

Tabla 4. Entalpías de formación a 298K para el C_2Cl_4 (kcal mol⁻¹), calculadas a partir de reacciones isodésmicas con el método B3LYP/6-311++G(d,p).

Reacciones isodésmicas	$\Delta H_{r,298K}$	$\Delta H_{f,298K}^\circ$
1) $C_2H_3Cl + CCl_4 \rightarrow C_2Cl_4 + CH_3Cl$	-7,87	-5,88
2) $2 C_2HCl_3 \rightarrow C_2Cl_4 + C_2H_2Cl_2$	3,22	-5,72
3) $C_2H_3Cl + CHCl_3 \rightarrow C_2Cl_4 + CH_2Cl_2$	0,41	-5,64
4) $C_2HCl_3 + CCl_3O \rightarrow C_2Cl_4 + CH_3O$	6,28	-3,88
5) $C_2HCl_3 + CH_2Cl_2 \rightarrow C_2Cl_4 + CH_3Cl$	2,94	-4,40
Promedio		-5,1

igual a 0,8 kcal mol⁻¹. Se aprecia asimismo una marcada diferencia entre los resultados derivados a partir del cálculo de la energía de atomización total y mediante reacciones isodésmicas. Este hecho radica en que en las reacciones isodésmicas se compensan los errores sistemáticos inherentes a los métodos y a las limitaciones de los conjuntos de base.

Es importante señalar que se estima que la entalpía de formación derivada en este trabajo por el método de reacciones isodésmicas presentan un error de ± 2 kcal/mol. Considerando esto, el resultado promedio calculado para el C_2Cl_4 está en muy buen acuerdo con el valor de literatura.

Por lo tanto, a partir de todos los resultados de esta sección se puede concluir que el método B3LYP/6-311+G(d,p) es apropiado para predecir los parámetros geométricos, las frecuencias vibracionales y la entalpía de formación estándar del C_2Cl_4 .

Basándonos en estos resultados se podría analizar la estabilidad de esta especie y continuar un estudio sistemático de compuestos relacionados con el anterior, para hacer luego un análisis de su impacto en la química atmosférica y en la salud humana.

CONCLUSIONES

Con el fin de aportar datos precisos para la caracterización del C_2Cl_4 en fase gaseosa, se realizaron cálculos mecánico-cuánticos basados en la Teoría del Funcional de Densidad (DFT). En particular se utilizó el funcional B3LYP combinado con el conjunto bases 6-311+G(d) para efectuar una caracterización estructural, espectroscópica y termoquímica del C_2Cl_4 . En particular se determinaron los parámetros geométricos y las frecuencias vibracionales armónicas del mismo, encontrando un excelente acuerdo con los valores registrados en la literatura. Además, se determinó experimentalmente el espectro infrarrojo del C_2Cl_4 concordando con los resultados de los cálculos. Se determinó a su vez la entalpía de formación estándar del C_2Cl_4 , también en muy buen acuerdo con el valor experimental recomendado en las tablas NIST 2011. Se preten-

de que estos resultados sirvan como base para su posterior uso en estudios termoquímicos y cinéticos de interés atmosférico, así como para caracterizar a otras especies de la familia de compuestos C_2Cl_x de interés ambiental.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a las autoridades de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Asunción, a las del Instituto de Investigaciones Fisicoquímicas Teóricas y Aplicadas (INIFTA) de la Universidad Nacional de La Plata-Argentina, especialmente al Dr. Carlos Cobos y la Dra. Adela Croce por permitir la estadía de M.L.F. en el grupo de investigación, al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de Paraguay (CONACYT-Py) por el soporte financiero y el apoyo relevante para el desarrollo de este trabajo de investigación y a la Dra. Norma B. Caballero por su constante apoyo como cotutora de la Tesis de Maestría de M.L.F.

LITERATURA CITADA

- ABLETT, E; BELLIZI, D; BOWSE, R; BYERS, J; COVE, S; DOBRUSIN, M; FREY, A; HANKE, J; KOOPMANS, R; NEWCOMB, J; *et al.*, 2005. Espectrofotómetro FTIR con transformada de Fourier. Consultado 13 abril 2013. Disponible en: <http://bibite.wikispaces.com/FT-IR>
- ABRAHAMSSON, K; EKDAHL, A; COLLEN, J; PEDERSEN, M. 1995. Marine algae-a source of trichloroethylene and perchloroethylene. *American Society of Limnology and Oceanography*.40:1321–1326.
- Addlink Software Científico. 1994. Hyperchem. Consultado 22 enero 2013. Disponible en: <http://www.addlink.es/productos/simulacion/hyperchem-detail>.
- AGGAZZOTTI, G; RIGHI, E; FANTUZZI, G; PREDIERI, FG. 1999. Assessment of indoor exposure to Perchloroethylene (PCE) in dry-cleaners' family members. *Journal of Preventive Medicine and Hygiene*. 40:43–48.
- ATENCIO B, IGNACIO C. 2012. Estudios termoquímicos, espectroscópicos y cinéticos teóricos de reacciones de especies de interés ambiental. 175 p. Tesis/ Disertación (Doctorado). La Plata, Argentina: Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional de La Plata.
- BECKE, AD. 1993. Density-functional thermochemistry. The role of exact exchange. *The Journal of Chemical Physics*. 98:5648–5652.
- CÁRDENAS, RA. 2007. Espectroscopía Infrarroja. Consultado 28 febrero 2013. Disponible en: <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/antonioc/IR>.
- CASAS, J. 2012. Alternativas al Percloroetileno (PERC). Los disolventes Alternativos. Los hidrocarburos. Consultado 29 marzo 2013. Disponible en: <http://www.lacoctelera.com/tintorerias/perfil>.
- CHRISTIANSEN, CJ; FRANCISCO, JS. 2010. Atmospheric Oxidation of Tetrachloroethylene: An Ab Initio Study. *J. Phys. Chem. A*. 114:9177–9191.
- COHEN, AJ; HANDY, NC. 2001. Dynamic correlation. *Molecular Physics*. 99: 607–615.
- DA SILVA, AUGUSTO LG; LIEBER, SR; RUIZ, MA; DE SOUZA, CA. 1997. Micronucleus monitoring to assess human occupational exposure to organochlorides. *Environmental and Molecular Mutagenesis*. 29:46–52.
- DERWENT, RG. 1995. Sources, distributions, and fates of VOCs in the atmosphere. In: Harrison, RM; Hester, R E. *Volatile Organic Compounds in the Atmosphere*. The Royal Society of Chemistry. 1–16 p.
- DIMMER, C; MCCULLOCH, A; SIMMONDS, P; NICKLESS, G; BASSFORD, M; SMYTHE-WRIGHT, D. 2001. Tropospheric concentrations of the chlorinated solvents, tetrachloroethene and trichloroethene, measured in the remote northern hemisphere. *Atmospheric Environment*. 35:1171–1182.
- Facultad de Ciencias (Departamento de Quími-

- ca), Universidad de Granada (España) 2004. Elucidación estructural: espectroscopía de infrarrojo. Consultado 18 abril 2013. Disponible en: <http://www.ugr.es/~quiorred/espec/ir.htm>.
- Facultad de Ciencias Experimentales (Departamento de Biología). Universidad Miguel Hernández, Colombia. Toxicología Ambiental y Salud Pública. Espectroscopía. Consultado 18 abril 2013. Disponible en: http://repositorio.innovacionumh.es/Proyectos/P_22CursoMateriales/Miguel_Angel_Sogorb/Wimba/Espectroscopia_03.htm.
- FINLAYSON-PITTS, BJ; PITTS JR, J. 1999. Chemistry of the Upper and Lower Atmosphere: Theory, Experiments, and Applications. United States. Academic Press. 993 p.
- FORESMAN, J; FRISCH, A. 1993. Exploring Chemistry with Electronic Structure Methods. 2nd ed. United States. Gaussian, Inc. 302 p.
- FRISCH, M; *et al.*, 2009. The Official Gaussian Website. Consultado 12 febrero 2013. Disponible en: <http://www.gaussian.com>.
- FRISCH, MJ; TRUCKS, G; SCHLEGEL, H; SCUSERIA, G; ROBB, M; CHEESEMAN, J; SCALMANI, VB; MENNUCCI B, G.A; PETERSSON, NAKATSUJI H; *et al.*, 2009. Gaussian 09.
- GÁSQUEZ, MATEOS JL; GALVÁN, M; VELA, A. 2009. La Enciclopedia de las Ciencias y la Tecnología en México. Consultado 24 febrero 2013. Disponible en: http://www.izt.uam.mx/cosmosecm/QUIMICA_TEO-RICA.html.
- GILL, PMW; JOHNSON, BG; POPLE, JA; FRISCH, MJ. 1992. The performance of the Becke—Lee—Yang—Parr (B—LYP) density functional theory with various basis sets. Chemical Physics Letters. 197:499–505.
- GONZÁLEZ, M. 2010. Espectroscopía Infrarroja. La Guía. Consultado 18 abril 2013. Disponible en: <http://quimica.laguia2000.com/conceptos-basicos/espectroscopia-infrarroja>.
- HEWITT, CN. 1999. Reactive Hydrocarbons in the Atmosphere. Unites States. Academic Press. 336 p.
- ISTAS (Instituto Sindical de Trabajo Ambiente y Salud). España. Compuestos orgánicos volátiles (COV). Consultado 5 noviembre 2012. Disponible en: <http://www.istas.net/risctox/index.asp?idpagina=621>
- LEVINE, IN. 2001. Química Cuántica. España. Pearson Educación. 696 p.
- LIN-VIEN, D; COLTHUP, NB; FATELEY, WG; GRASSELLI, JG. 1991. The Handbook of infrared and Raman characteristic frequencies of organic molecules. United States. Elsevier, Inc. 503 p.
- MANION, JA. 2002. Evaluated enthalpies of formation of the stable closed shell c1 and c2 chlorinated hydrocarbons. Journal of Physical and Chemical Reference Data. 31:123–172.
- MARTÍNEZ SERRANO, JL. 2011. Espectroscopía Infrarroja. In: Universidad Politécnica de Cartagena. Consultado 28 febrero 2013. Disponible en: http://www.upct.es/~minaees/espectroscopia_infrarroja.pdf.
- MAZARIEGOS, C. 2007. Determinación del riesgo en la salud de los trabajadores de empresas de lavado en seco que utilizan percloroetileno como solvente de limpieza en el área de la ciudad de Guatemala. 58 p. Tesis/Disertación (Carrera Química Farmacéutica). Facultad de Ciencias Química y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- MIEHLICH, B; SAVIN, A; STOLL, H; PREUSS, H. 1989. Results obtained with the correlation energy density functionals of becke and Lee, Yang and Parr. Chem. Phys. Lett. 157:200–206.
- MOORE, R. 2003. Marine Sources of Volatile Organohalogenes. The Handbook o Envi-

- ronmental Chemistry. 3:85–101.
- MOORE, RM. 2001. Trichloroethylene and tetrachloroethylene in Atlantic waters. *J. Geophys. Res.* 106:27135–27143.
- NIST (National Institute of Standards and Technology). U.S Department of Commerce. Computational Chemistry Comparison and Benchmark Database. 2011. Consultado 15 noviembre 2012. Disponible en: <http://cccbdb.nist.gov/electspin.asp>.
- NIST (National Institute of Standards and Technology). U.S Department of Commerce. Libro del Web de Química del NIST. 2011. Consultado 30 octubre 2012. Disponible en: <http://webbook.nist.gov/chemistry/>.
- OCHTERSKI, JW. 2000. Thermochemistry in Gaussian. Gaussian, Inc. Consultado 23 febrero 2013. Disponible en: http://www.ict.jussieu.fr/manuels/Gaussian03/g_whitepap/thermo/thermo.pdf.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 1993. Tetrachloroethylene. Health and Safety Guide. Metepec, México. 10:1–36.
- PERDEW, JP; CHEVARY, JA; VOSKO, S H; JACKSON, KA; PEDERSON, MR; SINGH, DJ; FIOLEHAIS, C. 1993. Erratum: Atoms, molecules, solids, and surfaces: Applications of the generalized gradient approximation for exchange and correlation. *Phys. Rev. B.* 48:4978–4978.
- POPLE, JA. 1970. Molecular orbital methods in organic chemistry. *Acc. Chem. Res.* 3:217–223.
- RAMACHANDRAN, K I; DEEPA, G; NAMBOORI, K. 2008. Computational Chemistry and Molecular Modeling: Principles and Applications. Alemania. Springer. 397 p.
- ROBLES SANTANA, LC. 2004. Impacto ambiental y riesgo potencial que genera el uso de percloroetileno en las lavanderías en seco de Bogotá. 75 p. Tesis/Disertación (Carrera Ingeniería Ambiental). Facultad de Ingeniería. Universidad de Los Andes, Colombia.
- ROMANO, D; GADEA, R; SANTOS, T; CADDALSO, J; JIMÉNEZ, R. 2008. Elaboración de una lista de sustancias prioritarias a sustituir, criterios para la selección de alternativas y métodos de comparación de alternativas. Consultado 18 noviembre 2012. Disponible en: <http://www.istas.ccoo.es>.
- ROMERO, AB. 2004. Configuraciones Estables de Aleaciones Metálicas Binarias Empleando el Método Montecarlo. 106 p. Tesis/Disertación (Licenciatura en Física). Escuela de Ciencias. Universidad de las Américas Puebla, México. 106 p.
- SANDER, S; GOLDEN, D; KURYLO, M; MOORTGAT, G; WINE, P; RAVISHANKARA, A; KOLB, C; MOLINA, M; FINLAYSON-PITTS, B; HUIE, R, *et al.*, 2011. Chemical kinetics and photochemical data for use in Atmospheric Studies Evaluation Number 17. Pasadena, CA: Jet Propulsion Laboratory, National Aeronautics and Space Administration. United States. Consultado 8 marzo 2013. Disponible en: <http://jpldataeval.jpl.nasa.gov/>
- SCARRATT, M; MOORE, R. 1999. Production of Hydrocarbons and Methyl Iodide by the Red Microalga *Porphyridium purpureum*. *American Society of Limnology and Oceanography.* 44:703–707.
- SCHMIDER, HL; BECKE, AD. 1998. Optimized density functionals from the extended G2 test set. *The Journal of Chemical Physics.* 108:9624–9631.
- SERRANO, JL. 2011. Espectroscopía Infrarroja. Posgrado en Ingeniería del Agua y Terreno. Universidad Politécnica de Cartagena. Consultado 28 febrero 2013. Disponible en: http://www.upct.es/~minaees/espectroscopia_infrarroja.pdf
- SINGH, HB; THAKUR, AN; CHEN, YE; KANAKIDOU, M. 1996. Tetrachloroethylene as an indicator of low Cl atom concentrations in the troposphere. *Geophysical Research Letters.* 23:1529–1532.
- SUB-SECRETARÍA DE ESTADO DE RECUR-

- SOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE (MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA). 1998. Perfil Nacional del Manejo de Sustancias Químicas en el Paraguay. Consultado 19 noviembre 2012. Disponible en: http://www2.unitar.org/cwm/publications/cw/np/np_pdf/Paraguay_National_Profile.pdf.
- THÜNER, LP; BARNES, I; BECKER, KH; WALLINGTON, TJ; CHRISTENSEN, LK; ORLANDO, JJ; RAMACHER, B. 1999. Atmospheric Chemistry of Tetrachloroethene (C₂Cl₄): Products of Chlorine Atom Initiated Oxidation. *J. Phys. Chem. A.* 103:8657–8663.
- TUCCERI, ME. 2003. Estudio teórico y de fotólisis flash con láser de la cinética de reacciones de radicales fluorados y fluorosulfurados en fase gaseosa. 165 p. Tesis/Disertación (Doctorado). Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional de La Plata, Argentina.
- VÁZQUEZ, MI; CHIÑAS, EM; CASTRO MARTÍNEZ, FM; RUVALCABA, RM. 2006. Algunos Aspectos Básicos de la Química Computacional. 1ra ed. México. Comité Editorial. 65 p.
- WHO (World Health Organization). 2006. Concise international chemical assessment document 68: Tetrachloroethene. Consultado 5 octubre 2012. Disponible en: <http://www.inchem.org/documents/cicads/cicads/cicad68.htm>.
- WON, Y-S. 2009. Thermal decomposition of tetrachloroethylene with excess hydrogen. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry.* 15:510–515.
- WU, YO-PING G; LIN, YA-FEN; HUANG, CHUNG-LEI. 2004. Kinetic study of the pyrolysis of tetrachloroethylene in a hydrogen rich environment. *Fuel.* 83: 2237–2248.
- XIANG, T; LIU K, ZHAO S, SU H, KONG F; WANG, B. 2007. Multichannel Reaction of C₂Cl₃ + O₂ Studied by Time-Resolved Fourier Transform Infrared Emission Spectroscopy. *J. Phys. Chem. A.* 111:9606–9612.
- ZHANG, N. 2006. Understanding Environmental Reactions of Carbon Tetrachloride, Trichloroethylene, Perchloroethylene, and Arsenic Applying Computational Chemistry Methods. Consultado 8 marzo 2013. Disponible en: <http://arizona.openrepository.com/arizona/handle/10150/195287>.

MODELO PARA IDENTIFICAR DESARROLLO DE COMPETENCIAS PROFESIONALES PARA EL MERCADO ACTUAL: EL CASO DE LA CARRERA DE TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN – UNA

A MODEL TO IDENTIFY THE DEVELOPMENT OF PROFESSIONAL COMPETENCES FOR THE CURRENT MARKET: THE CASE OF THE CAREER ON PRODUCTION TECHNOLOGY – UNA

ÁNGEL BASILIO IBÁÑEZ MENDOZA¹

¹Departamento de Tecnología de producción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Asunción, Campus Universitario, San Lorenzo, Paraguay. Ibanezangel72@gmail.com

Resumen: En este trabajo se presenta un modelo, que permite identificar las competencias profesionales que el mercado actual precisa y su relación con las asignaturas de una carrera Universitaria (Licenciatura en Tecnología de Producción), medir el desarrollo de los contenidos y su orientación a las necesidades del mercado. A partir de la identificación de las competencias profesionales que el mercado de trabajo actual precisa fueron investigadas cuales de ellas son las críticas y estas necesidades serán utilizadas en el modelo para la evaluación del curriculum de la carrera de estudio. Para ello se utilizó el modelo de Competencias Profesionales de Cheetham e Chivers (1998). El modelo está compuesto de 8 etapas, en donde la misma inicialmente identifica la carrera a ser analizada, se focaliza el sector donde se levantara la información, se determinan cuáles son las competencias profesionales críticas que el mercado actual precisa, se relacionan con las asignaturas de la carrera Universitaria para determinar el desarrollo de contenidos de las asignaturas y en función a ellas proponer los ajustes en función a los resultados obtenidos. Para la realización de esta investigación se recurrieron a empresas privadas y públicas de la región Central donde se concentra la mayor cantidad de empresas, como así también se trabajó con los empresarios, los gerentes, los directores y los profesores de la carrera de Licenciatura en Tecnología de Producción - UNA. De los resultados obtenidos, se determinó las acciones correspondiente para desarrollar contenidos que permitan que el curriculum de la carrera este de acuerdo a las necesidades del mercado, en donde la misma se aplicó el modelo para ajustar una asignatura de la carrera analizada.

Palabras Claves: Modelos de Competencias Profesionales, Empleabilidad, Pedagogía.

Abstract: This work presents a model that allows to determine professional competences required by the current market and their relationship with an academic career's subjects (Production Technology Bachelor Degree), it also makes possible to measure the development of these subjects' contents and their orientation to the market's needs from the identification of professional competences required by the current market, there were determined the critical ones, and these needs are used on the model to evaluate a career curriculum. With this propose it was used the Professional Competences model of Cheetham and Chivers (1998). The model has eight steps, where at the beginning it identifies the career to be analyzed, it focuses the sector where the information will be collected from. They are determined the critical competences, which are required by current market; these competences are related to the analyzed academic career subjects in order to determinate the development of their subjects' contents, and according to them the required adjustments. For this research they were visited enterprises from the private and public sectors, as well as their owners, managers, directors and teachers form the career of Production Technology Bachelor Degree - UNA. From the acquired results they were determined the corresponding actions to develop contents which allow to improve the career's curriculum according to the market requirements, through the application of the model to adjust a subject of the analyzed career.

Keywords: Models of Professional Competence, Employability, Pedagogy.

INTRODUCCIÓN

Los contextos laborales exigen un conjunto de elementos combinados (conocimientos, habilidades,

actitudes, saberes, etc.) que se integran atendiendo a una serie de atributos personales tomando como referencia las experiencias personales y profesionales que

a su vez se manifiestan mediante comportamientos o conductas en el contexto de trabajo (Navío, 2001).

Dentro del desafío en la formación de los graduados universitarios, para enfrentar sus funciones profesionales en las empresas, es necesario que las competencias profesionales a ser desarrolladas en una carrera tengan el contenido teórico y práctico necesario para poder lograr los objetivos de la organización.

En el trabajo se presenta un modelo para identificar las competencias profesionales según necesidades del mercado actual y por sobre ellas realizar un seguimiento permanente para que el perfil de las carreras Universitarias esté en sintonía a lo que el mercado actual necesite.

Las empresas cada vez más están en un mundo muy dinámico, además de las competencias exigidas tendrán que adaptarse a ellas muy rápidamente. La realidad de los negocios es una constante necesidad de cambios. Por lo tanto, los profesionales que salen de la Universidad deben estar siendo preparados para estas nuevas realidades.

La velocidad de los cambios y la alta competitividad en las organizaciones obligan a los profesionales a estar en permanente sintonía con las necesidades que el mercado de trabajo necesita, razón por la cual cada vez más las Universidades y las empresas deben de identificar y utilizar de manera eficiente las competencias, habilidades y conocimientos de sus recursos para que esto agregue valor a los procesos (Dutra, 2001) dentro de la organización y a su vez permita buscar la sustentabilidad.

MATERIALES Y METODOS

La metodología de estudio se caracteriza por un abordaje de tipo descriptivo y cualitativo porque describe los detalles de las características de una muestra de la población en situaciones reales de trabajo a través de cuestionarios con preguntas cerradas y por medio de documentación y observaciones sistemáticas.

La primera parte de la investigación es un estudio descriptivo en cuanto a su naturaleza, con un abordaje cualitativo.

Inicialmente por no utilizar un instrumental estadístico como base de análisis de problema,

se utilizan instrumentos lógicos y observables que tienen como finalidad de proporcionar mayor familiaridad con el problema de investigación esclareciendo ideas y conceptos que envuelven un estudio bibliográfico y documental.

Hernández S. (2006) menciona que en un estudio descriptivo se miden, evalúan o recolectan datos sobre diversos conceptos o variables, aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar. En un estudio descriptivo se selecciona una serie de cuestiones, se mide o recolecta información sobre cada una de ellas, para así describir lo que se está investigando.

La presente investigación se realizó en parte en la Universidad Nacional de Asunción (Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Carrera de Tecnología de Producción) que están ubicada en la ciudad de San Lorenzo, en el departamento Central.

Por otro lado, se realizaron investigaciones en diferentes empresas donde actualmente están prestando servicio los egresados de la Carrera de Tecnología de Producción tanto en (empresas pequeñas, medianas y grandes distribuidos en el gran Asunción del Departamento Central).

Este nivel de análisis será por un lado organizacional; en un contexto de empresa, abarcando la dirección y gerencia; en la Universidad en donde se trabajaran con los Profesores responsables de impartir las asignaturas.

Pues Shaw (1999) indica que “la investigación conducida dentro del paradigma cualitativo está caracterizada por el compromiso para la recolección de los datos desde el contexto en el cual el fenómeno social ocurre naturalmente y para generar una comprensión que está basada en las perspectivas del investigador”.

En esta etapa de la investigación se recomienda al investigador grabar las entrevistas, que posteriormente transcribirla, combinará y comprobará con las notas mentales y las notas de campo, para proceder a su respectivo análisis.

Para atender los objetivos propuestos, se realizó además una investigación bibliográfica enfocada en las competencias, competencias individuales, competencias profesionales, modelos de competencias

Modelo de Competencia Profesionales

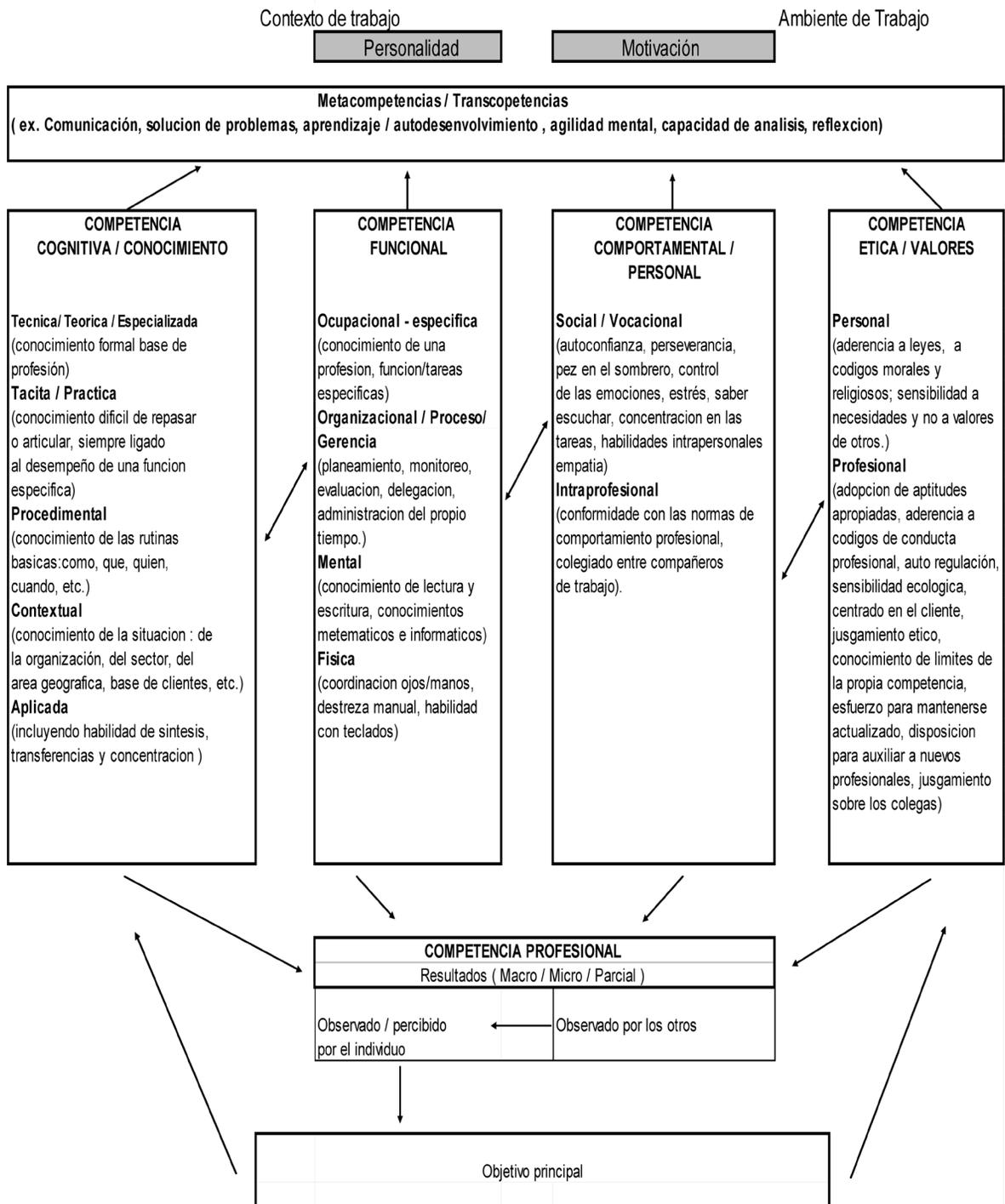


Figura 1. Modelo de competencias profesionales (Cheetham y Chivers, 1998).

profesionales respectivamente.

Se realizó también una investigación acerca del concepto de empleabilidad y pedagogía teniendo en cuenta la importancia de la misma a la hora de formar profesionales y lanzarlos al mercado de trabajo.

La recogida de datos se realizó en las empresas seleccionadas, durante el periodo del mes de Febrero a Mayo del 2011.

MARCO TEORICO

Cheetham e Chivers (1996, 1998) proponen un modelo de discusión de competencia teniendo en vista ocupaciones profesionales complejas, a partir de 20 diferentes profesiones (Fig. 1). El modelo fue construido por medio de la búsqueda de aspectos coherentes y complementarios basados en diversas fuentes: de otros modelos ya existentes de investigaciones bibliografías sobre desenvolvimiento y educación profesional y protocolos para descripción de competencias. Son propuestos cuatro componentes centrales considerados relevantes para la obtención de un desempeño efectivo en donde ellos son:

- Competencias de conocimientos/cognitiva: capacidad de realización de tareas por medio de búsqueda de solución de problema de forma original y viable.
- Competencia funcional: capacidad para ejecutar una gama de tareas basada en el trabajo para producir resultados efectivos.
- Competencias comportamental o personal: capacidad para adoptar comportamientos apropiados, observables en situaciones relacionadas al trabajo.
- Competencia de valores / ética: posee valores personales y profesionales apropiados y la capacidad para hacer juzgamiento que están basados en las situaciones relacionadas al trabajo.

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El modelo presentado tiene la finalidad de poder identificar cuáles son las competencias profesionales requeridas por el mercado actual y relacionar las mismas con el currículum de una carrera Universi-

taria y en función a ella, determinar cuáles son las asignaturas que deberían ser fortalecidas y cuáles mantenerlas en su estructura.

Se utilizará una sistemática de mapeamiento de relaciones causales que nos permitirá ver entre las competencias profesionales críticas junto con las asignaturas de la carrera a ser analizada cuales son las asignaturas estratégicas y cuáles deberían de apoyar a las demás para contar con las competencias profesionales que la dinámica del mercado precisa.

Se tiene a varios modelos de competencias profesionales, entre ellos se opto por elegir el modelo de competencias profesionales de Cheetham e Chevers (1998), que permitirá determinar cuáles son esas necesidades que el mercado de trabajo requiere y en función a las necesidades se determinara las asignaturas que permitan desarrollar mejor las competencias de los alumnos para la inserción en el mercado laboral.

Descripción de las etapas del modelo propuesto

Las etapas para la comprensión y ejecución del modelo (Fig. 2) son las siguientes:

Etapas 1 – Seleccionar carrera a ser analizada.

Etapas 2 - Definir el foco de profesionales egresados de la carrera a ser analizada.

Etapas 3 – Levantar el perfil de las competencias profesionales requeridas por el mercado actual.

Etapas 4 – Levantamiento de las asignaturas, contenido, carga horaria práctica y teórica de la carrera a ser analizada.

Etapas 5 – Relación entre las Competencias Profesionales requeridas por el mercado actual y las asignaturas desarrolladas por la Carrera en estudio.

Etapas 6 – Levantar contenidos que faltan en función a las competencias profesionales críticas.

Etapas 7 – Determinar indicadores que permitan medir el desarrollo de las asignaturas en función a las competencias profesionales requeridas por el mercado.

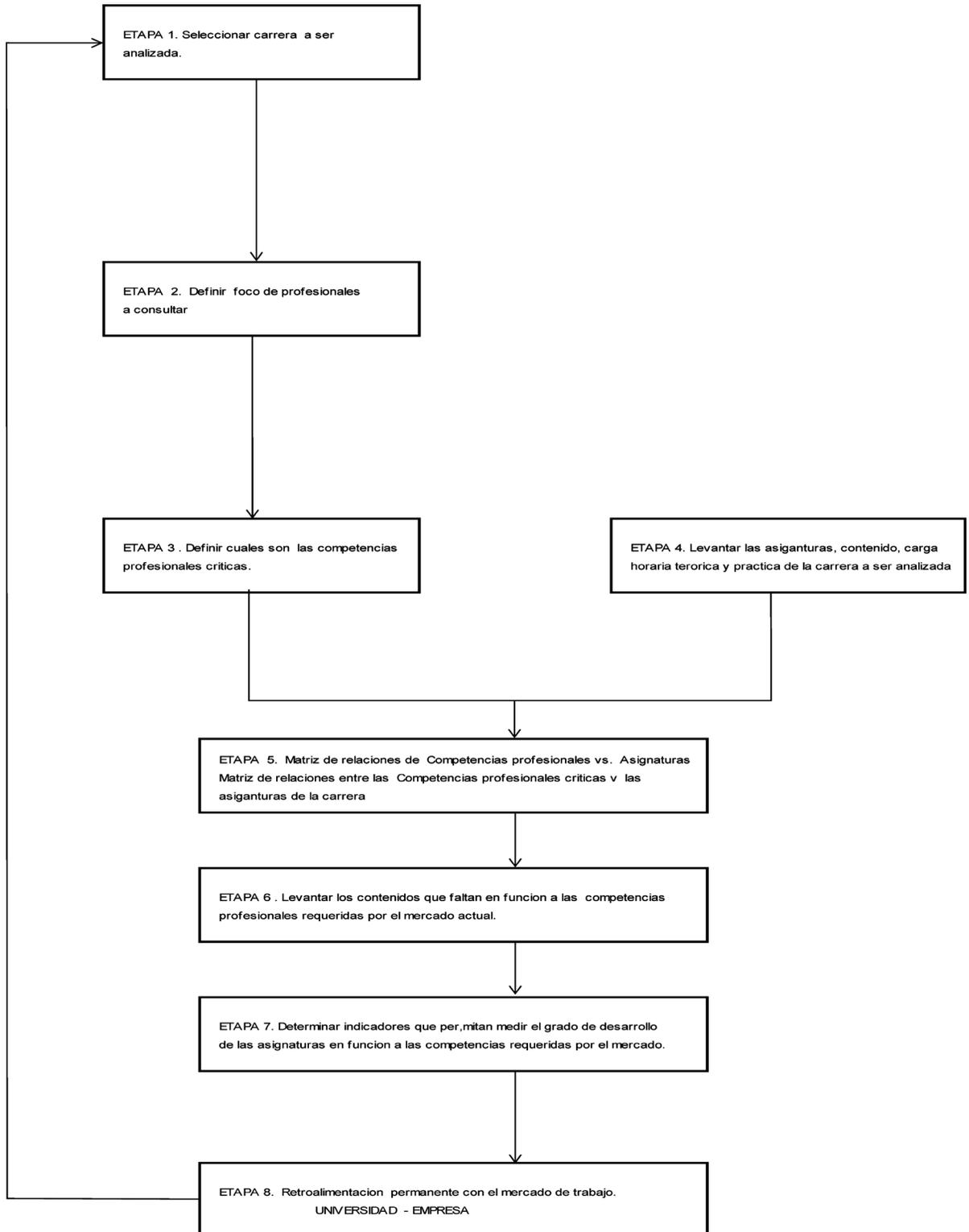


Figura 2. Modelo para identificar competencias profesionales aplicado en este trabajo.

NECESIDADES DEL SECTOR PRIVADO

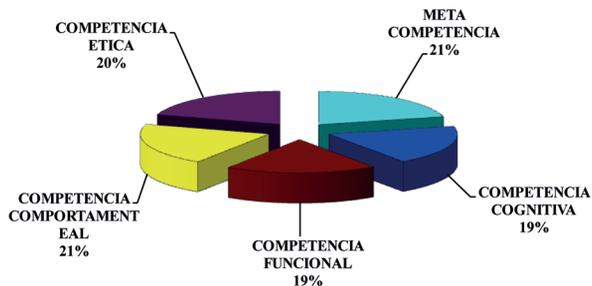


Figura 3. Necesidades del sector privado.

NECESIDADES DEL SECTOR PUBLICO

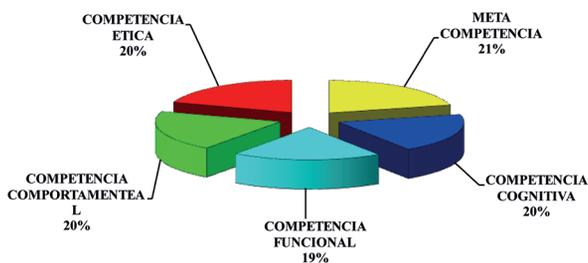


Figura 4. Distribución de competencias profesionales del sector público.

Etapa 8 - Retroalimentación permanente de la Carrera a la Universidad, en función a las necesidades del mercado en relación a las competencias profesionales requeridas.

RESULTADOS

Una vez culminada la determinación de necesidades de competencias profesionales críticas según el

empleador del sector privado, se puede observar la el figura 3 en donde tenemos las siguientes informaciones:

En la figura 3 se puede observar que las competencias profesionales que buscan los empleadores del sector privado deben de fortalecerse en la meta competencias, en las competencias comportamental y las competencias éticas.

NECESIDADES DEL SECTOR PRIVADO

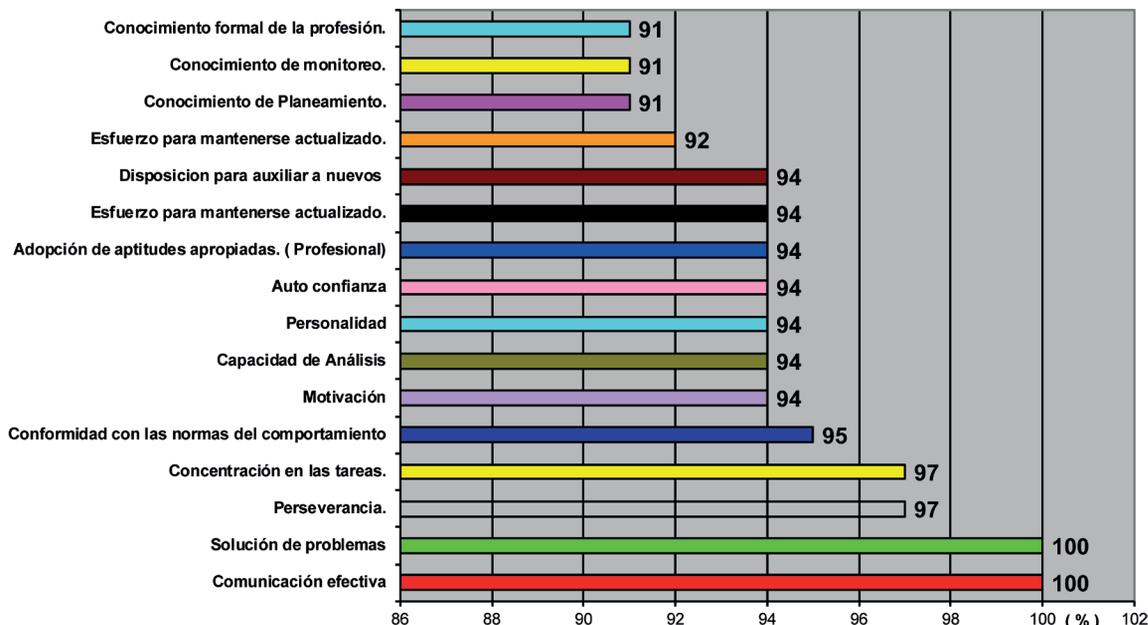


Figura 5. Competencias profesionales críticas del sector privado.

Una vez culminada la determinación de necesidades de competencias profesionales críticas según el empleador del sector publico podemos observar la figura 4 en donde tenemos la siguiente información:

En la figura 4 se observa que las competencias profesionales que buscan los empleadores del sector público deben de fortalecerse en la meta competencias, en las competencias comportamental y en las competencias éticas, esto permitirá que el profesional pueda dar un valor agregado a las organizaciones.

Las necesidades de Competencias profesionales según los empleadores en el Sector Privado tenemos las siguiente Competencias Profesionales Criticas que son las que dan en promedio a partir del 90 % teniendo en cuenta todas las empresas encuestadas, ver la figura 5 más abajo:

En la figura 5 se observa que las competencias profesionales críticas que precisan el sector privado tienen una alta concentración en las meta competencia, una media en las competencias comportamental y las competencias éticas, razón por la cual los curriculum de las carreras deberían de desarrollar en

algunas asignaturas contenido de teoría y práctica con énfasis en estas competencias.

Por su parte, las necesidades de competencias profesionales según los empleadores en el Sector Publico, se tiene las siguientes Competencias Profesionales Criticas que son las que dan en promedio a partir del 90 % teniendo en cuenta todas las empresas encuestadas (ver la figura 6).

En la figura 6 se observa que las competencias profesionales críticas que precisan el sector publico tienen una alta concentración en las meta competencia, en las competencias comportamental y en las competencias éticas, razón por la cual los curriculum de las carreras deberían de desarrollar en todas las asignaturas un alto contenido de teoría y práctica con énfasis en estas competencias.

Más adelante se podrá observar las competencias profesionales críticas requeridas desde el punto de vista del sector público privado.

Las necesidades de competencias profesionales según los empleadores tanto del sector público, como del sector privado se tiene las siguientes Com-

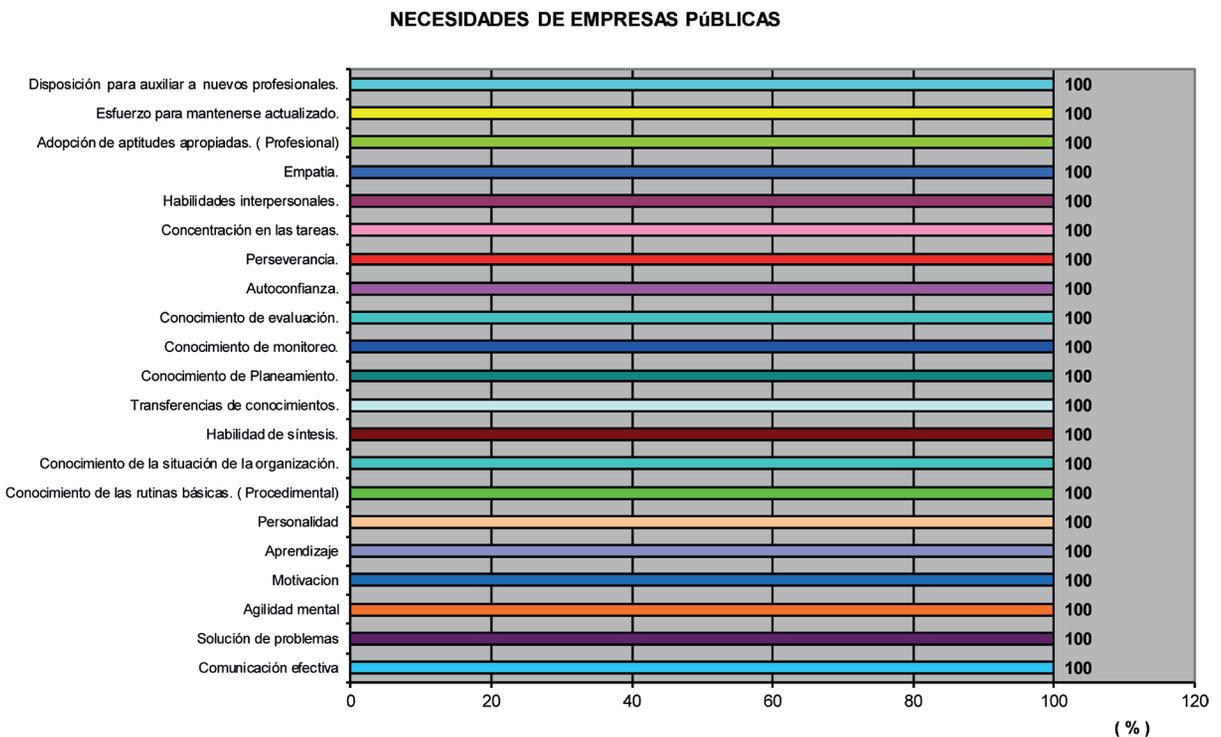


Figura 6. Competencias profesionales críticas del sector público.

COMPETENCIAS PROFESIONALES CRITICAS SEGÚN NECESIDADES SECTOR PUBLICO - PRIVADO

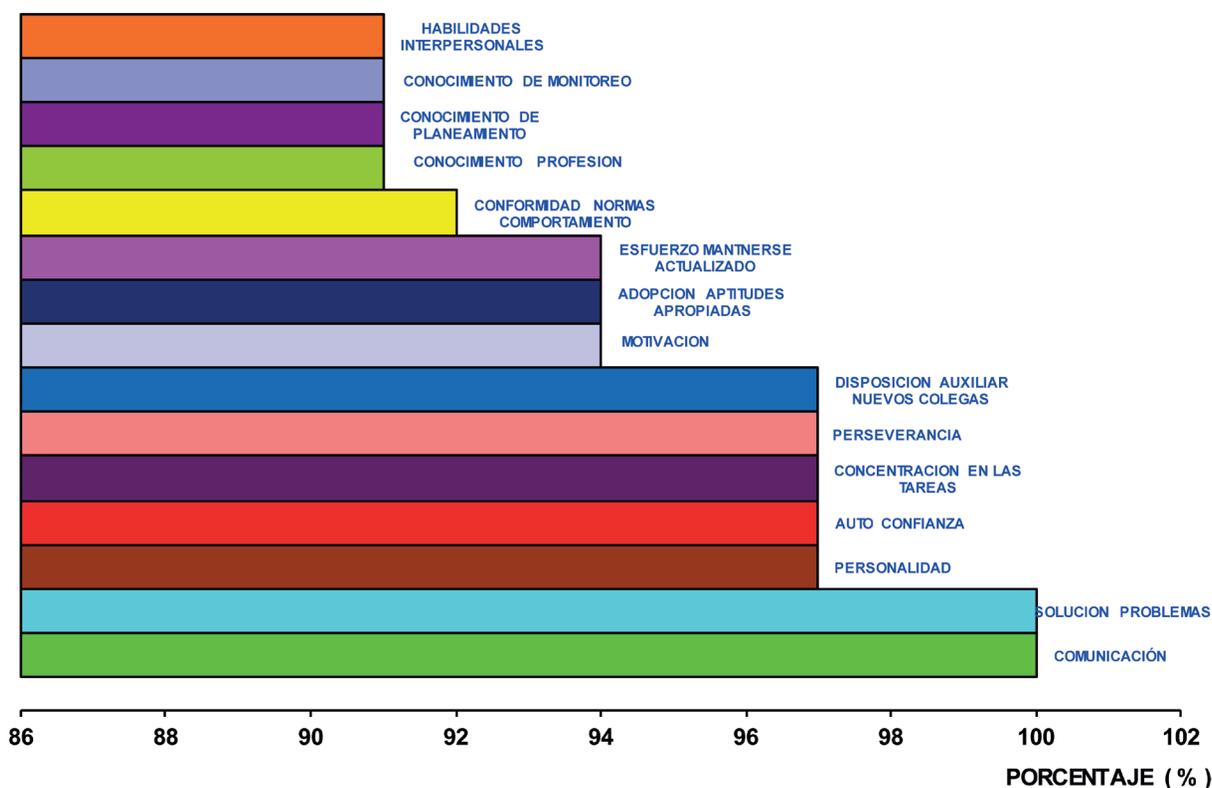


Figura 7. Competencias profesionales criticas según empleadores del sector público y privado.

petencias Profesionales Criticas que son las que dan en promedio a partir del 90 % teniendo en cuenta todas las empresas encuestadas (ver la figura 7).

En la figura 7 se observa las competencias profesionales críticas que necesitan tengan los profesionales según los empleadores del sector público y privado, aquí se observa que los empleadores necesitan que los profesionales tengan desarrollado en un alto grado algunas competencias y que existen ciertas competencias que deberían de tenerse en cuenta pero en menor grado de importancia, esto permitirá a la carrera focalizar las mismas y esto permita que el profesional a ser introducido al mercado laboral pueda tener las ventajas de obtener empleo y a su vez permitir que las empresas obtengan beneficios del mismo.

En la figura 8 se puede observar cuanto todas

las asignaturas colaboran en contenido para la formación de las Meta Competencias:

En la figura 8 se puede observar como las

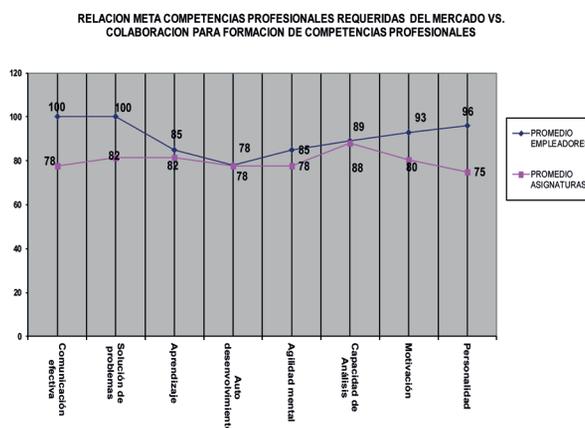


Figura 8. Relación entre desarrollo de contenido de asignaturas vs. meta competencia requerida por el mercado actual.

asignaturas desarrollan contenido en función a las meta competencias, allí podemos observar que los contenidos que mejor se desarrollan son la Capacidad de Análisis, Solución de Problemas, Aprendizaje, todas estas están por encima del 80 % de desarrollo de contenido teniendo en cuenta todas las asignaturas de la carrera en Lic. de Tecnología de Producción, en este caso las dos competencias son las determinadas críticas por los empleadores tanto del sector público como del privado.

En la tabla 1 muestra la planilla con los indicadores de desempeño en función a las asignaturas desarrolladas en función a las competencias profesionales requeridas.

CONCLUSIONES

En este trabajo se desarrolló un modelo que permite identificar competencias profesionales y relacionar con las asignaturas de una carrera universitaria en cuanto a su desarrollo de contenido en función a las necesidades del mercado actual.

Teniendo en cuenta el objetivo general que es el de generar un modelo que permita identificar las competencias profesionales que el mercado necesita y relacionar con el desarrollo de contenido que existe entre las asignaturas que componen el currículum de la carrera de Tecnología de Producción, se logró primeramente desarrollar el modelo y el mismo llevarlo a la practica en el estudio de caso, determinando que el modelo es válido para su aplicación desarrollando las etapas que el modelo menciona .

INDICADORES DE DESEMPEÑO	META	ACTUAL	SITUACION
% en promedio de competencias profesionales atendidas de acuerdo a requerimiento del mercado actual.	70%	85%	Satisfactorio
% en promedio de asignaturas que desarrollan contenidos de acuerdo a competencias profesionales de acuerdo a necesidad del mercado actual.	70 %	73 %	Satisfactorio
% en promedio de desarrollo de contenidos de las asignaturas de Competencias profesionales críticas.	70 %	77 %	Satisfactorio
Cantidad de asignaturas que estén por debajo del 75 % de desarrollo de contenidos de las competencias profesionales	No más que 3	7	Insatisfactorio
% en promedio de desarrollo de contenidos de las asignaturas en función a las competencias profesionales de las Meta Competencias.	70 %	80 %	Satisfactorio
% de desarrollo de contenidos en función a las asignaturas de las competencias comportamental.	70 %	71 %	Satisfactorio
% de desarrollo de contenidos en función a las asignaturas de las competencias éticas.	70 %	72 %	Satisfactorio

Tabla 1. Indicadores de desempeño en función a las asignaturas desarrolladas en base a las competencias profesionales requeridas por el mercado.

El modelo presentado indica primeramente elegir una carrera, definir el foco de donde los egresados de la carrera actualmente están prestando servicio, posteriormente determinar cuáles son las competencias profesionales que necesita el mercado, en función a las necesidades del empleador y a la vez determinar la relación que existe entre el contenido de las asignaturas con las competencias profesionales que precisa el mercado actual.

Seguidamente en función a la relación de las necesidades de las competencias profesionales que precisa el mercado actual se analizaran el grado de colaboración de cada asignatura, lo cual permitirá identificar cuáles son las asignaturas que desarrollan alto contenido de las competencias profesionales y cuáles son las asignaturas que deberían de ajustar su currículum para desarrollar contenidos acorde a las necesidades del mercado actual.

Una vez identificadas las asignaturas, se propone un plan de acción para realizar las recomendaciones y los ajustes a las asignaturas.

Con la aplicación del modelo permitirá dar una visión general a la carrera estudiada en relación a sus principales competencias académicas.

Buscando alcanzar el primer objetivo específico, se logró determinar las competencias profesionales actuales que el mercado de trabajo necesita en relación a la carrera objeto de estudio, utilizando el modelo que se menciona permitió identificar cuáles son las competencias profesionales que el mercado precisa.

También los empleadores en la encuesta, mencionaron algunas competencias profesionales que no contemplan el Modelo de Cheetham y Chivers (1998) y que deberían de poseer los profesionales que serían, Orientación al logro de los objetivos, Liderazgo, Cohesión de grupo, Proactivo, Flexibilidad, Traducción de resultados económicos, Toma de decisión, Nivel de compromiso, Trabajo en equipo, Orientación al cliente, Pensamiento estratégico, Manejo de salud, Estilo de vida, Manejo monetario, Calidad Total, Capacidad de expresión verbal y corporal, Conocimiento de las TIC's (Tecnología de la Información y la Comunicación).

El segundo objetivo específico, que es el de ve-

rificar la relación de las asignaturas del currículo de la carrera de Tecnología de Producción en relación con las competencias profesionales requeridas por las empresas, se pudo demostrar con la aplicación de este modelo se logró determinar el desarrollo de contenidos de las asignaturas en función a las necesidades del mercado, lo cual permitirá revisar como las asignaturas desarrollan contenidos para cubrir esas competencias y en función a ellas determinar cuáles de las asignaturas colaboran débilmente para dicha formación y cuáles serían las estratégicas.

El tercer objetivo, fue el de determinar indicadores para medir el grado en el que el currículum de la carrera de estudio satisface las competencias profesionales requeridas en las empresas, con relación a este objetivo se pudo analizar cuáles son las asignaturas que colaboran débilmente con el desarrollo de las competencias profesionales y en función a ello se recomendó un plan de acción para satisfacer las necesidades del mercado actual.

BIBLIOGRAFIA

- CHEETHAM, Graham; CHIVERS, Geoff. (1998). The reflective (and competent) practitioner: a model of professional competence which seeks to harmonise the reflective practitioner and competence-based approaches. *Journal of European Industrial Training*, v. 22, n. 7, p. 267-276.
- CHEETHAM, Graham; CHIVERS, Geoff. (1996). Towards a holistic model of professional competence. *Journal of European Industrial Training*, v. 20, n. 5, p. 20-30.
- DUTRA, J. (2001). Gestión de personas con base en competencias. Sao Paulo. Gente.
- NAVIO, G. (2001). Las competencias como formador de formación continua. Análisis desde los programas de formación de formadores. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
- SHAW, E. (1999). A guide to the Qualitative Research Process: Evidence from a Small Firm Study. *Qualitative Market Research: An International Journal*, 2 (2): 59-70.

TIERRAS MALAS (“BADLANDS”) DEL PLEISTOCENO EN LA ZONA DE YPANÉ, DEPARTAMENTO CENTRAL - PARAGUAY

PLEISTOCENIC BADLANDS IN THE ZONE OF YPANÉ, DEPARTAMENTO CENTRAL - PARAGUAY

Y. BOGARÍN¹; R. CELABE¹; M. GADEA^{1,2}

¹Carrera de Geología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UNA. ²Email de contacto: moi7moses@yahoo.com

Resumen: Se reporta la presencia de morfologías del tipo tierras malas (“badlands”) en sedimentos no consolidados que corresponden a la Formación San Antonio en la zona de Ypané.

Palabras Clave: Tierras Malas; Sedimentos; Pleistoceno.

Abstract: It is reported the presence of badlands type morphologies’ in non-consolidated sediments that correspond to the Formación San Antonio in Ypané’s zone.

Keywords: Badlands; Sediments; Pleistocene.

INTRODUCCIÓN

“Badlands”, es un término en inglés que significa “tierras malas” o “tierras baldías”. Habitualmente se forman bajo condiciones climáticas semiáridas o áridas (comunes pero no exclusivos, donde ocurren sequías por temporadas estacionales), en vertientes que están compuestas por materiales blandos, deleznable, arcillosos (Conesa, 2006) (por lo tanto impermeables). El aspecto más importante es la ausencia o escasa vegetación. Cuando la intensidad de lluvias supera a la capacidad de infiltración, el agua comienza a escurrir superficialmente y se inicia la remoción del material (Goudie, 2004).

La erosión es demasiado intensa para permitir el crecimiento de las plantas o la formación de suelo. Se genera entonces un laberinto de canales, con paredes verticales. Es una morfología muy dinámica, en la, cual las pequeñas hendiduras formadas en una ladera van aumentando con el tiempo, dando lugar a cañones, cárcavas, regatos, barrancos, canales o chimeneas de hadas, que son formas geológicas típicas en estos paisajes (Stahler & Starhler, 1989). Usualmente estos terrenos presentan muy alta densidad de drenajes (Goudie, 2004).

Estos paisajes quedan esculpidos en una intrincada red de barrancos y arroyos separados por crestones agudos y contrafuertes (Holmes, 1987).

El agua se desplaza siguiendo las microtopografías del sedimento en forma de sistemas hídricos diferenciales, ahondando los cauces y erosionando el material aflorante de modo que finalmente los conos alargados permanecen como relictos.

Los procesos en pendientes de “tierras malas” se encuentran regidos por los “Procesos Hortonianos de Flujos en Tierra” (Horton 1945; “Hortonian Overland Flows”). Condiciones tales como lluvias intensas, escasa cobertura vegetal, baja capacidad de infiltración, materiales fácilmente erosionables y pendientes agudas controlan el desarrollo y modelado de estas geoformas (Goudie, 2004).

En un contexto más amplio, los “badlands” se relacionan con sistemas de cárcavas. Estos sistemas pueden desarrollarse como bases de valles, o en laderas de elevaciones. Los “badlands” resultan de la coalescencia de cárcavas basales con las de pendientes moderadas. Es de fundamental importancia para el desarrollo y morfología de los “badlands”, y sus niveles de bases locales. Un canal de cárcava migrante, incisivo y lateral, mantiene un nivel de base estable, influenciando todos los procesos de los “badlands”; procesos superficiales, estabilidad de pendiente, remoción de sedimentos e incluso procesos subsuperficiales en su influencia en los gradientes hidráulicos (Goudie, 2004).

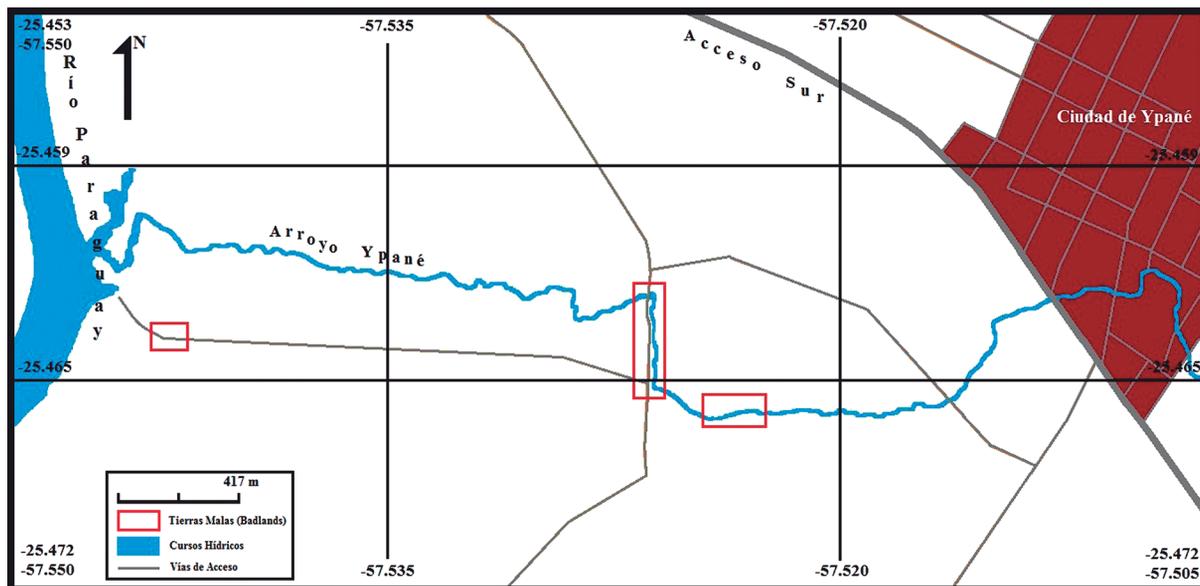


Figura 1. Mapa de ubicación de las formaciones tipo “badlands” descritas en este trabajo.

Las tasas de erosión actuales son excesivas debido a la interferencia humana con la cobertura natural del suelo, o sea, por la tala generalizada de bosques y la destrucción de la hierba protectora por el laboreo (Holmes, 1987). En consecuencia, podrían darse las condiciones para la evolución de estos paisajes.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

Los “Badlands de Ypané”

En Paraguay son bastante frecuentes las exposiciones de cárcavas en diversos puntos de su geografía, pero hasta el presente aún no se ha reportado la presencia de “*tierras malas*” tales como aquéllas que se presentan en la zona de Ypané.

La zona de reconocimiento se ubica en la Región Oriental de Paraguay; en el centro – oeste del Departamento Central, en la cuenca del Río Paraguá, en las proximidades de su lecho principal.

Se han localizado al menos en tres lugares donde se desarrollaron notablemente (y es probable que existan en otras localidades). De las localidades identificadas, cuales dos de ellas se encuentran en los flancos del Arroyo Ypané, y el otro aparece alejado del mismo a ambos márgenes de un camino vecinal cercano al Río Paraguá.

El Arroyo Ypané presenta una dirección prefe-

rencial de NO – ESE y desemboca casi en sentido perpendicular al río Paraguá.

Geología

Los niveles que presentan “*tierras malas*” se encuentran inmediatamente por debajo de un suelo limo-arenoso, de poco desarrollo y espesor, con abundante materia orgánica, de color marrón oscuro: el mencionado suelo superficial se lo asume como desarrollado en terrazas aluviales holocénicas del Río Paraguá.

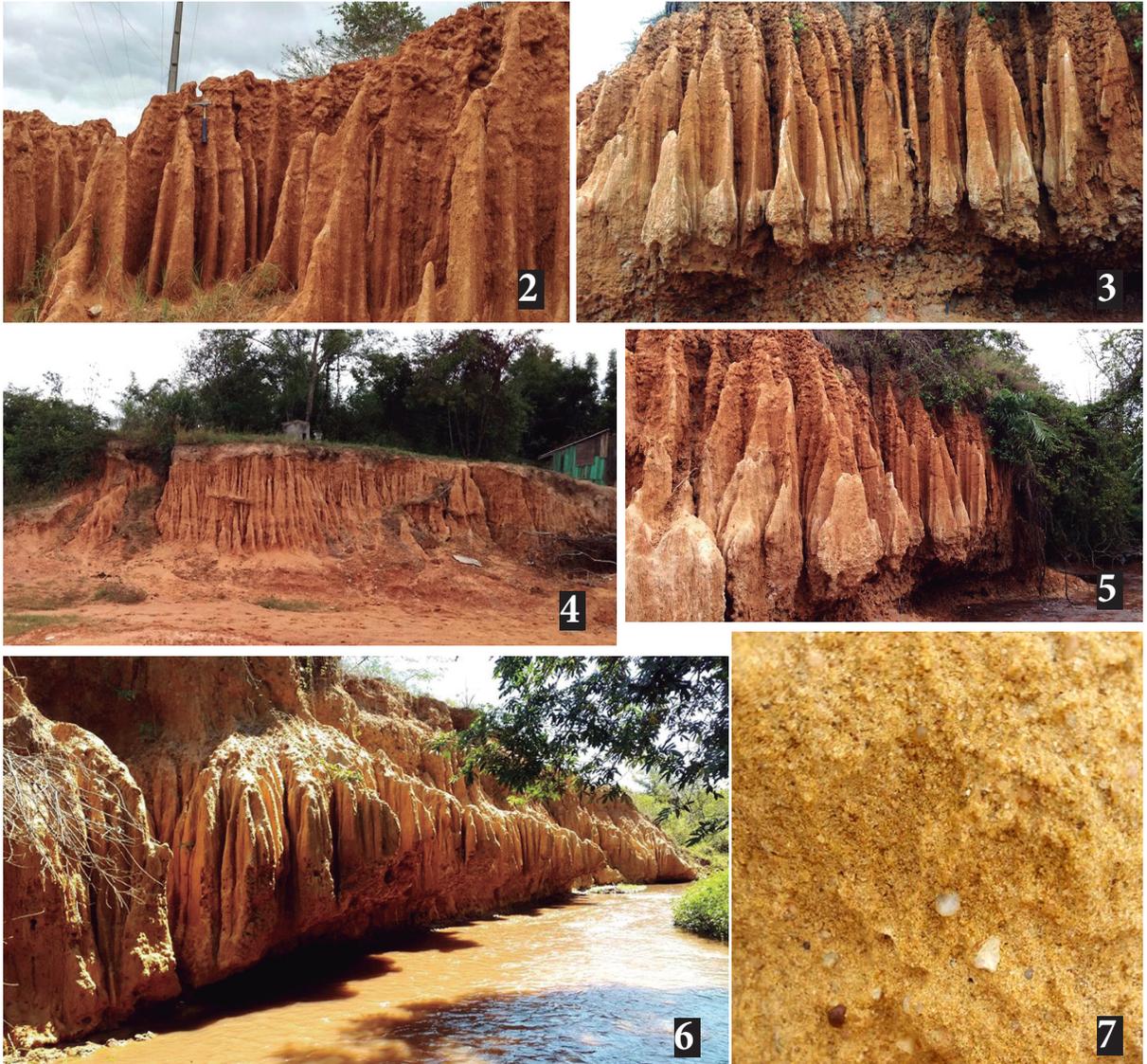
En primer término, se consideró que estas estructuras de alguna manera se correlacionaban genéticamente con algún proceso de modelado erosivo fluvial, hasta el momento cuando fueron divisados en otras manifestaciones, al costado de un camino vecinal; alejados de cualquier curso hídrico, lo cual sugiere que los procesos de desarrollo de los “*badlands*” no deben relacionarse necesariamente en el contexto del proceso de modelado antes mencionado.

Las “*tierras malas*” se exponen integradas y sostenidas en paredones verticales, donde sectores de ese nivel sedimentario sometidos a copiosas escorrentías fue configurado por procesos erosivos, resultando finalmente esas geoformas tal como se

las observa. Se presentan en forma de pináculos salientes o conos muy alargados, alineados en orden aleatorio, de dimensiones variables; cuyos ejes máximos miden en sus mejores versiones locales, como de 4 metros de longitud, con terminaciones romas en sus extremos superiores y morfologías abombadas en sus bases.

Donde se manifiestan en barrancos aledaños al Arroyo Ypané, ya se observan socavamientos y remoción de material en sus niveles de contacto más próximos al lecho del arroyo, lo cual sugiere que los “*badlands*” se desarrollaron anteriormente a la aparición del mencionado curso hídrico en la zona.

Los materiales que lo constituyen se integran



Figuras 2-7. Formaciones de “*badlands*” de la zona de Ypané. **2)** “*Badlands*” en barranco aledaño al Arroyo Ypané en una de sus mejores exposiciones [25.463105°S; 57.526342°W]. **3)** Los pináculos de “*Badlands*” de mayor longitud hallados al costado del Arroyo Ypané [25.463105°S; 57.526342°W]. **4)** “*Badlands*” a ambas márgenes de un camino vecinal, camino al Río Paraguay. Se observa un desarrollo moderado en relación a aquéllas localizadas en los barrancos del Arroyo Ypané [25.464676°S; 57.543977°W]. **5)** Intensa erosión basal de los “*badlands*” en temporadas de crecidas del Arroyo Ypané. **6)** “*Badlands*” en pa redones laterales del Arroyo Ypané [25.465442°S; 57.525963°W]. **7)** Detalle de los sedimentos estudiados.

Tabla 1. Granulometría de los depósitos (análisis granulométricos proporcionados por el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agronómicas).

Muestra	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Textura	Descripción
Base	80	6	14	Franco Arenosa	Marrón Amarillento Opaco
Centro	70	8	22	Franco Arcillo Arenosa	Marrón Amarillento Opaco
Extremo Superior	10	76	14	Franco Limosa	Marrón Amarillento Opaco

fundamentalmente por agregados de granos mal seleccionados con predominancia de fracción arena fina, con limo, arcilla y limonita (en algunos sectores hematíticos) en matriz, y en mucho menor contenido modal, clastos dispersos de cuarzos vítreos y lechosos, angulosos a subredondeados, incluso ocasionales detritos de pedernal, que evidencia diferentes fuentes de proveniencia y pobre madurez del sedimento.

En términos de granulometría, la descripción de la Formación San Antonio resulta coherente, al menos en sectores localizados, con lo observado en el campo y a los resultados de laboratorio en cuanto a los *badlands*, y se escribió en el Proyecto PAR 86 como sigue: “Está constituida por una arenisca clara crema, de granulación media a gruesa con gravillas dispersas (...)” (Proyecto PAR 86, 1986).

Los sedimentos, no se encuentran litificados, y están compuestos, en porcentaje, esencialmente por los materiales que se aprecian en la Tabla 1:

Los fósiles hallados en esta formación geológica, son atribuibles al Pleistoceno: “Presser & Fernández (1984) citan la presencia, en los alrededores de la localidad de Ytororó en el Departamento Central, de mas de una especie de *Glyptodon* (...), que ocurren junto con *Lestodon* sp., *Megatherium* sp. y a restos oseos de taxones no bien identificados (mastodonte entre ellos) (Báez Presser *et al.*, 2004). Estos hallazgos fósiles demuestran el carácter netamente continental, desde el punto de vista del ambiente sedimentario.

CONCLUSIONES

La presencia de “*badlands*” en Ypané es un hecho novedoso. Se desconocen descripciones de estas geoformas hasta el presente. Este reconocimiento somero de las “*tierras malas*” en Ypané, es una contribución al conocimiento geológico y geomorfológico de Paraguay.

Se espera que en un futuro, en campañas geopaleontológicas, a llevar adelante en la zona, ocurran nuevos hallazgos de estas geoformas notables, que se constituyen por de pronto en aspectos morfológicos únicos en Paraguay, que caracterizan e identifican a sectores de la Formación San Antonio.

AGRADECIMIENTO

Al Prof. Higinio Moreno, del Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agronómicas, por su buena voluntad para contribuir al desarrollo de esta publicación; al Dr. Jorge Rabassa, por orientar y revisar este trabajo para su presentación final; al Dr. Jaime Báez Presser, por su revisión y sugerencias para mejorar el formato y descripciones de esta investigación, y al Dr. Bolívar Garcete, de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, por su ayuda y sugerencias para que este trabajo sea publicable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Báez Presser, J.L.; Emilio Buongermini, E.; Fillipi Amábile, V.O.; Fernández Crossa, V.; Báez Almada, A.B.; Zarza Lima, P.R.; Oporto Migone, O. 2004. Algunos Antecedentes Paleontológicos del Paraguay. Boletín del

- Museo Nacional de Historia Natural, 15(1-2): 95-110.
- Conesa, G. (Editor). 2006. El Medio Físico de la Región de Murcia. Universidad de Murcia, España. 278 pp.
- Proyecto PAR 86. 1986. Mapa Geológico del Paraguay. Asunción-Paraguay. Departamento de Cooperación Técnica para el Desarrollo de las Naciones Unidas. 1 Mapa y Texto explicativo de iii+58 pp.
- Holmes, A.; Holmes, D.L. 1987. Geología Física. Ediciones Omega. Barcelon, España. 828 pp.
- Goudie, A.S. (Editor). 2004. Encyclopedia of Geomorphology. International Association of Geomorphologist. / Routledge. Londres y Nueva York. 1156 pp.
- Strahler, A.N.; Strahler, A.H. 1989. Geografía Física. 3ª edición. Ediciones Omega. Barcelona, España. 636 pp.

HALLAZGO DE ARENISCAS COLUMNARES EN LA CIUDAD DE LIMPIO, PARAGUAY

FINDING OF COLUMNAR SANDSTONES IN THE CITY OF LIMPIO, PARAGUAY

C. ALEGRE^{1,3}; F. ARGÜELLO^{1,3}; C. COLMÁN^{1,3}; A. ESTIGARRIBIA^{1,3}; V. FILIPPI^{1,3}; M. GADEA^{2,3,4};
F. GONZÁLEZ^{1,3}; G. GONZÁLEZ^{1,3}; A. PACIELLO^{1,3}; A. ROJAS^{1,3}; G. ROTELA^{1,3}; N. SALINAS^{2,3};
M. SÁNCHEZ^{1,3}; C. SOLALINDE^{1,3}

¹Alumnos y ²profesores de la ³Carrera de Geología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UNA. ⁴Email de contacto: moi7moses@yahoo.com

Las Areniscas Columnares de Paraguay se conocen en lugares bien representativos cercanos a la ciudad de Asunción, en los bordes occidentales de la cuenca del Lago Ypacaraí, tales como las de Areguá, Luque, San Lorenzo y otros. En el presente trabajo se reporta una nueva localidad de exposición rocas con estructuras prismáticas columnares, ubicada en la ciudad de Limpio. Este afloramiento se encuentra

en concordancia tectónica, en zona de fracturas que presentan dirección NO-SE y presentan alineación con las demás consabidas ocurrencias contemporáneas. Estas disyunciones columnares en areniscas se relacionan en su génesis con eventos alcalino-magmáticos que tuvieron lugar en el Terciario Inferior, los cuales fueron agentes responsables del origen de estas estructuras sedimentarias tan peculiares.



Figura 1. Disyunción Columnar en areniscas de la ciudad de Limpio.

Cuando tiempo atrás se difundió a través de un medio de prensa escrito en un artículo (Pérez, 2012) la existencia de Areniscas Columnares en la ciudad de Luque (Paraguay), entre varias personas que opinaron en las redes sociales en referencia a dicha publicación, un ciudadano de la ciudad de Limpio aseguró que también en las cercanías de esa localidad se conocía la presencia de rocas con dichas estructuras.

Se estableció contacto con la persona mencionada, quien proporcionó referencias en cuanto al lugar de su ocurrencia. Se conformó un grupo de personas interesadas en su exploración, quienes visitaron la citada localidad.

En la ladera de una loma boscosa se encuentra una pequeña cantera de areniscas columnares que aún se sigue explotando artesanalmente. Las coordenadas geográficas son las siguientes: Lat. -25.203969°, Long. -57.444419°.

Existe información que en el pasado la extracción minera de estos materiales fue en mucha mayor escala, lo cual permite una mejor visualización de los prismas con disyunción columnar (Figura 1).

Las Areniscas Columnares que aparecen en la Gran Asunción se relacionan genéticamente con los eventos tectónicos del tipo “rifting” (fracturamiento tensional) que tuvieron lugar en el Cretácico Inferior y el posterior vulcanismo básico a través de planos de fallas paralelos y muy cercanos al Lago Ypacaraí en el Terciario Inferior; el efecto hidrotermal de estas erupciones produjo el recrystalizado (Spinzi, 1996) y luego el diaclasado columnar por enfriamiento brusco y consecuente contracción termomecánica (Velázquez *et. al.*, 2008) de estas

rocas.

El punto más septentrional de afloramientos en las cercanías de la ciudad de Asunción de estas areniscas se encuentra en Benjamín Aceval, y la más austral es Itauguá; ambos sitios son coincidentes con zonas de líneas de fracturas y asociados a cuerpos ígneos básicos. Trazando un segmento imaginario que conecta las ciudades mencionadas (NO-SE), ello implicaría un cierto alineamiento estructural. Las Areniscas Columnares de la ciudad de Limpio se encuentran insertas en dicho sistema, al norte de la porción central de dicho segmento, lo cual concuerda con el concepto de que existe un control tectono-magmático en la formación y exposición de estas estructuras columnares.

REFERENCIAS

- PÉREZ J., 2012. Hallan rareza geológica en Luque. Diario Última Hora: <http://www.ultimahora.com/hallan-rareza-geologica-una-cantera-marambure-luque-n512166.html>. 2015/11/14. 08:30.
- SPINZI A., 1996. Meta Areniscas Columnares del Cerro Koi y Chorori – Informe Técnico MOPC. p. 3. Asunción del Paraguay.
- VELÁZQUEZ, V.F., GIANNINI, P.C.F., RICCOMINI, C., SALLUN, A.E.M., HACHIRO, J. AND GOMES, C.B. 2008. The columnar joints in the Patiño Formation sandstones, Eastern Paraguay: a dynamic interaction between dyke intrusion, quartz dissolution and cooling-induced fractures. *Episodes*, 31: 302-308.

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

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

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

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

CRITERIOS GENERALES DE PUBLICACIÓN

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

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

PROCESO DE SELECCIÓN DE LOS ARTÍCULOS

Los principales criterios para la selección de los artículos son la solidez científica y la originalidad del tema. El proceso de evaluación incluye una primera revisión por el Comité Editorial para determinar si el artículo corresponde a la línea editorial y si cumple con los criterios generales de publicación.

Una vez que el artículo se considere pertinente, se someterá a por lo menos dos revisores especialistas en el tema, de cuya opinión depende la aceptación definitiva del artículo. Si existiera una contradicción en la opinión de ambos especialistas, se someterá al Comité editorial o en caso contrario se

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

ESPECIFICACIONES TECNICAS POR TIPO DE ARTÍCULO

1. Artículo científico original

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

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

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

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

1.1. Título: (en español e inglés)

El título, debe dar una idea clara de lo que trata el trabajo. Debe ser breve, preciso y conciso. Debe contener hasta un máximo de 25 palabras. Estará ubicado en la primera página de la publicación. Debajo del título debe figurar el nombre del autor o de los autores; usar el sobrescrito 2 y número sucesivos para indicar, al pie de página, la Institución donde trabajan.

Deberá indicarse cuál de los autores será el principal encargado de la correspondencia que habrá entre él y el cuerpo editorial en el proceso de revisión y preedición. A falta de esta información, el cuerpo editorial podrá asumir al primer autor cómo responsable de la correspondencia.

1.2. Resumen

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

1.3. Abstract

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

1.4. Introducción

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

1.5. Materiales y Métodos

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

1.6. Resultados y Discusión

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

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

1.7. Agradecimientos

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

1.8. Literatura citada

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

1.9. Normas para la literatura citada

1.9.1) Libros y Folletos según el formato APA Harvard

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

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

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

1.9.2) Tesis y Disertaciones

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

1.9.3) Artículos de Revistas

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

1.9.4) Trabajos en Eventos (Congresos...)

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

1.9.5) Resúmenes de Artículos Científicos

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

1.9.6) CD-ROM

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

1.9.7) Internet

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

2. Artículo de revisión

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

da revisión bibliográfica de por lo menos 50 referencias.

3. Temas de actualidad

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

4. Reporte de casos

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

5. Cartas al editor

Son comunicaciones cortas con varios objetivos. 1) Estimular la discusión de los artículos publicados en REPORTES CIENTIFICOS DE LA FA-

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

6. Comunicaciones cortas (short communications)

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

7. Editorial

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

8. Otras secciones

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

ANEXO I.

GUÍA PARA LA PRESENTACIÓN DE ARTICULOS CIENTÍFICOS

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

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

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

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

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

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

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

1) Título en español e inglés

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

2) Resumen

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

3) Abstract

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

4) Introducción

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

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

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

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

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

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

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

5) Materiales y Métodos

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

6) Resultados y Discusión

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

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

7) Agradecimientos

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

8) Literatura citada

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

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

10.1) Libros y Folletos

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

Ejemplo:

Con menos de tres autores

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

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

Con más de tres autores

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

Ejemplo:

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

10.2) Capítulo (o parte) de libros

Con autoría específica

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

Ejemplo:

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

Sin autoría específica

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

Ejemplo:

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

10.3) Tesis y Disertaciones

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

Ejemplo:

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

10.4) Artículos de Revistas

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

final.

Ejemplo:

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

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

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

10.5) Trabajos en Eventos (Congresos...)

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

Ejemplo:

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

10.6) Resúmenes de Artículos Científicos

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

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

Ejemplo:

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

10.7) CD-ROM

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

Ejemplo:

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

10.8) Internet

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

Ejemplo:

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

REPORTES CIENTÍFICOS

D E L A F A C E N

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Rep. cient. FACEN	San Lorenzo (Paraguay)	Vol. 6, Nº 2	julio-diciembre de 2015	ISSN 2078-399X (versión impresa) ISSN 2222-145X (versión online)
-------------------	------------------------	--------------	-------------------------	---------------------------------------------------------------------

EDITORIAL

- 3-4 **Miguel Ángel Vázquez.** El Niño/Oscilación del Sur (ENOS).

ARTÍCULOS ORIGINALES

- 5-21 **César Daniel Amarilla.** Modelización de la radiación ultravioleta tipo B total en la ciudad de San Lorenzo - Paraguay.
- 22-31 **María Liz Ferreira & María Eugenia Tuccheri.** Caracterización espectroscópica y termoquímica del C_2Cl_4 de interés medioambiental.
- 32-41 **Ángel Basilio Ibáñez Mendoza.** Modelo para identificar desarrollo de competencias profesionales para el mercado actual: el caso de la carrera de Tecnología de Producción - UNA.
- 42-46 **Y. Bogarín, R. Celabe & M. Gadea.** Tierras malas (“Badlands”) del Pleistoceno en la zona de Ypané, departamento central.

COMUNICACIONES CORTAS

- 47-48 **C. Alegre, F. Argüello, C. Colmán, A. Estigarribia, V. Filippi, M. Gadea, F. González, G. González, A. Paciello, A. Rojas, G. Rotela, N. Salinas, M. Sánchez & C. Solalinde.** Hallazgo de areniscas columnares en la ciudad de Limpio, Paraguay.

COMUNICADOS DEL CUERPO EDITORIAL

- 49-56 Guía para la presentación de artículos científicos en la revista “Reportes Científicos de la FaCEN”.

