



REPORTES CIENTÍFICOS

D E L A F A C E N

ISSN 2078-399X (impreso)

ISSN 2222-145X (online)

Volumen 10

Número 2

2019

Distribución geográfica potencial de la rana arborícola *Phyllomedusa tetraploidea*
Pombal & Haddad, 1992 en Paraguay.

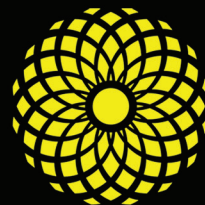
Estudio conformacional del 1-buteno.

Determinación de los niveles de salinidad del acuífero Patiño.

Reconocimiento preliminar de diamictitas aflorantes en la localidad de Takuruty,
Villeta.

Comportamiento de los niveles de carboxihemoglobina en un grupo de
trabajadores informales de la ciudad de San Lorenzo.

¿De qué herramientas disponen los investigadores?



FACEN

Facultad de Ciencias
Exactas y Naturales

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

REPORTES CIENTÍFICO DE LA FACEN



Reportes Científicos de la FACEN, es una revista de acceso libre y gratuito y es la publicación científica oficial de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Asunción. Es emitida semestralmente y publica artículos originales, artículos de revisión, tópicos actuales, reportes de casos, comunicaciones cortas y cartas al editor, en las áreas de Biología, Química, Física, Matemática Pura, Matemática Estadística, Geología, Biotecnología y Tecnología de Producción. Los trabajos y opiniones publicados en la revista son de exclusiva responsabilidad de los autores.

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, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales,
Campus Universitario, Casilla de Correo 1039, San Lorenzo,
Paraguay

Teléfono/Fax

595 21 585600 interno 237

E-mail

reportescientificos@gmail.com

Dirección web

<http://www.facen.una.py/es/publicaciones-cientificas/>

Editor en Jefe

Lic. Fernando José Méndez Gaona, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de Asunción

Comité Editorial Nacional

Dr. Bolívar Rafael Garcete Barrett
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad Nacional de Asunción

Lic. Nery López
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad Nacional de Asunción

M. Sc. Andrea Weiler de Albertini
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad Nacional de Asunción

M. Sc. Fredy Julián Gómez Grance
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad Nacional de Asunción

M. Sc. Miguel Ángel Martínez Cabrera
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad Nacional de Asunción

M. Sc. Danilo Fernández Ríos
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad Nacional de Asunción

Dra. Celeste Vega
Centro para el Desarrollo de Investigación Científica

Dra. Miriam Rolon
Centro para el Desarrollo de Investigación Científica

Dra. Antonieta Rojas de Arias
Organización Panamericana de la Salud - Paraguay

Comité Editorial Internacional

Dr. Robert Owen
Texas Tech University - Estados Unidos

Dra. Ana Honfi
Universidad Nacional de Misiones - Argentina

Dr. Julio Daviña
Universidad Nacional de Misiones - Argentina

Dr. Nicolás Niveiro
Universidad Nacional del Nordeste - Argentina

Dra. María Paula Badenes
Universidad Nacional de La Plata - Argentina

Dr. Anselmo Mc Donald
Universidad de Panamá - Panamá

Dr. José Seguinot
Universidad de Puerto Rico - Puerto Rico

Dr. Ángel Vara Vela
Universidad de São Paulo - Brasil

Dr. Fábio Luis Teixeira Gonçalves
Universidad de São Paulo - Brasil

Dr. Víctor Velázquez
Universidad de São Paulo - Brasil

Dr. Sebastián Simondi
Universidad Nacional de Cuyo - Argentina

Rep. cient. FACEN	San Lorenzo (Paraguay)	Vol. 10, Nº 2	julio-diciembre de 2019	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. 10, Nº 2	julio-diciembre de 2019	ISSN 2078-399X (versión impresa) ISSN 2222-145X (versión online)
-------------------	------------------------	------------------	----------------------------	---

ARTÍCULOS ORIGINALES

- 57-68 **Marcela Ferreira - Riveros, Fernando Silla & Francisco Brusquetti.** Distribución geográfica potencial de la rana arborícola *Phyllomedusa tetraploidea* Pombal & Haddad, 1992 en Paraguay.
- 69-76 **Rolvideer Javier González Herrera, Karen Ramona Martínez Ramírez, Jesús Alberto Núñez & Daniela Molas Benítez.** Estudio conformacional del 1-buteno.
- 77-90 **Moisés Alejandro Gadea Villalba.** Determinación de los niveles de salinidad del acuífero Patiño.
- 91-100 **Nestor D. Salinas, Gabriel Rotela & Narciso Cubas.** Reconocimiento preliminar de diamictitas aflorantes en la localidad de Takurutu, Villeta.
- 101-111 **Nelly Rocio Figueredo.** Comportamiento de los niveles de carboxihemoglobina en un grupo de trabajadores informales de la ciudad de San Lorenzo.

ARTÍCULO DE REVISIÓN

- 112-131 **Magalí Ferreira, Danilo Fernández Ríos & Nidia Benítez Candia.** ¿De qué herramientas disponen los investigadores?



Distribución geográfica potencial de la rana arborícola *Phyllomedusa tetraploidea* Pombal & Haddad, 1992 en Paraguay

Potential geographical distribution of the tree frog *Phyllomedusa tetraploidea* Pombal & Haddad, 1992 in Paraguay

Marcela Ferreira - Riveros^{1*}, Fernando Silla² & Francisco Brusquetti¹

¹Instituto de Investigación Biológica del Paraguay. Del Escudo 1607. Asunción, Paraguay.

²Área de Ecología. Facultad de Biología. Universidad de Salamanca.

*autor de correspondencia: mavf30@gmail.com

Resumen: Utilizando como herramienta el modelado de nicho ecológico (MNE), en este trabajo buscamos estimar la distribución geográfica potencial de *Phyllomedusa tetraploidea* en Paraguay. Se utilizaron datos de ocurrencia de la especie y capas climáticas extraídas de la base de datos de WorldClim, los modelos fueron generados utilizando el programa Maxent. Nuestros resultados identificaron nuevas regiones de idoneidad donde la especie podría estar presente, principalmente en el este del país, parte de ellas incluidas en un total de diez áreas protegidas del Paraguay.

Palabras clave: Maxent, anuros, cambio climático.

Abstract: Using as tool the *ecological niche modeling* technique (ENM), in this work we look for to estimate the potential geographic distribution of *Phyllomedusa tetraploidea* in Paraguay. We used occurrence data of the species and climatic layers extracted from the WorldClim database. The models were generated using the Maxent program. Our results identified new regions of suitability which the species could be present, mainly in the east of the country, part of them included overall of ten protected areas of Paraguay.

Keywords: Maxent, anurans, climate change.

INTRODUCCIÓN

Uno de los marcos conceptuales propuestos para poder explicar cómo los organismos se distribuyen en el espacio geográfico es el Diagrama de BAM (Soberón & Peterson, 2005). Según éste, la distribución de un organismo es función de las condiciones ambientales que permiten la permanencia de una especie en una determinada región geográfica (A); las interacciones bióticas que deben resultar favorables para la misma especie en dicha área (B) y la capacidad de dispersión del mismo organismo hacia otras zonas que potencialmente podrían ser ocupadas (M).

En este contexto, una de las técnicas más utilizadas para estudiar la distribución de las especies en el espacio geográfico es el Modelado de Nicho Ecológico (ENM, *Ecological Niche Model*). Esencialmente esta técnica correlaciona datos de presencia y/o ausencia de la especie en cuestión con capas ambientales para realizar estimaciones de la distri-

bución potencial (Franklin, 2010) y viene siendo muy utilizada ya que permite responder preguntas más amplias dentro del campo de la biogeografía (Peterson et al., 2008).

Phyllomedusa tetraploidea Pombal & Haddad, 1992 es una especie de rana arborícola ampliamente distribuida en el Bosque Atlántico (BA) (Pombal & Haddad, 1992), habiendo sido registrada en el sudeste y sur de Brasil, en el Estado de São Paulo (SP), oeste de Santa Catarina (SC), Paraná (PR) y norte de Río Grande do Sul (RS), así como en la Provincia de Misiones (MI) en Argentina (Borteiro et al., 2014; Fish & Port, 2013; Frost, 2018; Iop et al., 2011; Marques Dias et al., 2013). Hasta el momento su distribución en Paraguay se restringe al departamento de Itapúa (IT), con solo dos registros para la especie, ambos localizados dentro del municipio de Alto Verá (Brusquetti y Lavilla, 2006) y muy cercanos entre sí (Fig. 1).

A nivel ecorregional, siguiendo a Morrone

Recibido: 29/04/2019 Aceptado: 17/09/2019



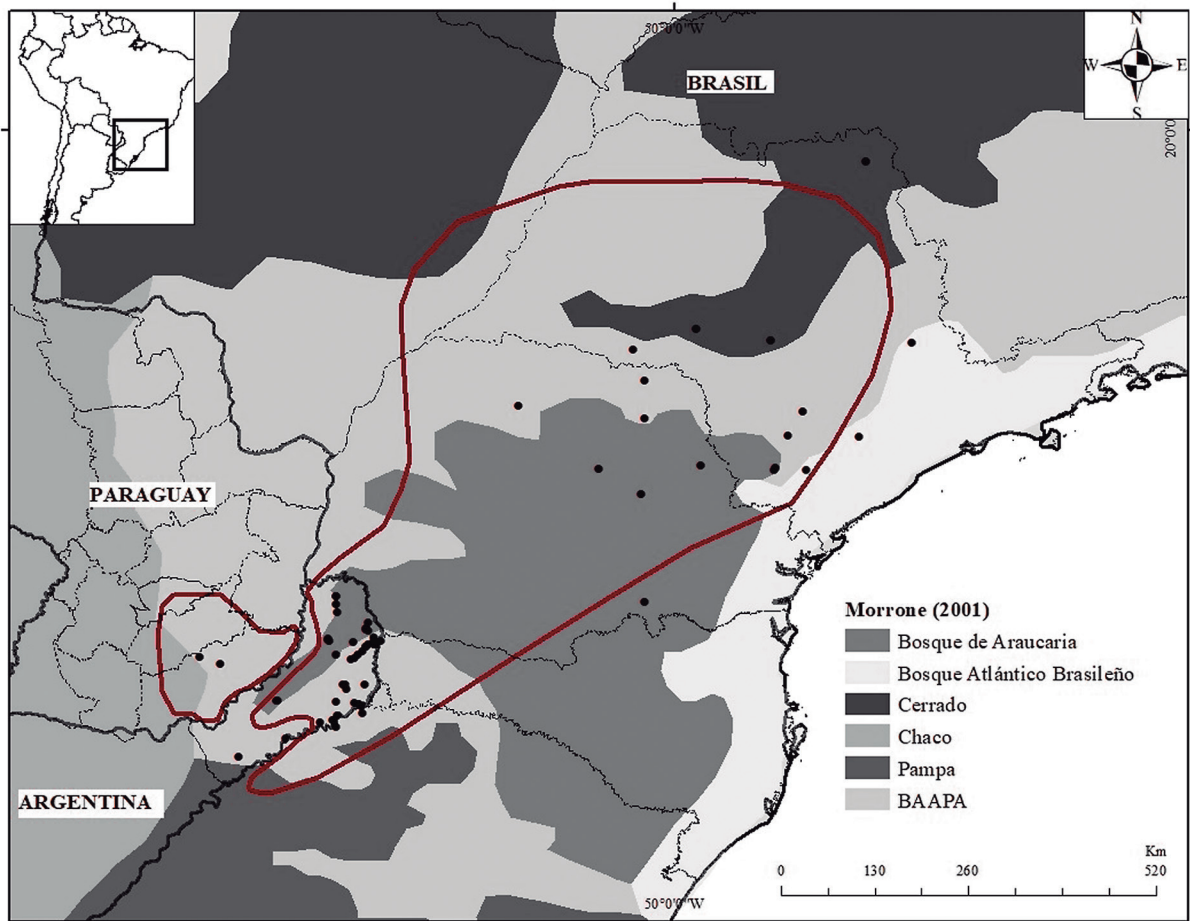


Figura 1. Mapa que muestra la distribución actual de *Phyllomedusa tetraploidea* en Sudamérica. La distribución ecorregional sigue a Morrone (2001). Los puntos hacen referencia a las localidades obtenidas a partir de la revisión de ejemplares depositados en colecciones herpetológicas y datos de la literatura (ver Materiales y Métodos). El área alrededor corresponde a distribución de la especie de acuerdo con polígonos de la IUCN (2014).

(2001), su distribución se extiende en el Bosque Atlántico Brasileño (BA) situado en la costa de Brasil, Bosque Atlántico del Alto Paraná (BAAPA) y los Bosques de Araucaria (Fig. 1). A pesar de que se han observado individuos dentro de ambientes alterados (Oda et al., 2016), *P. tetraploidea* es una especie principalmente asociada a remanentes forestales dentro del BA (Brassalotti et al., 2010).

En cuanto a su estado de conservación, si bien esta especie ha sido categorizada como preocupación menor (LC) por la IUCN (Kwet et al., 2004) y como no amenazada en Argentina (Baldo & Marangoni, 2012), en Paraguay, Motte et al. (2009) consideraron a esta especie como vulnerable (VU)

debido principalmente a que su distribución dentro del país hasta el momento se restringe a una de las ecorregiones más amenazadas del país y al escaso número de registros.

Teniendo en cuenta el grado de amenaza dentro del país en el cual se encuentra esta especie, en este trabajo se estimó el área de distribución potencial total con el fin de identificar regiones de idoneidad climática dentro del Paraguay, es decir, áreas que cumplirían con los requerimientos ambientales favorables para la presencia de *P. tetraploidea*, así como que áreas protegidas contendrían dichas áreas. Estos datos facilitarán la búsqueda de poblaciones hasta ahora desconocidas y la identificación de áreas

que podrían ser prioritarias para la conservación de esta especie dentro del país.

MATERIALES Y MÉTODOS

Datos de presencia de *Phyllomedusa tetraploidea*

Para generar los modelos solo incluimos datos de distribución de ejemplares que hemos tenido la oportunidad de confirmar su identidad taxonómica. La confirmación de la identidad taxonómica de cada individuo se realizó teniendo en cuenta la descripción original de la especie. No se incluyeron registros disponibles en bases de datos de libre acceso (e.g. GBIF, SpeciesLink) debido a que éstas pueden contener incertezas taxonómicas y localidades dudosas (Aubry et al., 2017).

Los ejemplares revisados se encuentran depositados en las siguientes colecciones biológicas de Argentina, Brasil y Paraguay: Instituto de Investigación Biológica del Paraguay (IIBP-H), Asunción, Paraguay; Museo Nacional de Historia Natural del Paraguay (MNHNP), San Lorenzo, Paraguay; Laboratorio de Genética Evolutiva (LGE), Instituto de Biología Subtropical, Misiones, Argentina y Coleção Célio F. B. Haddad (CFBH), Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Río Claro, São Paulo, Brasil. Además, fueron incluidas en nuestra matriz de datos los registros de Brunet et al. (2010) y Gruber et al. (2013) que si bien los ejemplares no fueron revisados cuentan con datos moleculares y genéticos que confirman la identidad de los mismos.

Debido a que el sesgo de muestreo puede llevar a una reducción en la precisión de los modelos resultantes (Hijmans, 2012; Naimi et al., 2011) fueron eliminados aquellos datos que se hallaban a una distancia de 0.1° evitando así el sesgo y la autocorrelación espacial utilizando la función “DistanceFilter” en R versión 3.4.3 (R Development Core Team 2017) usando el paquete “ENMGadgets” (Barve & Barve, 2016) (Tabla 1).

Construcción de los modelos de distribución potencial

Consideramos la región a modelar a aquella región geográficamente accesible para la especie a través

de mecanismos de dispersión y en períodos de tiempo relevantes (Soberón & Peterson, 2005); ésta fue definida a partir de las localidades de aquellos ejemplares que fueron revisados y los registros obtenidos en la literatura (Affonso et al., 2014; Araújo et al., 2011; Batista & Bastos, 2014; Brassalotti et al., 2010; Borteiro et al., 2014; Conte & Rossa-Feres, 2006; Faivovich et al., 2005; Fish & Port, 2013; Langone & Carrizo, 1996; Lajmanovic & Faivovich, 1998; Leivas et al., 2018; Lescano et al., 2013; López & Nazer, 2009; Machado et al., 1999; Maffei et al., 2015; Maffei et al., 2011; Manzano et al., 2009; Marques Dias et al., 2013; Pombal & Haddad, 2005). Sobre todas las ecorregiones donde la especie fue registrada se aplicó un buffer de 0.1° siguiendo a Medina et al. (2016).

Fueron utilizadas variables climáticas extraídas de la base de datos WorldClim (disponibles en: <http://worldclim.org>) que derivan de valores asociados a la temperatura y precipitación (Hijmans et al., 2005), estas variables son factores capaces de condicionar la ocurrencia y abundancia de anfibios (Heyer et al., 1994), por lo que resultan apropiadas para modelar la distribución potencial de esta especie. Se proyectó la distribución potencial utilizando la versión 2.0 que contiene datos climáticos promedio entre los años 1970 y 2000 (Fick & Hijmans, 2017).

Se realizó un análisis de clúster a fin de evitar la autocorrelación entre variables ambientales utilizando el paquete “HH” (Heibergr & Holland, 2015) en el software R. De cada clúster con correlación mayor a 0.7 se seleccionó solo una variable en base a su sentido biológico. Luego se calculó la relación entre las variables seleccionadas a través del Factor de Inflación de la Varianza (VIF), VIF>10 fueron excluidos de los modelos (Zuur et al., 2010).

Teniendo en cuenta la baja multicolinealidad y significancia ecológica para los anuros, fueron seleccionadas las siguientes variables: rango medio diurno (BIO2), temperatura máxima del mes más cálido (BIO5), temperatura media del trimestre más seco (BIO9), precipitación del mes más húmedo (BIO13), precipitación del mes más seco (BIO14), precipitación del trimestre más caluroso (BIO18) y

Tabla 1 (inicio). Localidades de ocurrencia de *Phyllomedusa tetraploidea* utilizados para la construcción de los ENM en base a los ejemplares analizados y registros obtenidos en la literatura.

Colección	País	Localidad
MNHNP 9003, 9004	Paraguay	Estancia Cuatro Puentes, Arroyo Canguery, 50 km NNO de Pirapó. Alto Verá.
IIBP-H 1186	Paraguay	Distrito Alto Verá, Yataí. (FP). Alto Verá.
LGE 11369	Argentina	Santa María, Cerro Mártires. Concepción.
LGE 17064	Argentina	Colonia Villa Bonita. 25 de Mayo.
LGE 11361	Argentina	Puerto Londero, Arroyo Los Muertos y Ruta Provincial N° 2. 25 de Mayo.
LGE 11364	Argentina	Ruta Provincial N° 2 a 9 kilómetros de El Soberbio. Guaraní.
LGE 11358	Argentina	El Soberbio. Guaraní.
LGE 11362	Argentina	Parque Provincial Moconá. San Pedro.
LGE 4870	Argentina	Refugio Moconá, proximidades del Parque Provincial Moconá. San Pedro.
LGE 12375	Argentina	Parque Provincial Mocona, Ruta Provincial N° 21 a 3.3 kilómetros de la Ruta Provincial N° 2. San Pedro.
LGE 00228	Argentina	Ruta Provincial N° 7, proximidades del Balneario del Arroyo Cuña Pirú. Cainguás.
LGE 11370	Argentina	Aristobulo del Valle, Balneario del Arroyo Cuña Pirú, Arroyo Cuña Pirú Chico. Cainguás.
LGE 12381, 1283, 1286	Argentina	Reserva de Biosfera Yabotí, Ruta Provincial N° 21. San Pedro.
LGE 11377	Argentina	Parque Provincial Esmeralda. San Pedro.
LGE 1612	Argentina	San Pedro
LGE 4429	Argentina	Ruta Nacional N° 14, Proximidad San Pedro. San Pedro.
LGE 7749	Argentina	Ruta Nacional 14, entre Tobuna y Piñalito. San Pedro.
LGE 00252	Argentina	Ruta Nacional N° 14, proximidades de Tobuna. San Pedro.
LGE 1705, 11357	Argentina	Parque Provincial Piñalito
LGE 07495	Argentina	Parque Provincial El Piñalito, Ruta Nacional N° 14. San Pedro.
LGE 4838	Argentina	Lote J19, 10 kilómetros al norte de Dos Hermanas. General Manuel Belgrano.
LGE 00241	Argentina	Ruta Nacional N° 14, 4 kilómetros al norte de Piñalito Sur. San Pedro.
LGE 4404	Argentina	Estancia Macaca, 9 kilómetros al sur de Dos Hermanas. General Manuel Belgrano.
LGE 4423	Argentina	Estancia Macaca, 9 kilómetros al sur de Dos Hermanas. General Manuel Belgrano.
LGE 7181	Argentina	Santiago de Liniers, Reserva Natural La Emilia, Establecimiento Don Guillermo. Eldorado
LGE 11356	Argentina	Colonia Victoria, Reserva Privada Julián Francisco Freaza, a 100 metros del Arroyo 3 Vueltas. San Pedro.
LGE 00272	Argentina	Ruta Nacional N° 14 a 8 kilómetros de Ruta Provincial N° 17. San Pedro.
LGE 7176, 7180, 7031	Argentina	Santiago de Liniers, Reserva Natural La Emilia, Establecimiento Don Guillermo. Eldorado

Tabla 1 (final). Localidades de ocurrencia de *Phyllomedusa tetraploidea* utilizados para la construcción de los ENM en base a los ejemplares analizados y registros obtenidos en la literatura.

Colección	País	Localidad
LGE 07601	Argentina	Bernardo de Irigoyen, Ruta Nacional Nº 14, a 1.5 kilómetros del cruce Ruta Provincial Nº 17
LGE 03915, 03962	Argentina	Lote J19, 10 kilómetros al norte de Dos Hermanas. General Manuel Belgrano.
LGE 02293	Argentina	Tajamar proximidad Leiten. General Manuel Belgrano.
LGE 05083	Argentina	4 km proximidad Campo Arminda. General Manuel Belgrano.
LGE 11384	Argentina	Parque Provincial Uruguái, Ruta Provincial Nº 19, 5 kilómetros al sur de Arroyo Uruzú. Iguazú.
LGE 2406	Argentina	Arroyo Tateto. General Manuel Belgrano
LGE 2246	Argentina	Deseado, Proximidad Andresito. General Manuel Belgrano.
CFBH 2126	Brasil	Fazenda São Luiz (Mathedi). Ribeirão Branco
CFBH 3866	Brasil	Chapecó.
CFBH 5665	Brasil	Unidade de Conservação da AHE- Quebra Queixo. São Domingos.
CFBH 6949	Brasil	Piratuba.
CFBH 8335	Brasil	Pilar do Sul.
CFBH 10107	Brasil	Faculdades Reunidas Luiz Meneghel. Bandeirantes.
CFBH 17194	Brasil	Fazenda Cesumar, Maringá.
CFBH 18251	Brasil	Estrada para Nova Concórdia. Cruz Machado.
CFBH 18829	Brasil	Estação Ecológica de Assis. Assis.
CFBH 2102	Brasil	Parque Estadual do Cerrado e proximidades. Jaguariaíva.
CFBH 24713	Brasil	Brejo no entorno do Salto "Puxa Nervos". Tibagi.
CFBH 21891	Brasil	Estrada do Centro Novo; Lagoa 1. Derrubadas.
CFBH 23158	Brasil	Fazenda Três Lagoas. Angatuba.
CFBH 33314	Brasil	Fazenda Intermontes. Ribeirão Grande.
CFBH 35010	Brasil	Faz Holambra II. Parapanema
CFBH 36212	Brasil	Fazenda Rio Claro. Lencóis Paulista
CFBH 36247	Brasil	Fazenda Intermontes. Ribeirão Grande
CFBH 37759	Brasil	Petrobras. São Mateus do Sul
CFBH 38398	Brasil	Estação Ecológica de Assis. Assis.
CFBH 33407	Brasil	Estação Ecológica de Caetetus. Galia.
	Brasil	Buri (Brunes et al., 2014).
	Brasil	Ortigueira (Brunes et al. 2014).
	Brasil	Itapetininga (Gruber et al., 2013).

precipitación del trimestre más frío (BIO19).

La distribución potencial fue estimada utilizando el software Maxent 3.4.0. (Phillips et al., 2006), que estima la relación entre presencia y las variables ambientales en un área geográfica en particular y genera modelos de idoneidad ambiental para la presencia de un organismo dado (Zank et al., 2014). Los modelos generados representan una estimación de la probabilidad de máxima entropía sujeta a una serie de restricciones representada por la información incompleta de la distribución objetivo. Esta probabilidad varía de 0 a 1, donde 0 representa la posibilidad de que la especie no se encuentre en la región y 1 es la probabilidad más alta de ocurrencia (Phillips et al., 2006).

Fueron realizadas 10 replicaciones por *bootstrap* y se utilizaron las salidas crudas (*raw output*) (Merow et al., 2013). El 70% de los datos de ocurrencia fueron utilizados para la calibración y el 30% restante para la evaluación, el resto de los parámetros se mantuvieron con los valores por defecto.

La evaluación de los modelos fue realizada a través del área ROC (*Receiver Operating Characteristic*) parcial bajo la curva (AUC) que, a pesar de sus críticas, es aún muy utilizada (Lobo et al., 2008). El AUC se interpreta como la probabilidad de que un punto de presencia seleccionado aleatoriamente tenga una clasificación más alta que un punto generado al azar discriminando aquellos sitios donde una especie puede estar presente (Lobo et al., 2008; Merow et al., 2013). Siguiendo a Araújo & Guisan (2006) se categorizaron los modelos dependiendo de sus valores de AUC de la siguiente manera: $1 > \text{AUC} > 0.9$ son considerados excelentes, $0.9 > \text{AUC} > 0.80$ son considerados como buenos, $0.8 > \text{AUC} > 0.7$ son modelos aceptables y < 0.7 son

modelos malos.

La sensibilidad de los modelos fue estimada a través de los valores de umbral (*threshold*), esto es la probabilidad de que la especie pueda ocurrir en una celda específica, aquellos sitios que tienen valores superiores al umbral tienen condiciones apropiadas para la persistencia de la especie (Liu et al., 2005). La transformación en mapas binarios se realizó aplicando el valor mínimo recomendado por Anderson et al. (2003) y Peterson et al. (2008) minimizando así la tasa de comisión, es decir, define que el 95% de las presencias observadas se predicen como tales (Allouche et al., 2006; Medina et al., 2016).

La identificación de áreas protegidas (AP) con regiones de idoneidad climática se realizó a partir de la superposición de los mapas binarios con las capas extraídas de la base de datos de la IUCN (disponible en: <https://www.protectedplanet.net>) (UNEP-WCMC, 2018). Todos los modelos obtenidos fueron proyectados utilizando el sistema WGS1984 con una resolución espacial de 5 x 5 km. El cálculo de la superficie del área de idoneidad climática fue realizado en el programa Qgis versión 2.18.14 (Quantum Gis Development Team 2014).

RESULTADOS

El modelo resultante presentó un AUC de 0.9569 por lo que fue considerado como un modelo robusto, el umbral mínimo aplicado para la especie fue de 0.1144 (Tabla 2). La variable que mejor explicó la distribución de esta especie fue la precipitación del mes más seco (BIO 14). La extensión del área climáticamente idónea para esta especie tiene alrededor de 413.000 km² (Tabla 2).

En Paraguay estas áreas de idoneidad estarían

Tabla 2. Resultados obtenidos en la construcción del ENM. Área: extensión del área de idoneidad climática expresado en km². AUC: área bajo la curva, valores de AUC > 0.9 son considerados modelos excelentes (ver materiales y métodos). Umb_Min: valor de umbral mínimo aplicado. Contribución de las variables ambientales sobre los modelos: rango medio diario (BIO2), temperatura máxima del mes más cálido (BIO5), temperatura media del trimestre más seco (BIO9), precipitación del mes más húmedo (BIO13), precipitación del mes más seco (BIO14), precipitación del trimestre más caluroso (BIO18) y precipitación del trimestre más frío (BIO19).

Área (km ²)	AUC	Umb_Min	BIO2	BIO5	BIO9	BIO13	BIO14	BIO18	BIO19
413,429	0.96	0.1144	2.3	1.98	9.1	7.04	53.54	4.26	2.94

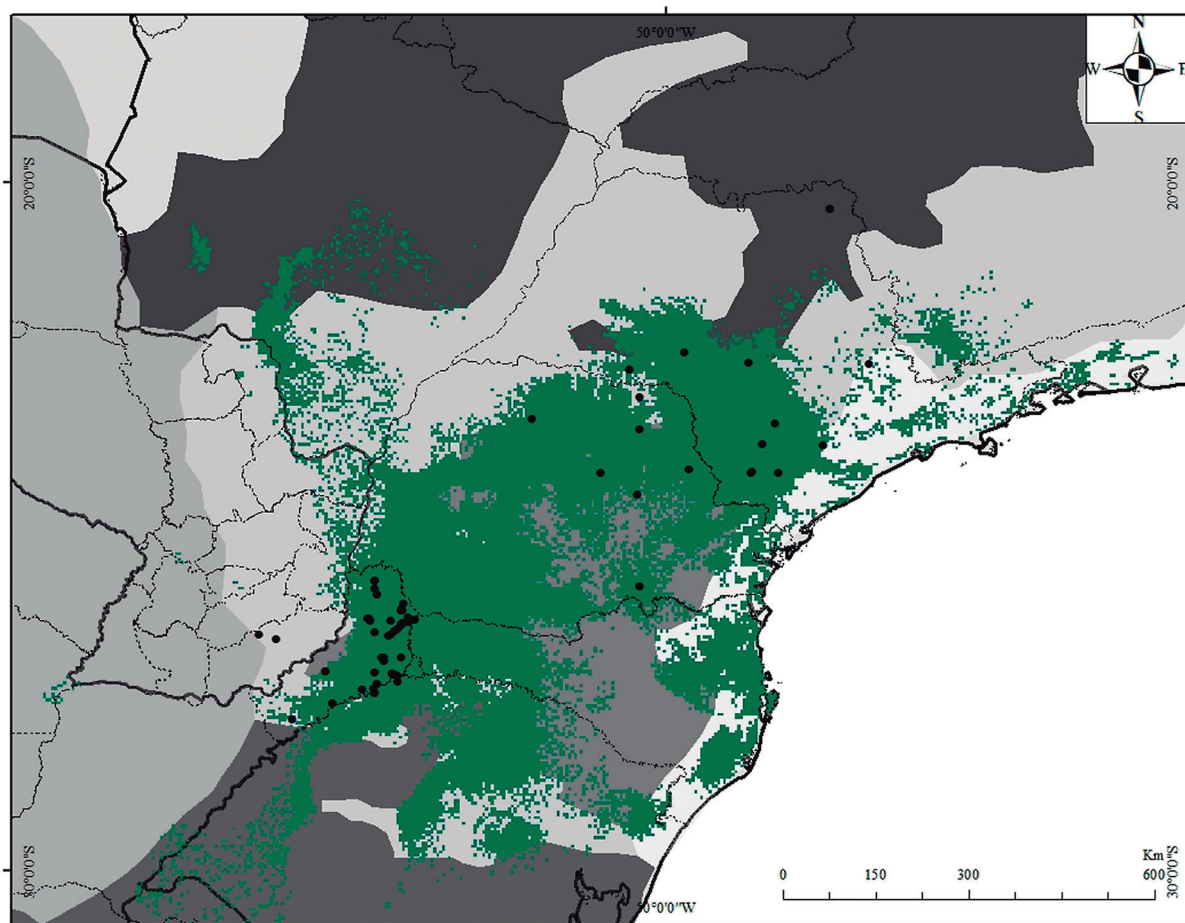


Figura 2. Distribución potencial de *Phyllomedusa tetraploidea*. Se observa el área de idoneidad climática actual (verde) de esta especie, la región gris son zonas que no poseen regiones de idoneidad climática actualmente.

situadas principalmente al este de los departamentos de Alto Paraná, Canindeyú y Amambay, en Itapúa se observan pequeñas regiones idóneas al sur, así como en Guairá y Cordillera, se registraron omisiones dentro del departamento de Itapúa (Fig. 2). Parte de las áreas idóneas para la presencia de *P. tetraploidea* se encuentra dentro de un total de diez áreas silvestres protegidas, la mayoría de estas localizadas dentro del departamento de Alto Paraná (Tabla 3).

DISCUSIÓN

En general el área de distribución potencial de *P. tetraploidea* es congruente con los registros de ocurrencia utilizados para la construcción de

los ENM (ver Tabla 1), no obstante, en Paraguay fueron identificadas nuevas áreas de idoneidad (Fig. 2). Por otra parte, el modelo no proyectó regiones de idoneidad en áreas coincidentes con los datos utilizados para construir los ENM, estas áreas corresponden a los registros al sur del departamento de Itapúa (Fig. 2). Estos errores de omisión podrían tener relación con el programa utilizado, ya que la probabilidad de que se identifiquen regiones de idoneidad climática disminuye a medida que los puntos están más lejanos entre sí (Lobo et al., 2010). La ausencia de regiones climáticamente favorables en tales áreas nos lleva a pensar que se trata de regiones situadas al límite de la distribución de *P. tetraploidea*, ya que hasta la fecha no se tiene evidencia de la presencia de esta especie en otras

Tabla 3. Áreas Protegidas con áreas de idoneidad climática para *Phyllomedusa tetraploidea* dentro de Paraguay y sus categorías de manejo. Los datos fueron extraídos de la base de datos de la IUCN (UNEP-WCMC, 2018).

Unidad de conservación	Ubicación política	Superficie (km ²)	Categoría de manejo
Reserva de Recursos Manejados Ybyturuzú	Guairá	240	VI
Reserva Natural Itabó	Alto Paraná	152.08	IV
Reserva Biológica Limo'y	Alto Paraná	148.28	IV
Parque Nacional Cerro Corá	Amambay	55.39	II
Refugio Biológico Tati Yupí	Alto Paraná	22.45	IV
Parque Nacional Ñacunday	Alto Paraná	20.04	II
Reserva Nacional Kury'i	Alto Paraná	20.02	No reportado
Refugio Biológico Mbaracayú	Alto Paraná	13.56	IV
Parque Nacioal Saltos del Guairá	Alto Paraná	9.02	II
Monumento Científico Moisés Bertoni	Alto Paraná	2	Ia

regiones del Paraguay.

Aunque en este trabajo no hemos utilizado capas de cobertura vegetal y a pesar de que se han registrado individuos en regiones con cierto grado de alteración antrópica (Fish & Port, 2013) no podemos dejar de lado que esta especie se halla estrechamente vinculada a regiones boscosas dentro del BAAPA (Kwet et al., 2004). El BAAPA se ve severamente amenazado por la actividad agrícola y la elevada tasa de deforestación principalmente asociada con la producción de soja (Da Ponte et al., 2017; F.V.S.A. & WWF, 2017; Placi & Di Bitetti, 2005). En Brasil, además de la expansión agrícola, la expansión urbana también está vinculada con la disminución de la superficie forestal (Lapola et al., 2014).

Pese a que la pérdida boscosa en el este del Paraguay ha sido devastadora (Da Ponte et al., 2017), la identificación de regiones de idoneidad climática en esta parte del país es esperanzadora para la conservación de esta especie, sobre todo teniendo en cuenta la existencia de varias unidades de conservación dentro de los departamentos de Alto Paraná, Amambay y Guairá (F.V.S.A. & WWF, 2017; SEAM, 2007; UNEP-WCMC, 2018). La mayoría de estas unidades están bajo manejo de la Itaipú Binacional, tal es el caso de la Reserva

Natural Itabó y la Reserva Biológica Limo'y, así también los Refugios Biológicos de Tati Yupí y Mbaracayú. Otras, como el Parque Nacional (PN) Cerro Corá, el PN de Ñacunday y la Reserva de Recursos Manejados de Ybyturuzú, que también contienen regiones de idoneidad climática, son de dominio público (SEAM, 2007; UNEP-WCMC, 2018).

En definitiva, el ENM es una herramienta útil para la identificación de regiones de idoneidad, no obstante, es importante tener en cuenta otros aspectos de la especie, como su historia evolutiva, su relación con las variables ambientales y la capacidad de tolerancia ambiental. En este trabajo hemos identificado regiones de idoneidad climática para *P. tetraploidea* dentro de Paraguay que podrían ser de suma importancia para la conservación de esta especie. Y si bien utilizamos solamente capas climáticas, éstas nos permiten tener una idea de donde podrían distribuirse potencialmente, por lo que es fundamental aplicar y fortalecer las medidas de conservación en dichas áreas, sobre todo teniendo en cuenta que en nuestro territorio la especie se encuentra amenazada.

AGRADECIMIENTOS

A los curadores y técnicos de las colecciones her-

petológicas: Diego Baldo, Frederick Bauer, Nicolás Martínez, Katia Airaldi y Nadya Pupin.

LITERATURA CITADA

- Affonso, I. de P., Cafofo, E.G., Delariva, R.L., Oda, F. H., Karling, L. C., & Lourenço-De-Moraes, R. (2014). List of anurans (Amphibia: Anura) from the rural zone of the municipality of Maringá, Paraná state, southern Brazil. *Check List*, 10(4): 878–882. <https://doi.org/10.15560/10.4.878>
- Allouche, O., Tsoar, A., & Kadmon, R. (2006). Assessing the accuracy of species distribution models: Prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). *Journal of Applied Ecology*, 43(6): 1223–1232. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2006.01214.x>
- Araújo, C.D.O., & Almeida-Santos, S.M. de. (2011). Herpetofauna de um remanescente de cerrado no estado de São Paulo, sudeste do Brasil Material e Métodos. *Biota Neotropica*, 11(3): 47-62. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032011000300003>
- Araújo, M.B. & Guisan, A. (2006). Five (or so) challenges for species' distribution modelling. *Journal of Biogeography*, 33: 1677–1688
- Aubry, K.B., Raley, C.M., Mckelvey, K.S., Miller, R., Melquist, W., & Jacobs, D. (2017). The importance of data quality for generating reliable distribution models for rare, elusive, and cryptic species. *PLoS One*, 12(6): e0179152. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179152>
- Baldo, D. & Marangoni, F. (2012). *Phyllomedusa tetraploidea* Pombal & Haddad, 1992. En: Categorización del Estado de Conservación de la Herpetofauna de la República Argentina. Ficha de los Taxones. Anfibios. *Cuadernos de Herpetología* 26 (Supl. 1): 199
- Barve N. & Barve V. (2016). *Package ENMGadgets: tools for pre and post processing in ENM workflow*. Disponible en: <https://github.com/narayanibarve/ENMGadgets>
- Batista, V.G., & Bastos, R.P. (2014). Anurans from a Cerrado-Atlantic Forest ecotone in Campos Gerais region, southern Brazil. *Check List*, 10 (3): 574–582. <https://doi.org/10.15560/10.3.574>
- Borteiro, C., Baldo, D., Saraiva Kunz, T., Perez, R., Petry Eltz, R., & Kolenc, F. (2014). Contracting behaviour in three species of Phyllomedusa (Anura: Hylidae: Phyllomedusinae). *Herpetology Notes*, 7(June): 393–395.
- Brassaloti, R.A., Rossa-Feres, D.C. & Bertoluci, J. (2010). Anuran fauna of the Semi-deciduous Forest of the Estação Ecológica dos Caetetus, Southeastern Brazil. *Biota Neotropica*, 10(1): 275-292. <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032010000100024>
- Brunes, T., Sequeira, F., Haddad, C. & Azevedo, J. (2010). Gene and species trees of a Neotropical group of treefrogs: Genetic diversification in the Brazilian Atlantic Forest and the origin of a polyploid species. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 57(3): 1120-1133. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2010.08.026>
- Brusquetti, F., & Lavilla, E.O. (2006). Lista comentada de los anfibios de Paraguay. *Cuaderno de Herpetología*, 20 (2): 3–79.
- Conte, C.E., & Rossa-Feres, D. de C. (2006). Diversidade e ocorrência temporal da anurofauna (Amphibia, Anura) em São José dos Pinhais, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 23(1): 162-175. <https://doi.org/10.1590/S0101-81752006000100008>
- Da Ponte, E., Roch, M., Leinenkugel, P., Dech, S., & Kuenzer, C. (2017). Paraguay's Atlantic Forest cover loss – Satellite-based change detection and fragmentation analysis between 2003 and 2013. *Applied Geography*, 79: 37-49. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.12.005>
- Faivovich, J., Haddad, C.F.B., Baêta, D., Jungfer, K.H., Álvares, G.F.R., Brandão, R.A., Sheil, C., Barrientos, L., Barrio-Amorós, C.L., Cruz, C.A.G. & Wheeler, W.C. (2010). The phylogenetic of the charismatic poster frogs, Phyllomedusinae (Anura, Hylidae). *Cladistics*, 26(3): 227-261. <https://doi.org/10.1016/j.clad.2010.05.005>

- org/10.1111/j.1096-0031.2009.00287.x
- Faivovich, J., Haddad, C.F.B., Garcia, P.C.A., Frost, D.R., Campbell, J.A., & Wheeler, W.C. (2005). Systematic review of the frog family Hylidae, with special reference to Hylinae: phylogenetic analysis and taxonomic revision. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 294(1): 1-240. [https://doi.org/10.1206/0003-0090\(2005\)294\[0001:SR OTFF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1206/0003-0090(2005)294[0001:SR OTFF]2.0.CO;2)
- Fick, S. & Hijmans, R. (2017). Worldclim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37(12): 4302-4315. <https://doi.org/10.1002/joc.5086>.
- Fisch, F., & Port, D. (2013). Localidades de ocorrência de *Phyllomedusa tetraploidea* Pombal & Haddad, 1992 (Anura: Phyllomedusinae) e novo registro para Santa Catarina, Brasil. *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão (N. Sér)*, 32: 13-28.
- Franklin, J. (2010). *Mapping Species Distributions: spatial Inference and Prediction*. Cambridge: Cambridge University Press. 320 pp.
- Frost, D.R. (2018). *Amphibian Species of the World: an Online Reference*. Version 6.0. American Museum of Natural History, New York, USA (acceso: 28 de mayo de 2018). Disponible en: <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>.
- Fundación Vida Silvestre Argentina & WWF. (2017). *State of the Atlantic Forest: Three countries, 148 million people, one of the richest forest on earth*. Puerto Iguazú: Fundación Vida Silvestre Argentina, WWF-Brazil & WWF-Paraguay. 146 pp.
- Gruber, S.L., Silva, A.P.Z., Haddad, C.F.B., & Kasahara, S. (2013). Cytogenetic analysis of *Phyllomedusa distincta* Lutz, 1950 ($2n = 2x = 26$), *P. tetraploidea* Pombal and Haddad, 1992 ($2n = 4x = 52$), and their natural triploid hybrids ($2n = 3x = 39$) (Anura, Hylidae, Phyllomedusinae). *BMC Genetics*, 14: 75. <https://doi.org/10.1186/1471-2156-14-75>
- Heiberger, R. M. & Holland, B. (2015). *Statistical Analysis and Data Display: An Intermediate Course with Examples in R*. Second Edition. Springer Texts in Statistics. Springer. ISBN 978-1-4939-2121-8. Disponible: <https://cran.r-project.org/web/packages/HH/HH.pdf>
- Heyer, W.R., M.A. Donnelly, R.W. McDiarmid, L.C. Hayek & Foster, M.S. (1994). *Measuring and monitoring biological diversity — Standard methods for Amphibians*. Smithsonian Institution Press, Washington.
- Hijmans, R.J. (2012). *Cross-validation of species distribution models: removing spatial sorting bias and calibration with a null model*. *Ecology*. 93(3): 679-88. <https://doi.org/10.1890/11-0826.1>
- Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, G., & Jarvis, A. (2005). Very high-resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25(15): 1965–1978. <https://doi.org/10.1002/joc.1276>
- Iop, S., Caldart, V.M., Santos, T.G. & Cechin, S.Z. (2011). Anurans of Turvo State Park: testing the validity of Seasonal Forest as a new biome in Brazil. *Journal of Natural History*, 45(39-40): 2443–2461
- Kwet, A. Aquino, A. Faivovich, J. & Baldo, D. (2004). *Phyllomedusa tetraploidea*. The IUCN Red List of Threatened Species 2004. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2004.RLTS.T55865A11382400>
- Lajmanovich, R. & Faivovich, J. (1998). Dieta larval de *Phyllomedusa tetraploidea* Pombal & Haddad, 1992 en la provincia de Misiones (Argentina). *Alytes: International Journal of Batrachology*, 15(4): 137–144.
- Lapola, D.M., Martinelli, L.A., Peres, C.A., Ometto, J.P.H.B., Ferreira, M.E., Nobre, C.A., Aguiar, A.P.D., Bustamante, M.M.C., Cardoso, M.F., Costa, M.H., Joly, C.A., Leite, C.C., Moutinho, P., Sampaio, G., Strassburg, B.B.N. & Vieira, I.C.G. (2014). Pervasive transition of the Brazilian land-use system. *Nature Climate Change*, 4(1): 27–35. <https://doi.org/10.1038/nclimate2056>

- Leivas, P.T., Calixto, P. de O., Hiert, C., & Garey, M.V. (2018). Anurans of anthropogenic areas and remnants of Semideciduous forest in western state of Paraná, Brazil. *Herpetology Notes*, 11(July): 543–551.
- Lescano, J.N., Bonino, M.F., & Akmentins, M.S. (2013). Composición y riqueza de anfibios y sus relaciones con las características de los sitios de reproducción en un sector de la Selva Atlántica de Misiones, Argentina. *Cuadernos de Herpetología*, 27(1): 1–12.
- Liu, C., Berry, P.M., Dawson, T.P. & Pearson, R.G. (2005). Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions. *Ecography*, 28: 385-393.
- Lobo, J.M., Jiménez-Valverde, A. & Hortal, J. (2010). The uncertain nature of absences and their importance in species distribution modeling. *Ecography* 33: 103-114.
- Lobo, J.M., Jiménez-Valverde, A., & Real, R. (2008). AUC: A misleading measure of the performance of predictive distribution models. *Global Ecology and Biogeography*, 17(2): 145-151. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2007.00358.x>
- López, C.A. & Nazer, S.J.E. (2009). Anfibios y reptiles de la Reserva Privada Yaguaroundia (Misiones, Argentina). *Boletín de La Sociedad Zoológica Del Uruguay*, 18: 13–24.
- Machado, R.A., Bernarde, P.S., Morato, S.A.A., & Anjos, L. dos. (1999). Análise comparada da riqueza de anuros entre duas áreas com diferentes estados de conservação no município de Londrina, Paraná, Brasil (Amphibia, Anura). *Revista Brasileira de Zoologia*, 16(4): 997-1004. <https://doi.org/10.1590/S0101-81751999000400009>
- Maffei, F., Nascimento, B.T.M. do, Moya, G.M., & Donatelli, R.J. (2015). Anurans of the Agudos and Jaú municipalities, state of São Paulo, Southeastern Brazil. *Check List*, 11(3): 1-7. <https://doi.org/10.15560/11.3.1645>
- Maffei, F., Ubaid, F.K., & Jim, J. (2011). Anurofauna em área de cerrado aberto no município de Borebi, estado de São Paulo, Sudeste do Brasil: uso do habitat, abundância e variação sazonal. *Biota Neotropica*, 11(2): 221–233. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032011000200023>
- Marques Dias, T., Pereira Maragno, F., Madalozzo, B., Prado, C.P.A., & Cechin, S. (2013). Breeding sites of the leaf frog *Phyllomedusa tetraploidea* (Hylidae, Phyllomedusinae) in a forest remnant in southern Brazil. *North-Western Journal of Zoology*, 9(2): 422-424.
- Medina, R.G., Ponssa, M.L., & Aráoz, E. (2016). Environmental, land cover and land use constraints on the distributional patterns of anurans: *Leptodactylus* species (Anura, Leptodactylidae) from Dry Chaco. *PeerJ*, 4(e2605): 1-27. <https://doi.org/10.7717/peerj.2605>
- Merow, C., Smith, M.J., & Silander, J.A. (2013). A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: What it does, and why inputs and settings matter. *Ecography*, 36(10): 1058–1069. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.07872.x>
- Morrone, J.J. (2001). *Biogeografía de América Latina y el Caribe*. Zaragoza, M&T - Manuales & Tesis, 3: 148 pp.
- Motte, M., Nuñez, K., Cacciali, P., Brusquetti, F., Scott, N. & Aquino, A.L. (2009). Categorización del estado de conservación de los anfibios y reptiles de Paraguay. *Cuaderno de Herpetología*, 23(1): 5–18.
- Naimi, B., Skidmore, A.K., Groen, T.A. & Hamm, N.A.S. (2011). Spatial autocorrelation in predictors reduces the impact of positional uncertainty in occurrence data on species distribution modelling. *Journal of Biogeography*, 38: 1497–1509. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2011.02523.x>
- Oda, F.H., Batista, V.G., Gambale, P.G., Mise, F.T., De Souza, F., Bellay, S., Ortega, J.C. & Takemoto, R.M. (2016). Anuran species richness, composition, and breeding habitat preferences: A comparison between forest remnants and agricultural landscapes in Southern Brazil. *Zoological Studies*, 55.

- <https://doi.org/10.6620/ZS.2016.55-34>
- Peterson, A.T., Papes, M., & Soberón, J. (2008). Rethinking receiver operating characteristic analysis applications in ecological niche modeling. *Ecological Modelling*, 213: 63–72.
- Phillips, S.J., Anderson, R.P., & Schapire, R.E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190(3-4): 231–259. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>
- Placci, G. & Di Bitetti, M. (2005). *Situación ambiental en la ecorregión del Bosque Atlántico del Alto Paraná (Selva Paranaense)*. En: *Situación ambiental Argentina*. Ed. Brown, A., Martínez Ortiz, U., Acerbi, M. & Corcuera, J. 197-2010. Buenos Aires, Argentina: Fundación Vida Silvestre. Disponible en: <http://www.fvsa.org.ar/situacionambiental/selva-paranaense.pdf>
- Pombal, J.P., & Haddad, C.F.B. (1992). Espécies de *Phyllomedusa* do grupo burmeisteri do Brasil Oriental, com descrição de uma espécie nova (Amphibia, Hylidae). *Revista Brasileira de Biologia*, 52(2), 217–229.
- QGIS Development Team. (2016). *QGIS Geographic information system*. Open source geospatial foundation project. Disponible en: <http://qgis.osgeo.org/>.
- R Development Core Team. (2017). Version 3.4.3 (2017-11-30) -- "KITE-EATING TREE". Copyright (C). The R Foundation for Statistical Computing Platform: i386-w64-mingw32/i386 (32-bit).
- Secretaría del Ambiente (SEAM). (2007). *Informe Nacional de Áreas Protegidas del Paraguay*. Asunción, Paraguay.
- Soberón, J., & A. T. Peterson. (2005). Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity Informatics*, 2: 1– 10.
- UNEP-WCMC. (2018). *Protected Area Profile for Paraguay from the World Database of Protected Areas*. November 2018. Available at: www.protectedplanet.net
- Zuur, A.F., Ieno, E. N., & Elphick, C.S. (2010). A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods in Ecology and Evolution*, 1(1): 3–14. <https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2009.00001.x>

Estudio conformacional del 1-buteno**Conformational study of 1-butene**Rolvideer Javier González Herrera^{1,*}, Karen Ramona Martínez Ramírez¹, Jesús Alberto Núñez¹ & Daniela Molas Benítez¹¹Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Asunción, Campus Universitario, San Lorenzo, Paraguay. *Email: rolvideer@hotmail.com

Resumen: Se han investigado en forma teórica los rotámeros estables del 1-buteno, como así también la abundancia conformacional en su estado electrónico fundamental, en fase gaseosa y en condiciones normales de presión y temperatura. Se utilizó el método del funcional de la densidad (DFT), con los funcionales híbridos B3LYP, BHandHLYP y bases de Dunning aug-cc-PVnZ (n = D, T, Q), incorporados en el paquete profesional Gaussian 03. Se reportan tres conformeros estables, dos de ellos isómeros ópticos con conformación no planar en la posición skew y una conformación plana en la posición cis. La abundancia relativa determinada para la conformación planar y no planar es de 70:30 aproximadamente.

Palabras claves: 1-buteno, conformeros, DFT, estudio teórico.

Abstract: The stable rotamers of 1-butene have been theoretically investigated, as well as the conformational abundance in its fundamental electronic state, in the gas phase and in normal conditions of pressure and temperature. The density functional method (DFT) was used, with the hybrid functionalities B3LYP, BHandHLYP and Dunning bases aug-cc-PVnZ (n = D, T, Q), incorporated in the Gaussian 03 professional package. Three are reported stable conformers, including two optical isomers with non-planar conformation in skew position and a planar conformation in the cis position. The relative abundance determined for the planar and non-planar conformation is approximately 70:30.

Key words: 1-butene, conformers, DFT, theoretical study.

INTRODUCCIÓN

Desde mediados del siglo XX, el gran desarrollo en el procesamiento del petróleo ha hecho hincapié en la necesidad de datos sobre el comportamiento de fases de los sistemas que contienen hidrocarburos tanto parafínicos, como olefínicos (Sage, 1948). Además, debido a la gran demanda mundial de los hidrocarburos, el conocimiento acabado de sus propiedades físicas y químicas fueron y siguen siendo de gran interés para la comunidad científica (Kunitski, *et al.* 2011).

Uno de estos hidrocarburos es el 1-buteno, sustancia de notable importancia industrial debido a su papel en la producción de combustibles sintéticos y polímeros similares al caucho, siendo además un importante precursor de polímeros de alto peso molecular que pueden ser utilizados como mejoradores del índice de viscosidad de aceites lubricantes (Olds, 1946;

Fontana, 1952).

El desarrollo de nuevos productos y la mejora de los procesos existentes vinculados con esta sustancia, dependerán en cierta medida de la disponibilidad de datos precisos relacionados con sus propiedades físicas (Olds, 1946). Lastimosamente en algunos casos, la necesidad de análisis precisos se ha pasado por alto, lo que condujo a informes contradictorios en la literatura (Dunning, 1953).

Una de estas controversias ha sido la conformación estructural de equilibrio del 1-buteno, que por poseer grupos moleculares unidos por enlaces simples, permite la rotación libre y el reacomodo molecular originado por la repulsión de sus átomos.

En 1946, Kilpatrick&Pitzer postulan la existencia de más de una conformación estable del 1-buteno. Aston *et al.* (1946), investigan

Recibido: 23/07/2019 Aceptado: 03/10/2019



los espectros vibracionales Raman e Infrarrojo que indicaron una sola conformación estable. Sin embargo, haciendo un cálculo de la barrera energética para la rotación de los grupos vinilo y etilo uno con respecto al otro, basados solo en las repulsiones de hidrógenos, indicaron la presencia de dos configuraciones estables no planas, que serían isómeros ópticos ubicados a cada lado de la configuración trans planar.

Sheppard (1949) reporta que según los espectros vibracionales, un solo conformero del 1-buteno es estable. Sin embargo, Harrah&Mayo (1960), encuentran que la espectroscopía vibracional de una serie de 1-alquenos muestran la existencia de conformaciones planas y no planas, e informan que el comportamiento de las dos bandas de absorción observadas sugieren que es muy probable que exista 1-buteno a temperatura ambiente como dos pares de isómeros no equivalentes, pero no lograron caracterizarlo.

Askel *et al.* (1961), aplicando espectroscopía de resonancia magnética nuclear, informan que el 1-buteno existe como una mezcla de isómeros s-cis (planar) y dos estructuras gauge (no planar) equivalentes entre sí, donde la conformación s-cis sería la más estable. En un trabajo posterior, los mismos autores afirman que la abundancia de estos isómeros sería prácticamente igual.

Sin embargo, Kondo *et al.* (1968), aplicando espectroscopía de microondas, afirman que la estructura gauge es la más estable, pero que las estructuras eran muy complejas para determinar completamente sus parámetros estructurales.

Woller & Garbisch (1972), aplicando espectroscopía de resonancia magnética nuclear, informan que la forma cis es más estable que la forma gauge, ya que presentan una pequeña diferencia de entalpía.

Bernes&Howells (1973), realizaron estudios del espectro infrarrojo y reportan que el conformero gauge es ligeramente más estable que el cis.

Durig&Compton (1980), aplicando métodos espectroscópicos y termodinámicos, obtuvieron evidencias de que el conformero s-cis era más estable que el gauche. Sin embargo, en el

equilibrio se encuentra una mayor población del conformero gauche, por lo que afirman que la estabilidad relativa de estos conformeros aún estaba en duda.

Los primeros cálculos ab initio fueron realizados por Van Hemelrijk *et al.* (1980), al nivel 4-31G/21-G, en combinación con datos experimentales obtenidos por el método de difracción de electrones + espectroscopía de microondas y reportan que la población de los conformeros gauge y cis es de 83% y 17% respectivamente. Los autores afirman que la mezcla de rotámeros es demasiado compleja para permitir una determinación independiente de todos los parámetros estructurales.

Luego Murcko (1986), al nivel MP2/6-311++G(2df,2pd) y Gallineta (1997), al nivel HF, MP2 y DFT con 6-31G*(5D), concluyeron que la forma gauge-skew es la más estable.

Wu *et al.* (2008), aplicando espectroscopía de impulso de electrones, métodos ab initio y DFT al nivel B3LYP con la base aug-cc-pvtz, reportan que la forma gauge es la más estable, con una abundancia relativa del 69% frente al 31% de la conformación cis.

Kunitski, *et al.* (2011) realizaron su investigación mediante espectroscopía de mezcla de cuatro ondas degenerada de femtosegundo rotacional (fs DFWM) en condiciones de expansión supersónica. El espectro experimental fue reproducido exitosamente por una simulación ajustada utilizando una estructura única asignada al conformador gauche del 1-buteno. El conformador cis no se observó en el espectro de DFWM. La ausencia de la forma cis indica que este conformero es a lo más igual, pero probablemente menos estable que el rotámero gauche.

Teniendo en cuenta los resultados de las investigaciones precedentes, que reportan ciertas incongruencias y contradicciones en cuanto a la conformación estructural y abundancia del 1-buteno, consideramos pertinente el presente estudio teórico, incluyendo energías extrapoladas al límite de base completa.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló al nivel de la teoría DFT, con los funcionales híbridos B3LYP (Becke, 1997; Lee, Yang & Parr, 1988) y BHandHLYP, con bases de Dunning (Dunning, 1971), según se describe más adelante. Todos los cálculos se llevaron a cabo utilizando el paquete de programas Gaussian 03 (Frisch et al., 2003) con el auxilio del visualizador gráfico Gauss View 4.1.

Inicialmente se realizó el estudio de los rotámetros del 1-Buteno utilizando la rutina SCAN implementada en el Gaussian 03. Para esto se utilizaron 72 rotaciones de 5° de los grupos moleculares unidos por el enlace simple =C-C-.

Para las estructuras correspondientes a máximos y mínimos sobre la superficie de energía potencial, se realizaron optimizaciones completas de geometrías y energías, aplicando el método mecánico-cuántico DFT al nivel B3LYP/aug-cc-PVnZ//B3LYP/aug-cc-PVnZ y BHandHLYP/aug-cc-PVnZ//BHandHLYP/aug-cc-PVnZ, donde se utilizan las bases polarizadas de correlación consistente y difusas de Dunning aug-cc-PVnZ (n = D,T,Q). En todos los casos se realizaron los cálculos de las frecuencias armónicas y las energías del punto cero (ZPE) de las estructuras estudiadas, utilizando la rutina frequency del Gaussian 03.

Se hacen correcciones de la energía, adicionando en cada caso ZPE y extrapolando a base infinita (CBS). Se optó por utilizar un método mixto gaussiano-exponencial recomendado en la literatura (Rodríguez-Linares, et al., 2015; Sancho, 2001). Esta aproximación, también denominada método de tres parámetros, fue propuesta por Peterson *et al.* (1994), y utiliza la relación:

$$E_X = E_\infty + Ae^{-(X-1)} + Be^{-(X-1)^2} . \quad (1)$$

Estas ecuaciones ya están incorporadas en la calculadora desarrollada por Vasilyev (2017), con la cual se obtuvieron las energías extrapoladas al límite de base completa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este trabajo fue utilizada la convención adoptada por Kondo *et al.* (1968), donde un

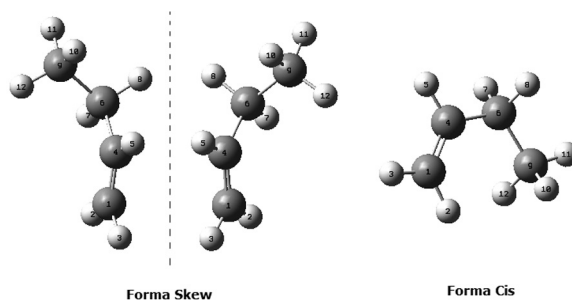


Figura 1. Conformación espacial optimizada del 1-buteno al nivel B3LYP/aug-cc-PVQZ y BHandHLYP/ aug-cc-PVQZ.

conformero rotatorio cuyo ángulo diedro es de aproximadamente 120° desde la forma cis, se denominará forma skew (sesgado), en lugar de forma gauge, que corresponde a un ángulo diedro de aproximadamente 120° desde la posición trans.

Se han identificado tres conformeros rotacionales, uno con conformación cis (plana) y dos conformaciones skew (no planar) que son isómeros ópticos entre sí.

En la Figura 1, se puede observar la conformación espacial adoptada por los conformeros rotacionales del 1-buteno.

Dos de los rotámetros presentan conformación no planar, con ángulos diedros de aproximadamente 120° desde la posición cis (planar), por lo que se les ha asignado la denominación skew. Los ángulos diedros de la forma cis confirman que los carbonos que conforman la molécula subyacen todos en un solo plano, según se puede observar en la Figura 2 y pueden ser corroborados por los parámetros geométricos optimizados detallados más adelante.

Estos resultados concuerdan con lo reportado

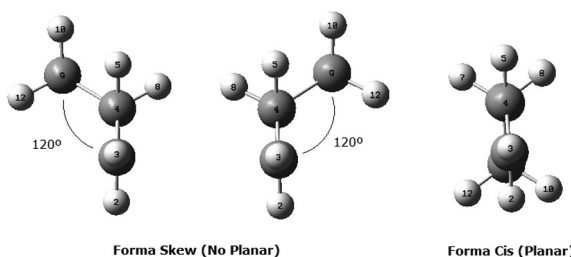


Figura 2. Vista lateral de los rotámetros optimizados del 1-buteno.

Tabla 1. Distancias inter-atómicas del 1-buteno al nivel B3LYP/aug-cc-PVQZ y BHandHLYP/aug-cc-PVQZ.

Enlaces	Distancias inter-atómicas (Ångström)					
	Forma Skew			Forma Cis		
	B3LYP aug-cc-pvqz	BHandHLYP aug-cc-pvqz	Kondo <i>et al.</i> (1968)	B3LYP aug-cc-pvqz	BHandHLYP aug-cc-pvqz	Kondo <i>et al.</i> (1968)
R(C1-H2)	1,0833	1,0757	1,090	1,0815	1,0739	1,090
R(C1-H3)	1,0813	1,0738	1,090	1,0811	1,0736	1,090
R(C1-C4)	1,3269	1,3167	1,342	1,3273	1,3172	1,334
R(C4-H5)	1,0869	1,0790	1,090	1,0860	1,0781	1,090
R(C4-C6)	1,4991	1,4916	1,493	1,5019	1,4943	1,507
R(C6-H7)	1,0917	1,0840	1,095	1,0953	1,0873	1,095
R(C6-H8)	1,0946	1,0867	1,095	1,0953	1,0873	1,095
R(C6-C9)	1,5338	1,5229	1,536	1,5251	1,5152	1,536
R(C9-H10)	1,0910	1,0838	1,095	1,0903	1,0830	1,095
R(C9-H11)	1,0901	1,0828	1,095	1,0896	1,0823	1,095
R(C9-H12)	1,0900	1,0828	1,095	1,0903	1,0830	1,095

por Aston *et al.* (1946), donde los espectros infrarrojos y raman confirman la existencia de dos configuraciones estables de conformación no planar, que son isómeros ópticos y que se encuentran aproximadamente a un tercio de revolución. Pero no lograron observar la presencia de una concentración apreciable de la conformación cis planar.

Sin embargo, nuestros resultados concuerdan plenamente con lo reportado por Askel *et al.* (1961), donde afirman que el 1-buteno existe como una mezcla de isómeros cis (planar) y dos estructuras no planas equivalentes. Así también, los parámetros estructurales están en buen acuerdo con las configuraciones estructurales reportadas

por Kondo *et al.* (1968), las cuales se pueden observar en las Tablas 1 y 2.

Se observa que el método B3LYP proporciona distancias inter-atómicas más próximas a los datos experimentales reportados, sin embargo, para los ángulos inter-atómicos, el método BHandHLYP está en mejor acuerdo con dichos datos.

Las energías de todas las estructuras de equilibrio, sobre la superficie de energía potencial torsional del 1-buteno, se pueden observar en las Tablas 3 y 4.

Las barreras torcionales y energías relativas de los distintos conformeros se pueden observar en las Figuras 3 y 4.

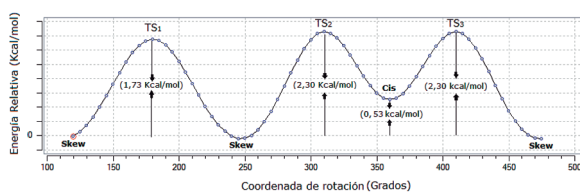
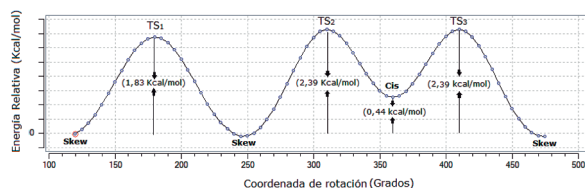
**Figura 3.** Energías relativas de los distintos conformeros del 1-buteno al nivel B3LYP/aug-cc-PVQZ extrapoladas a CBS.**Figura 4.** Energías relativas de los distintos conformeros del 1-buteno al nivel BHandHLYP/aug-cc-PVQZ extrapoladas a CBS.

Tabla 2. Ángulos inter-atómicos del 1-buteno al nivel B3LYP/aug-cc-PVQZ y BHandHLYP/aug-cc-PVQZ.

Enlaces	Ángulos inter-atómicos (Grados)					
	Forma Skew			Forma Cis		
	B3LYP aug-cc-PVQZ	BHandHLYP aug-cc-PVQZ	Kondo <i>et al.</i> (1968)	B3LYP aug-cc-PVQZ	HandHLYP aug-cc-PVQZ	Kondo <i>et al.</i> (1968)
A(H2,C1,H3)	116,7504	116,8665	No reportado	116,5016	116,6292	No reportado
A(H1,C1,C4)	121,5414	121,4960	No reportado	122,4086	122,3353	No reportado
A(H3,C1,C4)	121,7081	121,6374	No reportado	121,0898	121,0354	No reportado
A(C1,C4,H5)	118,8203	118,8372	No reportado	118,3449	118,3436	No reportado
A(C1,C4,C6)	125,4566	125,3485	125,4	126,9010	126,7532	126,7
A(H5,C4,C6)	115,7203	115,8116	117,1	114,7541	114,9032	115,1
A(C4,C6,H7)	109,5145	109,4719	No reportado	108,1142	108,1298	No reportado
A(C4,C6,H8)	108,9909	108,9773	No reportado	108,1138	108,1289	No reportado
A(C4,C6,C9)	112,8656	112,6586	112,1	116,1322	115,8524	114,8
A(H7,C6,H8)	106,6151	106,6946	105,7	104,7045	104,9531	105,2
A(H7,C6,C9)	109,9791	110,0429	No reportado	109,5771	109,6041	No reportado
A(H8,C6,C9)	108,6735	108,8101	No reportado	109,5771	109,6042	No reportado
A(C6,C9,H10)	111,1539	111,0910	110,3	111,4442	111,3896	110,4
A(C6,C9,H11)	110,9962	111,0227	110,3	110,5349	110,5089	110,4
A(C6,C9,H12)	110,9659	110,9378	110,3	111,4443	111,3898	110,4
A(H10,C9,H11)	107,7497	107,7745	No reportado	107,7258	107,7726	No reportado
A(H10,C9,H12)	107,6962	107,7181	No reportado	107,7988	107,8486	No reportado
A(H11,C9,H12)	108,1322	108,1533	No reportado	107,7256	107,7721	No reportado

Se observa que las moléculas de conformación skew (no planar) son aproximadamente isoenergéticas y poseen energías más bajas que la conformación cis. La diferencia energética calculada al nivel B3LYP y BHandHLYP entre dichos conformeros es de 0,53 kcal/mol y 0,44 kcal/mol, respectivamente.

Estos resultados están en buena concordancia con los resultados informados por Gallineta *et al.* (1997), donde reportan que la forma skew es más estable en 0,69 kcal/mol, 0,48 kcal/mol y 0,44 kcal/mol, en los niveles Hartree Fock (HF), Moller Pleset de segundo orden (MP2) y DFT, respectivamente.

También se halla en excelente acuerdo con los resultados reportados por Van Hemelrijk *et al.* (1980), donde utilizan una combinación de métodos como difracción de electrones, espectroscopía de micro-ondas y mecánica molecular, y reportan que la mejor energía estimada entre los rotámeros del 1-buteno es de 0,53 kcal/mol, que es aproximadamente igual a la energía que hemos calculado al nivel de teoría B3LYP.

La barrera torsional calculada entre las estructuras de conformación skew al nivel B3LYP y BHandHLYP fue de 1,73 kcal/mol y 1,83 kcal/mol respectivamente. Estas energías están en

Tabla 3. Energías de todas las conformaciones estructurales de equilibrio del 1-buteno al nivel B3LYP/aug-cc-PVQZ extrapoladas a CBS.

Energías al nivel B3LYP (Hartree)				
Rotámeros	Eaug-cc-PVDZ + ZPVE	Eaug-cc-PVTZ + ZPVE	Eaug-cc-PVQZ + ZPVE	Energía CBS Peterson <i>et al.</i>
Skew	-157,1301140	-157,1777290	-157,1889820	-157,1949373
Cis	-157,1294430	-157,1769130	-157,1881500	-157,1940996
Skew	-157,1301130	-157,1777280	-157,1889840	-157,1949414
TS1	-157,1274990	-157,1749970	-157,1862310	-157,1921776
TS2	-157,1265340	-157,1740600	-157,1853120	-157,1912698
TS3	-157,1265340	-157,1740600	-157,1853130	-157,1912714

buen acuerdo con los 1,69 kcal/mol reportado por Durig&Compton (1980).

Finalmente, la barrera torsional entre las formas skew y cis determinada por los métodos antes citados, fue de 2,30 kcal/mol y 2,39 kcal/mol.

CONCLUSIÓN

Se han caracterizado tres conformeros estables del 1-buteno, dos isómeros ópticos con conformación skew (sesgado) isoenergéticos y una conformación cis (plana). Tanto por el método B3LYP como BHandHLYP, las conformaciones skew son más estables que la conformación cis, lo cual, según la estadística de Maxwell-Boltzmann, lleva a poblaciones de aproximadamente 70% y 30% a temperatura ambiente.

Tabla 4. Energías de todas las conformaciones estructurales de equilibrio del 1-buteno al nivel BhandHLYP/aug-cc-PVQZ extrapoladas a CBS.

Energías al nivel BHandHLYP (Hartree)				
Rotámeros	Eaug-cc-PVDZ + ZPVE	Eaug-cc-PVTZ + ZPVE	Eaug-cc-PVQZ + ZPVE	Energía CBS Peterson <i>et al.</i>
Skew	-157,0157030	-157,0605090	-157,0708640	-157,0763095
Cis	-157,0151570	-157,0598230	-157,0701670	-157,0756100
Skew	-157,0157030	-157,0605100	-157,0708640	-157,0763088
TS1	-157,0129270	-157,0576230	-157,0679590	-157,0733955
TS2	-157,0119840	-157,0567020	-157,0670530	-157,0724989
TS3	-157,0119860	-157,0567050	-157,0670560	-157,0725019

REFERENCIAS

- Aksel, A., Bothner, B. & Naar, C.C. (1961). The Proton Magnetic Resonance Spectra of Olefins. I. Propene, Butene-1 and Hexene-1. *Journal of the American Chemical Society*, 83:231-236.
- Aston, J.G. (1946). Thermodynamic Properties of Gaseous 1,3-Butadiene and the Normal Butenes above 25°C. *The Journal of Chemical Physics*, 14(2): 67-79.
- Becke, A.D. (1997). Density-functional thermochemistry. V. Systematic optimization of exchange-correlation functionals. *The Journal of Chemical Physics*, 107:8554-8560.
- Barnes, A.J. & Howells, D.R. (1973). Infra-red Cryogenic Studies. *Journal of the Chemical*

- Society, Faraday Transactions 2*, 69: 532-539.
- Dunning, H.N. (1953). Review of Olefin Isomerization. *Industrial & Engineering Chemistry*, 45(3): 552-564.
- Dunning, T.H. (1971). Gaussian Basis Functions for Use in Molecular Calculations. III. Contraction of (10s6p) Atomic Basis Sets for the FirstRow Atoms. *The Journal of Chemical Physics*, 55:716-723.
- Durig, J.R. & Compton, D.A.C. (1980). Spectroscopic and Thermodynamic Study of the Conformational Properties and Torsional Potential Functions of 1-Butene. *The Journal of Physical Chemistry*, 84(7): 773-781.
- Fontana, C.M., Herold, R.J., Kinney, E.J. & Miller, R.C. (1952). High Molecular Weight Polymers form Propylene and 1-butene. *Industrial & Engineering Chemistry*, 44(12): 2955-2962.
- Frisch, M., Trucks, G., Schlegel, H., Scuseria, G., Rob, M., Cheeseman, J., Montgomery, J., Vreven, T., Kudin, K., Burant, J., Millam, J., Iyengar, S., Tomasi, J., Barone, V., Mennucci, B., Cossi, M., Scalmani, G., Rega, N., Petersson, G., Nakatsuji, H., Hada, M., Ehara, M., Toyota, K., Fukuda, R., Hasegawa, J., Ishida, M., Nakajima, T., Honda, Y., Kitao, O., Nakai, H., Klene, M., Li, X., Knox, J., Hratchian, H., Cross, J., Bakken, V., Adamo, C., Jaramillo, J., Gomperts, R., Stratmann, R., Yazyev, O., Austin, A., Cammi, R., Pomelli, C., Ochterski, J., Ayala, P., Morokuma, K., Voth, G., Salvador, P., Dannenberg, J., Zakrzewski, V., Dapprich, S., Daniels, A., Strain, M., Farkas, O., Malick, D., Rabuck, A., Raghavachari, K., Foresman, J., Ortiz, J., Cui, Q., Baboul, A., Clifford, S., Cioslowski, J., Stefanov, B., Liu, G., Liashenko, A., Piskorz, P., Komaromi, I., Martin, R., Fox, D., Keith, T., Al-Laham, M., Peng, C., Nanayakkara, A., Challacombe, M., Gill, P., Johnson, B., Chen, W., Wong, M., Gonzalez, C., & Pople, J. (2003). *Gaussian 03*. Wallingford: Gaussian, Inc.
- Gallineta, E. & Cadioli, B. (1997). Infrared and Raman spectra, ab initio force field and vibrational assignement of the rotational isomers of 1-butene. *Vibrational Spectroscopy*, 13:163-174
- Harrah, L. A. & Mayo, D.W. (1960). Rotational Isomerism Involving the 2-3 Carbon-Carbon Bond of the 1-Alkenes. *The Journal of Chemical Physics*. 33:298-293.
- Kilpatrick, J.E. & Pitzer, K.S. (1946). Heat Content, Free-energy Function, Entropy, and Heat Capacity of Ethylene, Propylene, and the Four Butenes to 1500 K. *Journal of Research of the National Bureau of Standards*, 37: 163-171.
- Kondo, S., Hirota, E. & Morino, Y. (1968). Microwave Spectrum and Rotational Isomerism in Butene-1. *Journal of Molecular Spectroscopy*. 28: 471-489.
- Kunitski, M., Knippenberg, S., Dreuw, A. & Brutschy, B. (2011). The conformational stability of gaseous 1-butene studied by femtosecond nonlinear spectroscopy and ab initio calculations. *Vibrational Spectroscopy*, 56: 13-18.
- Lee, C., Yang, W., & Parr, R.G. (1988). Development of the Colle-Salvetti correlation-energy formula into a functional of the electron density. *Physical review B*, 37(2): 785.
- Murcko, M.A., Castejon, H. & Wiberg, K.B. (1996). Carbon-Carbon Rotational Barriers in Butane, 1-Butene, and 1,3-Butadiene. *The Journal of Physical Chemistry*, 100: 16162-16168.
- Olds, R.H., Sage, B.H. & Lacey, W.N. (1946). Volumetric Behavior of 1-Butene. *Industrial & Engineering Chemistry*, 38(3):301-303.
- Peterson, K.A., Woon, D.E. & Dunning Jr., T.H. (1994) Calculations with correlated molecular wave functions. IV. The classical barrier height of the $H+H_2 \rightarrow H_2+H$ reaction. *The Journal of Chemical Physics*,

- 100: 7410-7415.
- Rodríguez-Linares, D., Freitas, G., Ballester, Nascimento, M.A.C. & Garrido, J. (2015). Coupled-Cluster Study of the Lower Energy Region of the Ground Electronic State of the HSO₂ Potential Energy Surface. *The Journal of Physical Chemistry A*, 119(32): 8734-8743.
- Sage, B. H. & Lacey, W. N. (1948). *Industrial & Engineering Chemistry*, 40(7): 1299-1301.
- Sancho, J.C. (2001). *La teoría del funcional densidad y las ecuaciones variacionales de Kohn-Sham: aportación de nuevos aspectos sobre sus posibilidades y limitaciones*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, Universidad de Alicante. Alicante. 335 pp.
- Sheppard, N. (1949). The Assignment of the Vibrational Spectra of the C4 Hydrocarbons Butyne-1, Butene-1, and Vinyl Acetylene, to the Normal Modes of Vibration of These Molecules. *The Journal of Chemical Physics*, 17(1): 74-78.
- Van Hemelrijk, D., Van den Enden, L., Geise, H.J., Sellers, H.L. & Schafer, L. (1980). Structure Determination of 1-Butene by Gas Electron Diffraction, Microwave Spectroscopy, Molecular Mechanics, and Molecular Orbital Constrained Electron Diffraction. *Journal of the American Chemical Society*, 102(7): 2189-2195.
- Vasilyev, V. (2017). Online complete basis set limit extrapolation calculator. En *Elsevier, Computational and Theoretical Chemistry*, 1115: 1-3.
- Woller, P.B. & Garbisch, E.W. (1972). The Conformational Analysis of 1-Butene. *The Journal of Organic Chemistry*, 37(26): 4281-4285.
- Wu, F., Chen, X., Shan, X., Tian, S. X., Li, Z., & Xu, K. (2008). Conformational stability of 1-butene: an electron momentum spectroscopy investigation. *The Journal of Physical Chemistry*, 112: 4360-4366.

Determinación de los niveles de salinidad del Acuífero Patiño

Determination of the salinity levels of the Patiño Aquifer

Moisés Alejandro Gadea Villalba*

*Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales – Universidad Nacional de Asunción. Email: moi7moses@yahoo.com.

Resumen: Como resultado de un muestreo sistemático, procurando cubrir extensiva y equitativamente el área de exposición del Grupo Asunción en su margen oriental, se ha verificado la existencia de aguas dulces pertenecientes al Acuífero Patiño asertivamente potables para consumo humano como predominio. Así mismo, se han reconocido pozos con aguas subterráneas saladas, con características fisico-químicas propios de acuíferos chaqueños en la Región Oriental, en el banco San Miguel de Asunción y en el sector NW ribereño de la ciudad de Limpio. Determinando valores de conductividades eléctricas y de pH intermedios que caracterizan ambos acuíferos en una estrecha faja con dirección ENE-WSW, se considera como geografía de interdigitación subterránea entre ambos acuíferos y consecuente salinización de las aguas del Acuífero Patiño.

Palabras Clave: *Acuífero Patiño, Salinidad, conductividad eléctrica, sólidos disueltos, pH.*

Summary: As a result of systematic sampling, trying to cover extensively and equally the exposure area of Asunción Group at its eastern margin, it has been verified the presence of fresh water which belongs to Patiño Aquifer potable for human consume as predominant. Likewise, it has been recognized wells with subterranean brackish water, with physicochemical characteristics of chaqueños aquifers in Region Oriental, on San Miguel bank in Asunción and on the NW riverside sector in the city of Limpio. Determining middle values of electric conductivities and pH which characterizes both aquifers on a thin belt with direction ENE-WSW, it is considered as geography of interdigitation between both aquifers and consequent salinization of Patiño Aquifer.

Key words: *Patiño aquifer, salinity, electric conductivity, dissolved solids, pH.*

INTRODUCCIÓN

La República del Paraguay se localiza entre los paralelos 19°S ; 28°S, y los meridianos 54°W ; 63°W, limitado en el Este y Noreste por Brasil; al Sur y Suroeste por Argentina; al Norte y Noroeste por Bolivia (Mapa Físico del Paraguay, 2012). Cubre una superficie de 407.000 Km² y geográficamente dividido en dos regiones por el río Paraguay, cuyas características climáticas, topográficas, geológicas, geomorfológicas y ecoambientales presentan diferencias notables. Dichas regiones se las conocen como: Occidental (Chaco) y Oriental, cuyas superficies representan aproximadamente el 60 y 40% (Eckel *et al.*, 1959).

Poblacionalmente del valor cercano a 7.000.000 de habitantes, en la Región Oriental se concentra casi en un 95%. El Chaco Paraguayo, debido a sus condiciones climáticas (altas temperaturas), accesos y escasez de agua potable, hacen que difícilmente resulte atractivo el establecimiento de

nuevos polos de desarrollo y se encuentre en su mayor parte inhabitado.

El país en conjunto, se destaca por ser en su mayor porción limitado naturalmente por cursos hídricos importantes, como ser los ríos Paraná, Paraguay, Pilcomayo y Apa, cabría asignarle el apelativo de mesopotámico. Superficialmente surcado por numerosos ríos, arroyos y afluentes de menor caudal; así mismo con presencia de lagos, lagunas y extensos humedales, que, sumados los acuíferos de los cuales el usufructo es mayormente activo. Cabe destacar que el Paraguay es favorecido por su potencial hídrico.

Paraguay, siendo un país mediterráneo se encuentra situado en el centro de subcontinente Sudamericano entre las coordenadas geográficas decimales de latitudes -19° y -27.5°; y longitudes de -54.5 ° y -63°. Se encuentra rodeado por Bolivia al Norte y Noroeste; por Brasil al Noreste y Este; por Argentina al Sur y Suroeste (Figura 1).

Recibido: 26/07/2019 Aceptado: 28/08/2019



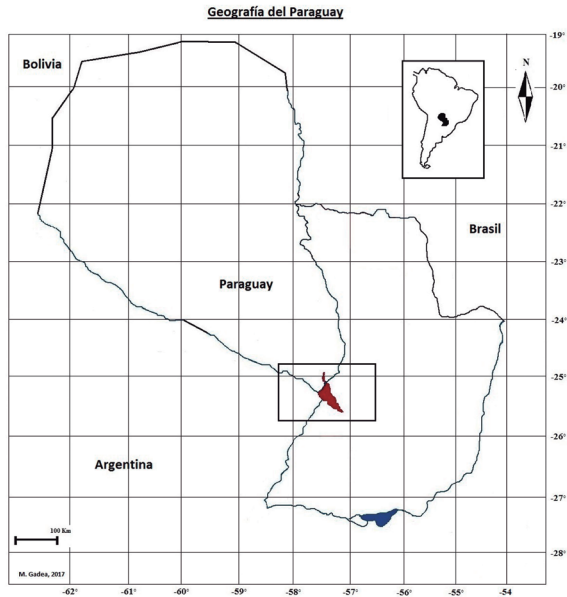


Figura 1. Ubicación del acuífero Patiño en Paraguay.

El Acuífero Patiño, cuya exposición total aproximada alcanza un valor cercano a los 1196 Km², se encuentra comprendido por dos zonas bien definidas correspondientes al Grupo Asunción que son seccionadas por el río Paraguay (Gómez Duarte, 1991).

El Grupo Asunción Oriental, cuya área de extensión mide aproximadamente 1.109 Km² (~93%), y el Grupo Asunción Occidental, de menor exposición, cercano a 87 Km² (~7%), desapareciendo bajo los sedimentos cuaternarios chaqueños en todas direcciones a excepción del Sur (Figura 2).

En la Región Occidental el Grupo Asunción ocupa una pequeña faja de forma espigada en el Sur del Departamento de Presidente Hayes desde el río Paraguay en la zona de Remansito y Villa Hayes hasta la localidad de Benjamín Aceval.

El Grupo Asunción Oriental presenta una morfología bastante similar a la de un triángulo rectángulo (Figura 3), cuyo segmento de mayor extensión une las localidades de Limpio en el departamento Central y la ciudad de Paraguarí, capital del homónimo departamento. En dicha línea imaginaria se encuentran los municipios de Luque, Areguá, Itauguá y parte de algún distrito de

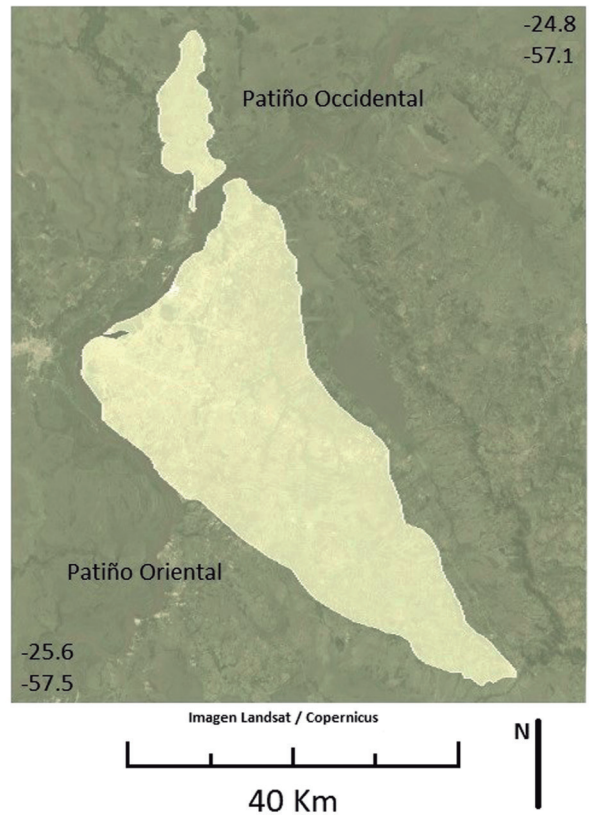


Figura 2. Extensión del acuífero Patiño.

Ypacaraí, pertenecientes al departamento Central; y cierto distrito occidental de Pirayú, que corresponde al departamento de Paraguarí.

El segmento occidental de dicho triángulo, une la ciudad de Paraguarí con el barrio Tacumbú de la ciudad de Asunción, atravesando previamente las localidades de Yaguarón, Itá, Guarambaré, Ypané, Villeta, Ñemby, San Antonio, Villa Elisa y Lambaré; todos ellos del departamento Central a excepción de Yaguarón, cuyo municipio corresponde al departamento de Paraguarí (Figura 4).

Los vértices que constituyen el segmento de la divisoria norte del triángulo se sitúa en el barrio Tacumbú de Asunción y la ciudad de Limpio. Sobre dicho segmento se encuentran numerosos barrios asuncenos, como ser Tablada Nueva, Trinidad, Puerto Botánico, Viñas Cué, Zeballos Cué y Loma Pytá, hasta los asomos del municipio de Mariano Roque Alonso y finalmente Limpio.

Como es verificable en el mapa, una totalidad

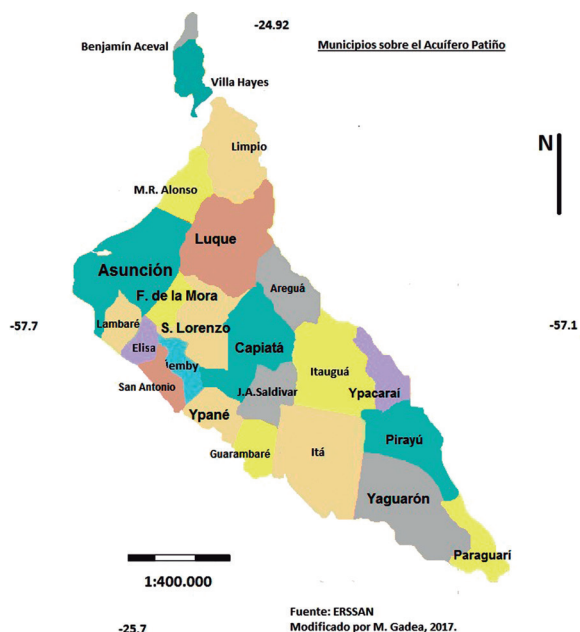


Figura 3. Distribución del acuífero Patiño respecto a municipios (Fuente: Modificado ERSSAN 2000).

de 23 municipios son coincidentes, algunos de ellos totalmente y otros de modo parcial, con las exposiciones del Grupo Asunción - el contenedor - del Acuífero Patiño. Dichos municipios pertenecen a tres departamentos, dos de los cuales se encuentran en la Región Oriental y uno de ellos en la Región Occidental.

En la Región Oriental coincide la unidad geológica con la porción Norte del departamento Central y en el sector Noroeste del departamento de Paraguari. Patiño Occidental se encuentra al Sur del departamento de Presidente Hayes.

Geología del Acuífero Patiño

Las aguas del Acuífero Patiño, están contenidas en rocas sedimentarias de edad Cretácica, formadas durante el relleno del graben de Asunción y expuestas por eventos tectónicos posteriores.

La fosa fue rellenada con materiales de variada textura; el rápido hundimiento de la estructura, sumado al reducido espacio existente para la deposición de los sedimentos y a la distancia corta de transporte, factores condicionados por una paleomorfología abrupta, dieron como

resultado la conformación de fanglomerados, ubicados principalmente en la margen oriental de la estructura, con un gran contenido de bloques y fragmentos de rocas ígneas alteradas de edad mesozoica, suprayaciendo a estos, areniscas poco consolidadas, friables, con escasa matriz, o en su defecto, matriz arcillosa, en ciertos lugares, por efecto de intrusiones ígneas locales, se observa alta silicificación, quedando las unidades geológicas, expuestas como cerros testigos, como el caso de los cerros, Ñanduá, Yaguarón y otros (MOPC-BGR, a1998).

Los primeros en caracterizar estos sedimentos, Harrington (1950), Eckel *et al.* (1959) y otros, por su parecido, lo relacionaron con la Formación Misiones (continente del acuífero Guaraní), siendo Spinzi (1983), quien denomina conglomerado Patiño a la secuencia fanglomerádica aflorante en las cercanías del cerro Patiño (MOPC-BGR, 1998). Sin embargo, el Proyecto PAR 83/005 (1986), denominó Formación Patiño a la totalidad del relleno de la fosa del área de Asunción, Gómez (1991), y separa a las unidades geológicas del relleno en tres Formaciones: Patiño, Cerro Perú e Ita Pytã Punta, conformando el Grupo Asunción.

Según DeGraff. y Orué, (1984), el rift de Asunción evoluciona durante el Ciclo Tectónico Sudatlántico (Cretácico Superior 100 a 60 m.a.),

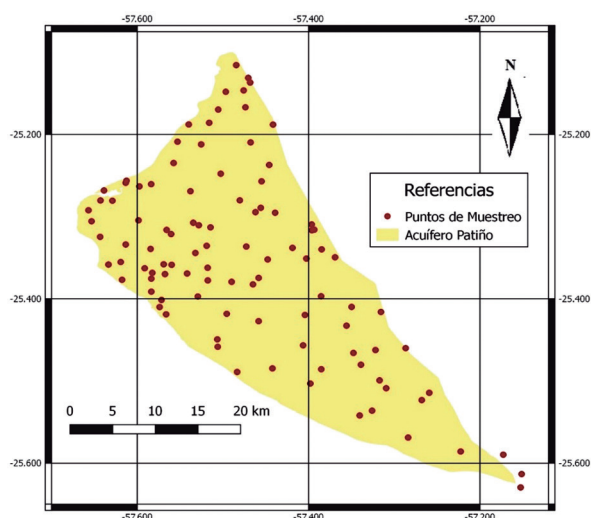


Figura 4. Lugares de muestreo.

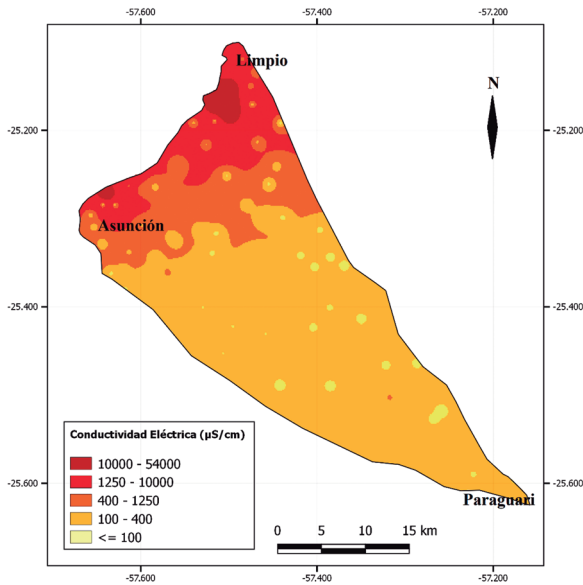


Figura 5. Mapa de conductividad eléctrica en el Acuífero Patiño.

y vuelve a reactivarse durante el Ciclo Tectónico Andino (Terciario Temprano 65 a 23 m.a.) (Figura 5), donde adquiere su morfología actual. Entre los ciclos mencionados se produce el relleno de la fosa tectónica con sedimentos de los bordes de la misma (MOPC-BGR, 1998).

Wiens *et al.* (1993) identifican tres ciclos de deposición gradacional para la fosa tectónica originada durante la apertura del rift de Asunción (Jurásico tardío – Eoceno) el ciclo inferior, caracterizado por conglomerados y fanglomerados de sedimentación caótica, el ciclo medio de sedimentación con aporte de material magmático alcalino de edad cretácico, y por último, un ciclo superior, constituido por areniscas heterogéneas, denominaron al conjunto como Formación Palacios.

De acuerdo al mismo autor, el ambiente de deposición de estos sedimentos corresponde, en los bordes abruptos, a abanicos aluviales. A medida que se alejan del mismo, ríos torrentosos y luego amplios ríos entrelazados al alcanzar la planicie; el depósito de sedimentos, al ir perdiendo energía, es grano decreciente desde fanglomerados de bloques, conglomerados hasta areniscas puras.

Calidad del Agua

Con respecto a las características hidroquímicas de las aguas del acuífero, el proyecto PAR 83/005 (1986) señala que las mismas son, por lo general, de buena calidad, excepto las áreas de las ciudades de Limpio, Mariano Roque Alonso y alrededores de Asunción, en estas el tipo de agua presente corresponde a la categoría Sulfato Clorurada Sódica, lo cual indica la presencia de aguas bastantes mineralizadas.

Por su parte SENASA-TNO (2001), basado en el análisis de más de 100 muestras de agua, señala que, las mismas tienen grado bajo de mineralización, con excepción de las aguas presentes en una faja de 2 a 8 km a lo largo del río Paraguay, donde en profundidad se ha comprobado o se asume la presencia de agua salobre o salada.

Las principales características físicas de las aguas del acuífero Patiño son: temperatura, en promedio de 25°C, el pH indica condiciones ligeramente ácidas. Con respecto a la conductividad eléctrica, esta es muy variada pero, en la mayoría de los casos - 75 % de las muestras - son muy bajas, indicando contenido de sólidos disueltos mínimos. Sin embargo, algunas muestras registraron valores altos de conductividad eléctrica, especialmente aquellas tomadas en los puntos cercanos al río Paraguay, con respecto a la turbidez esta, por lo general, es muy baja aunque se han registrado algunas con valores altos de turbidez (SENASA – TNO, 2001).

Existe gran variedad de tipos de agua, predominando el tipo Bicarbonatadas en las aguas con bajo contenido de sólidos disueltos, mientras que, el tipo Cloruradas Sódicas, lo hacen en las muy mineralizadas. El nitrógeno se presenta en forma de nitratos y amoníaco, de todas las muestras analizadas, solo tres contenían nitratos en cantidades que podían indicar contaminación ligera (SENASA – TNO, 2001).

MATERIALES Y MÉTODOS

Determinación del tipo de agua por su total de sólidos disueltos

Durante el muestreo fueron colectadas aguas preferentemente subterráneas, excluyendo los cursos

hídricos o acumulaciones superficiales en forma de lagunas o esteros. Las aguas medidas necesariamente han de ser crudas, evitando la alteración de la misma por tratamientos para consumo humano, como ser la cloración.

El Acuífero Patiño Occidental o, como Gómez (1991) lo denomina, Bloque Benjamín Aceval, no fue incluido como área de muestreo.

Las lecturas con el *GPS* y conductímetro realizados en cada sitio consistían en determinar los campos, en donde se incluyen los codificados geográficos y los datos relevantes para su posterior interpretación.

Se intentó muestrear en una malla la mayor equidistancia posible entre los puntos (Figura 4), *a priori* teniendo como referencia trabajos precedentes, especialmente el Proyecto FESH 2001 (TNO 2001).

En la Tabla 1 se especifican los valores críticos que clasifican los tipos de aguas en el aspecto de su salinidad. Conforme la concentración del TSD en el agua, se conocerá su carácter dulce o salino.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se describen los valores en detalle del pozo, localidad, y lecturas efectuadas durante el muestreo. El presente trabajo sus conclusiones se sostienen en base a estos valores obtenidos.

En la Tabla 2 se representa la agrupación de todos los valores de georreferenciamiento y datos finales obtenidos por medio del instrumental. A partir del análisis de dicha tabla se efectúan las evaluaciones. Complementariamente se grafican los lugares de muestreo en la Figura 4.

El 96% de las aguas de los pozos presentan valores o iguales a 1000 ppm de Totales de Sólidos Disueltos, por lo cual se determina el predominio de aguas dulces en la zona de estudio, en consideración a los criterios de clasificación de Davis y De Wiest (1967).

El 4% de las aguas de los pozos restantes fueron hallados con características salobres o de muy alta salinidad, de propiedades organolépticas bien sensibles en cuanto al sabor y olor; todos ellos en aproximación o en la ribera del río Paraguay.

De acuerdo a las características físico-químicas

Tabla 1. Tipo de agua subterránea en base al total de sólidos disueltos (Fuente: Davis y De Wiest, 1967).

Tipo de Agua	TDS en mg/l (ppm)
Dulce	≤1.000
Salobre	1.000 - 10.000
Salada	10.000 - 100.000
Salmuera	≥100.000

observadas en el muestreo, se ha constatado un sesgo de comportamiento bien delineado en las aguas de los pozos en casi toda el área del Grupo Asunción. Se trata de las consabidas aguas dulces del Acuífero Patiño, que se destacan por su potabilidad siendo de consumo masivo y consuetudinario.

Por otro lado, durante el recorrido se han localizado pozos con aguas de características completamente diferentes en cuanto sus parámetros medidos. Se trata de los pozos 79 y 94, localizados en el Bañado Norte* (Banco San Miguel) y Surubí y Limpio respectivamente.

El pozo piezométrico de monitoreo 38 de la SEAM presenta salobridad, y fue el único lugar donde no fue posible el muestreo. Para el mismo se adjuntaron datos de conductividad eléctrica y pH del informe técnico de la SEAM correspondiente al año 2016, y fueron incluidos en la tabla, tabulado como el pozo número 70, y que se localiza en Villa Jardín – Limpio.

Así mismo, se han encontrado aguas con características sucedáneas a las del Acuífero Patiño, que bordean los rangos de potabilidad para el consumo humano (en algunos casos impracticables) según el Protocolo de la ERSSAN, siendo en promedio ligeramente salobres. Son los pozos 20, 54, 56, 57, 80 y 85, también en los arrimos al río Paraguay.

Por medio de los datos obtenidos, hace suponer de que se tratan de aguas subterráneas completamente diferentes, de distintos acuíferos, por lo cual se han agrupado de acuerdo a sus características en conformidad a los valores de concentración de los Totales Sólidos Disueltos; siendo este parámetro el firmante del tipo de agua en cuanto a su ionización, y se describe del siguiente modo: Dentro del primer grupo, se asocia a aquellos pozos con

Tabla 2 (inicio). Detalles del muestreo.

P#	Localidad	Municipio	Latitud	Longitud	pH	C.E ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	TSD (ppm)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Pf. (m)
1	Parque Ñú Guazú	Luque	-25.269092°	-57.537900°	6,3	277	182	24.7	111,0
2	Sr. Montanía	M. R. Alonso	-25.187864°	-57.539905°	5,0	326	215	25.6	15,0
3	Ing. Roa	V. Elisa	-25.357970°	-57.569162°	5,9	471	311	23.4	S/D
4	JS Mbocayaty	Ñemby	-25.369941°	-57.567677°	5,5	148	98	24.6	192,0
5	Paí Ñú 1	Ñemby	-25.358637°	-57.559862°	5,8	165	109	25.5	201,0
6	ESSAP	Paraguarí	-25.613245°	-57.151330°	5,9	131	86	28.2	70,0
7	ESSAP 2	Paraguarí	-25.589670°	-57.172749°	5,4	76	50	24.5	S/D
8	JS Peguahó	Paraguarí	-25.585810°	-57.222472°	6,2	95	63	23.9	S/D
9	Sr. R. Cogliolo	S. Antonio	-25.409975°	-57.573870°	5,3	120	79	25.7	S/D
10	Flia. Arévalos	S. Antonio	-25.401378°	-57.571672°	5,3	232	153	24.1	S/D
11	Colegio San Blas	S. Antonio	-25.418845°	-57.566295°	5,8	159	105	25.4	S/D
12	JS Pirayú	Pirayú	-25.514357°	-57.259149°	6,1	59	39	24.7	S/D
13	JS Ypacaraí	Ypacaraí	-25.416012°	-57.315539°	6,2	259	171	25.1	195
14	JS Itauguá	Itauguá	-25.409857°	-57.349796°	6,2	50	33	24.8	148
15	Lav. Punto Brillo	F. de la Mora	-25.321222°	-57.560505°	5,3	283	170	24.6	S/D
16	Record Electric	Asunción	-25.316163°	-57.565668°	5,0	190	125	23.4	S/D
17	Dr. Félix Villar	S. Lorenzo	-25.362250°	-57.517847°	5,0	217	143	23.1	111
18	Sr. Rufino Gullón	S. Lorenzo	-25.377584°	-57.517674°	6,0	156	103	23.0	110
19	Tablada Nueva	Asunción	-25.263192°	-57.597508°	7,6	412	272	26.0	S/D
20	Trayecto a Mbiguá	Asunción	-25.258855°	-57.613465°	8,1	923	601	24.9	S/D
21	Copetrol - Colón	Asunción	-25.280330°	-57.642942°	8,4	252	166	25.2	S/D
22	Com. de Ingeniería	Asunción	-25.305606°	-57.653347°	6,0	124	82	25.0	120
23	FaCEN - UNA	S. Lorenzo	-25.335516°	-57.518995°	5,4	41	27	23.0	S/D
24	JS 3 de Mayo	Luque	-25.294553°	-57.462002°	6,1	106	70	23.5	S/D
25	Aguatería Cencerro	Luque	-25.289263°	-57.455793°	5,3	332	219	24.0	S/D
26	SENASA - Pozo 3	Areguá	-25.315875°	-57.393360°	7,0	165	109	25.1	S/D
27	SENASA - Pozo 5	Areguá	-25.309527°	-57.396370°	5,7	44	29	24.7	S/D
28	SENASA - Pozo 6	Areguá	-25.316581°	-57.396125°	6,5	105	69	24.8	S/D
29	JS Valle Pucú	Areguá	-25.295274°	-57.439068°	5,8	61	40	25.2	142
30	Club River Plate	Asunción	-25.304502°	-57.598525°	5,8	370	244	24.0	S/D
31	Prof. González	Lambaré	-25.355257°	-57.619277°	5,4	253	167	24.0	S/D

Tabla 2 (continuación). Detalles del muestreo.

P#	Localidad	Municipio	Latitud	Longitud	pH	C.E ($\mu\text{S/cm}$)	TSD (ppm)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Pf. (m)
32	Aguat. S.Miguel	Lambaré	-25.358303°	-57.633594°	5,2	72	48	25.2	90
33	Paí Nñu P4	Ñemby	-25.369198°	-57.541831°	6,9	141	93	14.1	190
34	JS - Capiatá	Capiatá	-25.352095°	-57.447740°	6,4	131	86	25.1	152
35	JS CONAVI P. 3	Itauguá	-25.396918°	-57.385401°	6,4	82	54	24.1	S/D
36	JS Las Piedras	Itá	-25.456634°	-57.406370°	5,4	117	77	24.6	136
37	Aveiro	Itá	-25.485697°	-57.385186°	6,1	55	36	24.9	S/D
38	JS - Itauguá Guazú	Itauguá	-25.432735°	-57.355760°	6,4	142	94	24.5	130
39	JS Curupicaity	Itá	-25.503100°	-57.397988°	6,2	108	71	24.7	S/D
40	Sr. Cecilio Picagua	Guarambaré	-25.484660°	-57.442201°	5,2	45	30	23.4	S/D
41	Flia. García	Yaguarón	-25.568836°	-57.283800°	5,7	265	175	24.3	80
42	JS Ypané P3	Ypané	-25.449342°	-57.506532°	6,6	97	64	25.7	152
43	Aguatería S. María	Itá	-25.536103°	-57.325895°	6,4	138	91	25.1	110
44	Huertal - Arrua í	Itá	-25.541967°	-57.340384°	6,6	356	235	25.0	S/D
45	Sr. Benítez	Guarambaré	-25.489018°	-57.483407°	6,0	300	198	25.0	S/D
46	JS Ypané P1	Ypané	-25.458383°	-57.506053°	6,7	116	77	27.0	122
47	JS Ybyraró P1	J. A. Saldívar	-25.427200°	-57.458342°	5,1	96	63	23.9	152
48	Escuela Amistad	Luque	-25.280146°	-57.480282°	5,4	167	110	22.0	154
49	JS Marín Caaguy	Luque	-25.237105°	-57.445987°	6,7	214	141	24.3	116
50	Ag. Emmanuel	Limpio	-25.209675°	-57.467656°	5,8	353	233	24.5	S/D
51	JS Cañada Garay	Luque	-25.257027°	-57.454868°	5,2	78	51	24.4	S/D
52	Ag. Manantial	Limpio	-25.188037°	-57.441491°	5,5	68	45	24.0	S/D
53	JS Limpio P1	Limpio	-25.166950°	-57.473705°	5,8	252	166	21.7	150
54	JS Rincón	Limpio	-25.136814°	-57.468192°	5,9	1223	734	24.3	S/D
55	JS Piquete C. – P. 2	Limpio	-25.131199°	-57.470422°	6,3	451	298	23.0	S/D
56	Pozo Caballero	Limpio	-25.115639°	-57.484458°	5,5	1163	768	23	3
57	TGL Paraguay	M. R. Alonso	-25.208821°	-57.553020°	6,7	1276	842	19	S/D
58	JS Rincón	Ñemby	-25.397166°	-57.529290°	5,8	94	62	23,3	128
59	Aguatería Cencerro	Capiatá	-25.382420°	-57.464940°	5,5	178	118	23	S/D
60	5ta Compañía	Capiatá	-25.374566°	-57.458319°	5,3	225	149	22,2	S/D
61	Ag. S. Domingo	San Lorenzo	-25.313028°	-57.514488°	6,0	51	34	21,4	S/D
62	Agrog. S.Gabriela	F. De La Mora	-25.310478°	-57.528197°	5,6	197	130	19,1	S/D

Tabla 2 (continuación). Detalles del muestreo.

P#	Localidad	Municipio	Latitud	Longitud	pH	C.E ($\mu\text{S/cm}$)	TSD (ppm)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Pf. (m)
63	Sr. Fernández	Paraguarí	-25.629520°	-57.152483°	5,7	111	73	23,5	S/D
64	Res. Universitaria	San Lorenzo	-25.344228°	-57.532150°	5,9	227	150	20	100
65	Caraguatayty	Itá	-25.465899°	-57.347677°	6,0	109	72	20	S/D
66	Flia. Cabrera	Itá	-25.480210°	-57.338900°	7,0	158	104	20	S/D
68	Aguatería BR	Pirayú	-25.460060°	-57.286710°	5,6	70	46	23,3	72
69	Flia. Báez	Yaguarón	-25.508800°	-57.309430°	6,3	108	71	23,6	42
70	Villa Jardín	Limpio	-25.148100°	-57.496660°	6,9	14.820	9.781	S/D	30
71	Flia. Lezcano	Yaguarón	-25.499240°	-57.317100°	6,4	420	277	14,8	50
72	Flia. Bogarín	Yaguarón	-25.523240°	-57.267910°	6,3	77	51	24	100
73	JS Aldama Cañada	J.A. Saldivar	-25.419650°	-57.404260°	6,6	66	44	24	130
74	Flia. Carrillo	V. Elisa	-25.375448°	-57.583575°	7,4	128	85	21	S/D
75	JS Estanzuela	Itauguá	-25.349500°	-57.369150°	5,8	42	28	24	91
76	Huerta Sr. Ferreira	Areguá	-25.339850°	-57.384770°	5,8	51	34	24,1	S/D
77	Campamento Oasis	Areguá	-25.351020°	-57.402580°	5,7	48	32	24	S/D
78	Granja Mi Retiro	Areguá	-25.338000°	-57.418800°	6,1	47	31	21,7	S/D
79	Club Mbiguá	Asunción	-25.268170°	-57.638780°	7,9	28.600	18.876	24,4	100
80	C.E. Caacupé mí	Asunción	-25.256310°	-57.612540°	8,3	3.245	2.142	18,4	80
81	Iglesia MDV	Fdo. D L Mora	-25.307430°	-57.534608°	7,3	262	173	23,2	30
82	Flia. Ruíz Díaz	Limpio	-25.185803°	-57.515996°	5,7	229	151	25,2	85
83	Esc. Loma Merlo	Luque	-25.247770°	-57.502550°	6	88	58	23,2	S/D
84	Aguatería AIA	M.R. Alonso	-25.212060°	-57.525380°	5,2	395	261	25,1	200
85	Aguatería Paniagua	Limpio	-25.146400°	-57.475810°	6,2	516	341	26,9	S/D
86	Lactolanda	Fdo. D L Mora	-25.339308°	-57.584421°	5,9	193	127	22,6	100
87	Farmaco S.A.	Lambaré	-25.376862°	-57.617743°	5,5	55	36	24,3	S/D
88	Agua BES P1	V. Elisa	-25.368365°	-57.582471°	5,9	115	76	24,6	140
89	Balneario Dubai	V. Elisa	-25.362860°	-57.591307°	5,1	139	92	24,9	80
90	A. Comisión O & S	V. Elisa	-25.391266°	-57.583563°	5,8	111	73	25,5	120
91	Ag. Ysyry Sati	Capiatá	-25.336450°	-57.472740°	7,4	163	108	26,4	100
92	Ag. Barrio Tarumá	Ypané	-25.418260°	-57.495540°	6,1	95	63	26,3	60
93	C. S. Trinidense	Asunción	-25.260502°	-57.583746°	7,2	145	96	25,9	100
94	Flia. Belabedoba	Limpio	-25.169720°	-57.505480°	6,7	53.600	35.376	24,5	90

Tabla 2 (final). Detalles del muestreo.

P#	Localidad	Municipio	Latitud	Longitud	pH	C.E ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	TSD (ppm)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Pf. (m)
95	C. G. Caballero ZC	Asunción	-25.234780°	-57.557514°	7,2	405	267	25.4	60
96	Bo. R. Brugada	Asunción	-25.280610°	-57.629010°	6,3	233	154	22.8	0
97	Flia. Aquino R.	San Lorenzo	-25.379340°	-57.489790°	5,9	155	102	12.7	100
98	Superm. Pueblo	Lambaré	-25.333890°	-57.613460°	6,5	363	240	14.6	S/D
99	Flia. Aquino	Asunción	-25.324600°	-57.643350°	6,4	103	68	24	26
100	Est. Def. del Chaco	Asunción	-25.292241°	-57.656918°	7,6	206	136	14.2	80

aguas de ≤ 1.000 ppm de Total de Sólidos Disueltos (aguas dulces); el segundo grupo a aquellos pozos cuyas aguas se encuentren entre el rango de Total de Sólidos Disueltos de ≥ 1000 ppm y 10.000 ppm (aguas salobres); y finalmente los pozos cuyas aguas superen o igualen al valor crítico de los 10.000 ppm (aguas saladas). De cada conjunto establecido se realizaron observaciones puntuales de acuerdo a los resultados.

Los grupos se establecen en función a la concentración de TSD (Tabla 1), entonces en el primer grupo se clasificarán aquellos que contengan valores a inferiores o iguales a 1.000 partes por millón. Son los pozos que contienen agua dulce.

El Acuífero Patiño para TSD ≤ 1.000 ppm – Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

El pozo con aguas de mayor conductividad eléctrica para los agrupados con aguas dulces ocurre en Mariano Roque Alonso (Tabla 3), en las cercanías del río Paraguay. Se lo interpreta como perteneciente al Acuífero Patiño fuertemente influenciado por los acuíferos chaqueños.

Los mejores valores de medición para consumo humano fueron observados en el pozo artesiano de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, con muy baja conductividad eléctrica, y precisamente aparece con el del valor mínimo en todo el conjunto de datos en lo concerniente a éste parámetro.

El valor promedio de conductividad eléctrica denota agua dulce, aunque con valores algo llamativos. Se supone a estos valores como contaminación

del acuífero por efluentes ionizados; presencia de nitratos, mineralización del agua por desplazamientos en fisuras de cuerpos ígneos y consecuente hidrólisis de silicatos y/o leves intrusiones salinas. El último argumento sería muy válido tener en cuenta en las zonas de interdigitación de los Acuíferos Patiño con los contiguos Chaqueños. Sin dudas, merece especial estudio en detalle de acuerdo a la zona.

El 94% de los pozos indican un sesgo de valores inferiores a los 300 microSiemens por centímetro. Los demás restantes muestreos con resultados diferentes tuvieron su ocurrencia en las cercanías del río Paraguay y se los atribuye con tendencia a lo salobre, por influencia de acuíferos salados, considerando ensayos químicos reportados en otros trabajos.

Para el abastecimiento masivo de agua potable existen normas de calidad para sus diferentes propiedades. Esto es variable de acuerdo a los países y organizaciones sanitarias mundiales, siendo constantemente actualizados sin diferir mucho entre sí.

En Paraguay, el ente estatal ERSSAN establece los valores admisibles óptimos para aprovisionamiento de agua a la población considerando el parámetro de conductividad eléctrica el valor crítico de 1.250 microSiemens/cm. Sólo el agua de un pozo no cumple con el requisito, y efectivamente en el lugar no se utiliza el agua sino para actividades de limpieza.

El 10% de las aguas de los pozos superan los límites recomendados. Todos aquellos lugares que superan o igualan el valor de 400 microSiemens/

Tabla 3. Pozos con aguas salobres. *) Pozo de muestreo #38 de la SEAM. (Datos recabados del Informe Técnico de la Institución en el año 2016).

P#	Loc.	Munic.	Lat.	Lon.	pH	C.E (μ S/cm)	TSD (ppm)	T (°C)	Prof. (m)
70*	Villa Jardín	Limpio	-25.148°	-57.496°	6.9	14.820	9.781	S/D	30
80	C.E. Caacupé mí	Asunción	-25.256°	-57.612°	8.3	3.245	2.142	18.4	80

centímetro tienden a ser salobres, y se encuentran cercanos al río Paraguay. En determinados lugares se ha constatado el consumo normal de aguas que orillan los valores admisibles.

Se ha establecido esta agrupación de datos en atención al carácter dulce del agua, por lo cual los valores de Total de Sólidos Disueltos no superarán los 1000 ppm de concentración (Tabla 1).

Para conocer los valores aproximados de Total de Sólidos Disueltos de las aguas subterráneas, primeramente se obtiene el valor de Conductividad Eléctrica. Posterior a ello, el módulo de la C.E se multiplica por el factor 0.66. Este factor representa el cociente entre las medidas de CE en relación a su TSD, el cual usualmente oscila entre los módulos de 0.55 y 0.77. El valor 0.66 es el número intermedio entre los extremos del rango aludido.

De los 96 pozos observados y promediados se verifica el valor de 140 ppm de TDS, lo cual sugiere buena calidad de agua. Cabe convenir que el valor debería ser inferior, entonces se presume ligera contaminación o mineralizaciones de fondo en su concentración de TSD. Barthel (1995) estima al Acuífero Patiño como el que presenta mayor contaminación.

Resulta razonable suponer influencia salina en el norte del Grupo Asunción de estas aguas subterráneas, sin embargo la cantidad de muestreos alejados de los contactos de acuíferos salinizadores indican otros elementos responsables de estos valores llamativos. Estos argumentos expuestos necesitan ser confirmados o desestimados por medio de pesquisas futuras.

Los valores inferiores a 300 ppm son los predominantes, los demás, que notablemente son minoría sugieren otras características hidroquímicas o influencias extra-acuífero.

Es destacable que los valores-tendencia se encuentran alejados de los valores críticos de potabilidad para consumo humano, por lo cual nos referimos a aguas en buenas condiciones.

Mediante los datos obtenidos en este muestreo se ha observado que las aguas del Acuífero Patiño son ligeramente ácidas. El rango no es amplio, y constata un aumento de álcalis en las zonas ribereñas del río Paraguay, en consonancia con el aumento de salinidad en las aguas. La composición litológica por donde circula el acuífero controla los valores del pH, así como los aportes de aguas meteóricas.

Considerando el protocolo de la ERSSAN, el 80% de los pozos, si bien no alcanzan los requerimientos óptimos para consumo humano -según la Dirección del Laboratorio de Aguas de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (2017), son aceptables en un rango de 5 a 9 -. Cabe señalar aquí, que en ninguno de los pozos muestreados se ha observado un valor extralimitado de carácter alcalino.

Segundo grupo – Pozos (1) con valores de TSD ≥ 1000 y ≤ 10.000 ppm (Salobres).

En la Tabla 3 se especifican los pozos cuyas aguas ostentan medidas que le confieren el carácter salobre. Así mismo es observable un aumento de alcalinidad en cuanto a pH. No sería sorpresa localizar otros pozos de aguas con éstos atributos si se explorase en mayor detalle la zona.

Los responsables del pozo en Caacupé mí se encuentran conscientes del carácter especial de las aguas que emergen de sus cañerías que provienen del sustrato. Se lo utiliza deliberadamente para servicios generales de limpieza y lavado dado su carácter no potable para consumo. Su propiedad organoléptica de sabor amargo hace suponer concentración especial de potasio, magnesio o boro

(Laboratorio de Aguas – FaCEN, 2017).

Tercer grupo – Pozos (3) con valores de TSD ≥ 10.000 ppm (aguas saladas)

Por sus características hidroquímicas (Tabla 4) se los agrupa por separado, y no pueden considerarse como propios del Acuífero Patiño, sino como pertenecientes a unidades hidrogeológicas diferentes. Estos pozos fueron perforados en lugares de cotas entre los 60 y 70 metros sobre el nivel del mar, con escasa pendiente; y la profundidad de los pozos 79 y 94 son bastante similares: de 90 a 100 mts.

Los pozos 79 y 94 se destacan notablemente por sus propiedades organolépticas de sabor salado, amargo y olor fétido; estos últimos aspectos especialmente en el pozo en Surubi i.

Se verifica un ligero aumento de los valores del pH, con tendencia a los alcalinos en relación a los acuíferos sureños de Patiño. La vegetación se manifiesta con menor densidad, y se observan las palmáceas del tipo *Copernicia alba* (caranday) con suelos de color marrón oscuro (alfisoles). La zona donde se localizan estos pozos recuerdan los horizontes del bajo Chaco.

La asociación de estos paisajes en relación a las ocurrencias de aguas de pozos con marcada salinidad es recurrente (en estos dos pozos y también por experiencias relatadas por otros investigadores de aguas subterráneas), y podrían considerarse como referencia para considerar el tipo de agua subterránea que se obtendría en caso de realizarse perforaciones. Ciertos aspectos observables en superficie sugieren cierto comportamiento hidroquímico de las aguas subterráneas.

El pozo 94 se encuentra a pocos metros del arroyo Itay, próximo a su desembocadura al riacho San Francisco (un brazo del río Paraguay). Se sabe

de dicho curso hídrico su alto nivel de contaminación, no descartándose difusión de químicos desde del arroyo al acuífero por lixiviado; y si tal efecto ocurriese, en qué módulo. Se han reportado otros pozos con estas características en la zona que no aparecen en este trabajo.

Si se explorase exhaustivamente la faja colindante al río Paraguay no sería sorpresa encontrarse con pozos de aguas con atributos semejantes, incluso con mayores índices de salinidad.

Los acuíferos chaqueños serían los responsables de conferir aumento de concentración de TSD a las aguas del Acuífero Patiño por su contacto geológico-geográfico, que implica asomo entre las unidades hidrogeoquímicas que contienen a los acuíferos aludidos del Grupo Asunción y los chaqueños, tornándolas de carácter salobre.

Se explica la salinización del Acuífero Patiño teniendo presente la existencia de descompresión hidráulica por sobre-explotación y el consecuente descenso de los niveles freáticos; entonces se produce una intrusión salina proveniente de los acuíferos del bajo Chaco (TNO, 2001).

Existen exposiciones de nefelinitas de la Provincia Alcalina de Asunción en diversos puntos ribereños del río Paraguay. Por citar algunos, Tablada Nueva, Remansito, Confuso, Villa Hayes, Surubi y, además en el mismo lecho del río Paraguay en zonas.

Cuando el acuífero circula por fisuras o grietas, los valores de transmisividad son relativamente elevados en relación a los acuíferos porosos, y sería razonable suponer que la difusión de aguas saladas se realiza a través de estos conductos hidráulicos en el caso que los controles estructurales sean favorables para que la circulación tenga efecto. Sin embargo estos cuerpos ígneos también pueden

Tabla 4. Pozos con aguas saladas.

P#	Loc.	Mun.	Lat,	Lon.	pH	C.E ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	TSD (ppm)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Prof. (m)
79	C, Mbiguá	Asunción	-25.268°	-57.638°	7.9	28.600	18.876	24.4	100
94	Fla., Dellavedova	Limpio	-25.169°	-57.505°	6.7	53.600	35.376	24.5	90

actuar como barreras para impedir conexión entre acuíferos (Custodio y Llamas, 1983).

Se interpreta que de acuerdo a los sentidos estructurales de estos macizos rocosos para que sirvan como conductores hidráulicos o como paredones impermeables en el subsuelo. Perfiles geofísicos deberían ser elaborados a lo largo de los contactos geológicos, cuyo eje central podría considerarse a la zona del río Paraguay para conocer el modo de interacción entre los acuíferos si existiese.

Del texto de Custodio y Llamas (1983), se extrae el siguiente párrafo: *“Los pozos en rocas volcánicas pueden, a veces, dar caudales espectaculares con descensos mínimos, pero en la misma formación y a escasa distancia, pueden ser prácticamente estériles”*.

Con el pozo 94 no fue posible efectuar comparación porque no se tienen registros de muestreos más antiguos. La cantidad de muestreos resulta insuficiente, por lo cual el argumento de salinización no puede ser concluyente para este tipo de manifestaciones. No se presupone injerencia humana para el suceso del aumento de sales para este pozo.

Niveles de Salinidad del Acuífero Patiño

Como se observa en las Figuras 5 y 6, que se han elaborado en base al muestreo en éste trabajo, los valores de conductividad eléctrica (y proporcionalmente los totales de sólidos disueltos) aumentan en la franja ribereña del río Paraguay.

Como se observa en las Figuras 5 y 6, que se han elaborado en base al muestreo en éste trabajo, los valores de conductividad eléctrica (y en consecuencia los totales de sólidos disueltos) aumentan en la franja ribereña del río Paraguay.

El incremento de los niveles de salinidad del Acuífero Patiño en el sector mencionado ha sido estudiado por varios investigadores y se trata de una realidad demostrada (aunque sólo existen conjeturas acerca de sus causas) que incide en gran medida en los municipios establecidos en los arrimos al río.

CONCLUSIONES

Se han verificado tres tipos de aguas subterráneas en la región de estudio, considerando los valores

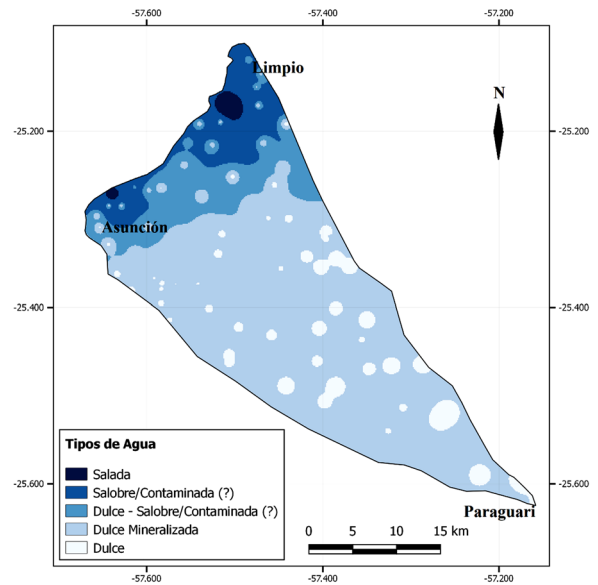


Figura 6. Mapa de tipos de aguas en el Acuífero Patiño.

de Totales de Sólidos Disueltos y la clasificación de Davis & De Wiest, 1967: aguas dulces (96%), salobres (2%) y saladas (2%).

El carácter salino del agua se manifiesta en el entorno ribereño del río Paraguay. Esto debido a la fuerte influencia de los acuíferos chaqueños que difunden sus aguas en sentido bien general N-S, en dirección al Norte del departamento Central. Ninguno de los pozos con agua salada es apto para consumo humano.

Asunción se ve afectada por éste suceso en el sector del bañado Norte. En el banco San Miguel, frente al antiguo puerto se ha encontrado un pozo con aguas saladas con sabor indudablemente salino. Tal vez se trate del pozo con aguas de mayor salinidad en las cercanías del microcentro de Asunción. Un pozo con aguas de características salobres se localiza a pocos kilómetros al este del mencionado bañado teniendo como referencia el pozo frente a la bahía de Asunción.

En la ciudad de Mariano Roque Alonso no se han encontrado pozos con aguas salobres o saladas considerando los valores de TSD. En este municipio en los arrimos a la planicie del río Paraguay se identificó un pozo con valor de conductividad eléctrica que sugiere tendencia a salinización.

En la urbanización Surubí'i de Limpio se ha localizado un pozo con aguas muy saladas. Tal vez el de mayor salinidad en toda la zona de la ribera del río Paraguay. Sus propiedades organolépticas de sabor y olor son bastante sensibles. A pocos kilómetros al Noreste, en Villa Jardín, también perteneciente al municipio de Limpio, se encuentra el pozo de monitoreo número 38 de la SEAM (que en este trabajo se lo codifica como Pozo 70) con características semejantes al anterior, según los datos obtenidos por el monitoreo de aquella institución, aunque no con módulos de propiedades físico-químicas tan elevados.

Se comprobó incremento de salinidad en el pozo 79 con respecto a mediciones en trabajos anteriores. De ese modo se argumenta que paralelamente al aumento de su salinidad, también podría tratarse del acuífero responsable de incrementar a los del Acuífero Patiño más próximos en su zona de interdigitación, siempre que exista conectividad entre ellos.

Existe una franja de interfase entre los pozos con aguas saladas y dulces. Los valores máximos con tendencia hacia lo salobre serían en el orden de los 2000 ppm. Se considera a las aguas de estos pozos como del Acuífero Patiño salinizados por recibir aportes de los acuíferos chaqueños por difusión. Donde se encuentran pozos con aguas de estas características se estima como los lugares de interdigitación, o contacto directo en subsuperficie de estos acuíferos contiguos.

Estos lugares de interfase usualmente se encuentran en las rocas sedimentarias del Grupo Asunción situadas en cotas de mayor elevación y muy próximos en referencia a los depósitos chaqueños del Cenozoico por donde circulan los acuíferos chaqueños.

Se ha constatado que la salinización no ocurre in extenso en toda la faja ribereña del río Paraguay donde se producen los contactos con las unidades del Grupo Asunción y la Formación Cuaternaria chaqueña. Esto podría significar que no en todas las fronteras entre las unidades hidrogeológicas existe difusión e interdigitación, como se ha visto en los pozos 79 y 21 en Asunción, y en los pozos 94 y 82

en Surubí'i – Limpio.

En sectores, existen barreras que impiden conexión entre los acuíferos chaqueños y orientales, y se ha mencionado a presencia de mantos piroclásticos, emplazamientos ígneos con discontinuidades, controles tectónicos que no favorecen a los conductos hidráulicos para difusión, y fracturamientos que funcionan como embalses. Esto podría significar que en los contactos hidrogeológicos entre el Grupo Asunción y las unidades chaqueñas existen zonas de compartimentación o separación entre los acuíferos; así como zonas de contacto hidráulico y difusión de salinidad.

Los cambios climáticos o estacionales inciden en el comportamiento físico-químico de los acuíferos. Las recargas también actúan como atenuadores de concentraciones de elementos indeseables considerando los aspectos de potabilidad del agua para consumo humano.

En los lugares de muestreo donde se verifican aguas saladas con frecuencia son topográficamente bajos; el suelo del tipo alfisoles y la vegetación es notablemente de menor densidad. Las palmeras chaqueñas, *Copernicia alba* (caranday), ya aparecen. Paisajísticamente recuerda al bajo Chaco. Esta asociación de características podría resultar como indicador de aguas subterráneas saladas o salobres.

En el escenario de las aguas dulces que abarca a la mayoría de los municipios asentados sobre el Grupo Asunción, se han observado buenos valores de potabilidad y la población normalmente se sirve de ellas.

En promedio las conductividades eléctricas arrojan resultados en el orden de los 200 y 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ciertamente son valores que se encuentran en el dominio de la potabilidad, aunque son llamativos porque se supone deberían ser menores.

El carácter ligeramente ácido de sus aguas (en su mayoría) se demuestra por mediciones en esta investigación. Son valores no óptimos; no obstante, aceptables para consumo.

Existe una tendencia al aumento de conductividad eléctrica; en contados casos drásticos. Esto fue verificado luego de cotejar 30 pozos con mediciones de trabajos anteriores. Elementos de aportes antró-

picos del tipo efluentes o de desperdicios sanitarios (?) podrían explicar el hecho, aunque esto debería investigarse para demostrar o desestimar dicho argumento, estudiando y monitoreando cada pozo en su respectivo lugar con mayor detalle.

LITERATURA CITADA

- Bartel, W. & Muff, R. (1995). Observaciones Geológicas de Paraguay Central en Relación al Agua Subterránea. Págs. 23-29. 2° *Simposio sobre Aguas Subterráneas y Perforación de Pozos en el Paraguay*. San Lorenzo. PY.
- BGR-MOPC. (1999). *Hoja Caacupé 5470*. Texto Explicativo. Asunción. PY
- Cardozo, S. & Crosa, C. (2006). *Estudio de la Contaminación del Acuífero Patiño*. Trabajo final de grado. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas - UNA. Asunción PY.
- Carvalho, F. & Villar, F. (2016). Acuífero Patiño. Fuente Estratégica del Gran Asunción. *Revista de la Facultad de Ciencias y Tecnologías*, 7: 51-71.
- Custodio, E. & Llamas, M. (1983). *Hidrología Subterránea*. Volumen II. Barcelona: Editorial Omega. Barcelona. ES. 1224 pp.
- Davis, S.N. & De Wiest, R.J.M. (1967). *Hidrogeología*. Barcelona: Ediciones Ariel. 560 pp.
- Degraff, J., Orué, D. & Franco, R. (1981). Interpretación Geofísica y Geológica del Valle de Ypacaraí (Paraguay) y su formación. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 36(3): 240-256.
- Eckel, E.B., Milton, C. & Sulsona, P.T. (1959). Geology and mineral resources of Paraguay-
-a reconnaissance, with sections on Igneous and metamorphic rocks and soils. *Geological Survey Professional Paper*, 327: 110 pp.
- ERSSAN (2000). *Reglamento de Calidad para Permissionarios*. Ley N° 1.614/2000 sobre el Marco Regulatorio y Tarifario del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario. Asunción, Paraguay.
- Fulfaro, V. (1996). Geology of Eastern Paraguay. Pp. 17-29 in: Comin-Chiaramonti, P. & Gomes, C.B. (eds). *Alkaline Magmatism in Central Eastern Paraguay: Relationships with Coeval Magmatism in Brazil*. São Paulo: Editora da USP. 464 pp.
- Gómez, D. (1991). Consideraciones Morfoestructurales y Estratigráficas de la Antiforma de Asunción y su Relación con la Exploración de Aguas Subterráneas. 1er. Simposio sobre Aguas Subterráneas y Perforación de Pozos en el Paraguay. Casa de la Cultura. Asunción. PY.
- SENASA - TNO. (2001). *Fortalecimiento de los Estudios Hidrogeológicos del SENASA*. San Lorenzo. 45 pp.
- Proyecto PAR 83/005. (1986). *Mapa Geológico del Paraguay*. Asunción: Comisión Nacional de Desarrollo Regional. Ministerio de Defensa Nacional. 270 pp.
- Rios, J., Martínez, O. & Centurión, C. (1995). Contaminación de Agua Subterránea en Áreas Puntuales del Gran Asunción. 2° *Simposio sobre Aguas Subterráneas y Perforación de Pozos en el Paraguay*, 1: 159-160.

Reconocimiento preliminar de diamictitas aflorantes en la localidad de Takuruty, Villeta

Recognizance preliminary of diamictic outcropping in the locality of Takuruty, Villeta

Nestor D. Salinas^{1,*}, Gabriel Rotela² & Narciso Cubas^{1,**}

¹Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. E-mail: *nestorsalinasgeologo@gmail.com, **ncubas@facen.una.py

²Industria Nacional del Cemento.

Resumen: Se presentan los resultados de observaciones y descripciones de las características sedimentológicas y posicionamiento estratigráficos, de las ocurrencias de rocas sedimentarias diamictíticas aflorante en dos canteras contiguas de la localidad de Takuruty, Villeta, Región Central del Paraguay Oriental; estas manifestaciones de depósitos glaciégenos, pertenecen la Formación Boquerón, que se ubica en el intervalo Ordovícico-Silúrico constituyéndose como un *hiatus* entre los Grupos Caacupé e Itacurubí. Las características texturales y de estructuras sedimentarias identificadas indican un ambiente variable en los estadios glaciales durante el límite Ordovícico-Silúrico, que afectó al nivel regional en la porción occidental del Gondwana.

Palabras clave: *diamictita, glaciación Ordovícico-Silúrica, Formación Boquerón, hiatus.*

Abstract: We present the results of observations and descriptions of the sedimentological characteristics and stratigraphic positioning of the occurrences of diamictitic sedimentary rocks outcropping in two adjacent quarries of the locality of Takuruty, Villeta, Central Eastern Paraguay; These manifestations of glaciégenos deposits, belong the Boquerón Formation, that is located in the Ordovician-Silurian interval constituting like a hiatus between the Groups Caacupé and Itacurubí. The textural characteristics and identified sedimentary structures indicate a variable environment in the glacial stages during the Ordovician-Silurian limit, which affected the regional level in the western portion of Gondwana.

Keywords: *diamictite, Ordovician-Silurian glaciation, Boquerón Formation, hiatus.*

INTRODUCCIÓN

Las evidencias de un evento glacial regional entre el límite de los periodos Ordovícico-Silúrico está bien documentado en el norte de África (EL-Ghali, 2005), donde paleogeográficamente el supercontinente Gondwana estaba localizado en Polo Sur (Figura 1) (Cocks. & Torsvik, 2002), situación que habría causado una glaciación en la zona, y afectando a Sudamérica. Existen afloramientos que registra la presencia de este evento en la zona Andina, como la Formación Cancañiri en Bolivia y la Formación Zapla en el lado Argentino (Koeberling, 1919, mencionado en Schonian, 2003); que son descritos como ambientes mayormente glacio-terrestres, debido a su contacto basal fuertemente erosivo, por la abrasión glacial de clastos con predominancia de diamictitas polimícticos conformando estratos de areniscas y conglomerados

de geometrías lenticulares, procedente del Macizo Pampeano y atribuidas a una edad *Ashgiliense* Superior (Ordovícico Tardío). La unidad también fue reconocida en Perú y es denominada como Formación San Gabán (Laubacher, 1972, citado en Díaz-Martínez, *et al.* 1999), que presentan alternancia de diamictitas, lutitas y areniscas, con clastos estriados y facetados por acción glacial, cuyo tamaño puede llegar de hasta 50 cm de diámetro; estos clastos han sido producidos por transporte gravitacional, y resedimentación en un contexto de depositación marina, indicado como de edad *Ashgiliense-Llandovertense* (Ordovícico-Silúrico).

En la pre-cordillera al oeste de Argentina la secuencia glaciégena, fue descrita para el Miembro Inferior de la Formación Don Braulio, que presenta predominantemente depósitos gla-

Recibido: 28/08/2019 Aceptado: 27/09/2019



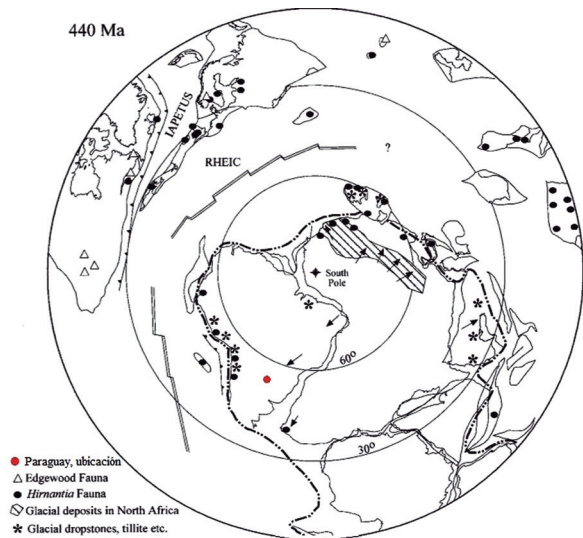


Figura 1. Reconstrucción paleogeográfica de Gondwana en el límite Ordovícico-Silúrico (440 Ma) con capas de hielo y otras características glaciares, junto con la distribución de las faunas braquiópodos del Hirnantiano. El punto rojo indica la ubicación de Paraguay. Modificado de Cocks. & Torsvik, 2002.

cioterrestres y superficies estriadas, que indican que estuvo sometido a la acción directa del hielo, con influencia costera, y un retroceso definitivo de la transgresión marina, definida en base a fósiles como de edad *Hirnantense*/*Ashgillense* Superior (Astini, 2001).

En la Cuenca del Paraná, las formaciones glaciogénicas a finales del Ordovícico y principios del Silúrico son conocidas como Formación Iapó, en Brasil (Assine, *et al.*, 1994; Assine, *et al.*, 1998) y lo describen como secuencias diamictíticas estratificadas, con areniscas masivas y pelitas con clastos caídos (*dropstone*), de pocos espesores, atribuyéndola a varias facies en el avance y retroceso de un escudo glaciar, sobre sistemas marinos epicontinentales, en sus diferentes estadios, pre-glacial, glacial y pos-glacial, recubiertos por sedimentos marinos de la Formación Vila María en el *Eollandoveriense* (Silúrico Inferior).

Los principales trabajos que citan o hacen referencia a sedimentos del Paleozoico Inferior (Cámbrico, Ordovícico y Silúrico) en la Región Oriental del Paraguay fueron Harrington (1950, 1956 y 1972), Eckel, *et al.* (1959), Wolfart (1961)

y Putzer (1962). Estos autores, no mencionan la existencia de una secuencia glaciogénica a finales del Ordovícico y a principios del Silúrico; uno de los pocos autores en mencionar la presencia de estos sedimentos glaciares fue Orué (1996, 1999). Este autor resalta el escaso espesor y afloramiento de esta unidad que se encuentra principalmente en la compañía Boquerón del distrito de Eusebio Ayala hacia el este y menciona que también aflora en las zonas aledañas a la ciudad de Guarambaré, hacia el oeste de la región central del Paraguay Oriental; a la primera ocurrencia lo denominó como Formación Boquerón (esta formación pertenecería sincrónicamente a la misma secuencia que la Formación Iapó en Brasil, al pertenecer a la misma cuenca sedimentaria) y atribuyendo a esta secuencia como de edad Silúrico Inferior, las diamictitas de la Formación Boquerón, se encuentra reposando discordantemente sobre areniscas de la Formación Tobati y en contacto concordante superior con la Formación Eusebio Ayala.

En su localidad tipo la Formación Boquerón presenta dos secuencias litoestratigráficas, una inferior constituida de areniscas de granulación media a gruesa con matriz arcillosa conteniendo cantos de cuarzo y otra superior compuesta por areniscas de granulación gruesa, mal seleccionadas con matriz siltítica, arcillosa y arenosa, caracterizando a las dos secuencias como diamictíticas de origen glacial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Area de estudio

En la compañía de Takurutu, Distrito de Villeta, en el ramal que conecta la ciudad de Nueva Italia con la Av. Emiliano R. Fernández, a 27 km aproximadamente al sur de Asunción, al costado del camino se encuentra aflorando en varias canteras, donde se exponen las rocas sedimentarias con características diamictíticas (Figura 2). En el Mapa Geológico a escala 1:100.000 de las Hojas Caacupé (Dionisi, *et al.* 1998) y Paraguarí (Bartel *et al.* 1996) estos afloramientos fueron mapeados como unidades pertenecientes al Grupo Caacupé; esto posiblemente debido a la poca exposición y por tratarse de grandes áreas mapeadas no fueron caracterizados

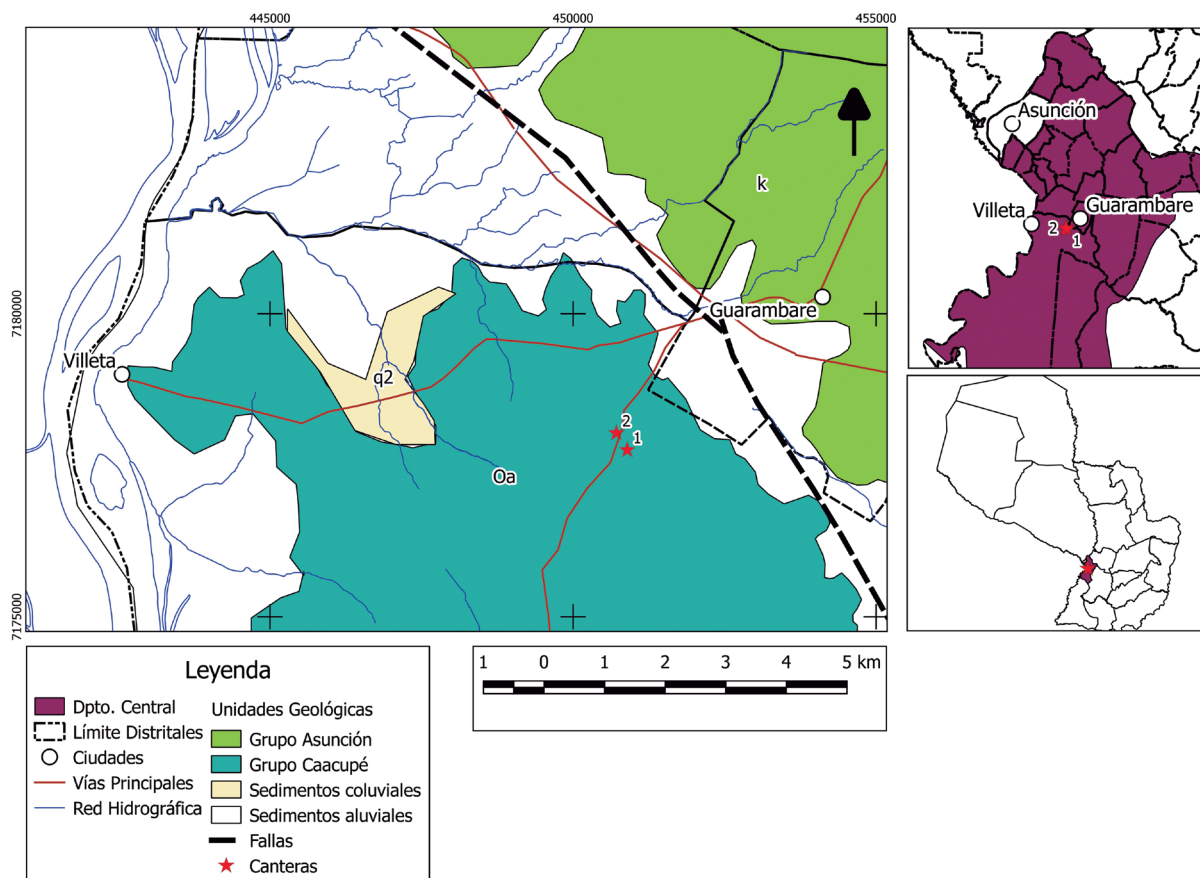


Figura 2. Mapa geológico del área de estudio. Modificado de los mapas geológicos Caacupé (Dionisi, *et al.* 1999) y Paraguari (Bartel, *et al.* 1996).

en detalle en estos mapas.

Fueron estudiados dos canteras denominándolas N°1 y N°2 (Figura 3), cuyas coordenadas son: Este 450894 m y Norte 7177752 m; Este

450714 m y Norte 7178031 m respectivamente; la cantera N°1 es activa aún en su explotación de donde se extraen las diamictitas para uso como materiales de construcción; presenta una forma rectangular y una dimensión de 10 hectáreas de los cuales 1/3 está cubierto por agua estancada. La cantera N°2 es una cantera cuya explotación fue abandonada, presenta una forma cuadrangular y una dimensión de 6 hectáreas de los cuales menos de 0,5 hectáreas se encuentran ocupadas por agua estancada.

Descripción de las facies litológicas de la cantera N°1

Las secuencias identificadas en la cantera N° 1 se pueden dividir principalmente en tres litofacies bien marcados: a) una parte basal constituidas por

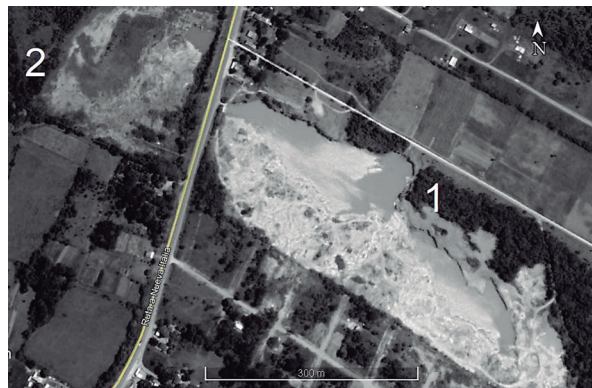


Figura 3. Canteras N°1 y N° 2 en estudio.

areniscas gruesas a medias sacaroidales a compactas, *b*) otras por areniscas medias mayormente silicificadas con matriz arcillosa con guijarros de carácter diamictítico, *c*) y por capas de siltitas arenosas silicificadas.

a) Esta litofaciel puede subdividirse en dos secuencias, la primera (a_1) presenta are-

niscas medias a finas rosáceas con fina estratificación cruzada tipo *hummocky*, la presencia de estratos esto es indicativo de sedimentación en ambientes de tormentas (Figura 4) en zonas marinas epicontinentales. La segunda (a_2) presenta areniscas cuarzosas gruesas a medias

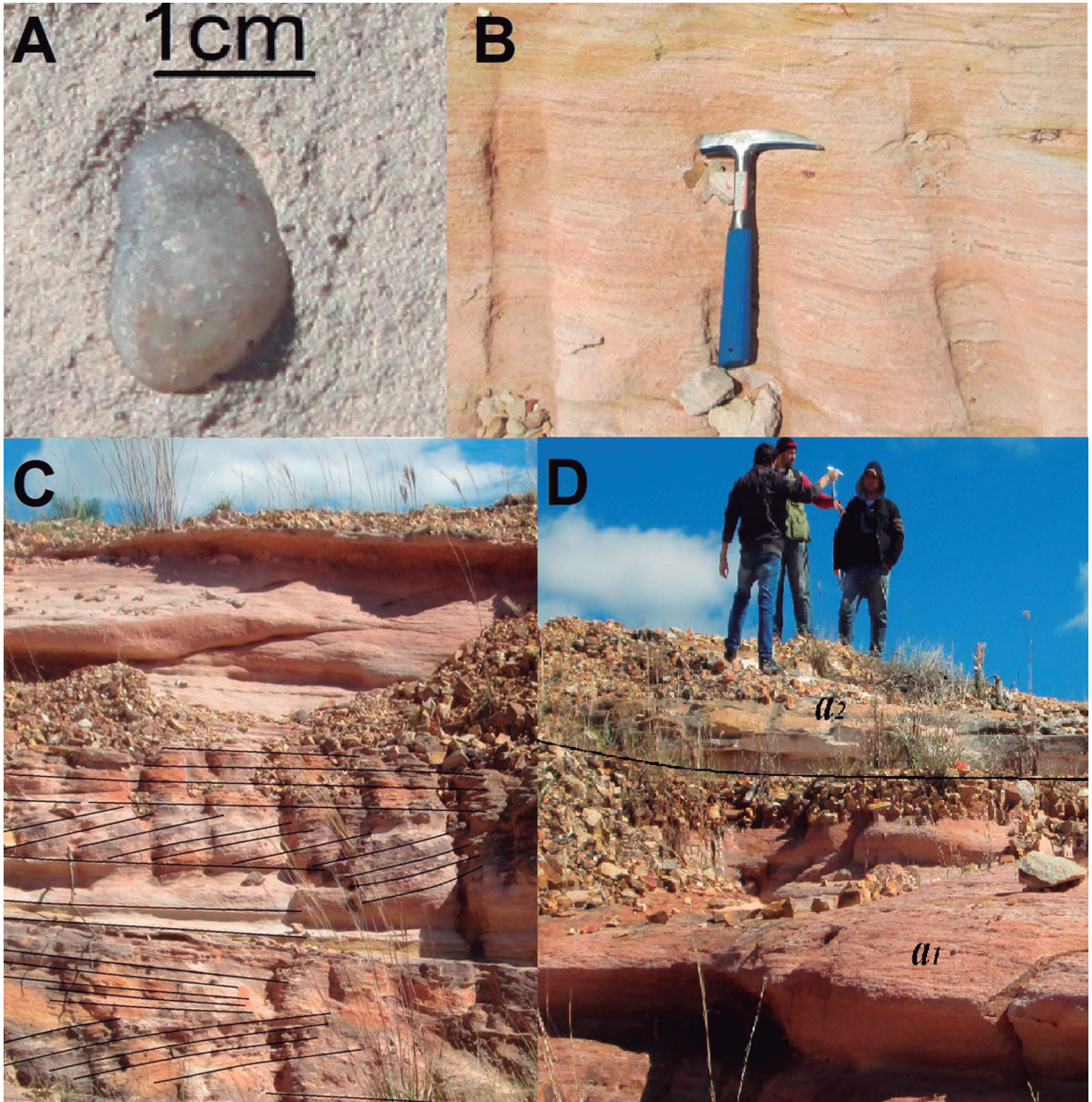


Figura 4. Litofaciel *a* basal, **A**) guijarro contenido en la secuencia a_2 ; **B**) Areniscas medias con finas estratificaciones plano-paralelas en a_1 ; **C**) Estratificación cruzada *hummocky* en a_1 ; **D**) Limite de las subdivisiones a_1 y a_2 .

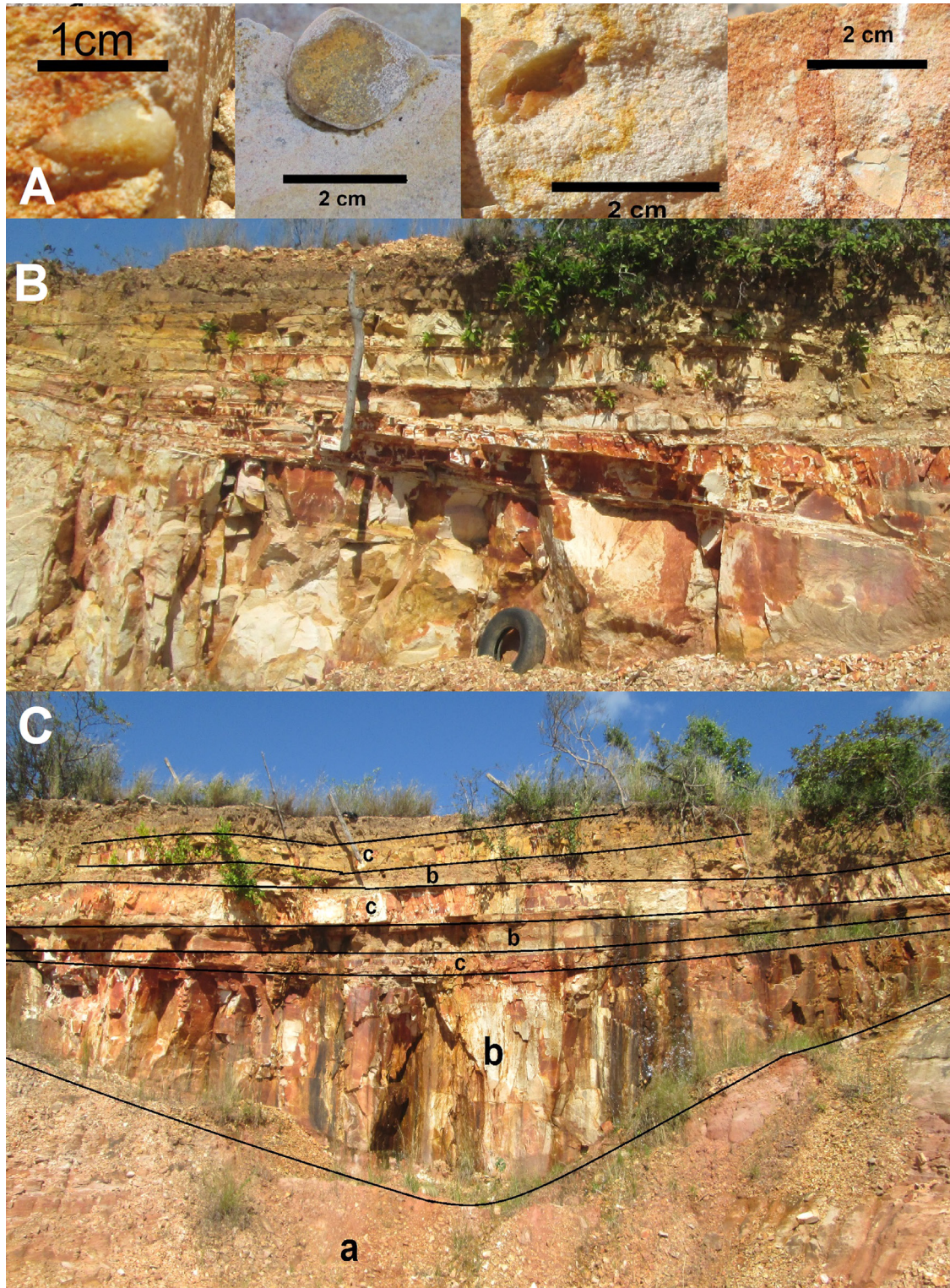


Figura 5. Litofacies *b* y *c*, reposando discordantemente sobre la secuencia *a*; A) guijarros de distintas dimensiones en la litofacies *b*; B) capas intercaladas *b* y *c*, y adelgazamiento en los extremos del canal; C) Paleocanal *outwash* en “V”.

blanquecinas friables sacaroidales en partes macizas con fracturas subverticales con matriz caolinítica, presentan clastos de guijarros de cuarzo >1 cm, y la presencia de estos clastos es indicativo del grado creciente en tamaños de grano desde la parte inferior de este paquete sedimentario.

- b) Esta litofacies reposa discordantemente sobre las capas antes descritas, pre-

sentan areniscas blancas a rosáceas de granulación media a gruesa con matriz arcillosa caolinítica maciza a silicificadas con clastos de grava (granulo y guijarro) estas capas están intercaladas con la litofacies superior, también se observan capas engrosadas en el centro y adelgazadas en los extremos formando canales en “v”, indicarían paleocanales fluviales en planicies de lavados de flujos de detritos (*outwash*) provenientes de

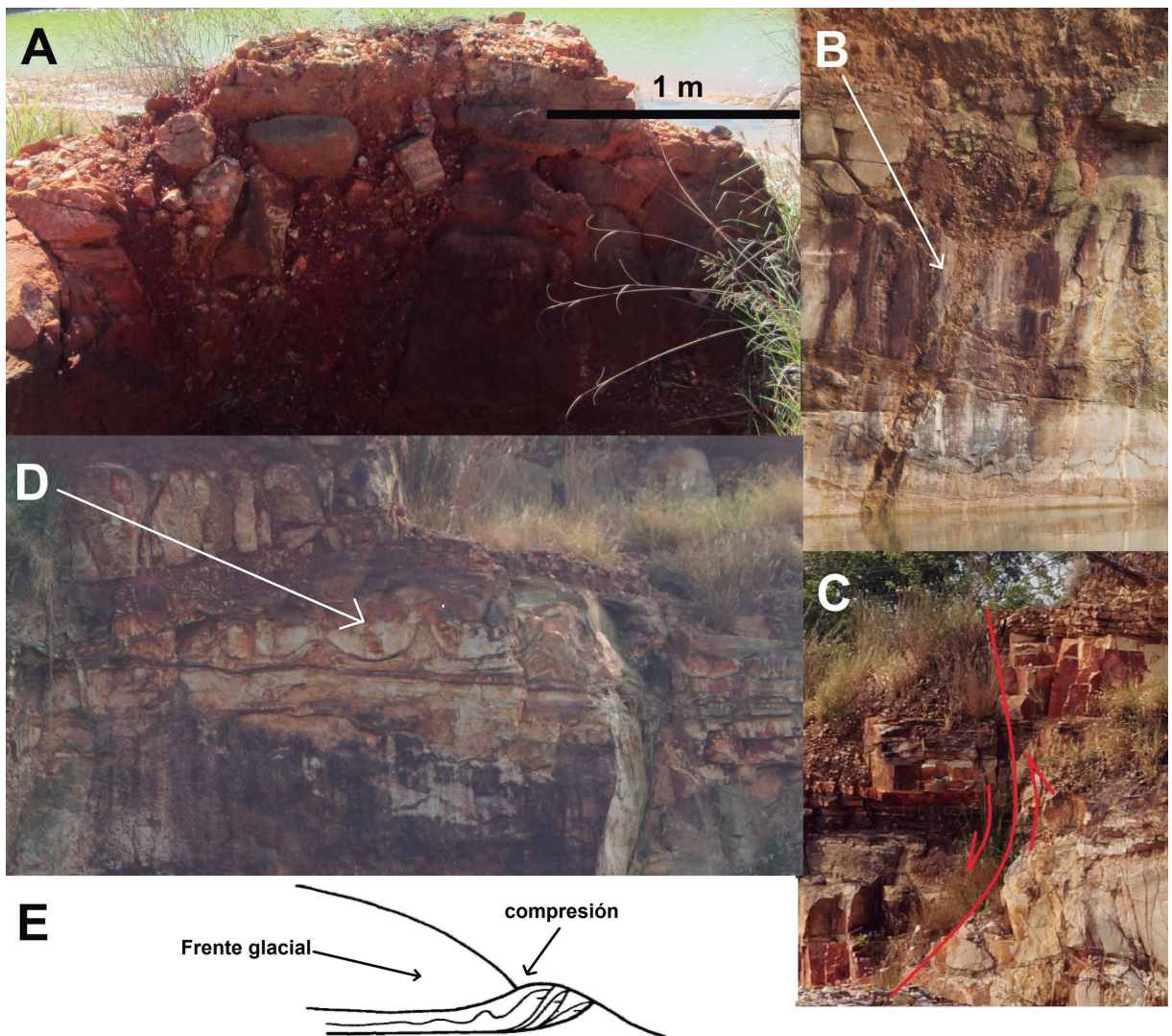


Figura 6. Estructuras presentes en la cantera N° 1. **A)** Brechas de relleno de fracturas, aparente origen tectónico; **B)** Dique clástico en el frente de cantera norte; **C)** Falla normal con importante desplazamiento de capas; **D)** Pliegues de deformación formadas en condiciones sinsedimentarias; **E)** Modelo de deformación glaciár, modificado de Hart & Boulton. (1991).

la fusión del glacial (Figura 5 A, B, C).

- e) Presentan capas estratificadas de siltitas arenosas blancas con matriz arcillosa muy silicificadas (porcelanita?), intercaladas con la capa anterior; de esto se presume un cambio importante en el ambiente de formación de estas secuencias en zonas distales y de bajas energías en ambientes marinos someros o lagunares. (Figura 5 B, C)

Descripción aparte merece la identificación de brechas de relleno de fracturas de direcciones NE especialmente (Figura 6 A) y fallas normales

(Figura 6 C), esto obedece al carácter limítrofe del afloramiento en condiciones de dislocaciones principales ocurridas en la formación del graben principal del Rift de Asunción (Degraff, *et al.* 1981).

Todas las anteriores descripciones de la cantera N°1 pertenece al frente de cantera sur, en el frente de cantera norte se pueden observar algunas estructuras como diques clásticos (Figura 6 B) pliegues deformacionales (*convolute lamination*) (Le Heron, *et al.* 2005), posiblemente producida por tracción del frente glacial en una condición blanda del sedimento (*syn-depositional*) (Figura 6 D, E).

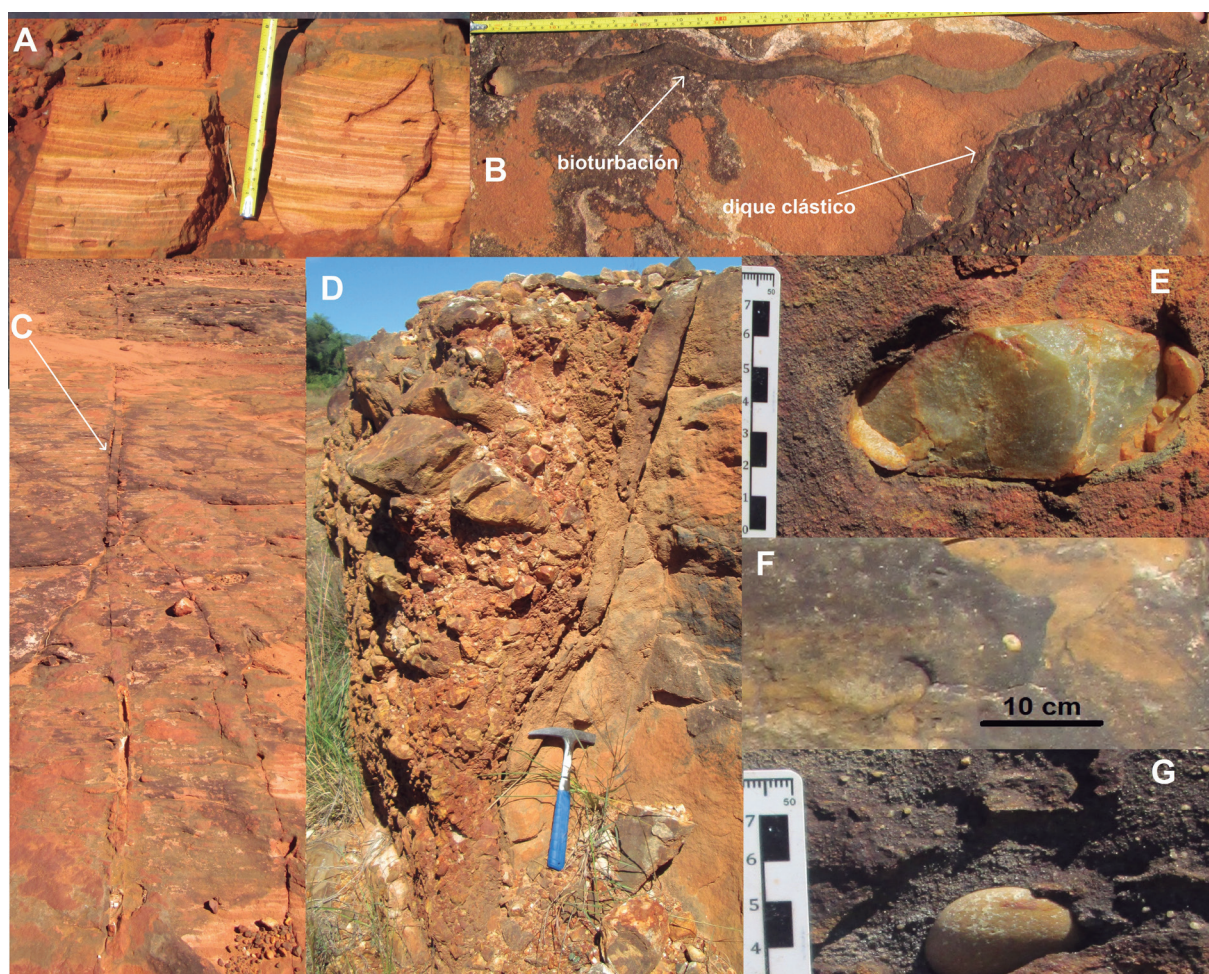


Figura 7. Afloramiento denominado Cantera N° 2. **A)** Arenisca con finas estratificaciones de la litofacie *a*; **B)** Arenisca bioturbada conteniendo dique clástico; **C)** Fractura N-S; **D)** Exposición de brecha de relleno de fractura. **E), F)** y **G)** Guijarros de tamaños variados en la litofacie *b* de carácter diamictítico.

Descripción de las facies litológicas de la cantera N°2

La cantera N° 2 presenta exposiciones menores de rocas con pocos espesores de frente de cantera; se identificaron dos secuencias estratigráficas equivalente a las litofacies *a*, *b* y *c* del primer afloramiento descrito; las primeras presentan areniscas medias a finas con laminación plano paralelas de variadas tonalidades rojizas, rosáceas a ocres; esta unidad presenta muchas fracturas (N-S, NW-SE), rellenos de fracturas (diques clásticos) y bioturbaciones (Figura 7 A, B, C). En la segunda secuencia se observan areniscas gruesas a medias macizas con variados cantos de grava, principalmente gránulos y guijarros >3cm, la amplia abundancia de estos clastos confiere un fuerte carácter diamictítico a esta unidad (Figura 7 E, F, G). La estructura más importante es la de la presencia de brechas de relleno de fracturas análogo a la cantera N°1 (Figura 7 D).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

Tanto en los dos afloramientos denominados Cantera N°1 y Cantera N°2, se observan litofacies que en este trabajo se las denomina *a*, *b* y *c* (Figura 8). En las cuales las unidades basales identificadas en estos, por las estructuras y litologías presentadas sería parte de la Fm Tobatí, mapeado en estos lugares anteriormente como Grupo Caacupé (Oa) de la Fm Cerro Jhu y la Fm Tobatí indiferenciado (Bartel, *et al.* 1996; Dionisi, *et al.* 1998), por las estructuras tipo *hummocky* y las finas estratificaciones en la secuencia *a*₁, se interpreta un ambiente de formación en mares someros con influencia costera, y la secuencia *a*₂, se interpreta como zonas de litorales marinos, y hacia estratos superiores un cambiante proceso de continentalización.

Las litofacies *b* y *c*, se interpretan como sedimentitas pertenecientes a la Formación Boquerón varios estadios de la glaciación, principalmente

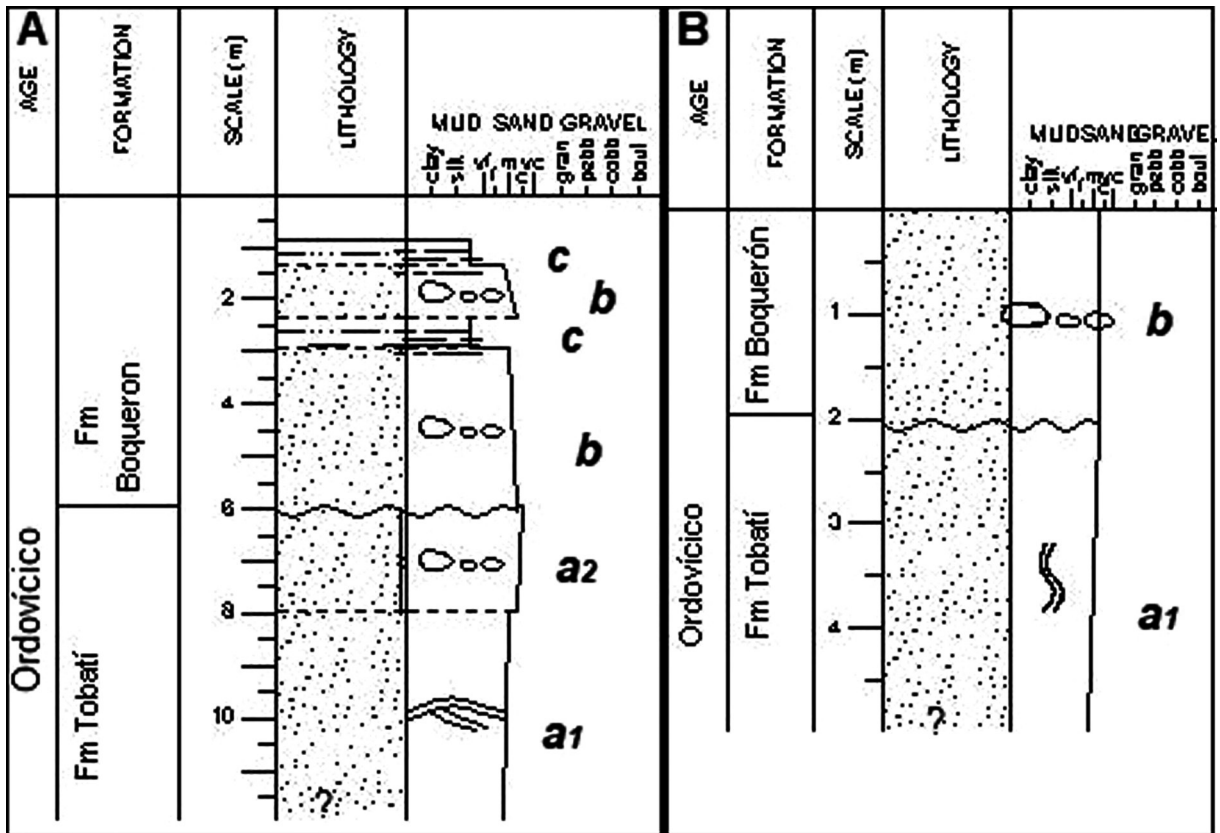


Figura 8. Perfiles estratigráficos elaborados en el software Sedlog3.1, A) Perfil de la Cantera N°1; B) Perfil de la Cantera N°2.

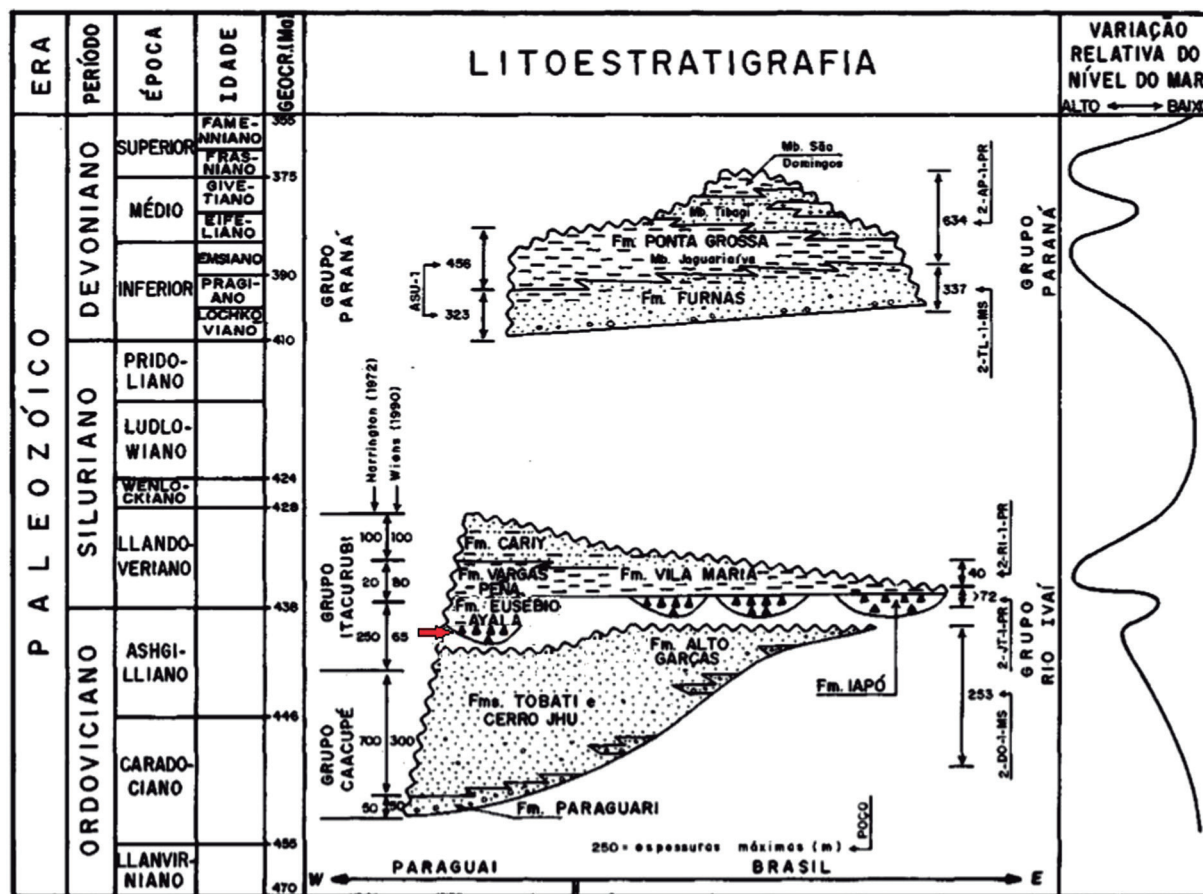


Figura 9. Secuencias ordovícico-silúricas y devónicas. La flecha roja indica la Formación Boquerón equivalente a la Formación Iapó en Brasil en el borde oriental de la Cuenca del Paraná. Modificado de Assine, *et al.*, (1994).

como sedimentos de origen fluvio-glacial por la presencia de paleocanales *outwash* y por la amplia presencia de gravas principalmente guijarros subredondeados confiriendo a estas areniscas un carácter diamictítico observado en ambos afloramientos (secuencia *b*) coincidiendo en parte con las observaciones de Orué (1994,1999) en las descripciones de los afloramientos en Eusebio Ayala (Figura 9), no obstante no se observó sedimentitas depositados directamente por el deshielo del frente glacial, pero algunas estructuras observadas como los pliegues de deformación sinsedimentar, podrían ser de carácter glaciotectónica.

Por lo expuesto es evidente la ocurrencia de sedimentitas de influencia glacial de los límites de los periodos Ordovícico-Silúrico, reforzado esta por la presencia de las misma al extremo Oriental de

la cuenca del Paraná que se denomina Formación Iapó, en Brasil, que presentan condiciones similares de yacencia y de pocos afloramientos localizados, debido a la poca permanencia del estadio glacial reportado para estos periodos, terminando en una rápida trasgresión marina ocurrida a principio del Llando-veriano.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Assine, M.L., Alvarenga, C.J. & Perinotto, J.A. (1998). Formação Iapó: glaciação continental no limite Ordoviciano/Siluriano da Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, 28(1): 51-60.
- Assine, M.L.; Soares, P.C. & Milani, É.J. (1994). Sequências tectono-sedimentares mesopaleozóicas da Bacia do Paraná, Sul do Brasil.

- Revista Brasileira de Geociências*, 24(2): 77-89.
- Astini, R.A. (2001). Pavimentos estriados en la Formación Don Braulio y naturaleza de la glaciación hirnantiana (Ordovícico Tardío) en la región andina. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis*, 8(1): 1-25.
- Bartel, W., González, M., Muff, R., Lahner, L. & Wiens, F. (1996). Mapa Geológico de la República del Paraguay. Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, MOPC e Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales, BGR, Alemania. Esc. 1:100.000, Color. Hoja: Paraguari 5459
- Cocks, L.R.M., & Torsvik, T.H. (2002). Earth geography from 500 to 400 million years ago: a faunal and palaeomagnetic review. *Journal of the Geological Society*, 159(6): 631-644.
- Degraff, J.M., Franco, R. & Orué, D. (1981). Interpretación geofísica y geológica del valle de Ypacaraí (Paraguay) y su formación. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 36(3): 240-256.
- Diaz-Martínez, E. D., Acosta, H., Rodríguez, R. & Carlotto, V. (1999). La Glaciación del límite Ordovícico-Silurico en el Altiplano de Perú: evidencias e implicancias tectónicas. *GEOGACETA*, Sociedad Geológica de España, 26: 23-25.
- Dionisi, A., Franco, R., González, M.E., Lahner, L. & Meinhold, K.D. (1998). Mapa Geológico de la República del Paraguay. Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, MOPC e Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales, BGR, Alemania. Esc. 1:100.000, Color. Hoja: Caacupé 5470
- Eckel, E.B., Milton, C. & Sulsona, P.T. (1959). Geology and mineral resources of Paraguay—a reconnaissance, with sections on Igneous and metamorphic rocks and soils. *Geological Survey Professional Paper*, 327: 110 pp.
- El-Ghali, M.A.K. (2005). Depositional environments and sequence stratigraphy of paralic glacial, paraglacial and postglacial Upper Ordovician siliciclastic deposits in the Murzuq Basin, SW Libya. *Sedimentary Geology*, 177(3-4): 145-173.
- Harrington, H.J. (1950). Geología del Paraguay oriental. Universidad de Buenos Aires, Fac. Cs. Exactas y Naturales, *Contribuciones Científicas, Serie E, Geología*, 1: 1-88.
- Harrington, H.J. (1956). Paraguay. *Geological Society of America Memoirs*, 65: 99-115.
- Harrington, H.J. (1972). Silurian of Paraguay. Correlation of the South American Silurian Rocks. *Geological Society of America Special Paper*, 133: 41-50.
- Hart, J.K., & Boulton, G.S. (1991). The interrelation of glaciectonic and glaciodepositional processes within the glacial environment. *Quaternary Science Reviews*, 10(4): 335-350.
- Le Heron, D.P., Sutcliffe, O.E., Whittington, R.J. & Craig, J. (2005). The origins of glacially related soft-sediment deformation structures in Upper Ordovician glaciogenic rocks: implication for ice-sheet dynamics. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 218(1-2): 75-103.
- Orue, D. (1996). *Síntese da Geologia do Paraguai Oriental, com Ênfase para o Magmatismo Alcalino associado*. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. Instituto de Geociências.
- Orue, D (1999) Discordancia entre las unidades ordovicicas-silurianas del Grupo Caacupe e Itacurubi. *Jornadas Científicas sobre Geología del Paraguay*, Dpto. Geología/FACEN/UNA & Dirc. Recursos Minerales/SME/MOPC.
- Putzer, H. (1962). Die Geologie von Paraguay: Gebriider Borntrager, Berlin. *Beitrag zur Regionale Geologie der Erde*, 2: 184 pp.
- Schonian, F., (2003). Ambiente sedimentario de las diamictitas de la Formación Cancañiri en el área de Sella, sur de Bolivia. *Revista Técnica de YPF*, 21: 131-145.
- Wolfart, R. (1961). Stratigraphie und fauna des älteren Paläozoikums (Silur, Devon) in Paraguay. *Geologische Jahrbuch*, 78: 29-102.

Comportamiento de los niveles de carboxihemoglobina en un grupo de trabajadores informales de la ciudad de San Lorenzo

Behavior of carboxyhemoglobin levels in a group of informal workers in the city of San Lorenzo

NELLY ROCIO FIGUEREDO*

*Liapa, Departamento de Química, facultad de Ciencias exactas y Naturales. Email: rof8@gmail.com.

Resumen: Este artículo tiene el propósito de evaluar las consecuencias de exposición a niveles de monóxido de carbono (CO) en trabajadores informales con exposición crónica a emisiones sostenidas de monóxido de carbono. Estas emisiones provienen del parque automotor y la congestión vehicular, en una zona altamente comercial con masiva actividad urbana-laboral de la ciudad de San Lorenzo. De un total de 123 vendedores de carácter permanente e informal, apostados en los contornos del asfalto de una de las calles más concurridas de la localidad, se seleccionaron 40 vendedores expuestos al fenómeno, y paralelamente se seleccionaron a otros 40 vendedores denominados grupo control. Los individuos de este segundo grupo desarrollan sus actividades laborales dentro del mercado municipal de San Lorenzo, en lugares donde no se encuentran expuestos de manera directa al tráfico vehicular. Se midieron los niveles de carboxihemoglobina en sangre, dos veces por día (a la llegada y la salida de sus puestos de trabajo) durante 7 días, con un oxímetro portátil con tecnología rainbow, que analiza múltiples longitudes de onda de luz para medir con precisión la carboxihemoglobina (HbCO) de forma no invasiva.

Palabras clave: Carboxihemoglobina, Monóxido de Carbono, emisiones de vehículos, contaminación ambiental.

Abstract. This paper has the purpose of assessing the consequences of exposure to levels of carbon monoxide (CO) in informal workers with chronic exposure to sustained carbon monoxide emissions. These emissions come from the car fleet and vehicular congestion, in a highly commercial area, with a massive urban-labor activity in the city of San Lorenzo. Out of a total of 123 permanent and informal vendors, stationed on the asphalt contours of one of the busiest streets in the town, 40 vendors exposed to the phenomenon were selected, and in parallel, 40 other vendors called control group were selected. The individuals of this second group carry out their labor activities within the municipal market of San Lorenzo, in places where they are not directly exposed to vehicular traffic. The levels of carboxyhemoglobin in blood were measured, two times a day (at arrival and leaving their work places) during seven days, with a portable oximeter with rainbow technology, that analyzes multiple wavelengths of light to measure with Precision carboxyhemoglobin (HbCO) non-invasively.

Palabras clave: Carboxyhemoglobin, Carbon Monoxide, vehicle emissions, environmental pollution.

INTRODUCCION

Enger y Smith (2006) definen como contaminación del aire a la presencia en la atmósfera de uno o varios contaminantes, como polvos, gases, bruma, olores o vapores, en cantidades, características y duración, tales que esta presencia pueda dañar a la salud del hombre, de las plantas y de los animales, así como al estado de los bienes.

Los contaminantes atmosféricos que causan el deterioro de la atmósfera consisten en una gran variedad de gases, vapores y partículas. Algunos de los contaminantes más comunes del aire, consisten en gases inorgánicos, especialmente óxidos

de nitrógeno, azufre y carbono. Vapores orgánicos de varios tipos, constituyen una clase importante de contaminantes atmosféricos (Stanley, 2007).

La contaminación debida al exceso de circulación rodada es provocada sobre todo por la quema incompleta de combustibles fósiles, en especial gasolina y gasoil. La mayor preocupación por la contaminación que produce el tráfico rodado se refiere a las zonas urbanas, en donde un gran volumen de vehículos y elevadas cifras de peatones comparten las mismas calles (Castells & Bordas 2012).

El monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro, inodoro, insípido, no irritante ni inflamable,

Recibido: 22/07/2019 Aceptado: 22/10/2019



que está presente o se forma cuando las materias carbonáceas, a través de equipos defectuosos que utilizan combustibles gaseosos, sólidos u oleosos, combustionan de forma incompleta o defectuosa. El mismo tiene gran afinidad por la hemoglobina; 200 a 300 veces mayor que la del oxígeno y como resultado la carboxihemoglobina formada es incapaz de transportar oxígeno a los tejidos (Mencías & Mayero, 2000)

Es un gas incoloro, inodoro e insípido, su densidad es del 96,5% de la del aire y es muy poco soluble en agua. En términos de masa es el contaminante más abundante y ampliamente distribuido (Orozco et al., 2003).

El CO, puede enfermar y matar repentinamente. El mismo se encuentra en emanaciones de combustión, tales como las que producen los automóviles y los camiones, los motores pequeños de gasolina, cocinas, faroles, madera y carbón encendido, cocinas de gas y sistemas de calefacción. El CO proveniente de estas fuentes puede acumularse en espacios cerrados o semicerrados. Las personas que

se encuentran en estos espacios pueden intoxicarse si lo respiran (Davis & Masten, 2005).

Según Verdejo (2000) es letal a bajas dosis debido a su facilidad para combinarse con la hemoglobina (Hb) contenida en la sangre, dando lugar a un compuesto conocido como carboxi-hemoglobina (COHb), reduciendo la capacidad de la misma para transportar oxígeno (O₂).

Con las concentraciones típicas encontradas en las calles (30 mg/m³ en horas picos de tráfico), el CO causa somnolencia, dolores de cabeza y cansancio bajo una exposición prolongada (Ortman et al, 2003).

El CO afecta el sistema cardiovascular, produciendo alteraciones electrocardiográficas, tales como, taquicardia sinusal y fibrilación auricular. La presencia de COHb en el músculo cardiaco produce disminución de la oxigenación con aumento o descensos bruscos de la presión diastólica debido al efecto inotrópico negativo de la CO(Hb) (Jaimes & Hernández 1990).

Levitzky (2013) indica que el CO es pernicio-

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de los niveles de carboxihemoglobina por día del grupo de casos, en la entrada (E)

Estadísticos		Carboxihemoglobina en la entrada, grupo de casos						
		COHb. Día1.E	COHb. Día2.E	COHb. Día3.E	COHb. Día4.E	COHb. Día5.E	COHb. Día6.E	COHb. Día7.E
Media		3,75	4,00	4,33	4,50	4,72	4,20	4,15
I. C. para la media al 95%	Lím. Inf.	2,95	3,27	3,61	3,76	4,03	3,49	3,46
	Lím. Sup.	4,55	4,73	5,04	5,24	5,42	4,91	4,84
Media recortada al 5%		3,69	4,00	4,19	4,33	4,67	4,17	4,14
Mediana		3,00	3,00	3,50	4,00	5,00	4,00	4,00
Varianza		6,244	5,179	5,046	5,385	4,666	4,933	4,592
Desv. típ.		2,499	2,276	2,246	2,320	2,160	2,221	2,143
Mínimo		0	0	1	1	1	0	0
Máximo		9	8	10	11	9	9	8
Rango		9	8	9	10	8	9	8
Amplitud intercuartil		4,00	4,00	3,00	3,00	3,00	3,75	4,00
Asimetría		0,404	0,275	0,900	1,037	0,118	0,444	0,025
Curtosis		-0,849	-0,906	0,059	0,788	-0,896	-0,705	-1,058

so por varias razones. Una persona que respira concentraciones muy bajas de CO puede alcanzar lentamente niveles de carboxihemoglobina (COHb) en la sangre que amenazan la vida, debido a que el CO tiene una alta afinidad por la hemoglobina (Hb).

Según Ponce et al., (2005) la concentración ambiental de CO depende principalmente de la densidad vehicular, y está influenciada por la topografía y condiciones climáticas. En las calles la concentración del monóxido de carbono es máxima en la ladera a nivel del pavimento

MATERIALES Y MÉTODOS

Se midieron los niveles de carboxihemoglobina en sangre a los cuarenta trabajadores expuestos al fenómeno, grupo caso y a los otros cuarenta denominados grupo control, con un oxímetro portátil de marca masimo modelo RAD 57 con tecnología rainbow que analiza múltiples longitudes de onda de luz para medir con precisión la carboxihemoglobina (HbCO) de forma no invasiva.

Se estudió los niveles de carboxihemoglobina medidos en ambos grupos durante 7 días de seguimiento en dos momentos del día denominado como entrada, al llegar en sus lugares de trabajo (COHb.Día1.E al COHb.Día7.E) y salida, momento en el que las personas se disponían a dar por terminada su jornada laboral (COHb.Día1.S al COHb.Día7.S).

Para el análisis e interpretación de datos, en principio se desarrolló un análisis exploratorio de datos según Pérez (2004), y para complementar, con respecto a las diferencias significativas, se empleó un método estadístico no paramétrico conforme Siegle (2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Niveles de carboxihemoglobina

Entrada

Los niveles de carboxihemoglobina encontrados en la entrada (E) de las personas expuestas a la zona de alto tráfico vehicular (Tabla 1), tuvieron un promedio que va en aumento desde el primer día hasta el quinto día (3,75 a 4,72), luego fue descendiendo hasta un poco menos de lo que era en el tercer día

(4,15). Del mismo modo ocurre con la mediana (de 3,00 a 5,00) luego baja y permanece estable (4,00) en los dos últimos días.

Los valores mínimos varían entre 0,00 a 1,00 siendo los mayores de estos mínimos en los días tercero, cuarto y quinto; en cuanto a los valores máximos varían entre 8,00 a 11,00 alcanzando el mayor nivel en los días tercero y cuarto para luego descender paulatinamente hasta un nivel 8,00 en el séptimo día, cosa que es parecido con los días dos y el quinto.

Los niveles de carboxihemoglobina encontrados en la salida (S) de las personas expuestas a la zona de alto tráfico vehicular (Tabla 2), tuvieron un promedio que va en aumento desde el primer día hasta el quinto día (5,45 a 6,65), luego tuvo un descenso casi igualando con lo del segundo día (5,73), y en el último día nuevamente con un aumento similar a lo de tercer día (6,15).

Estas mediciones tienen poca probabilidad de una distribución normal ($p < 0,05$), excepto lo del séptimo día con la corrección de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$), sin embargo las mediciones son homogéneas, asimismo se ha encontrado un valor anómalo considerado como atípico superior ($^{\circ}$) en el día cuatro, según las gráficas de cajas y bigotes (Figura 1). Con la prueba Estadística No Paramétrica la de Friedman (Tabla 3), no se ha encontrado diferencia estadísticamente significativa de los niveles

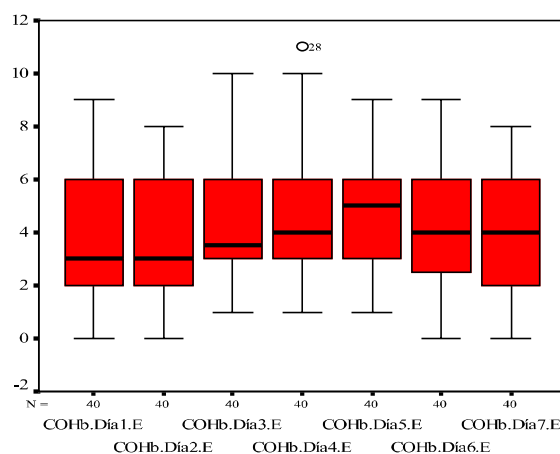


Figura 1. Cajas y bigotes de los niveles de Carboxihemoglobina por día del grupo de casos, en la entrada.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos de los niveles de carboxihemoglobina por día del grupo de casos, en la salida (S)

Estadísticos		Carboxihemoglobina en la salida, grupo de casos						
		COHb. Día1.S	COHb. Día2.S	COHb. Día3.S	COHb. Día4.S	COHb. Día5.S	COHb. Día6.S	COHb. Día7.S
Media		5,45	5,70	6,18	6,53	6,65	5,73	6,15
I.C. para la media al 95%	Lím. Inf.	4,74	5,00	5,40	5,80	6,01	4,99	5,60
	Lím. Sup.	6,16	6,40	6,95	7,25	7,29	6,46	6,70
Media recortada al 5%		5,39	5,69	6,17	6,50	6,67	5,67	6,17
Mediana		5,00	6,00	6,00	6,00	6,50	5,00	6,00
Varianza		4,921	4,831	5,840	5,179	3,977	5,230	3,003
Desv. típ.		2,218	2,198	2,417	2,276	1,994	2,287	1,733
Mínimo		2	1	2	3	3	2	2
Máximo		10	10	11	11	10	10	10
Rango		8	9	9	8	7	8	8
Amplitud intercuartil		4,00	4,00	4,75	3,00	3,00	4,00	2,00
Asimetría		0,300	0,022	0,255	0,035	0,002	0,330	0,131
Curtosis		-1,142	-0,856	-0,901	-1,051	-0,730	-0,977	0,149

carboxihemoglobina en el transcurso del tiempo, en la entrada ($p=0,255$).

Salida

Los niveles de carboxihemoglobina encontrados en la salida (S) de las personas expuestas a la zona de alto tráfico vehicular (Tabla 2), tuvieron un promedio que va en aumento desde el primer día hasta el quinto día (5,45 a 6,65), luego tuvo

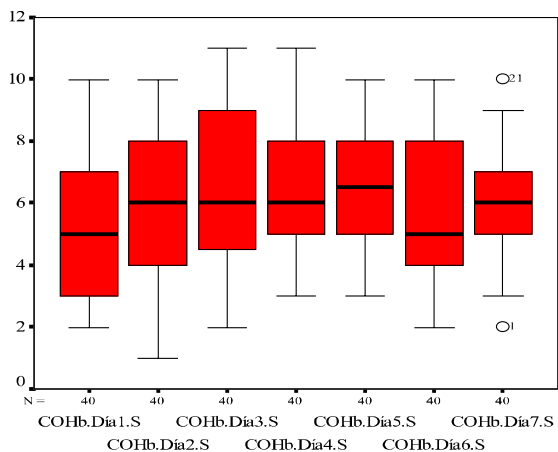


Figura 2. Cajas y bigotes de los niveles de carboxihemoglobina por día del grupo de casos, en la salida.

Tabla 3. Resumen estadístico y la significancia con la prueba de Friedman del grupo de casos, en la entrada.

Grupo de casos	Rango promedio		
COHb.Día1.E	3,39	N	40
COHb.Día2.E	3,76	Chi-cuadrado	7,770
COHb.Día3.E	4,30	gl	6
COHb.Día4.E	4,39	Sig. asintót.	0,255
COHb.Día5.E	4,36		
COHb.Día6.E	3,94		
COHb.Día7.E	3,86		

un descenso casi igualando con lo del segundo día (5,73), y en el último día nuevamente con un aumento similar a lo de tercer día (6,15).

Del mismo modo ocurre con la mediana, hasta el quinto día va en aumento (de 5,00 a 6,50) luego un descenso hasta el séptimo día equilibrándose con los días dos, tres y cuatro (6,00), es decir que los días dos, tres, cuatro y séptimo las medianas tuvieron el mismo comportamiento estable (6,00). Los valores mínimos varían entre 1,00 a 3,00 siendo los mayores de estos mínimos en los días cuarto y quinto; en cuanto a los valores máximos varían entre 10,00 a 11,00 alcanzando el mayor nivel en los días tercero y cuarto para luego descender y permanecer estable con el resto de los días, a un nivel 10,00.

Estas mediciones tienen poca probabilidad de una distribución normal ($p < 0,05$), excepto lo del segundo día con la corrección de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$); por otro lado las mediciones no son homogéneas, y también se ha detectado valores anómalos superior e inferior en el séptimo día ($^{\circ}$), sin embargo estos valores están en el rango de las demás mediciones diarias, según las gráficas de cajas y bigotes (Figura 2).

Con la prueba Estadística No Paramétrica de Friedman (Tabla 4), se ha encontrado diferencia estadísticamente significativa de los niveles de carboxihemoglobina en el transcurso del tiempo, en donde los mayores valores se concentran para

los días tres, cuatro, cinco y siete, siendo en el quinto día la concentración más alta de todos, en la salida ($p < 0,001$).

Comparación de los valores de carboxihemoglobina obtenidos de la muestra que son expuestas al fenómeno con un grupo control

Con el objeto de dar una síntesis en cuanto al comportamiento de los niveles de carboxihemoglobina, en dos puntos de referencias denominados casos y controles, así como en los momentos temporales (días de seguimiento) tanto en la entrada de los vendedores en sus trabajos y salida de la misma, se ha hecho comparaciones de los resultados, tanto descriptivos como las pruebas de hipótesis.

Entrada (grupo control)

Los niveles de carboxihemoglobina encontrados en la entrada (E) en las personas pertenecientes al grupo control (que no están expuestas) experimentan una tendencia similar a la de las personas expuestas, éste en todo momento están por debajo de los niveles alcanzados de las personas expuestas, dos veces menos (2,3 primer día a 2,7 en el séptimo día) (Tabla 5).

Del mismo modo ocurre con la mediana (de 3,0 a 5,0) luego baja y permanece estable (4,00) en los dos últimos días; mientras que, los del grupo control en todo momento permanecen estable (2,0), pero a un nivel muy por debajo comparado con el otro

Tabla 4. Pruebas de normalidad de los niveles de carboxihemoglobina por día del grupo de casos, en la salida. *) Corrección de la significación de Lilliefors

	Kolmogorov-Smirnov(*)			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
COHb.Día1.S	0,165	40	0,008	0,915	40	0,005
COHb.Día2.S	0,152	40	0,020	0,945	40	0,053
COHb.Día3.S	0,162	40	0,010	0,943	40	0,044
COHb.Día4.S	0,192	40	0,001	0,936	40	0,026
COHb.Día5.S	0,128	40	0,098	0,954	40	0,101
COHb.Día6.S	0,174	40	0,004	0,931	40	0,017
COHb.Día7.S	0,234	40	0,000	0,941	40	0,039

Estadísticos		Grupo	Carboxihemoglobina						
			COHb. Día1.E	COHb. Día2.E	COHb. Día3.E	COHb. Día4.E	COHb. Día5.E	COHb. Día6.E	COHb. Día7.E
Media		Control	2,3	2,4	2,6	2,5	2,4	2,5	2,7
		Caso	3,8	4,0	4,3	4,5	4,7	4,2	4,2
IC para la media al 95%	Lím. Inf.	Control	1,7	1,7	1,9	1,7	1,6	1,7	1,9
		Caso	3,0	3,3	3,6	3,8	4,0	3,5	3,5
	Lím. Sup.	Control	2,9	3,2	3,4	3,2	3,2	3,3	3,5
		Caso	4,5	4,7	5,0	5,2	5,4	4,9	4,8
Media recortada al 5%		Control	2,2	2,3	2,4	2,2	2,2	2,3	2,5
		Caso	3,7	4,0	4,2	4,3	4,7	4,2	4,1
Mediana		Control	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
		Caso	3,0	3,0	3,5	4,0	5,0	4,0	4,0
Varianza		Control	3,3	5,4	5,5	5,7	6,6	6,3	6,1
		Caso	6,2	5,2	5,0	5,4	4,7	4,9	4,6
Desv. típ.		Control	1,8	2,3	2,3	2,4	2,6	2,5	2,5
		Caso	2,5	2,3	2,2	2,3	2,2	2,2	2,1
Mínimo		Control	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		Caso	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0
Máximo		Control	6,0	8,0	9,0	10,0	9,0	9,0	10,0
		Caso	9,0	8,0	10,0	11,0	9,0	9,0	8,0
Rango		Control	6,0	8,0	9,0	10,0	9,0	9,0	10,0
		Caso	9,0	8,0	9,0	10,0	8,0	9,0	8,0
Amplitud intercuartil		Control	2,0	2,0	2,0	2,8	2,0	2,8	2,0
		Caso	4,0	4,0	3,0	3,0	3,0	3,8	4,0
Asimetría		Control	0,8	1,1	1,1	1,4	1,4	1,2	1,2
		Caso	0,4	0,3	0,9	1,0	0,1	0,4	0,0
Curtosis		Control	-0,3	0,2	0,9	1,8	1,1	0,9	1,2
		Caso	-0,8	-0,9	0,1	0,8	-0,9	-0,7	-1,1

Tabla 5. Estadísticos descriptivos de los niveles de carboxihemoglobina por día de los grupos de casos y controles, en la entrada (E)

grupo de casos (las personas expuestas), inclusive en el quinto día éste último grupo le supera en más de la mitad.

Los valores mínimos varían entre 0,0 a 1,0 para el grupo de casos, siendo los mayores de estos mínimos en los días tercero, cuarto y quinto; sin

embargo en lo del grupo control permanecen estable en todo momento (0,0) y por debajo del otro grupo. En cuanto a los valores máximos varían entre 8,00 a 11,00 del grupo de casos, alcanzando el mayor nivel en los días tercero y cuarto para luego descender paulatinamente hasta un nivel 8,00 en

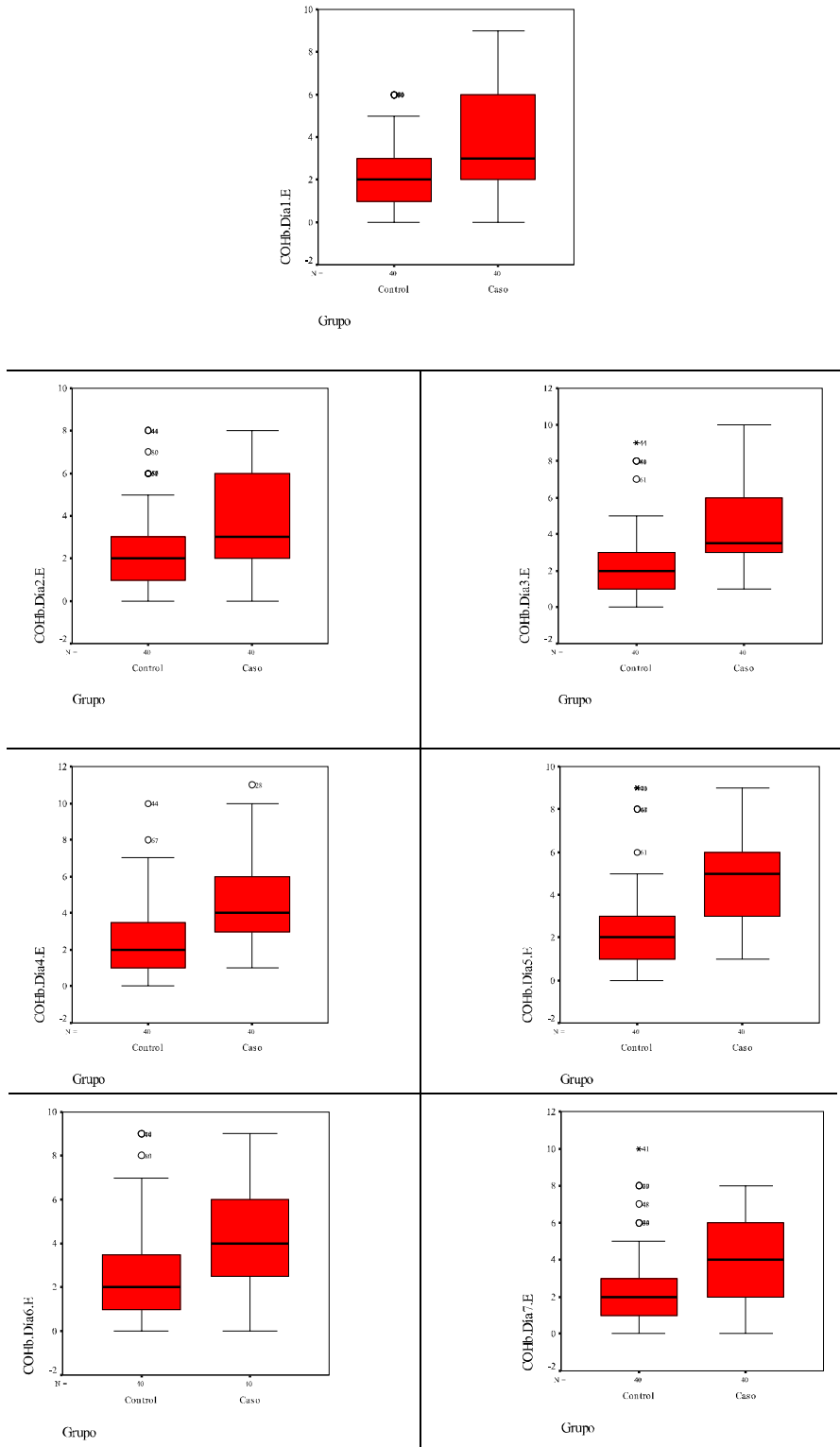


Figura 3. Cajas y bigotes de los niveles de carboxihemoglobina por día de los grupos de casos y controles, en la entrada (E)

el séptimo día, cosa que es parecido con los días dos y el quinto; la misma tendencia para el grupo control hasta el cuarto día (6,0 a 10) luego tuvo un descenso y estable hasta el sexto día (9,0) para luego nuevamente alcanzar el pico máximo el último día.

Estas mediciones de todo momento del tiempo, tanto para el grupo de casos y controles, tienen poca probabilidad de una distribución normal ($p < 0,05$), excepto lo del séptimo día con la corrección de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$); sin embargo las mediciones no son homogéneas comparado entre

éstos grupos para todos los días, llevando la mayor variabilidad los del grupo expuestos, asimismo se ha encontrado valores anómalos considerados como atípicos superiores ($^{\circ}$) en todo momento del día, sin embargo estos valores anómalos están en los rangos de los valores alcanzados del grupo de casos, según las gráficas de cajas y bigotes (Figura 3).

Con la prueba Estadística No Paramétrica la de Friedman, no se ha encontrado diferencia estadísticamente significativa de los niveles de carboxihemoglobina en el transcurso del tiempo, en ambos

Tabla 6. Estadísticos descriptivos de los niveles de carboxihemoglobina por día de los grupos de casos y controles, en la salida (S)

Estadísticos	Grupo	Carboxihemoglobina							
		COHb. Día1.S	COHb. Día2.S	COHb. Día3.S	COHb. Día4.S	COHb. Día5.S	COHb. Día6.S	COHb. Día7.S	
Media	Control	2,8	2,9	3,3	3,1	3,2	3,4	3,6	
	Caso	5,5	5,7	6,2	6,5	6,7	5,7	6,2	
IC. para la media al 95%	Lím. Inf.	Control	2,1	2,2	2,5	2,2	2,4	2,6	2,7
		Caso	4,7	5,0	5,4	5,8	6,0	5,0	5,6
	Lím. Sup.	Control	3,4	3,7	4,1	4,0	3,9	4,3	4,5
		Caso	6,2	6,4	6,9	7,3	7,3	6,5	6,7
Media recortada al 5%	Control	2,7	2,8	3,1	2,9	3,0	3,3	3,4	
	Caso	5,4	5,7	6,2	6,5	6,7	5,7	6,2	
Mediana	Control	2,0	2,0	3,0	2,0	2,0	3,0	3,0	
	Caso	5,0	6,0	6,0	6,0	6,5	5,0	6,0	
Varianza	Control	3,9	5,6	5,9	7,5	5,6	6,8	7,9	
	Caso	4,9	4,8	5,8	5,2	4,0	5,2	3,0	
Desv. típ.	Control	2,0	2,4	2,4	2,7	2,4	2,6	2,8	
	Caso	2,2	2,2	2,4	2,3	2,0	2,3	1,7	
Mínimo	Control	,0	,0	,0	,0	1,0	,0	,0	
	Caso	2,0	1,0	2,0	3,0	3,0	2,0	2,0	
Máximo	Control	7,0	9,0	10,0	10,0	9,0	10,0	11,0	
	Caso	10,0	10,0	11,0	11,0	10,0	10,0	10,0	
Rango	Control	7,0	9,0	10,0	10,0	8,0	10,0	11,0	
	Caso	8,0	9,0	9,0	8,0	7,0	8,0	8,0	
Amplitud intercuartil	Control	2,0	3,0	3,0	3,0	1,8	3,8	3,0	
	Caso	4,0	4,0	4,8	3,0	3,0	4,0	2,0	
Asimetría	Control	1,0	1,1	,8	1,2	1,4	1,1	1,1	
	Caso	,3	,0	,3	,0	,0	,3	,1	
Curtosis	Control	,1	,4	,4	,5	1,1	,3	,3	
	Caso	-1,1	-,9	-,9	-1,1	-,7	-1,0	,1	

grupos de casos y controles, en la entrada ($p=0,255$; $p=0,633$; respectivamente).

Salida

Los niveles de carboxihemoglobina encontrados en la salida (S) de las personas expuestas a la zona de alto tráfico vehicular (Tabla 6), tuvieron un promedio que va en aumento desde el primer día hasta el quinto día (5,5 a 6,7), luego fue bajándose hasta equilibrarse con lo de tercer día (6,2) en el día siete; a pesar de que las personas del grupo control (que no están expuestas) experimenten una tendencia similar pero más prolongado llegando la crecida hasta el día siete, éste en todo momento están por debajo de los niveles alcanzados de las personas expuestas, unas dos veces menos (2,8 primer día a 6,2 en el séptimo día).

Del mismo modo ocurre con la mediana (de 5,0 a 6,5) luego baja en los dos últimos días, en donde se equilibra con los días dos, tres y cuatro (6,0); mientras que, los del grupo control en casi todo momento permanecen estable (2,0 para primero, segundo, cuarto y quinto día; y 3,00 para tercero, sexto y séptimo día), pero a un nivel muy por debajo comparado con el otro grupo de casos, inclusive en el quinto día éste último grupo le supera en más de la mitad.

Los valores mínimos varían entre 1,0 a 3,0 para el grupo de casos, siendo los mayores de estos mínimos en los días cuarto y quinto; sin embargo en lo del grupo control permanecen estable en casi todo momento 1,0 en el quinto día y 0,0 en las demás, y la mayoría de éstos están por debajo o nivelado con el otro grupo. En cuanto a los valores máximos, varían entre 10,0 a 11,00 del grupo de casos, alcanzando el mayor nivel en los días tercero y cuarto, en los demás días son iguales a 10,0; la misma tendencia para el grupo control hasta el cuarto día (7,0 a 10) al día siguiente tuvo un descenso pero después nuevamente aumentó continuando hasta el último día (11,0), que es el nivel máximo en este grupo.

Estas mediciones de todo momento del tiempo, tanto para el grupo de casos y controles, tienen poca probabilidad de una distribución

normal ($p<0,05$), excepto lo del segundo día para el grupo expuestos con la corrección de Shapiro-Wilk ($p>0,05$); en mayoría de las mediciones del grupo control están por debajo de los niveles del grupo expuesto, con una homogeneidad comparando entre éstos grupos para casi todos los días a excepción del último día, que arroja mayor variabilidad los del grupo control, asimismo se ha encontrado valores anómalos considerados como atípicos superiores ($^{\circ}$) hasta el sexto día, pero estos valores están dentro del rango encontrado en el grupo expuesto, sin embargo en el séptimo día ha ocurrido lo contrario, es decir a pesar la existencia de valores anómalos superiores en inferiores para el grupo de casos, estos están por debajo de los niveles encontrados en el grupo control, según las gráficas de cajas y bigotes, en la salida (Figura 4).

Con la prueba Estadística No Paramétrica, la de Friedman, las diferencias encontradas de los niveles de carboxihemoglobina son muy significativas, incluso al 1% o menos de error ($p<0,001$) del grupo que están expuestos; sin embargo, no ocurre así con el grupo de no expuestos en forma directa (control) que al 5% de error no son significativos, pero al 10%, sí los son ($p=0,095$), es decir con el paso de los días se detectaron concentraciones de niveles de carboxihemoglobina diferentes, tanto para grupo casos y controles, siendo los del grupo expuestos muy significativo y los del grupo control un poco más leve, ambos en la salida del trabajo.

CONCLUSIÓN

Los niveles promedio de COHb en el inicio y en el término de las jornadas laborales de las personas expuestas a la zona de alto tráfico vehicular tuvieron un promedio máximo general por encima de los que presentaron las personas que conforman el grupo control, trabajadores no expuestos al fenómeno que en todo momento exhiben valores hasta dos veces menor con respecto al primero.

En los trabajadores expuestos, en el horario de la salida del trabajo se observan valores que

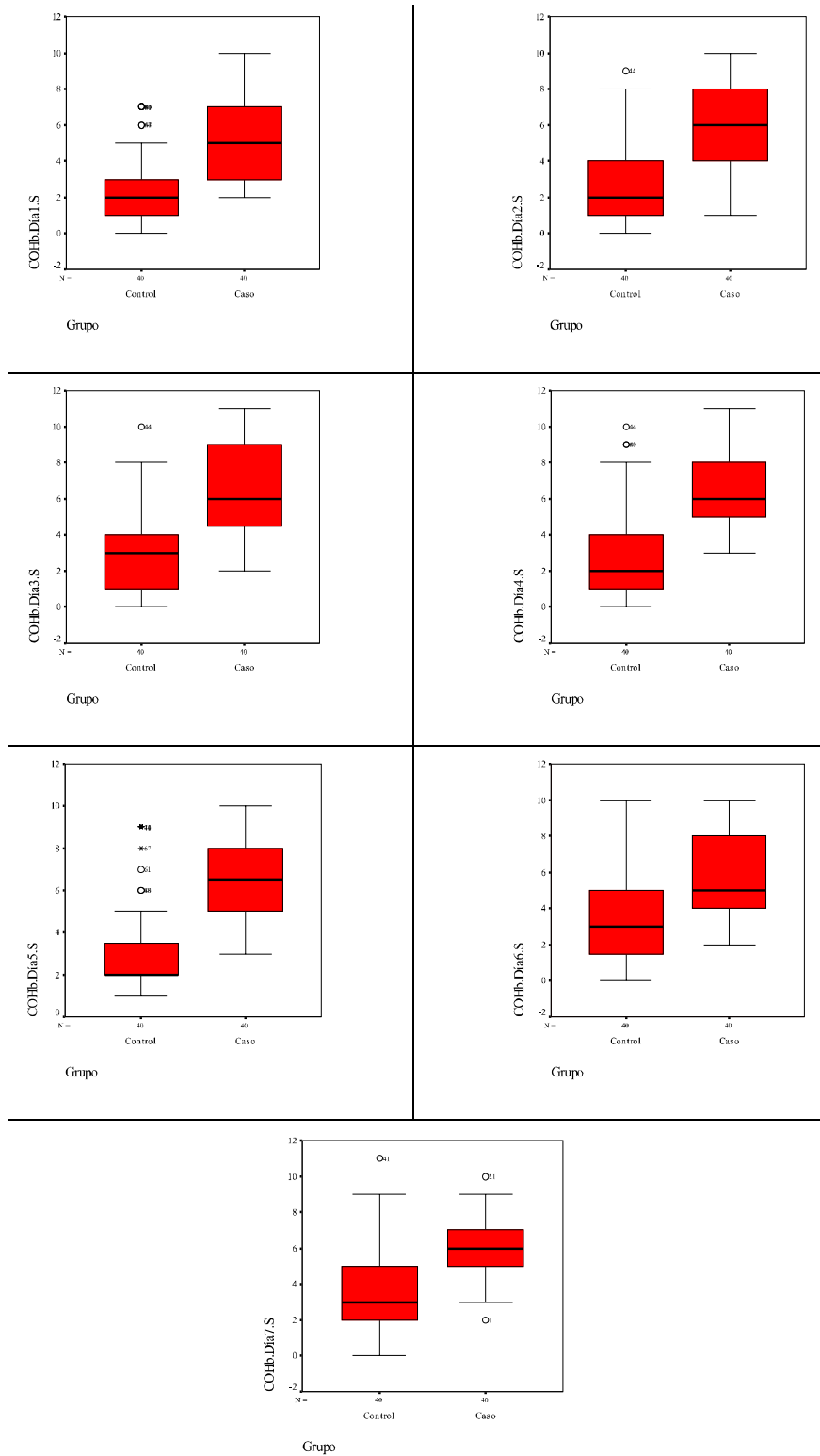


Figura 4. Cajas y bigotes de los niveles de carboxihemoglobina por día de los grupos de casos y controles, en la salida.

exhiben un aumento en los niveles de COHb con respecto al inicio de sus jornadas laborales. No se registra disminución del porcentaje de COHb a lo largo de una semana, con respecto a los horarios de entrada y salida, se observan valores que se mantienen o bien aumentan a lo largo de la jornada. Las personas más susceptibles a sufrir incidencia del CO sobre su bienestar laboral pertenecen a los grupos sociales más desprotegidos.

BIBLIOGRAFIA

- Castells, X.E. & Bordas, S. (2012). *Energía, Agua, Medioambiente, territorialidad y Sostenibilidad*. 1 ed. España: Díaz de Santos. 975 pp.
- Davis, M. & Masten, S. (2005). *Ingeniería y Ciencias Ambientales*. México: McGraw-Hill. 750 pp.
- Enger, E. & Smith, B. (2006). *Ciencia Ambiental*. 10 ed. México: McGraw-Hill. 476 pp.
- Jaimes, M. & Hernández, L. (1990). Determinación de niveles sanguíneos de carboxihemoglobina como función de la exposición al monóxido de carbono en la ciudad de Bogotá. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 18: 21-27.
- Mencías Rodríguez, E. & Mayero Franco, L. M. (2000). *Manual de toxicología básica*. España: Díaz de Santos. 767 pp.
- Orozco, B., Pérez, A., Alafayate, J., Rodríguez, F. & González, N. (2003). *Contaminación Ambiental: una visión desde la Química*. 1 ed. México: Paraninfo. 688 pp.
- Ortmann, R., Hess, W., Moncher, B. & Eggers, M. (2003). *Técnicas de gases de escape para motores de gasolina*. 2 ed. Barcelona: Bosch. 97 pp.
- Ponce, R.; Peña, L.; Ramírez, M.; Villena, J.; Roe, E.; Villena, J. (2005). Variación del Nivel de Carboxihemoglobina en Corredores Aficionados en Ambientes con Tránsito de Vehículos motorizados en el Distrito de San Isidro. *Revista Médica Herediana*, 16(4): 266-272.
- Siegle, S. (2001). *Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta*. 2 ed. México, Trillas. 346 pp.
- Stanley, E. (2007). *Introducción a la Química Ambiental*. 1 ed. México: Reverté. 725 pp.

¿De qué herramientas disponen los investigadores?

Which are the tools available for scholars?

Magalí Ferreira¹, Danilo Fernández Ríos¹ & Nidia Benítez Candia^{1,2}

¹Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Biotecnología. ²Email: nidiabbc@gmail.com

Resumen: El presente trabajo es una adaptación del artículo "Which Are the Tools Available for Scholars? A Review of Assisting Software for Authors during Peer Reviewing Process", el cual ofrece una lista de 220 herramientas de software útiles para académicos durante el proceso de redacción, edición, publicación y revisión de artículos científicos. Se realizó la presente adaptación con la intención de disponibilizar la lista a autores de habla hispana a fin de enriquecer la experiencia de los investigadores a la hora de preparar sus manuscritos para la publicación, ahorrándoles tiempo y mejorando la calidad de sus trabajos. Las herramientas mencionadas fueron divididas por los autores del trabajo original en las siguientes categorías: (I) Identificación y redes sociales, (II) Motores de búsqueda académicos, (III) Herramientas de pareo de revistas científicas con resúmenes de artículos, (IV) Editores de texto colaborativos, (V) Herramientas de visualización y análisis de datos, (VI) Gestión de referencias, (VII) Corrección y detección de plagio, (VIII) Archivo de datos, y (IX) Cienciometría y Métricas alternativas. La metodología de recolección de estas herramientas se encuentra en el trabajo original.

Palabras clave: tecnología de la información y comunicación; TIC; redacción; política científica.

Abstract: This paper is an adaptation of the article "Which Are the Tools Available for Scholars? A Review of Assisting Software for Authors during Peer Reviewing Process", which provides a list of 220 software tools useful for academics during the process of writing, editing, publishing, and reviewing scientific articles. The present adaptation was made with the intention of making the list available to Spanish-speaking authors in order to enrich the experience of researchers in preparing their manuscripts for publication, saving them time and improving the quality of their work. The tools mentioned above were divided by the authors of the original work into the following categories: (I) Identification and social media, (II) Academic search engines, (III) Journal-abstract matchmakers, (IV) Collaborative text editors, (V) Data visualization and analysis tools, (VI) Reference management, (VII) Proofreading and plagiarism detection, (VIII) Data archiving, and (IX) Scientometrics and Altmetrics. The methodology for the collection of these tools can be found in the original work.

Key words: information and communication technology; ITC; writing; science policy.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo es una adaptación del artículo "Which Are the Tools Available for Scholars? A Review of Assisting Software for Authors during Peer Reviewing Process" (Martínez-López, Barrón-González, & Martínez López, 2019), publicado bajo la licencia de Reconocimiento 4.0 Internacional (Creative Commons, 2019).

Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) han cambiado la naturaleza y las tareas del proceso de revisión por pares de las publicaciones académicas. Investigadores y editores se han adaptado a los cambios introducidos por el formato digital. El formato digital redujo el tiempo de publicación al ofrecer una presentación y revisión

sistematizadas. También creó nuevos esquemas de distribución para artículos, como Open Access (OA), o acceso por suscripción, entre otras plataformas innovadoras. Aunque la mayoría de estos cambios se ha producido del lado de los editores, ha habido muchas nuevas oportunidades en la forma en que los investigadores producen y manejan la información. La elaboración de un manuscrito es inherentemente una actividad multidisciplinaria que requiere un examen minucioso y la preparación de un documento especializado. El proceso también funciona como un sistema complicado en el que las personas desempeñan diversas funciones como autores, validadores (a través de la citación), gestores de proyectos y colaboradores (coautores) (Borgman,

Recibido: 5/11/2019 Aceptado: 2/12/2019



2010). Muchos investigadores podrían no ser conscientes de las funciones que deben desempeñar y de las correspondientes herramientas de TIC a su disposición. Además, las compilaciones de software para abordar el proceso de revisión por pares son extremadamente raras. Los que están disponibles sólo se refieren a los gestores de referencia y a las redes sociales académicas.

La importancia de los documentos digitales está avalada por el registro de 133 millones de objetos digitales hasta la fecha. El Identificador de Objeto Digital (DOI) es una cadena alfanumérica única asignada por la Fundación Internacional DOI para proporcionar una identificación persistente de contenido en redes digitales (DOI Foundation, 2019). Un nombre DOI está permanentemente vinculado a un objeto abstracto o físico para proporcionar un vínculo persistente con la información actual sobre ese objeto, incluyendo información sobre dónde encontrarlo (Paskin, 2009). Estos identificadores de documentos son generados por el editor a través de una agencia de registro (Crossref, 2019b), una vez que el manuscrito es aprobado por los editores. Una vez que un documento está disponible para su distribución y redistribución, el impacto de la in-

formación puede ser rastreado en las redes sociales, las redes académicas y en línea con la firma digital proporcionada por estos sistemas de registro.

Para proporcionar una base de referencia de las actividades derivadas de la producción de documentos académicos, se identificaron las tareas más comunes entre los investigadores independientemente de las disciplinas, sectores y países particulares. Se propuso una taxonomía (Tabla 1) basada en un conjunto heterogéneo de fuentes tales como guías para el desarrollo de las habilidades de escritura científica y académica (Heard, 2016; Matthews & Matthews, 2014; McMillan & McMillan, 2012), directrices de revistas y editoriales (Elsevier, 2019a; PLoS, 2019; Springer, 2019a), estudios exhaustivos sobre edición y revisión (ICMJE, 2019; Morris, Barnas, LaFrenier, & Reich, 2013; Paltridge, 2013; PLoS, 2019; Wager & Kleinert, 2012; Wiley, 2019b), guías para bibliotecarios (Akers, Sarkozy, Wu, & Slyman, 2016; Barnes, 2015; Cronin & Sugimoto, 2014; Gingras, 2016; Ibrahim, Habacha Chaibi, & Ben Ahmed, 2015; Koffel, 2015; Nández & Borrego, 2013; Stephen McMinn, 2011), y políticas descritas directamente por las organizaciones relevantes para el proceso.

Tabla 1. Software de apoyo para la taxonomía y función del proceso de revisión por pares.

Categoría	Función TIC
Identificación y redes sociales	Diferenciar al autor de los demás investigadores y proporcionar los medios para relacionarlo con sus pares.
Buscadores académicos	Encontrar y recuperar información académica como artículos, libros y conjuntos de datos.
Herramientas de pareo de revistas científicas con resúmenes de artículos	Sugerir revistas científicas apropiadas a las cuales presentar un manuscrito.
Editores de texto colaborativo	Elaborar un manuscrito para presentarlo en una institución académica.
Visualización y análisis de datos	Procesar datos y generar las referencias dentro de un documento.
Gestión de referencias	Facilitar las citas y gestionar las referencias dentro de un documento.
Corrección y detección de plagio	Revisar un documento para detectar posibles problemas gramaticales, ortografía y plagio.
Archivo de datos	Mantener el acceso permanente a los datos científicos y académicos.
Cienciometría y Métricas Alternativas	Rastrear el desempeño de los autores y las contribuciones entre la academia y las redes sociales.

HERRAMIENTAS PREVIAS A LA PRESENTACIÓN DEL MANUSCRITO

Identificación y redes sociales

Existen millones de investigadores y estudiosos que trabajan y publican su trabajo y muchos de ellos comparten nombres similares. La ambigüedad de la identidad es un problema causado por el hecho de compartir un apellido con algunos pares en un área determinada (AlternativeTo, 2019). Esta situación puede llevar a los autores con un historial de publicación existente a perder el rastro de algunos de sus trabajos o a ser atribuidos a un homónimo. La identificación de los autores académicos solía ser un campo muy competitivo entre los editores. Todavía existen algunos servicios de identificación disponibles para los investigadores: Scopus Author Identifier (Elsevier, 2019c), Researcher iD (Web of Science Group, 2019b), arXiv Author ID (Cornell University, 2019b), Open Researcher & Contributor ID (ORCID) (ORCID, 2019a), y muchos otros editores que han estado trabajando en el desarrollo de un identificador de nombre estándar internacional. Sin embargo, la mayoría de estos desarrolladores ya se han unido o están trabajando estrechamente con el Grupo ORCID para hacer que el ORCID esté disponible de manera gratuita e interoperable con los sistemas de identificación existentes (“Credit where credit is due”, 2009).

ORCID es un servicio gratuito que asigna un número de identificación único a cada autor de un documento científico. Los autores pueden crear un perfil con información personal y profesional y recibir un número de 16 dígitos asignado como clave de identificación única (ORCID, 2019b). El registro en ORCID proporciona los medios para emparejar a autores y revisores para que participen en un proceso de revisión por pares luego de la publicación. Además, también es posible acceder a otros servicios académicos con ese registro. Este sistema de identificación es gratuito para los usuarios finales, pero hay un costo de membresía si usted pertenece a una agencia de financiación de la investigación, a organizaciones de investigación o a cualquier entidad editorial.

Las redes sociales ofrecen un marco para que los

usuarios muestren sus conocimientos, experiencia y competencia en la búsqueda de adquirir y conservar una reputación profesional (Lupton, 2014; Ovadia, 2013; Thelwall & Kousha, 2015). Las redes sociales de orientación académica, como Mendeley (Mendeley, 2019), ResearchGate (ResearchGate, 2019) o Academia.edu (Academia.edu, 2019), han imitado el comportamiento de proliferación de la información de servicios de audiencia general como Facebook, Twitter o Instagram. Existe una base creciente de usuarios que están comenzando a promover su investigación, ampliar sus relaciones con sus pares y seguir las actividades de proyectos o grupos de investigación en servicios de redes sociales con orientación académica.

ResearchGate es una plataforma social con más de 10 millones de miembros. Este sitio requiere registro con un correo electrónico institucional bajo un perfil académico, corporativo, médico o de audiencia general. Los usuarios pueden hacer una lista de sus publicaciones, publicar preguntas o proporcionar respuestas a otros usuarios. También mantiene cierta información cuantitativa básica sobre las contribuciones (conteo de citas) y publicaciones de más de 100 millones de artículos de libre acceso. Otras características sociales incluyen la interacción a través de preguntas y respuestas en foros, y la posibilidad de publicar o postularse a puestos de trabajo académicos.

Las ventajas de la presencia en línea de un académico son la visibilidad y el reconocimiento profesional. Los investigadores utilizan cada vez más las redes sociales para compartir artículos de revistas, pensamientos, opiniones, actualizaciones de conferencias, reuniones y próximos eventos (Bik & Goldstein, 2013).

La adopción de la distribución digital de las publicaciones académicas cambió la forma en que se evalúa a los investigadores. Más allá de los indicadores tradicionales, las métricas alternativas miden la influencia del rendimiento académico utilizando herramientas de las redes sociales. Estas herramientas pueden medir el impacto del trabajo académico en las redes sociales utilizando información general de las redes (por ejemplo, datos

de Facebook), o herramientas más especializadas u otros servicios sociales (Kintisch, 2014; Ovadia, 2014; Yu, Wu, Alhalabi, Kao, & Wu, 2016).

Las redes sociales ayudan a los investigadores a adquirir reconocimiento sobre sus publicaciones como autores. En contraste, la confidencialidad que se requiere cuando se actúa como revisor dificulta el reconocimiento de estas contribuciones incluso cuando tienden a consumir mucho tiempo (Menon & Muraleedharan, 2016). Publons (Publons, 2019) es una red social gratuita en línea que registra, verifica y destaca las contribuciones de académicos que actúan como revisores sin comprometer el anonimato. En su sistema, el perfil del revisor muestra su nivel de actividad, lo que facilita la cita de su trabajo de revisión en un currículum vitae o para solicitudes de financiación (Citrome, 2016). Este nivel es una puntuación de rendimiento utilizada para compararlos con sus pares (Smith, 2016), Wiley-Blackwell inició recientemente un programa piloto de colaboración en el que los revisores de algunas revistas podían acreditar su colaboración con este servicio. La editorial reportó una mejora en la tasa de aceptación de los revisores y un tiempo de revisión más rápido (Citrome, 2016). Este enfoque innovador ayuda a los investigadores a obtener el reconocimiento y la visibilidad necesarios para mejorar y motivar la actividad de revisión por pares (Menon & Muraleedharan, 2016).

Motores de búsqueda académicos

Una revisión de la literatura es un paso necesario para cualquier trabajo de investigación. La investigación académica comienza cuando los autores buscan el conocimiento para determinar el estado del arte de un tema determinado. Hoy en día, la investigación de literatura que alguna vez llevó meses o incluso años puede terminarse mucho más rápido mediante el uso de contenidos digitales. Por otra parte, el número de artículos y revistas aumenta continuamente, lo que dificulta a los investigadores mantenerse actualizados en sus áreas (McMillan & McMillan, 2012). A pesar de la revolución digital, la realización de un proyecto de investigación con datos que otras personas han almacenado o reco-

gido es más o menos la misma actividad que antes. La diferencia entre las colecciones digitales y las tradicionales es que las bibliotecas físicas son más pequeñas, pero están bien organizadas, y el mundo digital es más extenso, pero desorganizado (Abbott, 2014). En la actualidad existen varias plataformas académicas, entre las cuales podemos citar a los buscadores Google Académico (Delgado López-Cózar, Orduña-Malea, & Martín-Martín, 2019) y Microsoft Academic (Hug, Ochsner, & Brändle, 2017), y a las bases de datos académicas Web of Science y Scopus (Brzezinski, 2015).

Las bases de datos académicas están organizadas como colecciones en línea de publicaciones científicas y académicas, divididas en dos categorías: bases de datos bibliográficas y bases de datos de texto completo. Las bases de datos bibliográficas pueden proporcionar información de un documento, como el título del artículo, los autores, el resumen, las referencias, los enlaces y las palabras clave, entre otros. En algunas bases de datos, el documento completo para descargar está disponible, como acceso abierto o detrás de una barrera de pago. Otras funciones avanzadas como el historial de búsqueda, tablas, búsqueda de imágenes, alerta de suscripción, descarga masiva de contenido y la posibilidad de compra de contenido individual sólo están presentes en los motores de búsqueda académicos. Otras características destacables son la implementación de la web 2.0 y las herramientas de redes sociales. Estos dos facilitan la interacción entre investigadores para encontrar socios potenciales, compartir información y discutir cuestiones concernientes a la investigación (Dukić, 2014; Ortega, 2014).

Herramientas de pareo de revistas científicas con resúmenes de artículos

Una vez que se ha completado una parte significativa del manuscrito, la elección de una revista adecuada puede acelerar su distribución y el impacto general de la investigación. Para los autores, el objetivo final es el número de lecturas y citas en las revistas más influyentes. Los autores de correspondencia, o la persona encargada de presentar un manuscrito, pueden elegir revistas de diferente alcance e influencia. Las razones para seleccionar

una revista específica son diversas y varían entre los investigadores. Algunos autores prefieren centrarse en el factor de impacto más alto disponible, mientras que otros se inclinan por seleccionar revistas con otras características específicas. Otras características atractivas en una revista son una audiencia más amplia, tiempos de revisión más cortos, una periodicidad de publicación más rápida, opciones flexibles de acceso abierto y tarifas de publicación más bajas. Los investigadores pueden evaluar todos estos rasgos para seleccionar la mejor opción en cuanto a la publicación que se ajuste a sus intereses.

Existen algunas herramientas de TIC diseñadas para ayudar a los autores a facilitar esta tarea. Utilizando algunos parámetros (resumen, palabras clave, opciones de acceso abierto, tema de investigación), es posible generar una lista de revistas que probablemente coincidan. Con el objetivo de aumentar el número de autores interesados en contribuir a su revista, las editoriales ofrecen servicios para sugerir las opciones más adecuadas entre sus títulos. La mayoría de las editoriales más importantes ofrecen algún tipo de herramienta de pareo de revistas con resúmenes de artículos entre sus materiales, como Elsevier (Elsevier, 2019b), Springer (Springer, 2019b) o Wiley-Blackwell (Wiley, 2019a). La evaluación de la compatibilidad entre un mayor número de fuentes se puede hacer a través de un servicio llamado Jane. Este servicio está disponible sin costo alguno e incluye todas las revistas en Medline (The Biosemantics Group, 2019). Una consulta en esta aplicación devolverá una lista ordenada de resultados con una puntuación de confianza para cada opción.

Otra herramienta valiosa para los autores es SciRev (SciRev, 2019), que es una plataforma de revisión del proceso de revisión por pares, donde los autores pueden compartir sus experiencias personales durante el proceso de presentación de artículos. La información proporcionada por los investigadores se convierte en una puntuación de cada revista y puede participar en actividades de comparación con estándares de referencia. Estos estándares de referencia incluyen en su análisis la duración de la primera ronda de revisión, todo el

tiempo de tratamiento de los manuscritos, el tiempo de rechazo inmediato, y la satisfacción general de los autores con el proceso de revisión.

La Herramienta de Evaluación del Espectro de Acceso Abierto califica cuantitativamente el grado de apertura de las revistas (Scholarly Publishing, Academic Resources Coalition, & Public Library of Science, 2014). Esta herramienta ofrece un mecanismo cuantificable para analizar las políticas de publicación. La información puede ser empleada por autores, bibliotecarios, financiadores de investigación y agencias gubernamentales para decidir sobre la dirección de las políticas. El registro está compuesto por alrededor de mil entradas. La evaluación de la apertura toma en consideración los derechos de los lectores y autores después de la publicación, la accesibilidad a los artículos completos y la indexación en repositorios.

Desafortunadamente, entre las valiosas revistas existentes, muchas publicaciones de baja calidad aprovechan el afán de los autores por publicar y descuidan la calidad del manuscrito en busca de la mera ganancia. Estas revistas y editoriales son calificadas como "depredadoras" cuando su único propósito es ganar dinero sin consideraciones éticas. Un sitio mantenido por Jeffrey Beall (Beall's List, 2019), un bibliotecario y profesor de la Universidad de Colorado en Denver, ofrece listas depuradas de posibles, potenciales, o probables editoriales y revistas académicas de libre acceso depredadoras, siguiendo los criterios establecidos por el Comité de Ética para Publicaciones (COPE, 2019). La Universidad de Duke ofrece una valiosa lista de cotejo para evaluar a las editoriales que consideran las publicaciones anteriores, los aranceles, el órgano rector operativo, las tasas de aceptación o rechazo, los miembros, las membresías y la calidad del consejo editorial (Duke University Medical Center, 2019).

HERRAMIENTAS DE PRESENTACIÓN DE MANUSCRITOS

Procesadores de texto colaborativos

En el ámbito académico, la adopción de documentos con formato digital agilizó la composición,

distribución y revisión de los manuscritos. Aunque la presentación por correo está permitida en algunas revistas, la posibilidad de contactar e interactuar con coautores y editores de forma más directa ofrece un ahorro considerable de tiempo y recursos. Los sistemas de envío en línea proporcionados por las editoriales proveen un medio para la distribución y el seguimiento de diferentes versiones de un manuscrito a autores, revisores y editores.

Para preparar los manuscritos, los autores tradicionalmente tenían dos alternativas: los procesadores de textos independientes como LibreOfficeWriter y Microsoft Word o la composición basada en código LaTeX (Latex, 2019). LibreOfficeWriter/Microsoft Word utilizan el enfoque "Lo que ves es lo que obtienes" ("*Whatyouseeiswhatyouget*", WYSIWYG), en el que el usuario puede ver inmediatamente el documento tal y como aparecerá en la página impresa. Por el contrario, LaTeX es un lenguaje de programación que produce documentos a través de un editor externo encarnando el principio "Lo que obtienes es lo que quieres". Una interfaz fácil de usar y el control total de las entradas y salidas de texto hicieron de Microsoft Word (incluyendo otras alternativas WYSIWYG como LibreOffice (LibreOffice, 2019) la herramienta por defecto para la mayoría de las disciplinas. LaTeX es la opción preferida de los matemáticos, físicos e investigadores de ciencias de la computación (45 a 97%), debido a la capacidad de composición tipográfica de ecuaciones matemáticas y a la disposición de plantillas estructuradas (Brischoux & Legagneux, 2009).

La redacción colaborativa es una habilidad esencial en la academia y la industria. Combina el requisito cognitivo y comunicativo de la redacción con el aspecto social del trabajo en equipo (Southavilay, Yacef, Reimann, & Calvo, 2013). Debido a la naturaleza interactiva del proceso de revisión por pares y a la exhaustividad que se requiere para divulgar públicamente información técnica y sensible, ninguna de las plataformas de composición mencionadas es ideal. Para los documentos de Word la colaboración entre pares se complica debido a la creación y gestión de diferentes versiones del mismo material.

Este archivo requerirá frecuentemente una gran cantidad de tiempo y esfuerzo para alcanzar su forma final. De manera similar, la programación basada en código ha demostrado ser desafiante y lenta, ya que tiene una curva de aprendizaje muy pronunciada. En un estudio reciente (Knauff & Nejasmic, 2014) se ha sugerido que la presentación de artículos a revistas científicas a través de LaTeX debería limitarse sólo a artículos con una cantidad considerable de matemática.

El software de procesamiento de texto tradicional tiene muchas limitaciones, pero actualmente, tres enfoques pueden ayudar a superar algunas de ellas. Estas opciones son las siguientes:

- Mejorar las capacidades de Word utilizando software y servicios complementarios (plugins).
- Migrar a un software de procesamiento de texto en línea basado en la nube que acelere la interacción entre coautores y editores.
- Utilizar nuevas plataformas híbridas en línea desarrolladas específicamente para la investigación.

La primera opción se refiere a una estrategia para mejorar la experiencia de los investigadores incorporando funcionalidades complementarias mediante el uso de complementos en el programa independiente. Las aplicaciones de gestión de referencias y de corrección son buenos ejemplos de un conjunto de herramientas personalizadas integradas en los procesadores de texto independientes (McMillan & McMillan, 2012).

En cuanto a la segunda opción, los editores colaborativos en tiempo real son una tendencia emergente alternativa a los procesadores de texto offline. Los servicios basados en la nube como Google Drive, Microsoft OneDrive, Apple iCloud, Box o Dropbox ya son servicios populares para mantener los archivos personales sincronizados y disponibles entre ordenadores portátiles, teléfonos y tablets. La migración a soluciones basadas en la web permite la incorporación de funciones de colaboración que permitirán a varios autores

editar y formatear un documento en línea. Para los equipos, estas herramientas proporcionan medios asequibles para compartir datos brutos (imágenes, sonidos y cualquier medio de información digital) con el envío y la recepción de correos electrónicos con datos incrustados de forma iterativa. Para los investigadores, sin embargo, el almacenamiento basado en la nube puede verse desalentado por la percepción de no tener un control total sobre sus archivos.

Afortunadamente, existen configuraciones de privacidad y uso compartido que estipulan políticas para controlar los archivos de información confidencial; sin embargo, se trata de características exclusivas que conllevan costes adicionales. Además, si se intenta editar un manuscrito desde diferentes instancias al mismo tiempo, se bloqueará el archivo o se crearán copias adicionales del documento, lo que puede dar lugar a versiones contradictorias. Una ventaja significativa de las herramientas de colaboración es que almacenan todas las revisiones del documento. Esta función se puede utilizar para obtener información sobre el desarrollo progresivo de un manuscrito. Sin embargo, para usar estas herramientas, hay algunas advertencias. Por ejemplo, cada contribuyente debe tener una cuenta y el soporte para terceros es limitado.

Los procesadores de texto están evolucionando para convertirse en plataformas de colaboración en línea. El procesador de textos colaborativo más utilizado en general es Google Docs (Google, 2019b), aunque existen herramientas más orientadas técnicamente y diseñadas específicamente para investigadores (Perkel, 2014). El uso de herramientas de aplicación basadas en la nube como GoogleDocs u Office 365 (Microsoft, 2019b) se está extendiendo continuamente en los lugares de trabajo.

Los editores LaTeX basados en la web y las plataformas WYSIWYG están abordando las limitaciones de la escritura colaborativa. Estas herramientas fueron desarrolladas expresamente para proporcionar una experiencia de colaboración en la composición y publicación de documentos académicos. Editores en línea como ShareLaTeX y Overleaf están contruidos para facilitar la escri-

tura de código LaTeX. Estos servicios utilizan una ventana para codificar el contenido, y otra para compilar y visualizar el archivo PDF.

ShareLaTeX (ShareLaTeX, 2019) es un editor LaTeX en línea que permite la codificación y compilación en tiempo real de proyectos en formato PDF. La disponibilidad de alrededor de 229 plantillas de artículos de revistas incluidas en esta plataforma proporciona los medios para crear y compartir manuscritos con colegas. Los proyectos privados y públicos, la capacidad de corrección ortográfica en varios idiomas y la compilación en PDF con un solo clic son características de las cuentas gratuitas. Los servicios pagos incluyen el seguimiento de los cambios y la sincronización con Dropbox y GitHub (GitHub, 2019). ShareLaTeX está disponible bajo una licencia de código abierto, poniéndolo a disposición del público para ser hospedado en forma privada por individuos u organizaciones (Overleaf, 2019).

Overleaf (anteriormente WriteLatex) está basado en código LaTeX y mejorado por una interfaz amigable que incorpora una vista WYSIWYG sincrónica con una extensa biblioteca de plantillas. Una gran cantidad de usuarios (alrededor de 400.000) está impulsando la integración de gestores de referencia [Mendeley (Mendeley, 2019), Zotero (Zotero, 2019)], archivo de datos [Figshare (Figshare, 2019), arXiv (Cornell University, 2019a) y bioRxiv (Cold Spring Harbor Laboratory, 2019)] y herramientas de visualización de datos [Plotly (Plotly, 2019) y MindTheGraph (Mind the Graph, 2019)] a partir de soluciones de terceros.

Authorea (Authorea, 2019) es un servicio fundado en 2014 con unos 60.000 usuarios registrados, que ofrece una interfaz WYSIWYG y una amplia biblioteca de plantillas (más de 8.000 plantillas) para revistas. Varios usuarios pueden editar párrafos diferentes de forma colaborativa al mismo tiempo. También incluye PubMed (NCBI, 2019) y Crossref (Crossref, 2019b) para la detección de citas y contiene un gestor de referencias incorporado (la importación de referencias está disponible utilizando un archivo en formato BinTex). El seguimiento de las versiones y los comentarios de un documento

son posibles para los autores. Los borradores se pueden exportar a documentos de Word, PDF o LaTeX. Los administradores institucionales disponen de paneles de control para la gestión de cuentas, datos bibliométricos y redes de alojamiento privadas y locales. Un proyecto de software de código abierto fundado por la Fundación Alemana de Investigación, FicusWriter (Fidus Writer, 2019; Mayr, Momeni, & Lange, 2016) ofrece algunas de las características principales de otros editores de texto colaborativos (escritura colaborativa, gestión interna de referencias y compatibilidad de exportación a LaTeX o PDF) sin el apoyo de organizaciones externas ni una biblioteca de plantillas.

Visualización y análisis de datos

El procesamiento de datos durante la investigación es una actividad por excelencia de los autores. Comunicar observaciones e ideas sólo con texto de datos procedentes del análisis teórico o experimental puede ser un desafío. La naturaleza visual de las ilustraciones y de los gráficos les confiere el poder de revelar patrones tales como cambios, diferencias, similitudes o excepciones que de otro modo podrían ser difíciles de interpretar (Few, 2012). Durante la composición de un documento, los revisores y editores (o directores de tesis para estudiantes) frecuentemente guían a los autores para que presten atención a la planificación y ejecución de estas ayudas visuales, las cuales pueden aumentar sustancialmente la legibilidad de un manuscrito e incluso proporcionar medios para la difusión de un artículo.

A veces, las figuras atractivas son recompensadas con su inclusión como portadas de revistas o tienen probabilidades significativas de ser publicadas en las redes sociales y los medios masivos de comunicación, y en algunos casos, cuando el atractivo visual bordea el arte, estas figuras pueden ser formalmente premiadas (Wellcome, 2019). La calidad de estas ayudas visuales puede desempeñar un papel esencial en la aceptación o rechazo de un manuscrito.

Estas imágenes, también conocidas como Figuras, pueden ser cualitativas o cuantitativas. Ti-

picamente, la información cualitativa corresponde a diagramas, bocetos, mapas o fotos presentes en las secciones de Introducción y de Materiales y Métodos. Algunos formatos estándar utilizados con mayor frecuencia por los estudiosos son los mapas mentales, los diagramas, los esquemas, los montajes experimentales y las fotografías de prototipos. Mientras tanto, las tablas o gráficos son valores cuantitativos que se muestran dentro de un área delimitada por uno o más ejes y construidos como un objeto visual. Casi invariablemente, este tipo de elementos visuales respalda la sección de Discusión y Resultados de un documento (probablemente con la excepción de algunos formatos de carta o compilaciones de reseñas) (Few, 2012). Matthews y Matthews (2014) describieron las dos funciones que tienen las figuras para proporcionar evidencia cuando ocurre un evento visualmente notable. La primera función es mejorar la eficiencia de la información presentada al lector. La segunda es enfatizar una característica particular de la investigación. Afortunadamente, la literatura de visualización de datos es rica en recursos útiles sobre este tema.

Existe consenso entre los autores sobre la importancia de que las imágenes se expliquen por sí mismas y revelen información que sería difícil comunicar sin elementos visuales. El principio de excelencia de los medios de comunicación tradicionales es proporcionar el mayor número de ideas en el menor tiempo posible con la menor cantidad de tinta en el menor espacio posible (Tufte, 2001). En el pasado, los editores solían restringir el número de imágenes (o cobrar tarifas adicionales) incluidas en un artículo. Para la versión digital, sin embargo, estas restricciones pueden eludirse fácilmente con la posibilidad de enviar material suplementario (imágenes, vídeos, audio u otros formatos) a los depósitos digitales vinculados al artículo.

Los requisitos mínimos para la aceptación de una figura son técnicos (tamaño y resolución de la imagen) y se describen en las instrucciones de los autores de cualquier publicación. La edición básica basada en vectores o mapas de bits para cambiar el tamaño, recortar y etiquetar las imágenes no requiere un software especializado y costoso.

Los investigadores pueden descargar software de edición de código abierto (GIMP (GIMP, 2019), Inkscape (Inkscape, 2019)). En la mayoría de los casos, estas herramientas son suficientes para que los autores puedan crear obras de arte por sí mismos para su presentación; ocasionalmente, algunos investigadores tendrían que tercerizar estas tareas. En cualquier caso, los autores pueden dirigirse a organizaciones reconocidas como el Gremio de Ilustradores de Ciencias Naturales (Guild of Natural Science Illustrators) (GNSI, 2019) o la Asociación de Ilustradores Médicos (Association of Medical Illustrators) (AMI, 2019) y a considerar de antemano los costes adicionales y las implicaciones de los derechos de autor (SCIAM, 2019).

La visualización de datos básicos se puede ejecutar utilizando herramientas de productividad basadas en hojas de cálculo. Microsoft Excel (Microsoft, 2019a) es la herramienta más popular para generar y personalizar gráficos a partir de plantillas existentes. Este software, junto con algunas alternativas de código abierto, utiliza una red de celdas para introducir, manipular y analizar datos. Mientras que para los investigadores las herramientas básicas son suficientes para sus necesidades, otros encontrarán dificultades técnicas para procesar una gran cantidad de datos o algoritmos complejos.

Otra limitación es que los formatos de gráficos están limitados a gráficos de barras, de líneas, de dispersión y circulares. Para convertir estas imágenes en figuras listas para ser enviadas, los investigadores normalmente necesitan software adicional para componer múltiples gráficos en un solo archivo o para emplear formas más complicadas de visualización de datos (por ejemplo, mapas a color o gráficos tridimensionales). Para superar estas limitaciones de representación de los datos, existe una gama de opciones que varían ampliamente en función de los requisitos específicos y de la formación técnica del investigador.

Para los proyectos en los que el procesamiento de datos es un componente crítico de la investigación, se pueden implementar lenguajes de programación de alto nivel para producir cifras. Python (Python, 2019) se ha convertido en uno de los lenguajes

de programación más populares. Para el análisis interactivo de datos, la computación exploratoria y la visualización de datos, Python funciona tan bien como otros lenguajes de programación comercial y de código abierto específicos del dominio.

Es común investigar, prototipar y probar nuevas ideas usando un lenguaje computacional más específico, como Matlab (MichiganTech, 2019) o R (R Project, 2019). Entonces, esas ideas pueden ser analizadas para formar parte de un sistema de producción más extenso escrito en Java, C#, o C++. NumPy (NumPy, 2019), abreviatura de Numerical Python, es el paquete fundacional para la computación científica en Python. Matplotlib (Hunter, 2007) es la biblioteca de Python más popular para la producción de gráficos y otras visualizaciones de datos bidimensionales (2D) (Matplotlib, 2019). Fue creada por John D. Hunter y ahora es mantenida por un gran equipo de desarrolladores.

Muchos investigadores requieren la producción de cifras más allá de las restricciones de los programas de datos de hojas de cálculo. En estos casos, existen programas especializados de análisis de datos y gráficos como Origin (OriginLab, 2019), SigmaPlot (Systat Software Inc, 2019), o Prism (GraphPad, 2019). El análisis de los datos es un paso crucial en la investigación para aceptar o rechazar hipótesis basadas en hechos. Dependiendo del campo de estudio y de los requisitos particulares, los investigadores pueden optar entre un gran número de aplicaciones de análisis de datos.

Los programas de análisis de datos pueden ser prohibitivamente costosos para muchos investigadores, sin embargo, el software de código abierto R (R Project, 2019) ofrece una alternativa capaz y gratuita. R se basa en una interfaz de base de comandos y se describe como un lenguaje y un entorno para la computación estadística y los gráficos. Ciertas características, como el lenguaje en computación paralela, la multiplataforma y el funcionamiento bajo una licencia de código abierto, han aumentado la importancia de R. Para reducir la curva de aprendizaje de R, están disponibles para los investigadores las bibliotecas de funciones o paquetes y el entorno de desarrollo integrado (IDE)

R Studio (RStudio, 2019).

Gestión de referencias

Las tesis, los artículos de revistas y los materiales de apoyo para conferencias y propuestas para fondos concursables son formatos que los investigadores deben probablemente redactar a lo largo de su carrera. La redacción es un proceso de elecciones lingüísticas de estructuras sintácticas y repertorios a partir del conocimiento del autor (Zakaria, Ab Aziz, Rizan, & Maasum, 2010). Una de las tareas más diligentes en el proceso de investigación es gestionar y citar documentos correctamente. El software de referenciación ideal debe ser compatible con todos los sistemas operativos populares, permitir la organización de referencias en grupos o carpetas, adjuntar y previsualizar archivos, ser capaz de exportar e importar entre varios formatos de archivo, integrarse con procesadores de texto tradicionales, y poseer conectividad con bases de datos para facilitar la búsqueda de literatura y la personalización de los estilos de referencia.

El software actual de gestión de referencias ofrece un conjunto dinámico de características adicionales además de citar mientras se escribe (Perkel, 2015; Van Ullen & Kessler, 2016) (Tabla 2). La capacidad de estas herramientas adicionales apunta a cumplir con los requisitos del autor durante un proceso de revisión por pares. Existe una clara tendencia a ofrecer acceso complementario a las versiones en nube de las herramientas de gestión

de referencias a través de plataformas basadas en la web. Además, la disponibilidad de los servicios en la nube ha cambiado el paradigma de las colecciones monousuario de archivos PDF almacenados y citados mediante un procesador de texto tradicional a servicios basados en grupos y almacenados en la nube que permiten el acceso y la compartición de recursos por un grupo más amplio de personas.

HERRAMIENTAS ÚTILES EN LA FASE POSTERIORA LA PRESENTACIÓN DEL MANUSCRITO

Corrección de textos y detección de plagio

El software de detección de plagio puede utilizarse como herramienta para identificar partes de un manuscrito que violan las políticas éticas de revistas y universidades. Desafortunadamente, se han detectado casos de plagio entre todos los niveles y jerarquías del proceso de revisión por pares. Los autores pueden incurrir en plagio al copiar textualmente o casi textualmente partes del texto, ecuaciones, o ilustraciones de otros autores si no los atribuyen apropiadamente. En algunos casos, esta no es una práctica deliberada, sino un resultado del desconocimiento de las políticas, de la falta de dominio del inglés o de una actitud indulgente hacia el plagio derivada de los valores culturales (Alli, Abdulla, & Snasel, 2011; Bakhtiyari et al., 2014; Baždarić, 2012).

El plagio involuntario es el tipo de plagio que se

Tabla 2. Características de colaboración presentes en el software de gestión de referencia.

Creación de grupos/ Capacidad de compartir carpetas	Edición conjunta de referencias	Integración en redes sociales
Citavi (Citavi, 2019)	Citavi	Colwiz
Colwiz (Wizdom.ai, 2019)	Citethisforme	Mendeley
EndNote (Web of Science Group, 2019a)	Colwiz	Zotero
F1000Workspace (F1000Workspace, 2019)	EasyBib	
Mendeley (Mendeley, 2019)	EndNote	
RefWorks (RefWorks, 2019)	F1000Workspace	
Zotero (Zotero, 2019)	Mendeley	
	Zotero	

identifica con mayor frecuencia. Algunos autores ignoran o ignoran la importancia de citar y referir correctamente. Las consecuencias de esta actitud pueden ser muy graves. En algunos casos, esto podría implicar desde la invalidez de un trabajo anterior y una disculpa pública inducida, hasta ser vetado por los editores, o expulsado por la institución de origen del autor (Eberle, 2013; Landau, Druen, & Arcuri, 2002; Mozgovoy, Kakkonen, & Cosma, 2010).

La detección automática de coincidencias de texto surgió de la vigilancia de las universidades con respecto a las “tareas” de estudiantes. Sólo en los últimos años se ha adoptado más ampliamente en la industria editorial. Se hizo particularmente popular debido al servicio CrossCheck que utiliza el software iThenticate de iParadigm, también empleado por Turnitin (Curno, 2016). CrossrefSimilarityCheck (Crossref, 2019a) es una iniciativa establecida para ayudar a los editores a prevenir el plagio profesional y otras formas de mala conducta académica. Una comparación con 80.000 revistas científicas, técnicas y médicas de 500 editoriales puede generar una puntuación. Garantizar la integridad de la investigación y la publicación requiere que las instituciones cooperen en todos los aspectos de la investigación y la integridad de la publicación (Wager & Kleinert, 2012). Si bien el Comité de Ética de Publicaciones (COPE) no recomienda utilizar porcentajes como límites para detectar plagios, sugiere que los editores evalúen cada artículo individualmente. En cualquier caso, la puntuación en sí misma proporciona un control de calidad razonable durante todas las fases del proceso de publicación revisado por pares (Curno, 2016).

Turnitin e iThenticate (iThenticate, 2019; Turnitin, 2019) son los principales servicios antiplagio empleados por universidades y editoriales para analizar documentos. Los manuscritos presentados se comparan con miles de millones de documentos, una copia archivada de Internet, una base de datos local de los trabajos presentados por los estudiantes y una base de datos de publicaciones periódicas, revistas y publicaciones en línea. Turnitin o Urkund emiten un informe de originalidad para estimar el

porcentaje de coincidencias entre el documento ingresado y el material previamente publicado (Jones, 2008). En el momento de la selección, una puntuación alta en la similitud con otros documentos puede desencadenar una petición a los autores para que revisen la citación de las fuentes de un manuscrito presentado, rechacen un trabajo, o lo reporten a las autoridades correspondientes dependiendo de una consideración caso por caso, siguiendo las políticas éticas dictadas por la publicación.

Para usuarios individuales, hay algunos servicios disponibles tales como Plagium (Plagium, 2019), The PlagiarismChecker (Inicheck, 2019), PaperRater (PaperRater, 2019), DupliChecker (Dupli Checker, 2019), Viper (Viper, 2019), y otros alternativos asequibles como Plagiarismdetect (Plagiarism, 2019) y Grammarly (Grammarly, 2019). Estas herramientas pueden ser fácilmente utilizadas por investigadores, escritores o profesores.

Archivo de datos

Proporcionar a la comunidad científica las herramientas necesarias para recrear los experimentos fue uno de los desencadenantes históricos que condujeron a la modernización del proceso de revisión por pares. Si bien para los revisores la repetición de experimentos puede resultar poco práctica, si no imposible, es concebible que el aumento de la disponibilidad de datos junto con el artículo disuada la presentación de trabajos fraudulentos (Mulligan, Hall, & Raphael, 2013). La capacidad de almacenar y compartir conjuntos completos de datos es una herramienta poderosa para fortalecer la integridad del proceso, reafirmando al mismo tiempo el carácter cooperativo del conocimiento. El crecimiento de los repositorios de datos está motivado por las oportunidades de compartir conjuntos de datos a través de las comunidades, los dominios y el tiempo (Greenberg, White, Carrier, & Scherle, 2009). El archivo público de datos es cada vez más requerido por las revistas, de modo que se preserven y sean accesibles a todos en línea, y también por razones ecológicas, tomando esto como un requisito para la financiación o la publicación (Mayernik, Callaghan, Leigh, Tedds, & Worley, 2015). La facilidad y el bajo costo de

almacenar y compartir datos en línea han llevado a la difusión de políticas que fomentan o requieren el archivo público de todas las publicaciones de datos (Heard, 2016). El envío de conjuntos de datos y datos brutos a los repositorios puede proporcionar un marco para eliminar las preocupaciones éticas y legales de los autores y sus instituciones, y disminuir el temor de que los datos sean mal utilizados (Kratz & Strasser, 2015).

La legibilidad y la trazabilidad requieren una documentación adecuada del formato de los datos debido a la diversidad y a los tipos de repositorios. Los formatos de metadatos son estructuras estandarizadas, estructuradas y legibles por máquinas que hacen posibles las operaciones dentro del conjunto de datos. Existen muchos estándares de metadatos para fines generales (DublinCore) o específicos de campo (FITS para Astronomía, SDMX para datos estadísticos, AgMES para Agricultura).

Las revistas, en colaboración con las bibliotecas, han establecido procesos para asegurar la persistencia y longevidad de sus publicaciones. El uso de identificadores web persistentes, como los identificadores de objetos digitales, para identificar y localizar tanto los datos como los artículos, aumenta la probabilidad de que esos vínculos sigan siendo recurribles en el futuro. Los repositorios de datos proporcionan crecientemente a los usuarios herramientas en línea, como visores rápidos de los datos, lo que permite trazar bases de datos específicas. Las revistas pueden asociarse con los repositorios de datos para permitir a los investigadores el envío de datos a un repositorio junto con su manuscrito a una revista. Estas presentaciones conjuntas simplifican el proceso de vincular los artículos con los datos subyacentes (Kratz & Strasser, 2015).

El Registro de Depósitos de Datos de Investigación (DataCite, 2019a) o r3data.org es un registro mundial de depósitos de datos de investigación de todas las disciplinas académicas que incluye (hasta julio de 2019) más de 2.000 entradas. Estos depósitos proporcionan almacenamiento permanente y acceso a conjuntos de datos a investigadores, organismos de financiación, editores e instituciones académicas. La organización presenta un motor de

búsqueda y capacidades de navegación por tema, tipo de contenido y país. Cada uno de los repositorios de datos de investigación se caracteriza por la información general, la política de acceso (abierto, restringida o cerrada), los aspectos legales (el tipo de licencia), los aspectos técnicos (persistencia de los datos y tipo de servicio único y fiable) y los estándares de calidad (certificados o compatibles con el estándar de repositorio). Muchos conjuntos de datos son altamente dinámicos, crecen regularmente, o se duplican, dividen, combinan, corrigen, reprocessan o alteran de alguna u otra manera durante su uso. DataCite (DataCite, 2019b) es una organización sin fines de lucro que apoya la creación y asignación de DOIs y metadatos de acompañamiento. Hoy en día, no sólo se pueden citar documentos; los repositorios de datos pueden crear medios para citar, descubrir y acceder a los datos. Los archivos de datos incluyen servicios como Dryad (Dryad, 2019), Figshare (Figshare, 2019) y Zenodo (Zenodo, 2019), donde los investigadores pueden autodepositar datos de investigación con una documentación ligera y una validación mínima (Kratz & Strasser, 2015).

Dryad es una organización sin fines de lucro que proporciona acceso a conjuntos de datos sin costo alguno. El repositorio es flexible en cuanto al formato de los datos, permite a las revistas establecer embargos por tiempo limitado y permite establecer vínculos entre el manuscrito y el conjunto de datos. La navegación y la recuperación de datos son completamente gratuitas. El envío de datos implica un cargo por DPC (Data Publishing Charges) de 120 USD, y para paquetes de datos de más de 20 GB, hay un costo adicional de hasta \$50 por cada 10 GB adicionales. Sin embargo, hay patrocinadores institucionales (asociaciones, bibliotecas o empresas) que cubren estos gastos. Dryad acepta el envío de datos con cualquier artículo publicado. Además, ofrece una integración directa durante el proceso de revisión por pares de 107 revistas.

Figshare es un servicio que permite la deposición de cualquier información electrónica para su posesión e intercambio. Desde 2011, ha apoyado a investigadores de todas las disciplinas y ha dado un identificador de objeto digital a cada documento.

Permite dar crédito a los autores de estos documentos (Thelwall & Kousha, 2016). Los investigadores pueden abrir una cuenta sin coste alguno y subir archivos con un tamaño de hasta 5 GB. También se dispone de espacio ilimitado para el almacenamiento de datos públicos. Para los archivos privados, el servicio ofrece varias alternativas de compartición (enlace privado, espacios de colaboración y colecciones) que son accesibles desde una página de perfil.

Zenodo es un servicio desarrollado por la CERN (Organización Europea para la Investigación Nuclear) como parte de la iniciativa OpenAIRE para promover becas abiertas, descubribilidad y reutilización de publicaciones y datos de investigación. Todos los resultados de investigaciones, independientemente del formato o la fuente, se aceptan hasta 50 GB por conjunto de datos sin coste alguno. El servicio presenta características similares a las de otros proveedores de servicios, como la asignación de DOI, la gestión basada en colecciones y la concesión flexible de licencias. Tiene el valor añadido de generar informes para la agencia de financiación dentro de la Comisión Europea de forma automática.

Cienciometría y Métricas Alternativas

Cienciometría es un término atribuido a Vasily Vasilevich Nalimov que describe la medición de las actividades científicas (Granovsky, 2001). Esta disciplina cuantifica la cantidad de dinero invertido en investigación y desarrollo, el personal científico y la producción de propiedad intelectual. Un subconjunto muy relevante de investigadores se centra en el análisis de las publicaciones y sus propiedades. Una definición clásica de la bibliometría es la aplicación de métodos matemáticos y estadísticos a los libros sobre otros medios de comunicación (Pritchard, 1969).

El número de citas y el factor de impacto son los medios más comunes para cuantificar los éxitos de autores y revistas. En el nivel más simple, el factor de impacto de la revista indica el número promedio de veces que un artículo en una revista es referenciado por otros manuscritos. El factor de impacto se calcula considerando un período de dos años; por

ejemplo, el factor de impacto de una publicación en 2011 se calcula dividiendo el número de citas recibidas en 2011 por el número de artículos publicados en 2009 y 2010 con una revista determinada con el número de artículos publicados en ese período (Morris et al., 2013).

Servicios como Web of Science (Web of Science, 2019), Scopus (Elsevier, 2019c), o Google Scholar (Google, 2019a) ofrecen registros públicos de un número total de citas, citas por año, y otras métricas de tesis, actas de conferencias, artículos y revistas. Los factores de impacto se enumeran en el Journal Citation Report, que fue desarrollado en la década de 1970 por Eugene Garfield e Irving Sher (Garfield, 1955). Hoy en día, Journal Citation Reports es una publicación anual de Clarivate Analytics. Estos rankings tienen un significado especial cuando se trata de publicar un artículo con la mejor cobertura, el mayor impacto y la revista más prestigiosa. La Cienciometría es el estudio de los aspectos cuantitativos del proceso de la ciencia como sistema de comunicación, y estudia varios aspectos de la dinámica de la ciencia, con la cita como elemento central que establece vínculos formales entre las publicaciones citadas en ese momento. Otros indicadores ampliamente utilizados son el Factor de Impacto del Periódico (JIF), el Índice de Inmediatez, la vida media citada, el SJR (Scimago Journal Rank), el SNIP (Source Normalized Impact per Paper) y el h-index (Mingers & Leydesdorff, 2015).

Conocer los indicadores cuantitativos puede ayudar a los académicos a evaluar la calidad de las contribuciones científicas. Estas métricas también sirven para evaluar el grado de éxito de los proyectos financiados por los gobiernos, las entidades públicas y las organizaciones privadas. Además, la Cienciometría puede ser un factor decisivo para la asignación de puestos de trabajo, el apoyo a los ascensos y la concesión o denegación de becas y otras formas de apoyo financiero. Las publicaciones en revistas con un alto índice de impacto benefician al investigador y a la institución a la que pertenece el autor. El investigador puede iniciar su carrera científica y obtener reconocimiento en su campo. Para la institución, universidad o centro de investigación,

el beneficio es que los investigadores publican asiduamente en revistas de impacto (Torres-Salinas, Cabezas-Clavijo, & Jiménez-Contreras, 2013). Recientemente, las redes sociales han adquirido un papel protagonista en la difusión de la información. Para la ciencia, el uso extendido estas herramientas y servicios los convierte en una importante fuente de información a considerar. Al final, las redes sociales pueden tener el potencial de informar sobre el impacto social de la ciencia.

Las Métricas Alternativas son una amplia clase de estadística que intenta capturar el impacto de la investigación basada en las redes sociales. Comprenden indicadores capaces de captar la difusión de artículos en línea. La influencia de un autor, artículo o revista se mide por la difusión en servicios generales de medios sociales como blogs, Facebook, Twitter o YouTube. En comparación con la Cienciometría, proporcionan una visión de la relevancia de un tema en particular para un público general. Son más rápidas que el seguimiento de citas porque no está restringido por el cumplimiento de un proceso completo de publicación revisado por pares. Estos indicadores pueden considerarse como una alternativa o un complemento de los indicadores cuantitativos, que están disponibles principalmente en acuerdos de licencia costosos y en un pequeño número de proveedores. Los datos de Métricas Alternativas pueden ser recuperados de una variedad de fuentes (Altmetrics, 2019; Costas, Zahedi, & Wouters, 2015; Roemer & Borchardt, 2015; Thelwall, Haustein, Larivière, & Sugimoto, 2013).

CONCLUSIONES

La falta de un marco de herramientas disponibles limita los posibles beneficios del uso de las tecnologías de la información y la comunicación. Un marco teórico que cubra los requisitos y las opciones de estas tecnologías fomentará la selección adecuada de las herramientas de la tecnología de la información y la comunicación.

LITERATURA CITADA

Abbott, A. (2014). *Digital paper: A manual for re-*

search and writing with library and internet materials. University of Chicago Press.

Academia.edu. (2019). About. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://www.academia.edu/about>

Akers, K. G., Sarkozy, A., Wu, W., & Slyman, A. (2016). ORCID Author Identifiers: A Primer for Librarians. *Medical Reference Services Quarterly*, 35(2), 135–144. <https://doi.org/10.1080/02763869.2016.1152139>

Alli, A. M. E. T. ., Abdulla, H. M. D. ., & Snasel, V. (2011). Overview and comparison of plagiarism detection tools. En *Proceedings of the DATESO 2011: Annual International Workshop on Databases, Texts, Specifications and Objects* (pp. 61–172). Pisek, Czech Republic.

AlternativeTo. (2019). AlternativeTo - Crowdsourced software recommendations. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://alternativeto.net/>

Altmetrics. (2019). Altmetrics: a manifesto. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <http://altmetrics.org/manifesto/>

AMI. (2019). Association of Medical Illustrators. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://ami.org/>

Authorea. (2019). Open Research Collaboration and Publishing - Authorea. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://www.authorea.com/>

Bakhtiyari, K., Salehi, H., Embi, M. A., Shakiba, M., Zavvari, A., Shahbazi-Moghadam, M., ... Mohammadjafari, M. (2014). Ethical and Unethical Methods of Plagiarism Prevention in Academic Writing. *International Education Studies*, 7(7). <https://doi.org/10.5539/ies.v7n7p52>

Barnes, C. (2015). The Use of Altmetrics as a Tool for Measuring Research Impact. *Australian Academic & Research Libraries*, 46(2), 121–134. <https://doi.org/10.1080/00048623.2014.1003174>

Baždarić, K. (2012). Plagiarism detection – quality management tool for all scientific journals.

- Croatian Medical Journal*, 53(1), 1–3. <https://doi.org/10.3325/cmj.2012.53.1>
- Beall's List. (2019). Beall's List of Predatory Journals and Publishers - Publishers. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://beallslist.weebly.com/>
- Bik, H. M., & Goldstein, M. C. (2013). An Introduction to Social Media for Scientists. *PLoS Biology*, 11(4), e1001535. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001535>
- Borgman, C. L. (2010). *Scholarship in the digital age: Information, infrastructure, and the Internet*. MIT press.
- Brischoux, F., & Legagneux, P. (2009). Don't format manuscripts. *The Scientist*, 23(7), 24.
- Brzezinski, M. (2015). Power laws in citation distributions: evidence from Scopus. *Scientometrics*, 103(1), 213–228. <https://doi.org/10.1007/s11192-014-1524-z>
- Citavi. (2019). Citavi: Organizar el Conocimiento. Gestión de Referencias Bibliográficas, Organización del Conocimiento y Planificación de Tareas. Recuperado de <https://www.citavi.com/en>
- Citrome, L. (2016). Peer review and Publons - enhancements for the reviewer. *International Journal of Clinical Practice*, 70(5), 364–364. <https://doi.org/10.1111/ijcp.12827>
- Cold Spring Harbor Laboratory. (2019). bioRxiv.org - the preprint server for Biology. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://www.biorxiv.org/>
- COPE. (2019). Committee on Publication Ethics: COPE. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://publicationethics.org/about/our-organisation>
- Cornell University. (2019a). arXiv.org e-Print archive. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://arxiv.org/>
- Cornell University. (2019b). Author Identifiers | arXiv e-print repository. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de https://arxiv.org/help/author_identifiers
- Costas, R., Zahedi, Z., & Wouters, P. (2015). Do “altmetrics” correlate with citations? Extensive comparison of altmetric indicators with citations from a multidisciplinary perspective. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 66(10), 2003–2019. <https://doi.org/10.1002/asi.23309>
- Creative Commons. (2019). Reconocimiento 4.0 Internacional (CC BY 4.0). Recuperado el 25 de noviembre de 2019, de https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es_ES
- Credit where credit is due. (2009). *Nature*, 462(7275), 825–825. <https://doi.org/10.1038/462825a>
- Cronin, B., & Sugimoto, C. R. (2014). *Beyond bibliometrics: Harnessing multidimensional indicators of scholarly impact*. Cambridge, MA, USA: MIT Press.
- Crossref. (2019a). Similarity Check. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://www.crossref.org/services/similarity-check/>
- Crossref. (2019b). You are Crossref. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://www.crossref.org/>
- Curno, M. J. (2016). Challenges to ethical publishing in the digital era. *Journal of Information, Communication and Ethics in Society*, 14(1), 4–15. <https://doi.org/10.1108/JICES-08-2015-0026>
- DataCite. (2019a). Registry of Research Data Repositories. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://www.re3data.org/>
- DataCite. (2019b). Welcome to DataCite. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://datacite.org/>
- Delgado López-Cózar, E., Orduña-Malea, E., & Martín-Martín, A. (2019). Google Scholar as a Data Source for Research Assessment. En *Springer Handbook of Science and Technology Indicators* (pp. 95–127). https://doi.org/10.1007/978-3-030-02511-3_4
- DOI Foundation. (2019). Digital Object Identifier System. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://www.doi.org/>
- Dryad. (2019). Dryad. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://datadryad.org/stash/>
- Duke University Medical Center. (2019). Checklist - Be iNFORMEd - LibGuides at Duke

- University Medical Center. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://guides.mclibrary.duke.edu/beinformed>
- Dukić, D. (2014). Use and Perceptions of Online Academic Databases among Croatian University Teachers and Researchers. *Libri*, 64(2). <https://doi.org/10.1515/libri-2014-0014>
- Dupli Checker. (2019). Plagiarism Checker-Free Online Software For Plagiarism Detection. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://www.duplichecker.com/>
- Eberle, M. E. (2013). Paraphrasing, Plagiarism, and Misrepresentation in Scientific Writing. *Transactions of the Kansas Academy of Science*, 116(3–4), 157–167. <https://doi.org/10.1660/062.116.0310>
- Elsevier. (2019a). Journal authors. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://www.elsevier.com/authors/journal-authors>
- Elsevier. (2019b). Journal Finder. Recuperado el 25 de noviembre de 2019, de <https://journalfinder.elsevier.com/>
- Elsevier. (2019c). Scopus - Search for an author profile. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://www.scopus.com/freelookup/form/author.uri>
- F1000Workspace. (2019). F1000Workspace. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://f1000workspace.com/?lg>
- Few, S. (2012). *Show Me the Numbers: Designing Tables and Graphs to Enlighten*. Burlingame, CA, USA: Analytics Press.
- Fidus Writer. (2019). Fidus Writer | a semantic word processor for academics. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://www.fiduswriter.org/>
- Figshare. (2019). figshare - credit for all your research. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://figshare.com/>
- Garfield, E. (1955). Citation Indexes for Science: A New Dimension in Documentation through Association of Ideas. *Science*, 122(3159), 108–111. <https://doi.org/10.1126/science.122.3159.108>
- GIMP. (2019). GIMP - GNU Image Manipulation Program. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://www.gimp.org/>
- Gingras, Y. (2016). *Bibliometrics and research evaluation: Uses and abuses*. Cambridge, MA, USA: MIT Press.
- GitHub. (2019). The world's leading software development platform · GitHub. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://github.com/>
- GNSI. (2019). Guild of Natural Science Illustrators. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://www.gnsi.org/>
- Google. (2019a). About Google Scholar. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://scholar.google.com/intl/en/scholar/about.html>
- Google. (2019b). Documentos de Google: crea y edita documentos online de forma gratuita. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://www.google.com/docs/about/>
- Grammarly. (2019). Plagiarism Checker. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://www.grammarly.com/plagiarism-checker>
- Granovsky, Y. V. (2001). Is It Possible to Measure Science? V. V. Nalimov's Research in Scientometrics. *Scientometrics*, 52(2), 127–150. <https://doi.org/10.1023/A:1017991017982>
- GraphPad. (2019). Prism. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://www.graphpad.com/scientific-software/prism/>
- Greenberg, J., White, H. C., Carrier, S., & Scherle, R. (2009). A Metadata Best Practice for a Scientific Data Repository. *Journal of Library Metadata*, 9(3–4), 194–212. <https://doi.org/10.1080/19386380903405090>
- Heard, S. B. (2016). *The scientist's guide to writing: how to write more easily and effectively throughout your scientific career*. Princeton University Press.
- Hug, S. E., Ochsner, M., & Brändle, M. P. (2017). Citation analysis with microsoft academic. *Scientometrics*, 111(1), 371–378. <https://doi.org/10.1007/s11192-017-2247-8>
- Hunter, J. D. (2007). Matplotlib: A 2D Graphics Environment. *Computing in Science & Engi-*

- neering, 9(3), 90–95. <https://doi.org/10.1109/MCSE.2007.55>
- Ibrahim, N., Habacha Chaibi, A., & Ben Ahmed, M. (2015). New scientometric indicator for the qualitative evaluation of scientific production. *New Library World*, 116(11/12), 661–676.
- ICMJE. (2019). Recommendations for the Conduct, Reporting, Editing, and Publication of Scholarly Work in Medical Journals. Recuperado de <http://www.icmje.org/recommendations/>
- Inicheck. (2019). Plagiarism Checker that Prefers Results over Numbers. Recuperado de <https://unicheck.com/>
- Inkscape. (2019). Draw Freely | Inkscape. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://inkscape.org/es/>
- IThenticate. (2019). Plagiarism Detection Software. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://www.ithenticate.com/>
- Jones, K. . (2008). *Practical issues for academics using the Turnitin plagiarism detection software*. New York, NY, USA: ACM.
- Kintisch, E. (2014, agosto 25). Is ResearchGate Facebook for science? <https://doi.org/10.1126/science.caredit.a1400214>
- Knauff, M., & Nejasmic, J. (2014). An Efficiency Comparison of Document Preparation Systems Used in Academic Research and Development. *PLoS ONE*, 9(12), e115069. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0115069>
- Koffel, J. B. (2015). Use of Recommended Search Strategies in Systematic Reviews and the Impact of Librarian Involvement: A Cross-Sectional Survey of Recent Authors. *PLoS ONE*, 10(5), e0125931. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0125931>
- Kratz, J. E., & Strasser, C. (2015). Researcher Perspectives on Publication and Peer Review of Data. *PLoS ONE*, 10(2), e0117619. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0117619>
- Landau, J. D., Druen, P. B., & Arcuri, J. A. (2002). Methods for Helping Students Avoid Plagiarism. *Teaching of Psychology*, 29(2), 112–115. https://doi.org/10.1207/S15328023TOP2902_06
- Latex. (2019). LaTeX - A document preparation system. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://www.latex-project.org/>
- LibreOffice. (2019). LibreOffice - Free Office Suite - Fun Project - Fantastic People. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://www.libreoffice.org/about-us/who-are-we/>
- Lupton, D. (2014). “Feeling Better Connected”: Academics’ Use of Social Media.
- Martínez-López, J. I., Barrón-González, S., & Martínez López, A. (2019). Which Are the Tools Available for Scholars? A Review of Assisting Software for Authors during Peer Reviewing Process. *Publications*, 7(3), 59. <https://doi.org/10.3390/publications7030059>
- Matplotlib. (2019). Matplotlib: Python plotting — Matplotlib 3.1.1 documentation. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://matplotlib.org/>
- Matthews, J. R., & Matthews, R. W. (2014). *Successful scientific writing: a step-by-step guide for the biological and medical sciences*. Cambridge University Press.
- Mayernik, M. S., Callaghan, S., Leigh, R., Tedds, J., & Worley, S. (2015). Peer Review of Datasets: When, Why, and How. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 96(2), 191–201. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-13-00083.1>
- Mayr, P., Momeni, F., & Lange, C. (2016). Opening Scholarly Communication in Social Sciences: Supporting Open Peer Review with Fidus Writer. *arXiv preprint arXiv:1601.02927*.
- McMillan, V. E., & McMillan, V. (2012). *Writing papers in the biological sciences*. Macmillan.
- Mendeley. (2019). Mendeley - Reference Management Software & Researcher Network. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de https://www.mendeley.com/?interaction_required=true
- Menon, V., & Muraleedharan, A. (2016). Credit and visibility for peer reviewing: An overlooked aspect of scholarly publication. *Journal of Neurosciences in Rural Practice*, 07(02),

- 330–331. <https://doi.org/10.4103/0976-3147.176183>
- MichiganTech. (2019). MathLab. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de http://www.mathlab.mtu.edu/mediawiki/index.php/Main_Page
- Microsoft. (2019a). Microsoft Excel: hoja de cálculo, tablas dinámicas y más. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://products.office.com/es-mx/excel>
- Microsoft. (2019b). Microsoft Word: colaboración en documentos de Word. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://office.live.com/start/Word.aspx>
- Mind the Graph. (2019). Infographic Maker - Create Infographics Online | Mind the Graph. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://mindthegraph.com/>
- Mingers, J., & Leydesdorff, L. (2015). A review of theory and practice in scientometrics. *European Journal of Operational Research*, 246(1), 1–19. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.04.002>
- Morris, S., Barnas, E., LaFrenier, D., & Reich, M. (2013). *The handbook of journal publishing*. Cambridge University Press.
- Mozgovoy, M., Kakkonen, T., & Cosma, G. (2010). Automatic student plagiarism detection: future perspectives. *Journal of Educational Computing Research*, 43(4), 511–531.
- Mulligan, A., Hall, L., & Raphael, E. (2013). Peer review in a changing world: An international study measuring the attitudes of researchers. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 64(1), 132–161. <https://doi.org/10.1002/asi.22798>
- Nández, G., & Borrego, Á. (2013). Use of social networks for academic purposes: a case study. *The Electronic Library*, 31(6), 781–791. <https://doi.org/10.1108/EL-03-2012-0031>
- NCBI. (2019). Pubmeddev Home-PubMed-NCBI. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>
- NumPy. (2019). NumPy. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://numpy.org/>
- ORCID. (2019a). ORCID. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://orcid.org/>
- ORCID. (2019b). Our Mission. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://orcid.org/about/what-is-orcid/mission>
- OriginLab. (2019). Origin and OriginPro - Data Analysis and Graphing Software. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://www.originlab.com/>
- Ortega, J. L. (2014). *Academic search engines: A quantitative outlook*. Elsevier.
- Ovadia, S. (2013). When Social Media Meets Scholarly Publishing. *Behavioral & Social Sciences Librarian*, 32(3), 194–198. <https://doi.org/10.1080/01639269.2013.817886>
- Ovadia, S. (2014). ResearchGate and Academia.edu: Academic Social Networks. *Behavioral & Social Sciences Librarian*, 33(3), 165–169. <https://doi.org/10.1080/01639269.2014.934093>
- Overleaf. (2019). Overleaf, Online LaTeX Editor. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://www.overleaf.com/>
- Paltridge, B. (2013). Learning to review submissions to peer reviewed journals: how do they do it? *International Journal for Researcher Development*, 4(1), 6–18. <https://doi.org/10.1108/IJRD-07-2013-0011>
- PaperRater. (2019). Free Online Proofreader: Grammar Check, Plagiarism Detection, and more. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://www.paperrater.com/>
- Paskin, N. (2009). Digital Object Identifier (DOI?) System. En *Encyclopedia of Library and Information Sciences* (pp. 1586–1592). Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
- Perkel, J. M. (2014). Scientific writing: the online cooperative. *Nature*, 514(7520), 127–128. <https://doi.org/10.1038/514127a>
- Perkel, J. M. (2015). Eight ways to clean a digital library. *Nature*, 527(7576), 123–124. <https://doi.org/10.1038/527123a>
- Plagiarism. (2019). Plagiarism Detector is Best Free Plagiarism Checker for Students. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://>

- plagiarismdetector.net/
- Plagium. (2019). Búsqueda y Seguimiento de Plagios: Plagium. Recuperado de <http://www.plagium.com/>
- PLoS. (2019). PLOS ONE: accelerating the publication of peer-reviewed science. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://journals.plos.org/plosone/s/submission-guidelines>
- Plotly. (2019). Modern Analytic Apps for the Enterprise - Plotly. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://plot.ly/>
- Pritchard, A. (1969). Statistical bibliography or bibliometrics. *Journal of documentation*, 25(4), 348–349.
- Publons. (2019). Publons. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://publons.com/about/home/>
- Python. (2019). Welcome to Python.org. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://www.python.org/>
- R Project. (2019). The R Project for Statistical Computing. Recuperado el 30 de junio de 2011, de <http://www.r-project.org/>
- RefWorks. (2019). Acceder a RefWorks. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://www.refworks.com/refworks2/default.aspx?r=authentication::init>
- ResearchGate. (2019). ResearchGate, the Professional Network for Scientists. Recuperado de <https://www.researchgate.net/about>
- Roemer, R. C., & Borchardt, R. (2015). Major Altmetrics Tools. *Library Technology Reports*, 51(5), 11–19.
- RStudio. (2019). RStudio. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://rstudio.com/>
- Scholarly Publishing, Academic Resources Coalition, & Public Library of Science. (2014). Definiendo acceso abierto en publicaciones. En *How Open is it?* (p. 2). SPARC, PLOS, OASPA. Recuperado de https://www.plos.org/files/HowOpenIsIt_Spanish.pdf
- SCIAM. (2019). So You Want to Hire a Science Illustrator - Scientific American Blog Network. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://blogs.scientificamerican.com/symbiartic/so-you-want-to-hire-a-science-illustrator/>
- SciRev. (2019). Review the scientific review process. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://scirev.org/>
- ShareLaTeX. (2019). ShareLaTeX, Online LaTeX Editor. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://www.sharelatex.com/>
- Smith, D. R. (2016). Will Publons Popularize the Scientific Peer-Review Process? *BioScience*, 66(4), 265–266. <https://doi.org/10.1093/biosci/biw010>
- Southavilay, V., Yacef, K., Reimann, P., & Calvo, R. A. (2013). Analysis of collaborative writing processes using revision maps and probabilistic topic models. En *Analysis of Collaborative Writing Processes Using Revision Maps and Probabilistic Topic Models. In Proceedings of the Third International Conference on Learning Analytics and Knowledge, Leuven, Belgium, 8–13 April 2013* (pp. 38–47). New York, NY, USA: ACM.
- Springer. (2019a). Author and Reviewer Tutorials - How to peer review. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://www.springer.com/gp/authors-editors/authorandreviewertutorials/howtopeerreview>
- Springer. (2019b). Journal Suggester. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://journalsuggester.springer.com/>
- Stephen McMinn, H. (2011). Library support of bibliographic management tools: a review. *Reference Services Review*, 39(2), 278–302. <https://doi.org/10.1108/00907321111135493>
- Systat Software Inc. (2019). SigmaPlot. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <http://www.sigmaplot.co.uk/aboutus/aboutus.php>
- The Biosemantics Group. (2019). Journal / Author Name Estimator. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <http://jane.biosemantics.org/>
- Thelwall, M., Haustein, S., Larivière, V., & Sugimoto, C. R. (2013). Do Altmetrics Work? Twitter and Ten Other Social Web Services. *PLoS ONE*, 8(5), e64841. <https://doi.org/10.1371/>

- journal.pone.0064841
- Thelwall, M., & Kousha, K. (2015). ResearchGate: Disseminating, communicating, and measuring Scholarship? *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 66(5), 876–889. <https://doi.org/10.1002/asi.23236>
- Thelwall, M., & Kousha, K. (2016). Figshare: a universal repository for academic resource sharing? *Online Information Review*, 40(3), 333–346. <https://doi.org/10.1108/OIR-06-2015-0190>
- Torres-Salinas, D., Cabezas-Clavijo, Á., & Jiménez-Contreras, E. (2013). Altmetrics: New Indicators for Scientific Communication in Web 2.0. *Comunicar*, 21(41), 53–60. <https://doi.org/10.3916/C41-2013-05>
- Tufte, E. R. (2001). *The visual display of quantitative information* (2a ed.). Cheshire, UK: Graphics Pr.
- Turnitin. (2019). Promote Academic Integrity | Improve Student Outcomes. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://www.turnitin.com/>
- Van Ullen, M. K., & Kessler, J. (2016). Citation apps for mobile devices. *Reference Services Review*, 44(1), 48–60. <https://doi.org/10.1108/RSR-09-2015-0041>
- Viper. (2019). Viper Plagiarism Checker. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://www.scanmyessay.com/>
- Wager, E., & Kleinert, S. (2012). Cooperation Between Research Institutions and Journals on Research Integrity Cases: Guidance from the Committee on Publication Ethics (COPE). *Acta Informatica Medica*, 20(3), 136. <https://doi.org/10.5455/aim.2012.20.136-140>
- Web of Science. (2019). Web of Science-Please Sign In to Access Web of Science. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <http://login.webofknowledge.com/error/Error?Error=IPError&PathInfo=%2F&RouterURL=http%3A%2F%2Fwww.webofknowledge.com%2F&Domain=.webofknowledge.com&Src=IP&Alias=WOK5>
- Web of Science Group. (2019a). EndNote. Available online. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://endnote.com/>
- Web of Science Group. (2019b). ResearcherID. Recuperado de www.researcherid.com
- Wellcome. (2019). Wellcome Photography Prize. Recuperado el 26 de noviembre de 2019, de <https://wellcome.ac.uk/what-we-do/our-work/wellcome-photography-prize/2019>
- Wiley. (2019a). Journal Finder. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <http://rnd.wiley.com/html/journalfinder.html>
- Wiley. (2019b). Wiley-Publons Pilot Program Enhances Peer-Reviewer Recognition. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://www.wiley.com/WileyCDA/PressRelease/pressReleaseId-116922.html>
- Wizdom.ai. (2019). Intelligence for everyone. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://www.colwiz.com/landing>
- Yu, M.-C., Wu, Y.-C. J., Alhalabi, W., Kao, H.-Y., & Wu, W.-H. (2016). ResearchGate: An effective altmetric indicator for active researchers? *Computers in Human Behavior*, 55, 1001–1006. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.11.007>
- Zakaria, T. N. T., Ab Aziz, M. J., Rizan, T. N., & Maasum, T. M. (2010). Transformation of L2 writers to correct English: the need for a computer-assisted writing tool. En *2010 International symposium on information technology* (Vol. 3, pp. 1508–1513). Kuala Lumpur, Malaysia: IEEE.
- Zenodo. (2019). Zenodo - Research. Shared. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://www.zenodo.org/>
- Zotero. (2019). Zotero | Your personal research assistant. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://www.zotero.org/>

GUÍA PARA LOS AUTORES

Reportes Científicos de la FACEN, es una revista de acceso libre y gratuito y es la publicación científica oficial de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Asunción. Es emitida semestralmente y publica **Artículos originales, Artículos de revisión, Tópicos actuales, Reportes de casos, Comunicaciones cortas y Correspondencia**, en las áreas de Biología, Química, Física, Matemática Pura, Matemática Estadística, Geología, Biotecnología y Tecnología de Producción. Los principales criterios para la selección de los artículos son la solidez científica y la originalidad del tema. Los trabajos y opiniones publicados en la revista son de exclusiva responsabilidad de los autores. El idioma oficial de la revista es el español, pero se aceptan trabajos en inglés y en portugués. No existe costo de publicación para los autores.

El trabajo será enviado en formato electrónico a la dirección email de la revista (reportescientificos@gmail.com), consistiendo en archivos de texto, archivos de planilla electrónica y archivos de imagen. **El archivo principal de texto debe contener únicamente texto, sin ilustraciones ni tablas embebidas**, sino únicamente las respectivas citas a las mismas en el texto (numeradas secuencialmente). **Las tablas e ilustraciones deberán ser remitidos en formato digital en archivos independientes**. Los respectivos archivos deberán indicar en su nombre a qué número de tabla o ilustración corresponden.

El archivo de texto debe ser producido con Microsoft Word® u otro editor de texto perfectamente compatible. El texto deberá estar en letra Times New Roman, tamaño 11. Todo trabajo llevará en su primera página los siguientes elementos: **a) el Título** en español e inglés, **b) la lista de Autores** con nombre y apellido, **c) la Afiliación** laboral de cada autor, **d) un Resumen** de un máximo de 250 palabras en español, **e) un máximo de 7 Palabras clave** en español, **f) un Abstract** en inglés, correspondiente a la versión en español y **g) un máximo de 7 Key words** en inglés, correspondientes a la versión en español. **En caso de trabajos en Portugués** se añaden Título, Resumen y Palavras chave en dicho idioma. El resumen sólo podrá obviarse en el caso de Editoriales, Comunicaciones cortas y Correspondencias presentadas como tales. El cuerpo principal del texto podrá contener, según el contexto del trabajo, las secciones de **1) Introducción, 2) Materiales y métodos (o sólo uno de ellos de acuerdo al caso), 3) Resultados, 4) Discusión, 5) Conclusión, 6) Agradecimientos y 7) Literatura citada**. Tales secciones podrán sufrir fusión o no existir, de acuerdo a la metodología de trabajo o enfoque dados por el autor, así como al tipo de escrito (Artículo original, Comunicación corta, etc.) como haya sido presentado por autor o como lo decida el comité editorial. **Los pies de figuras y tablas** deberán ir al final del texto, a continuación de la sección de literatura citada.

Las citas bibliográficas deberán seguir las normas APA. Según estas normas, el año va entre paréntesis y se destacan el autor y año en las citas en texto: “Según González (1999)” o “El método es reciente (González, 1999)”. Para la lista en la sección de Literatura citada la secuencia lógica y formato es de “Autor. (Año). Título. Publicador, Volumen(Número): Páginas.”, poniéndose siempre primero el apellido de cada autor, seguido de sus correspondientes iniciales y separados por comas, con el último autor separado por un signo de ampersand. Se aplicará cursivas respectivamente en el título si se trata de un libro o tesis, o en el publicador si se trata de un artículo. Se ilustra en los siguientes ejemplos:

González, A.P. (1999). *Métodos de análisis crítico*. Asunción: Editorial Nueva. 120 pp.

González, A.P., Martínez, G.T. & Robledo, H.A. (1999). Análisis de la producción científica del país. *Revista de Filosofía Científica*, 45(2): 56-61.

Las tablas y cuadros deberán presentarse en archivos de Microsoft Excell® u otro programa perfectamente compatible, aunque en muchos casos se aceptan también tablas embebidas en archivo de Microsoft Word®, siempre que sea en archivo separado del de texto. **Las ilustraciones (graficos, imágenes, fotos, dibujos, mapas, esquemas o láminas completas) deberán presentarse cada una en un archivo aparte**, en formato JPG o TIF, generados en Adobe Photoshop u otro programa de procesamiento de imágenes. Deberá cuidarse que posean buen enfoque, claridad y contraste, que tengan una resolución mínima de 300 dpi y máxima de 1000 dpi y teniendo en cuenta que su anchura máxima en la revista será de 16 cm.

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.

REPORTES CIENTÍFICOS

D E L A F A C E N

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Rep. cient. FACEN	San Lorenzo (Paraguay)	Vol. 10, Nº 2	julio-diciembre de 2019	ISSN 2078-399X (versión impresa) ISSN 2222-145X (versión online)
-------------------	------------------------	------------------	----------------------------	---

ARTÍCULOS ORIGINALES

- 57-68 **Marcela Ferreira - Riveros, Fernando Silla & Francisco Brusquetti.** Distribución geográfica potencial de la rana arborícola *Phyllomedusa tetraploidea* Pombal & Hadad, 1992 en Paraguay.
- 69-76 **Rolvideer Javier González Herrera, Karen Ramona Martínez Ramírez, Jesús Alberto Núñez & Daniela Molas Benítez.** Estudio conformacional del 1-buteno.
- 77-90 **Moisés Alejandro Gadea Villalba.** Determinación de los niveles de salinidad del acuífero Patiño.
- 91-100 **Nestor D. Salinas, Gabriel Rotela & Narciso Cubas.** Reconocimiento preliminar de diamictitas aflorantes en la localidad de Takuruty, Villeta.
- 101-111 **Nelly Rocio Figueredo.** Comportamiento de los niveles de carboxihemoglobina en un grupo de trabajadores informales de la ciudad de San Lorenzo.

ARTÍCULO DE REVISIÓN

- 112-131 **Magalí Ferreira, Danilo Fernández Ríos & Nidia Benítez Candia.** ¿De qué herramientas disponen los investigadores?

