Reportes Científicos de la FACEN

ISSN 2078-399X (impreso)
ISSN 2222-145X (online)
Volumen 13
Número 1
2022

Ficoflora de los humedales del departamento de Ñeembucú.

Mamíferos medianos y grandes en campos de cultivo de arroz en los departamentos de Misiones e Itapúa, Paraguay.

Uso de hábitat y patrones de actividad de los pecaríes labiado (*Tayassu pecari*) y de collar (*Pecari tajacu*) en paisajes ganaderos del Chaco Seco, Paraguay.

Riqueza, composición y estructura trófica de las comunidades de aves de los humedales de Ñeembucú, Paraguay.

Evaluación mutagénica de tres herbicidas a base de glifosato empleando el test de mutación y recombinación somática en *Drosophila melanogaste*r.

Actitudes de estudiantes universitarios de Paraguay sobre la Estadística.

Manejo de residuos sólidos urbanos: una estrategia de educación ambiental en Paraguay.

Análisis de la variabilidad de reportados de COVID-19 en tres semanas en relación con parámetros de movilidad.

Evaluación de exactitud de Naive Bayes y Regresión Logística para clasificación con atributos y clases binarios

Presencia de Areniscas de la Formación Ita Pytã Punta al Descubierto en Fernando de la Mora, Paraguay.

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. Dra. Zully Vera de Molinas
Rectora

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
Prof. Dr. 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

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. 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

FACEN
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad Nacional de Asunción

Rep. cient. FACEN	San Lorenzo (Paraguay)	Vol. 13, Nº 1	enero-junio de 2022	ISSN 2078-399X (versión impresa) ISSN 2222-145X (vesión online)

Reportes Científicos

de la FACEN

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Rep. cient. FACEN	San Lorenzo (Paraguay)	Vol. 13, Nº 1	Enero - Junio de 2022	ISSN 2078-399X (versión impresa) ISSN 2222-145X (vesión online)

Artículos Originales

3-9 **Talia Appleyard, Medes Mendoza, Fátima Piris da Motta, Griselda Zárate1, Patricia Salinas, Fátima Ortiz, & Karina Núñez.** Ficoflora de los humedales del departamento de Ñeembucú.

10-19 **Patricia Salinas, Karina Núñez, Fátima Ortiz, Griselda Zárate, Medes Mendoza, & Andrea Weiler.** Mamíferos medianos y grandes en campos de cultivo de arroz en los departamentos de Misiones e Itapúa, Paraguay.

20-27 **Belén Zaldivar, Karen Chavez, Estefania Valiente, Yolanda Ramos, Patricia Salinas & Andrea Weiler.** Uso de hábitat y patrones de actividad de los pecaríes labiado (*Tayassu pecari*) y de collar (*Pecari tajacu*) en paisajes ganaderos del Chaco Seco, Paraguay.

28-40 **Fátima Ortiz, Patricia Salinas, Fátima Piris da Motta, Griselda Zárate, Medes Mendoza, Karina Núñez & Fernando Silla.** Riqueza, composición y estructura trófica de las comunidades de aves de los humedales de Ñeembucú, Paraguay.

41-50 **Luis Francisco Marín Insfrán, Elvio Gayozo Melgarejo, Cynthia Rivarola Sena & Clara Núñez.** Evaluación mutagénica de tres herbicidas a base de glifosato empleando el test de mutación y recombinación somática en *Drosophila melanogaster*.

51-56 **Iván Barrios, Jazmín Barrios, Alcides Bordón, Ema Maidana-Pont, Basilio Ruiz & Julio Torales.** Actitudes de estudiantes universitarios de Paraguay sobre la Estadística.

57-63 **Masayuki Miyazaki, Victorio Enrique Oxilia Dávalos & Mario Gustavo Leiva Enrique.** Manejo de residuos sólidos urbanos: una estrategia de educación ambiental en Paraguay.

64-72 **Edgar López Pezoa & Sebastián Alberto Grillo.** Análisis de la variabilidad de reportados de COVID-19 en tres semanas en relación con parámetros de movilidad.

73-84 **Edgar López Pezoa, Antoliano Cáceres Estigarribia, Sebastián Alberto Grillo & Edher Herrera.** Evaluación de exactitud de Naive Bayes y Regresión Logística para clasificación con atributos y clases binarios

85-88 **Moisés Gadea, Higinio Moreno, Nelson Acosta & Alejandro Acosta.** Presencia de Areniscas de la Formación Ita Pytã Punta al Descubierto en Fernando de la Mora, Paraguay.

Reportes Científicos de la FACEN

Artículo Original

Reportes científicos de la FACEN, Enero - Junio 2022, 13(1):3–9

http://doi.org/10.18004/rcfacen.2022.13.1.3

Ficoflora de los humedales del departamento de Ñeembucú

Phycoflora of the wetlands of the department of Ñeembucú

Talia Appleyard[1], Medes Mendoza[1], Fátima Piris da Motta[1], Griselda Zárate[1], Patricia Salinas[1], Fátima Ortiz[1] & Karina Núñez[1,*]

[1]Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Biología, Colección Zoológica, San Lorenzo, Paraguay

[*]Autor correspondiente: ranitapy@gmail.com.

Resumen: Los humedales son considerados sistemas biológicos dinámicos y productivos, debido a que el agua se encarga de producir un ambiente mixto. Las algas tienen un rol importante desde los servicios ecosistémicos que desarrollan, entre ellos los de soporte y regulación, vinculados a la producción primaria, al ciclaje de nutrientes, a la producción de oxígeno atmosférico y a la purificación del agua. El objetivo de este trabajo fue aportar información respecto a la riqueza y composición de especies de la ficoflora del departamento de Ñeembucú. Para ello se tomaron muestras de agua en los distritos Tacuaras y Villa Franca, del departamento de Ñeembucú - Paraguay, en ocho campañas de muestreo, durante los meses de octubre de 2020 a julio de 2021. Se colectaron 32 muestras, incluyendo tomas directas de agua y muestras filtradas con red de plancton provenientes de cuerpos de agua temporales y permanentes, conservadas en lugol acético para su posterior observación. Para el recuento e identificación de las algas se utilizó el método de sedimentación de Utermölh. Se encontraron 185 especies de algas distribuidas en siete phylum: Bacillariophyta (63 especies), Charophyta (53 especies), Chlorophyta (41 especies), Cryptophyta (una especie), Cyanophyta (ocho especies), Euglenophyta (17 especies), y Ochrophyta (dos especies). La mayoría de las especies identificadas corresponden a medios dulceacuícolas oligotróficos. Este trabajo representa un aporte para aumentar el conocimiento de la diversidad algal del departamento de Ñeembucú.

Palabras clave: *Agua dulce, algas, fitoplancton, microorganismos.*

Abstract: Wetlands are considered dynamic and productive biological systems, due to the water, which is responsible for producing a mixed environment. Algae play an important role in the ecosystem services they provide, including support and regulation, linked to primary production, nutrient cycling, atmospheric oxygen production and water purification. The objective of this work was to provide information on the species richness and composition of the phycoflora of the department of Ñeembucú. For this purpose, water samples were taken in the Tacuaras and Villa Franca districts, in the department of Ñeembucú - Paraguay, in eight sampling campaigns, during the months of October 2020 to July 2021. Thirty-two samples were collected, including direct water samples and samples filtered with plankton nets from temporary and permanent water bodies, preserved in acetic lugol for later observation. The Utermölh sedimentation method was used to count and identify the algae. We found 185 species of algae distributed in seven phylum: Bacillariophyta (63 species), Charophyta (53 species), Chlorophyta (41 species), Cryptophyta (one species), Cyanophyta (eight species), Euglenophyta (17 species), and Ochrophyta (two species). Most of the species identified correspond to oligotrophic freshwater environments. This work represents a contribution to increase the knowledge of the algal diversity of the department of Ñeembucú.

Key words: *Freshwater, algae, phytoplankton, microorganisms.*

Introducción

Los humedales son sistemas con una gran variedad de rasgos climáticos, geomorfológicos e hidrológicos, donde el agua cumple el rol principal en el dinamismo y la generación de una comunidad biológica intermedia, dificultando las descripciones y las definiciones de sus límites (Ginzburg et al., 2005; Vogt, 2005). Estos sistemas son importantes protectores de una gran biodiversidad y de múltiples procesos biológicos, además, son fuentes de servicios ecosistémicos indispensables para los pobladores cercanos a ellos y los demás seres vivos, por lo que son considerados uno de los más productivos en el mundo (Barbier, 1997; Mereles, 1993). Según Mereles (2006) el Paraguay

Recibido: 30/12/2021 Aceptado: 1/02/2022

2078-399X/2022 Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Paraguay. Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es).

posee al menos el 25% de su territorio vinculado, de forma directa o indirecta, a ecosistemas húmedos relacionados a los ríos Paraguay y Paraná; siendo, la región Oriental la más húmeda, pues cuenta con numerosos cursos de agua y sistemas de lagunas como el complejo del lago Ypoá, el estero Milagros en el departamento de San Pedro y los humedales del departamento de Ñeembucú (Mereles et al., 2015). Los humedales del departamento de Ñeembucú tienen su origen en llanuras aluviales que se forman por depósitos durante inundaciones periódicas de depresiones y zonas anegadas (Mereles et al., 2015).

La ficoflora hace referencia a la diversidad de especies de fitoplancton, que agrupa a microorganismos base de las cadenas tróficas en ambientes acuáticos, así como los principales receptores de energía y propulsores del ciclo biogeoquímico (Kruk et al., 2010; Muñoz-López et al., 2017; Zabala-Agudelo et al., 2019). Proveen servicios ecosistémicos de soporte y regulación, relacionados a la producción primaria, al ciclaje de nutrientes, a la producción de oxígeno atmosférico y a la purificación del agua (Stevenson, 2014).

El conocimiento sobre la diversidad biológica constituye una herramienta para llevar a cabo estrategias efectivas de conservación de la naturaleza (López, 2013). La mayoría de los inventarios de vida silvestre se centran en plantas y animales vertebrados, quedando relegados los microorganismos; por esto, es importante tener un registro ficoflorístico de los humedales del Ñeembucú para que los planes de manejo de dichos humedales sean más efectivos. El objetivo de este trabajo fue aportar información respecto a la riqueza y composición de especies de la ficoflora del Departamento de Ñeembucú.

Metodología

Las muestras de agua para el estudio fueron tomadas en los distritos Tacuaras y Villa Franca, del Departamento de Ñeembucú, Paraguay (Fig. 1). El clima del área de estudio es subtropical, de húmedo a subhúmedo con una precipitación media anual de 1500 mm, y temperatura media de 22°C. Se realizaron ocho viajes, durante los meses de octubre 2020 a julio 2021. Se colectaron 32 muestras crudas

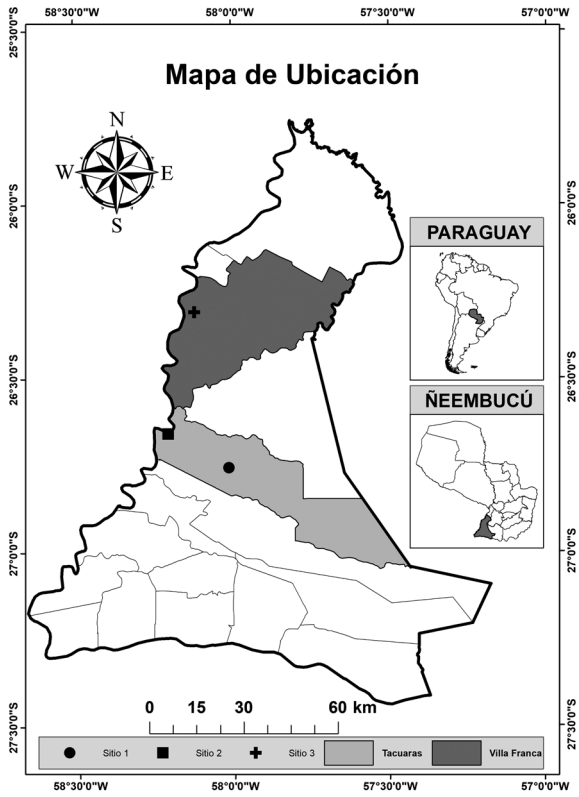


Figura 1. Localización de los sitios de muestreo en los distritos de Tacuaras y Villa Franca en el departamento de Ñeembucú.

(toma directa de agua) y muestras filtradas con red de plancton provenientes de cuerpos de agua temporales y permanentes, entre ellos arroyos, aguadas, lagunas y riachos. Las muestras de cada punto se conservaron con lugol acético para su posterior observación.

En laboratorio se procedió al recuento e identificación de las algas a través del método de sedimentación de Utermölh (1958), utilizando un microscopio invertido ZEISS Vert.A1 y cámara fotográfica ZEISS Axiocam ERc5s adaptada al mismo. La identificación de las especies se realizó siguiendo a Aboal et al. (2012) y Guiry & Guiry (2021).

Resultados y discusión

La riqueza de algas corresponde a 185 especies, de 74 géneros, 43 familias, 28 órdenes, 11 clases y siete phylum (Tabla 1). El Phylum Charophyta fue el de mayor número de especies, mientras que, el Phylum con menor número de especies fue Cryptophyta,

Tabla 1. Especies de algas registradas en los humedales del departamento de Ñeembucú.

Bacillariophyta		
Asterionella sp.	*Gomphonema agur*	*Nitzschia sp. 4*
Aulacoseira granulata	*Gomphonema sp. 1*	*Pinnularia acrosphaeria*
Capartogramma crucicula	*Gomphonema sp. 2*	*Pinnularia borealis*
Cocconeis sp.	*Gomphonema sp. 3*	*Pinnularia sp.*
Coscinodiscus sp.	*Gomphonema sp. 4*	*Pinnularia sp. 2*
Craticula sp.	*Gyrosigma acuminatum*	*Pinnularia sp. 3*
Cyclotella meneghiniana	*Gyrosigma attenuatum*	*Pinnularia sp. 4*
Cymbella sp.	*Gyrosigma sp.*	*Pinnularia viridis*
Desmogonium sp.	*Hantzschia amphioxys*	*Sellaphora sp.*
Eunotia sp. 1	*Hantzschia sp.*	*Stenopterobia sp.*
Eunotia sp. 2	*Melosira varians*	*Surirella elegans*
Eunotia sp. 3	*Navicula sp1*	*Surirella sp. 1*
Eunotia sp. 4	*Nitzschia amphioxus*	*Surirella sp. 2*
Eunotia sp. 5	*Nitzschia sigmoidea*	*Surirella sp. 3*
Eunotia tridentula	*Nitzschia sp. 1*	*Synedra goulardii*
Eunotia ventricosa	*Nitzschia sp. 2*	*Synedra sp.*
Frustulia rhomboides	*Nitzschia sp. 3*	*Terpsinoe musica*
Frustulia sp.		*Triblionella sp.*

con un único representante (Tabla 2). Esta riqueza corresponde al 21% de las especies conocidas para Paraguay (Rosset et al., 2020).

Los géneros con más especies en el Phylum Bacillariophyta corresponden a: *Eunotia* Ehrenberg, 1837, las cuales están caracterizadas por encontrarse en ambientes neutros a ácidos y situaciones oligotróficas (Ortiz-Lerín & Cambra, 2007); *Pinnularia* Ehrenberg, 1843, cuyas especies son de hábito solitario, rara vez en cadenas, encontrándose en aguas dulces, limpias y de bajo pH (Toledo y Comas, 2011); y *Nitzschia* Hassall, 1845, distribuida en aguas dulces y saladas, bastante tolerantes a cambios ambientales (Rivera Ramírez, 1985). Una especie que resalta en este phylum es *Terpsinöe música* (Ehrenberg 1843), porque tiene una gran variabilidad morfológica, se encuentra en ambientes con pH neutros a ligeramente alcalinos con una distribución tropical –subtropical (Medina-Tombé et al., 2019).

Los géneros del phylum Charophyta con mayor cantidad de especies son: *Cosmarium* Corda ex Ralfs, 1848, género cosmopolita que se encuentra principalmente en ambientes oligotróficos y ácidos, y algunas especies de aguas eutróficas básicas; *Closterium* Nitzsch ex Ralfs, 1848, género cosmopolita que se encuentra como perifito de lagos ácidos y oligotróficos, ocasionalmente se los puede encontrar en ambientes alcalinos; y *Euastrum* Ehrenberg ex Ralfs, 1848, de ambientes acuáticos o pantanos ácidos oligotróficos como el género anterior (Guiry & Guiry, 2021).

Los géneros del phylum Chlorophyta con mayor número de especies son: *Scenedesmus* Meyen,

Tabla 1 (Continuación). Especies de algas registradas en los humedales del departamento de Ñeembucú.

Charophyta		
Arthrodesmus sp.	*Cosmarium sp. 2*	*Micrasterias radiosa*
Bambusina borreri	*Cosmarium sp. 3*	*Micrasterias sp.*
Closterium acutum	*Cosmarium sp. 4*	*Mougeotia cyanea*
Closterium kuetzingii	*Cosmarium sp. 5*	*Netrium sp.*
Closterium lunula	*Cosmarium sp. 6*	*Onychonema leave*
Closterium maciletum	*Desmidium swartzii*	*Pleurotaenium ehrenbergii*
Closterium moniliferum	*Desmidium cylindricum*	*Pleurotaenium sp.*
Closterium parvulum	*Desmidium sp.*	*Spirogyra sp.*
Closterium sp.	*Desmidium swartzii*	*Spondylosium panduriforme*
Closterium venus	*Euastrum abruptum*	*Spondylosium pulchrum*
Cosmarium contractum	*Euastrum ansatum*	*Staurastrum asteroideum*
Cosmarium denticulatum	*Euastrum bidentatum*	*Staurastrum aureolatum*
Cosmarium granatum	*Euastrum binale*	*Staurastrum gladiosum*
Cosmarium kuetzingii	*Euastrum denticulatum*	*Staurastrum sp. 1*
Cosmarium obsoletum	*Euastrum elegans*	*Staurastrum sp. 2*
Cosmarium ornatum	*Euastrum fissium*	*Staurastrum sp. 3*
Cosmarium pseudopyramidatum	*Euastrum sp.*	*Staurodesmus validus*
Cosmarium punctulatum	*Gonatozygon aculeatum*	*Staurodesmus dejectus*
Cosmarium pygmaeum	*Hyalotheca dissiliens*	*Xanthidium antilopaeum*
Cosmarium quadrum	*Hyalotheca sp.*	*Xanthidium fasciculatum*
Cosmarium sp. 1	*Micrasterias radiata*	*Xanthidium sp.*

1829, cosmopolita, cuyas especies se pueden encontrar tanto en ambientes oligotróficos como en ambientes contaminados, presentan polimorfismo, de dos a 32 células, por lo general van de cuatro a ocho; *Coelastrum* Nägeli, 1849, es un género cosmopolita de agua dulce y va de ambientes árticos a tropicales, en su mayoría oligotróficos; y *Tetraëdron* Kützing, 1845, especie planctónica de agua dulce y ambientes oligotróficos, cuyas células son solitarias, con formas aplanadas, triangulares, cuadrangulares o globosas (Guiry & Guiry, 2021).

En el Phylum Cyanophyta no se encontró mucha variabilidad en cuanto a géneros. El género *Spirulina* (sinónimo *Arthrospira*) comprende especies de agua dulce o poco contaminadas. La especie *Spirulina gigantea* Schmidle 1902 es una especie de agua dulce, la cual, según los registros en la base de datos de "Algaebase" es nuevo registro para Paraguay y tiene como sinónimo a *Arthrospira gigantea* (Schmidle) *Anagnostidis*, 1998 (Guiry & Guiry, 2021).

En relación a los phylum con menor número de especies registradas, el Phylum Euglenophyta, que contiene al género *Euglena* Ehrenberg, 1830, incluye especies generalistas, principalmente de agua dulce. El Phylum Ochrophyta, representado

Tabla 1 (Fin). Especies de algas registradas en los humedales del departamento de Ñeembucú.

Chlorophyta		
Actinastrum falcatus	*Dimorphococcus lunatus*	*Scenedesmus dimorphus*
Actinastrum hantzschii	*Eudorina elegans*	*Scenedesmus ecornis*
Ankistrodesmus aciculare	*Eudorina sp.*	*Scenedesmus javanensis*
Ankistrodesmus falcatus	*Golenkinia sp.*	*Scenedesmus quadricauda*
Chlamydomonas globosa	*Monoraphidium arcuatum*	*Scenedesmus sp. 1*
Chlamydomonas sp.	*Oocystis sp.*	*Scenedesmus sp. 2*
Chlorococcum sp. 1	*Pandorina morum*	*Scenedesmus sp. 3*
Chlorococcum sp. 2	*Pediastrum sp.*	*Selenastrum bibraianum*
Coelastrum microporum	*Pediastrum tetras*	*Selenastrum sp.*
Coelastrum sp.	*Scenedesmus arcuatus*	*Tetraëdron caudatum*
Coelastrum sphaericum	*Scenedesmus armatus*	*Tetraëdron regulare*
Crucigenia quadrata	*Scenedesmus bernardii*	*Tetraëdron sp.*
Crucigenia rectangularis	*Scenedesmus bijugatus*	*Volvox sp.*
Dictyosphaerium pulchellum		*Westella botryoides*
Cryptophyta		
Cryptomonas sp.		
Cyanophyta		
Anabaena sp.	*Oscillatoria sp.*	*Pseudanabaena galeata*
Chroococcus sp.	*Oscillatoria tenuis*	*Pseudanabaena limnetica*
Microcystis auriginosa		*Spirulina gigantea*
Euglenophyta		
Euglena acus	*Euglena spirogyra*	*Phacus pleuronectes*
Euglena elastica	*Lepocinclis sp.*	*Phacus sp. 1*
Euglena oxyuris	*Phacus chloroplastes*	*Phacus sp. 2*
Euglena sp. 1	*Phacus longicauda*	*Trachelomonas hispida*
Euglena sp. 2	*Phacus orbicularis*	*Trachelomonas raciborskii*
Euglena sp. 3		*Trachelomonas sp. 1*
Ochrophyta		
Synura uvella		*Trachychloron sp.*

Tabla 2. Representación de los taxa de la ficoflora del departamento de Ñeembucú.

Phylum	Clases	Órdenes	Familias	Géneros	Especies
Bacillariophyta	3	13	18	24	53
Charophyta	1	2	4	18	63
Chlorophyta	2	4	10	19	41
Cryptophyta	1	1	1	1	1
Cyanophyta	1	5	6	6	8
Euglenophyta	1	1	2	4	17
Ochrophyta	2	2	2	2	2
Total de taxa	**11**	**28**	**43**	**74**	**185**

por el género *Synura* Ehrenberg, 1834, es común en lagos y estanques de agua fría, sus especies tienen ecología variada, algunas tienen amplia distribución y otras se limitan a ambientes específicos; y *Trachychloron* Pascher, 1937, género de especies de agua dulce en su mayoría (Guiry & Guiry, 2021). En el Phylum Cryptophyta se identificó una sola especie, perteneciente al género *Cryptomonas* Ehrenberg, 1831, cosmopolita de agua dulce, encontrándose en cuerpos de agua temporales, ríos y lagos.

Contribución de los autores

Los autores contribuyeron de igual manera en la elaboración de este artículo.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Agradecimientos

Estos datos fueron tomados en el marco del proyecto PINV18-162: "Valoración de los servicios ecosistémicos de la Ecorregión Ñeembucú a través del análisis de la diversidad funcional y taxonómica de las comunidades de fitoplancton, plantas, anfibios y aves", el cual fue cofinanciado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) con apoyo del FEEI. A los propietarios y al personal de los establecimientos visitados, por los permisos concedidos y el apoyo a la investigación científica.

Literatura citada

Aboal, M., Troncoso, R.A. & Codorníu, A.C. (2012). *Catálogo y claves de identificación de organismos fitoplanctónicos utilizados como elementos de calidad en las redes de control del estado ecológico*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 561 pp.

Barbier, E.B., Acreman, M.C. & Knowler, D. (1997). *Valoración económica de los humedales – Guía para decisores y planificadores.* Gland: Oficina de la Convención de Ramsar. xii + 143 pp.

Ginzburg, R., Adámoli, J., Herrera, P. & Torrella, S. (2005). Los Humedales del Chaco: clasificación, inventario y mapeo a escala regional. *INSUGEO, Miscelánea*, 14: 121–138.

Guiry, M.D. & Guiry, G.M. (2021). *AlgaeBase. World-wide electronic publication*. [Consulted: 6.x.2021]. <http://www.algaebase.org>.

Kruk, C., Huszar, V.L.M., Peeters, E.T.H.M., Bonilla, S., Costa, L., Lürling, M., Reynolds, C.S. & Scheffer, M. (2010). A morphological classification capturing functional variation in phytoplankton. *Freshwater Biology*, 55(3): 614–627.

López, J.G. (2013). Convenio sobre la Diversidad Biológica: la última oportunidad de evitar la tragedia, acorralada. *Ecología Política*,

46: 25–35.

Medina-Tombé, M.F., Vouilloud, A.A. & Sala, S.E. (2019). Terpsinoë musica Ehrenberg (Bacillariophyceae), primer registro del género para Colombia. *Actualidades Biológicas*, 41(110): 1–20.

Mereles, F. (1993). Humedales y bosques inundados. *Rojasiana*, 1(1): 21–32.

Mereles, F. (2006). La diversidad, los usos y la conservación de las especies vegetales en los humedales del Paraguay. *Rojasiana*, 7(2): 171–185.

Mereles, F., De Egea Elsam, J., Céspedes, G., Peña-Chocarro, M.C. & Degen, R. (2015). Plantas Acuáticas y Palustres del Paraguay. *Rojasiana*, 2(1): 1–236.

Muñoz-López, C.L., Aranguren-Riaño, N.J. & Duque, S.R. (2017). Morfología funcional del fitoplancton en un lago de alta montaña tropical: Lago de Tota (Boyacá-Colombia). *Revista de Biología Tropical*, 65(2): 669–683.

Ortiz-Lerín, R. & Cambra, J. (2007). Distribution and taxonomie notes of Eunotia Ehrenberg 1837 (Bacillariophyceae) in rivers and streams of Northern Spain. *Limnetica*, 26(2): 415–434.

Rivera Ramírez, P. (1985). Las especies del género *Nitzschia* Hassall, sección *Pseudonitzschia* (Bacillariophyceae), en las aguas marinas chilenas. *Gayana Botánica,* 42(3-4): 9–38.

Rosset, V.K., Bartozek, E.C.R., Lambrecht, R.W., Auricchio, M.R., Dos Santos, M. & Peres, C.K. (2020). Gaps and challenges in the knowledge of algal biodiversity in Paraguay. *Phycologia,* 59(6): 571–577.

Stevenson, J. (2014). Ecological assessments with algae: a review and synthesis. *Journal of Phycology*, 50(3): 437–461.

Toledo, L. & Comas, A. (2012). Especies dulciacuícolas del género Pinnularia (Bacillariophyceae) de Cuba. *Revista Del Jardín Botánico Nacional*, 32-33: 285–292.

Utermöhl, H. (1958). Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie: Mitteilungen,* 9(1): 1–38.

Vogt, C. & Mereles, F. (2005). Una contribución al estudio de los humedales de la cuenca del Arroyo Ñeembucú, Departamento Ñeembucú, Paraguay. *Rojasiana, 7*(1): 5–20.

Zabala Agudelo, A.M., Hernández, E., Agudelo, D.M., Aguirre, N.J. & Vélez, F.D.J. (2019). Variación temporal de la morfología funcional del fitoplancton en una planicie inundable del Caribe Colombiano. *Biota Colombiana*, 20(2): 2–19.

Reportes Científicos de la FACEN

Reportes científicos de la FACEN, Enero - Junio 2022, 13(1):10–19

http://doi.org/10.18004/rcfacen.2022.13.1.10

Artículo Original

Mamíferos medianos y grandes en campos de cultivo de arroz en los departamentos de Misiones e Itapúa, Paraguay

Medium and large-sized mammals in rice-fields of the Misiones and Itapúa departments, Paraguay

Patricia Salinas[1,*], Karina Núñez[1], Fátima Ortiz[1], Griselda Zárate[1], Medes Mendoza[1] & Andrea Weiler[1]

[1]Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias exactas y Naturales, Departamento de Biología, Laboratorio de Zoología
*Autor correspondiente: patrisali93@gmail.com.

Resumen: En Paraguay la agricultura se ha expandido a lo largo del territorio, principalmente en la Región Oriental, en gran cantidad la producción de arroz, constituidas como humedales artificiales, que albergan a una gran cantidad de fauna, principalmente aves. La información sobre mamíferos y la agricultura aún es escasa a nivel regional y en particular para Paraguay, por ende, el objetivo de este trabajo fue analizar la diversidad de mamíferos asociadas al cultivo de arroz, cuyo desarrollo se situó en los departamentos de Misiones e Itapúa. Los sitios de muestreo presentan ambientes variados, como esterales asociados a canales artificiales de agua, pastizales, bosques y el área de cultivo de arroz. El área de estudio abarcó tres propiedades de cultivo de arroz, en total se establecieron un total de 33 estaciones de muestreo, en cada una se instaló una cámara trampa a 50 cm del suelo. El muestreo se realizó entre los meses de septiembre 2020 a abril 2021, con un esfuerzo de 2423 días trampa, el monitoreo de fauna mediante fototrampeo arroja un total de 2577 capturas de fotografías de mamíferos. Se registró una riqueza de 17 especies de mamíferos pertenecientes a 13 familias y siete órdenes. Entre las especies registradas, *Chrysocyon brachyurus* y *Leopardus guttulus* se encuentran categorizadas como Vulnerable (VU) a nivel internacional (UICN), y amenazada de extinción a nivel nacional (MADES), ambas especies estuvieron presentes en los tres sitios evaluados. Recomendamos muestreos de biodiversidad y trabajo conjunto con los productores agropecuarios a fin de establecer planes de manejo que permitan la conservación de la biodiversidad en ambientes productivos.

Palabras claves: *Agroecosistemas, fototrampeo, humedales, mastozoología.*

Abstract: In Paraguay, agriculture has expanded throughout the territory, mainly in the Eastern Region, with a large amount of rice production, constituted as artificial wetlands, which are home to a large number of fauna, mainly birds. Information on mammals and agriculture is still scarce at the regional level and in particular for Paraguay, therefore, the objective of this work was to analyze the diversity of mammals associated with rice cultivation, whose development was located in the departments of Misiones and Itapúa. The sampling sites present varied environments, such as marshes associated with artificial water channels, pastures, forests and the rice cultivation area. The study area included three rice cultivation properties, and a total of 33 sampling stations were established, in each of which a camera trap was installed at 50 cm above the ground. Sampling was carried out from September 2020 to April 2021, with an effort of 2423 trap days. Fauna monitoring by photo-trapping yielded a total of 2577 mammal photographic captures. A richness of 17 species of mammals belonging to 13 families and seven orders was recorded. Among the species recorded, Chrysocyon brachyurus and Leopardus guttulus are categorized as Vulnerable (VU) at the international level (IUCN), and threatened with extinction at the national level (MADES), both species were present in the three sites evaluated. We recommend biodiversity sampling and joint work with agricultural producers in order to establish management plans that allow the conservation of biodiversity in productive environments.

Key words: *Agroecosystems, photo-trapping, wetlands, mastozoology.*

Introducción

Los sistemas agrarios implican la transformación del medio natural y el cambio del uso del suelo, se originan y se mantienen a través de actividades antropogénicas para que el hombre pueda obtener alimentos (Sans, 2007). A nivel nacional, la Región Oriental posee áreas propicias para el cultivo

Recibido: 18/01/2022 Aceptado: 1/02/2022

2078-399X/2022 Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Paraguay. Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es).

de arroz, principalmente los departamentos de Itapúa, Misiones, Caazapá y Cordillera (Friedman y Weil, 2010), que se encuentran dentro de la ecorregión del Chaco Húmedo según Dinerstein *et al.*, (1995) o dentro de la Ecorregión Ñeembucú según la clasificación del Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sustentable (MADES) basado en el trabajo de Acevedo (1990).

Los arrozales son catalogados como humedales artificiales, porque alberga una gran diversidad de fauna y flora en las diferentes etapas del cultivo, por la presencia de agua constante, que interviene en el flujo físico-químico del medio, haciéndolo un agroecosistema muy dinámico (Forés y Comín 1992 y Fernández-Valiente y Quesada 2004).

En los trópicos y subtrópicos, uno de los ecosistemas agrícolas más comunes son los arrozales, que tienen gran similitud con los humedales, por lo que varias especies de hábitos acuáticos o de ambientes húmedos se adaptan a la dinámica de los cultivos de arroz y colonizan estos ambientes (Rizo-Patrón et al., 2011). Si bien el cultivo de arroz implica una transformación del paisaje por la remoción de la cobertura de vegetación para iniciar los espejos de agua artificiales; son sitios atractivos para diferentes especies de aves acuáticas que lo usan como sitio para alimentarse, reproducirse y descansar (Rico et al., 2011). Además, debido a la relación que existe entre el sistema hídrico de riego y los humedales, llegan peces y otros organismos que son aprovechados por mamíferos e inclusive por el hombre como alimento, desarrollándose de esta manera un ciclo altamente beneficioso (Morales et al. 2013).

Dentro del conocimiento sobre los mamíferos nativos del Paraguay, el autor De la Sancha y colaboradores (2017) hace un compilado bibliográfico, para este estudio se menciona unas 181 especies nativas de los cuales más del 50% (147 especies de mamíferos) se citan para la Región Oriental, a pesar de este trabajo aún es poca la información sobre mamíferos y hay muchos vacíos de información. El inventario es aún incompleto, así como las distribuciones de muchas especies son todavía inciertas, el autor ahonda a seguir con los inventarios y la utilización de material de museo para una lista más completa.

Para América del Sur y en particular para Paraguay la información sobre mamíferos y agricultura es escasa, la literatura existente enfatiza en el estudio de aves y su relación con extensiones de cultivo de arroz (Friedmann y Weil, 2010; Lesterhuis y Cartes, 2008).

El fototrampeo constituye una técnica de muestreo apropiada para el estudio de algunos grupos taxonómicos, ya que permite obtener datos sobre la distribución de las especies de mamíferos medianos y grandes difíciles de avistar, a causa de su comportamiento sigiloso y elusivo (Wemmer et al., 1996 y Mccallum, 2013). Constituye además un método de gran practicidad, porque permite cubrir extensas áreas de muestreo con un mínimo de esfuerzo personal (Botello et al., 2007).

A través de este trabajo se pretende caracterizar la diversidad de fauna de mamíferos medianos y grandes, en agropaisajes asociados al cultivo de arroz en los Departamento de Misiones e Itapúa. El conocimiento de la mastofauna asociada a campos de arroz permitirá el desarrollo de estrategias de conservación de la biodiversidad en estos ambientes.

Metodología

Área de estudio

Los sitios de muestreo presentan ambientes variados, como estelares asociados a canales artificiales de agua, pastizales, isletas de bosques y el área de cultivo de arroz. La investigación se desarrolló en tres propiedades privadas; una en el departamento de Itapúa en el distrito de San Cosme y Damián (Sitio 1) y dos ubicadas en el Departamento Misiones en el distrito de Santiago (Sitio 2 y 3) (Figura 1). Estos distritos pertenecen a la Ecorregión Ñeembucú, que presenta un clima subtropical, húmedo a subhúmedo con una precipitación media anual de 1500 mm y con temperatura media de 22°C (Fogel, 2000).

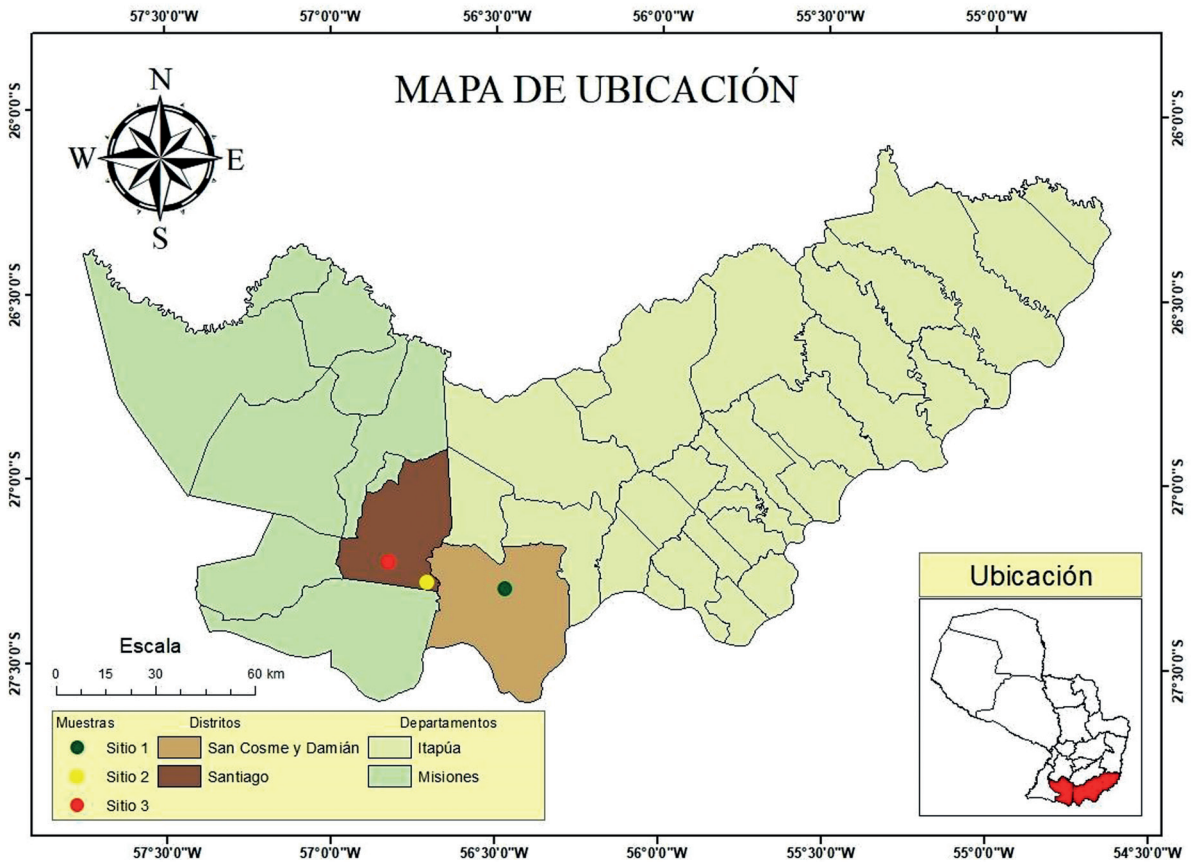


Figura 1. Ubicación de los sitios de muestreo.

Muestreo

Los registros de los mamíferos se obtuvieron mediante 33 cámaras trampa que permanecieron activas desde septiembre de 2020 hasta abril de 2021. Las cámaras fueron instaladas a una distancia de 2 – 4 km entre sí, a una altura de 50 cm del nivel del suelo, en sitios que mostraron indicios de la presencia de mamíferos, como huellas, heces, o pasos de fauna siguiendo a Diaz-Pullido y Payán Garrido (2012). Los puntos de muestreo fueron georreferenciados mediante el uso de un GPS marca Garmin 64s. Las cámaras trampa fueron programadas para funcionar las 24 horas del día, y para tomar secuencias de tres imágenes consecutivas con un intervalo entre secuencias de 1 segundo. Todos los datos fueron asentados en planillas preparadas para el efecto.

Las estaciones de muestreo fueron controladas una vez al mes donde se procedió al cambio de la memoria y chequeo de baterías, las cuales fueron reemplazadas cuando fue necesario. También se procedió al mantenimiento/limpieza o cambio del sitio de colocación cuando fue necesario.

Procesamiento y Análisis de datos

Los datos recolectados fueron procesados y analizados en la FACEN-UNA mediante las siguientes metodologías:

Las imágenes capturadas fueron clasificadas en las siguientes carpetas: vacío (sin presencia de actividad), anfibios, reptiles, aves, agricultura (presencia de maquinarias o actividad humana) y mamíferos. Las fotografías de mamíferos fueron reclasificadas en carpetas con los nombres científicos de las especies y en subcarpetas describiendo el número de individuos de la especie en cada

fotografía, siguiendo la metodología propuesta por Harris et al., 2010. Las fotografías fueron consideradas independientes con intervalos de 60 minutos (Briones-Salas et al., 2016).

Siguiendo la metodología propuesta por Sanderson & Harris (2013), se utilizó el programa DataOrganize para crear un archivo de fotografías organizado cronológicamente por especie, cámara y sitio de muestreo. Finalmente, los datos fueron analizadas con el programa DataAnalyze.

Los análisis de diversidad se basaron en el cálculo de los números de Hills, utilizando datos de frecuencia de las especies en las unidades de muestreo (días cámara-trampa): riqueza de especies (q=0), exponencial de Shannon-Wiener que expresa el número de especies equiprobables (q=1) y el inverso de Simpson o número de especies dominantes (q=2). Para cada medida de diversidad, se realizaron curvas de interpolación y extrapolación, y se calcularon intervalos de confianza (IC) al 95% para determinar si había diferencias significativas entre los sitios y para medir la eficiencia del muestreo. Estas estimaciones se realizaron utilizando el paquete iNEXT (Hsieh et al., 2016) bajo entorno RGui 64-bi.

Además, se construyeron las curvas de rango abundancia, para analizar gráficamente las variaciones en composición, riqueza y frecuencia de registros entre los sitios estudiados, utilizando el logaritmo en base 10 de la frecuencia relativa. Adicionalmente, se realizaron los cálculos de similitud entre las comunidades con el índice de Jaccard, utilizando el software EstimateS 9.1.0 (Colwell, 2019).

Resultados y discusión

Esfuerzo de muestreo

El esfuerzo total de muestreo fue de 2.423 días trampa, se obtuvieron un total de 10.911 fotografías de fauna, de las cuales se identificaron hasta el nivel de especie, un total de 2.577 fotografías de mamíferos medianos y grandes. Los resultados de la medida de "Sample Coverage", para evaluar la completitud del muestreo arrojaron valores superiores al 90% en los tres sitios (Figura 2), lo que indica que el muestreo fue eficiente para describir estas comunidades.

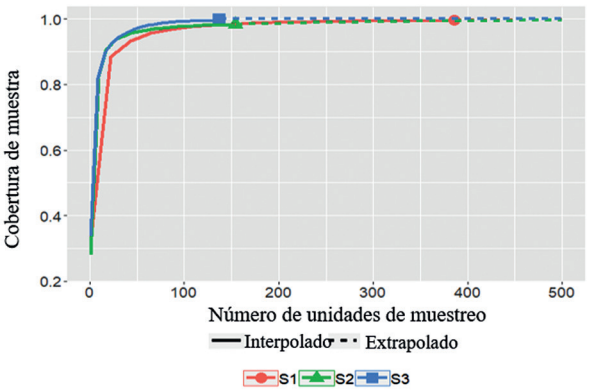


Figura 2. Curvas de completitud del muestreo de las comunidades de mamíferos y sus intervalos de confianza (0.95) en relación al número de unidades de muestreo (días de muestreo), en el los sitios de muestreo de los Departamentos de Misiones e Itapúa.

Riqueza y Abundancia Relativa

La riqueza de mamíferos registrada fue de 17 especies, pertenecientes a siete órdenes y 13 familias (Figura 3, Tabla 1). Esto representa el 26,1 % de las especies de mamíferos medianos y grandes registradas para la Región Oriental del Paraguay (De La Sancha et al., 2017). Tres de las especies registradas revisten amenazas a su conservación a nivel internacional, *Leopardus guttulus*, *Chrysocyon brachyurus* y *Sylvilagus brasiliensis*.

La riqueza de especies de mamíferos registrada es menor a la de otros ecosistemas agrícolas de la región, como la descrita por Dotta y Verdade (2011) en el sureste de Brasil, donde el área de estudio se encuentran plantaciones de caña de azúcar y de eucalipto, compuesta por 25 especies de mamíferos nativos, a diferencia de nuestro estudio, ellos registraron un felino de mayor tamaño (*Puma concolor*) y además a especies de la familia Cervidae.

Entre los tres sitios de muestreo, el sitio 1 resultó ser el lugar con mayor riqueza y registros de mamíferos. La especie con mayor frecuencia de registros en los tres sitios evaluados fue *Cerdocyon thous*, quien a su vez estuvo presente el 100% de las estaciones de muestreo, siendo la especie con

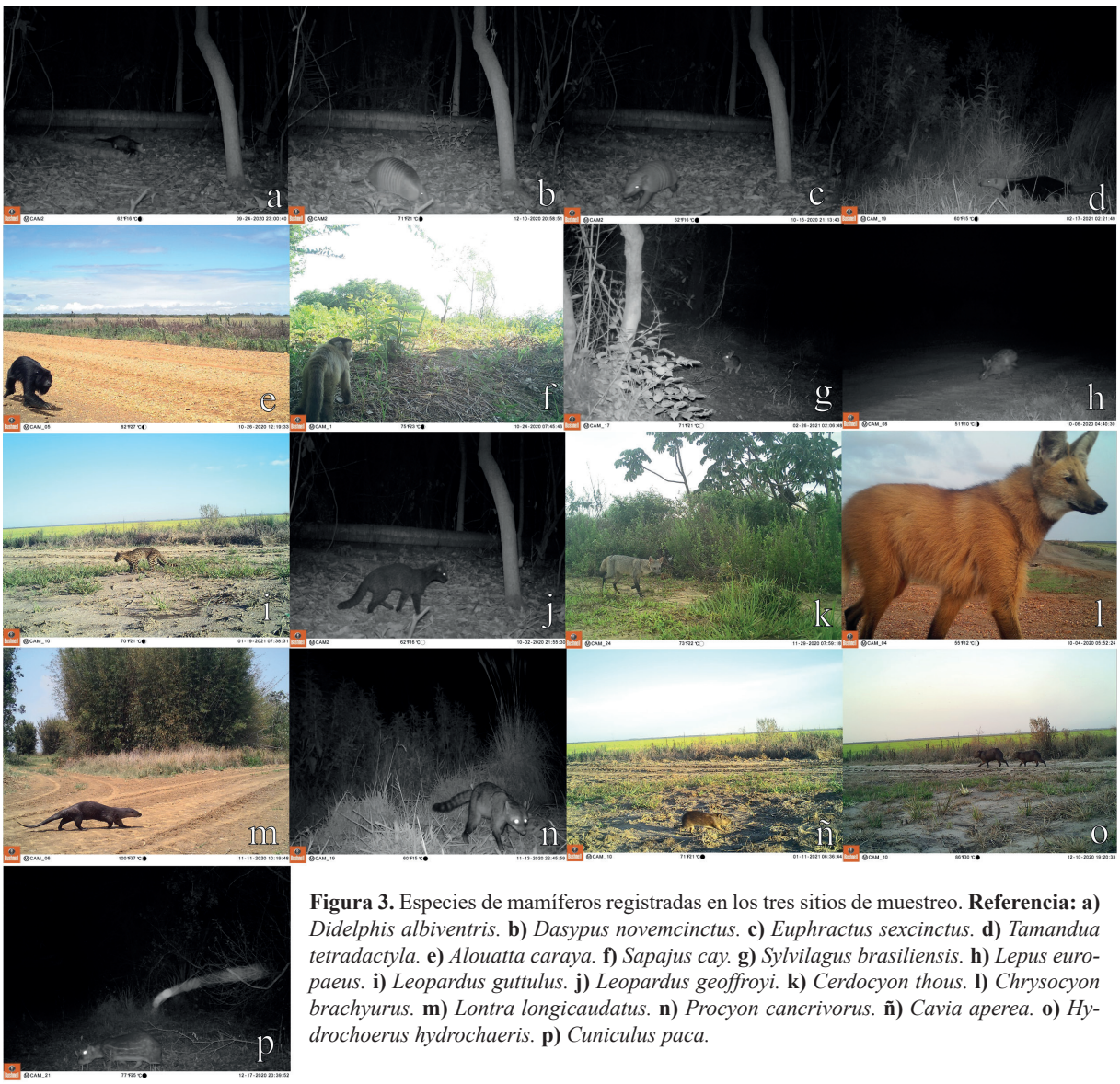


Figura 3. Especies de mamíferos registradas en los tres sitios de muestreo. **Referencia: a)** *Didelphis albiventris.* **b)** *Dasypus novemcinctus.* **c)** *Euphractus sexcinctus.* **d)** *Tamandua tetradactyla.* **e)** *Alouatta caraya.* **f)** *Sapajus cay.* **g)** *Sylvilagus brasiliensis.* **h)** *Lepus europaeus.* **i)** *Leopardus guttulus.* **j)** *Leopardus geoffroyi.* **k)** *Cerdocyon thous.* **l)** *Chrysocyon brachyurus.* **m)** *Lontra longicaudatus.* **n)** *Procyon cancrivorus.* **ñ)** *Cavia aperea.* **o)** *Hydrochoerus hydrochaeris.* **p)** *Cuniculus paca.*

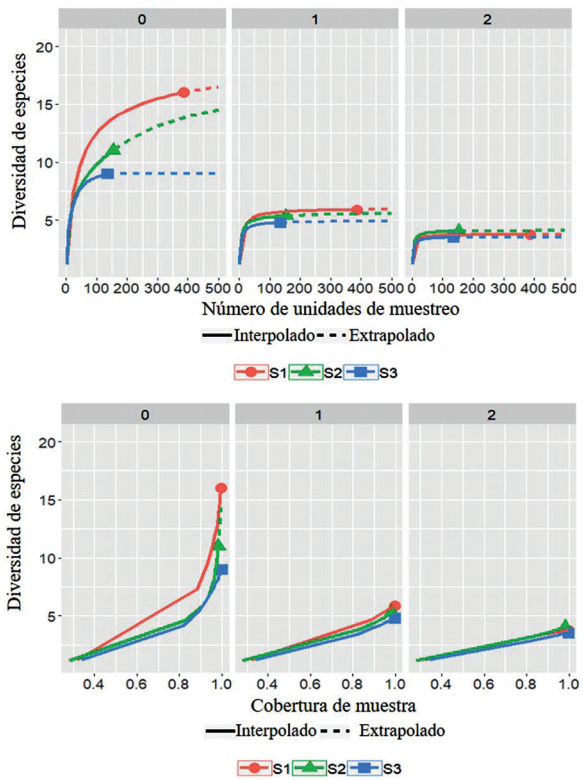
mayor ocupación de hábitat, seguido de *Procyon cancrivorus* presente en 71% de las estaciones y *Chrysocyon brachyurus* ocupando el 61% de las estaciones muestreadas. Entre las especies con menor ocupación de hábitat se registraron a *Tamandua tetradactyla* y *Lepus europaeus,* con un único registro cada una, esta última especie es exótica. (Figura 4).

Dotta y Verdade (2011), que también registraron a *C.thous* con mayor frecuencia de ocurrencia en plantaciones de caña de azúcar. Este cánido es considerado generalista, ya que habita ambientes con diferentes niveles de perturbación (Emmons y Feer, 1999, Weiler et al., 2019). El aguará pope (*Procyon cancrivorus*), también abundante en los sitios 3 y 1 pero menos abundante en el sitio 2, concordando con los trabajos de Emmons y Feer, (1999); y Weiler et al., (2019), donde se menciona que esta especie es un carnívoro de amplia distribución, ya que habita bosques, sabanas y ambientes con cause hídrico, arroyos o lagunas, su alimentación va desde pequeños moluscos y

Tabla 1. Lista de especies registradas durante el muestreo. N= Número de registros independientes. RAI = Índice de abundancia relativa. Ocupación naive = Proporción de sitios ocupados por una especie. Las categorías de conservación correspondientes según UICN (IUCN, 2021) y MADES (Asociación Paraguaya de Mastozoología & Secretaría del Ambiente, 2017). LC = preocupación menor, NT = casi amenazado, VU = vulnerable, NE = No Evaluado, EN = amenazado, EN = en peligro.

Taxón	N	RAI	Ocupación Naive	Categorías de conservación		Departamentos muestreados	
				UICN	MADES	Itapúa	Misiones
Orden Didelphimorphia							
Fam. Didelphidae							
Didelphis albiventris	6	0.17	0.16	LC	LC	X	
Orden Cingulata							
Fam. Dasypodidae							
Dasypus novemcinctus	48	1.39	0.26	LC	LC	X	X
Fam. Chlamyphoridae							
Euphractus sexcinctus	6	0.17	0.13	LC	LC	X	X
Orden Pilosa							
Fam. Myrmecophagidae							
Tamandua tetradactyla	1	0.03	0.03	LC	LC		X
Orden Primates							
Fam. Atelidae							
Alouatta caraya	13	0.38	0.35	LC	LC	X	X
Fam. Cebidae							
Sapajus cay	2	0.06	0.06	LC	LC	X	
Orden Lagomorpha							
Fam. Leporidae							
Sylvilagus brasiliensis	14	0.4	0.23	EN	NE	X	
Lepus europaeus	1	0.03	0.03	--	--		
Orden Carnivora							
Fam. Felidae							
Leopardus geoffroyi	13	0.38	0.13	LC	LC	X	X
Leopardus guttulus	13	0.38	0.16	VU	EN	X	X
Fam. Canidae							
Cerdocyon thous	266	7.69	1	LC	LC	X	X
Chrysocyon brachyurus	102	2.95	0.61	NT	VU	X	X
Fam. Mustelidae							
Lontra longicaudatus	13	0.38	0.19	LC	LC	X	X
Fam. Procyonidae							
Procyon cancrivorus	123	3.56	0.71	LC	LC	X	X
Orden Rodentia							
Fam. Caviidae							
Cavia aperea	12	0.35	0.16	LC	LC	X	X
Hydrochoerus hydrochaeris	41	1.19	0.39	LC	LC	X	X
Fam. Cuniculidae							
Cuniculus paca	6	0.17	0.06	LC	LC	X	X

Figura 4. Rango de abundancia de especies de mamíferos medianos y grandes para los tres sitios de estudio. agregar los significados. **Referencia:** Acar: *Alouatta caraya,* Cape: *Cavia aperea,* Cbra: *Chrysocyon brachyurus,* Cpac: *Cuniculus paca,* Ctho: *Cerdocyon thous,* Dalb: *Didelphis albiventris,* Dnov: *Dasypus novemcinctus,* Esex: *Euphractus sexcinctus,* Hhyd: *Hydrochoerus hydrochaeris,* Leur: *Lepus europaeus,* Lgeo: *Leopardus geoffroyi,* Lgut: *Leopardus guttulus,* Llon: *Lontra longicaudatus,* Pcan: *Procyon cancrivorus,* Sbra: *Sylvilagus brasiliensis, Scay: Sapajus cay,* Ttet: *Tamandua tetradactyla*.



artrópodos hasta vertebrados como, anfibios, reptiles, aves, peces, y frutos, es decir que los recursos presentes en los sitios de muestreo son aptos para que la especie pueda sobrevivir.

El Aguara guasu (*Chrysocyon brachyurus*), estuvo presente en los tres sitios de muestreo, coincidiendo con otros estudios que resaltan la plasticidad de hábitat de la especies, incluyendo pastizales, sabanas inundables, matorrales y ambientes antropizados (Coelho et al., 2008; Kawashima et al., 2007; Michelson, 2005; Soler, 2009, Weiler et al., 2019). Tanto en Argentina como en Brasil, se ha registrado a esta especie con elevada frecuencia en paisajes agrícolas, debido a la alta oferta de presas (Jacomo et al., 2009; Soler, 2009).

Uno de los mamíferos con menor frecuencia de registro es la Liebre europea (*Lepus europaeus*), especie exótica, de la cual se obtuvo una sola captura. Esta es una especie introducida en Argentina y Chile a finales del siglo XIX, y comienzos del siglo XX, actualmente distribuida por casi toda América del Sur, considerada una especie plaga e invasora (Tarifa, 2010). Y, finalmente, *T. tetradactyla*, cuya frecuencia está muy disminuida en sistemas productivos de arroz al ser una especie trepadora (Weiler et al., 2019).

Comparación entre sitios

El sitio 1 tiene mayor cantidad de especies exclusivas probablemente debido a la presencia de remanentes de hábitats naturales colindantes con los límites de la propiedad. La riqueza registrada en el Sitio 1 es de 16 especies, en el Sitio 2 es 11 especies y en el Sitio 3 es de 9 especies de mamíferos. Según las curvas de interpolación y extrapolación, la riqueza entre sitios es heterogénea. Comparando los

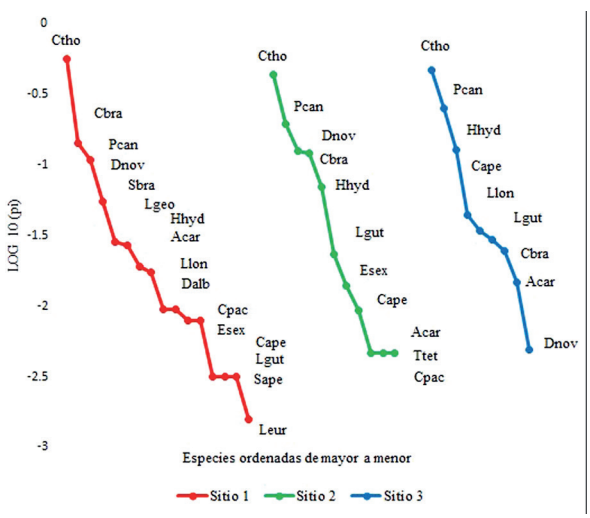


Figura 5. Curvas de interpolación (líneas sólidas) y extrapolación (líneas punteadas) de los muestreos en cada sitio basadas en el número de Hill de orden 0, 1 y 2, construidas a partir de los datos de frecuencia de mamíferos en los tres sitios en el Departamento de Misiones e Itapúa (arriba). Estimadores de diversidad de tres órdenes de las comunidades de mamíferos en el Departamento de Misiones e Itapúa (abajo).

sitios de muestreo, con el índice de Jaccard arroja los siguientes valores, entre el sitio 1 y 2, comparten 10 especies resultando un 0.588 de similitud, entre el sitio 1 y 3, comparten 9 especies con 0.563 de similitud, y entre el sitio 2 y 3 comparten 8 especies con 0.667 de similitud. (Figura 5).

Conclusión

El presente trabajo contribuye al conocimiento de la riqueza de los mamíferos presentes en los establecimientos dedicados a la producción de arroz en los Departamentos de Misiones e Itapúa. A pesar de la baja riqueza de mamíferos medianos y grandes, se han registrado especies con distintos grados de amenaza dentro de estos ambientes agrícolas. Recomendamos continuar con investigaciones relacionadas al uso de hábitat por parte de la mastofauna, para poder generar estrategias que permitan conservarlas a largo plazo.

Agradecimientos

Estos datos pertenecen al proyecto PINV18-818: Análisis de la diversidad de fauna en agropaisajes asociados al cultivo de arroz en el Departamento de Misiones, el cual fue cofinanciado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) con apoyo del FEEI. A los propietarios y al personal de los establecimientos visitados, por los permisos concedidos y el apoyo a la investigación científica.

Contribución de los autores

Los autores contribuyeron de igual manera en la elaboración de este artículo.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Literatura citada

Acevedo, C., Fox, J., Gauto, R., Granizo, T. & Keel, S. (1990). *Áreas prioritarias para la conservación en la Región Oriental del Paraguay*. Asunción: Ministerio de Agricultura y Ganadería, Paraguay. 99 pp.

Asociación Paraguaya de Mastozoología & Secretaría del Ambiente (2017). *Libro Rojo de los Mamíferos del Paraguay: especies amenazadas de extinción.* Asunción: Editorial Creatio. 137 pp.

Botello, F., Monroy, G., Illoldi-Rangel, P., Trujillo-Bolio, I. & Sánchez-Cordero, V. (2007). Sistematización de imágenes obtenidas por fototrampeo: una propuesta de ficha. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 78(1): 207–210.

Briones-Salas, M., Lira-Torres, I., Carrera-Treviño, R., & Sánchez-Rojas, G. (2016). Abundancia relativa y patrones de actividad de los felinos silvestres en la selva de los Chimalapas, Oaxaca, México. *Therya*, 7(1): 123–134.

Coelho, C.M., De Melo, L.F.B., Sábato, M.A.L., Vaz Magni, E.M., Hirsch, A. & Young, R.J. (2008). Uso de hábitat por lobos salvajes de crin (*Chrysocyon brachyurus*) en un entorno de zona de transición. *Revista de Mammalogy*, 89(1): 97–104.

Colwell, R.K. (2019). *EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples*. Version 9.1. Program and documentation. [Consulted: 16.vi.2021]. <http://purl.oclc.org/estimates>.

De la Sancha, N., López-González, C., D'Elía, G., Myers, P., Valdez, L. & Ortiz, M. (2017). An annoted checklist of mammals of Paraguay. *Therya*, 8(3): 241–260.

Díaz-Pulido, A. & Payán Garrido, E. (2012). *Manual de fototrampeo: una herramienta de investigación para la conservación de la biodiversidad en Colombia*. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible / Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt / Panthera Colombia. 32 pp.

Dinerstein, E., Olson, D.M., Graham, D.J., Webster, A.L., Primm, S.A., Bookbinder, M.P. & Ledec, G. (1995). *Una evaluación del estado de conservación de las ecorregiones terrestres de América Latina y el Caribe*. Washington, D.C.: Banco Mundial. xviii + 135 + 9 maps.

Dotta, G. & Verdade, L.M. (2011). Medium to

large-sized mammals in agricultural landscapes of south-eastern Brazil. *Mammalia*, 75: 345–352

Emmons L.H. (1999). *Mamíferos de los bosques húmedos de América Tropical: Una Guía de Campo*. Santa Cruz de la Sierra: The University of chicago Press. xv + 298 pp + 36 plts.

Fernández-Valiente, E. & Quesada, A. (2004). A shallow water ecosystem: rice-fields. The relevance of cyanobacteria in the ecosystem. *Limnetica*, 23(1-2): 95–108.

Fogel, R. (2000). *La ecorregión del Ñeembucú: infortunio, dignidad y sabiduría de sus antiguos pobladores.* Asunción: Centro de Estudios Rurales Interdisciplinarios / Universidad Nacional de Pilar. 216 pp.

Forés, E. & Comín, F.A. (1992). Ricefields, a limnological perspective. Limnetica, 10: 101–109.

Friedmann, A. & Weil, B. (2010). *Arroz negocio creciente*. Asunción: Agencia del Gobierno de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional / Programa Paraguay Vende. 57 pp.

Harris, G., Thompson, R., Childs, J.L. & Sanderson, J.G. (2010). Automatic Storage and Analysis of Camera Trap Data. *Bulletin of the Ecological Society of America*, 91(3): 352–360.

Hsieh, T.C., Ma, K.H. & Chao, A. (2016). iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (H ill numbers). *Methods in Ecology and Evolution*, 7(12): 1451–1456.

IUCN (2021). *The IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2021-3. [Consulted: 16.vi.2021]. <https://www.iucnredlist.org>.

Jácomo, A.T., Kashivakura, C.K., Ferro, C., Furtado, M.M., Pérez Astete, S., Tôrres, N.M., Sollmann, R. & Silveira, L. (2009). Home range and spatial organization of maned wolves in the Brazilian grasslands. *Journal of Mammalogy*, 90(1): 150–157.

Kawashima, R. S., Ferreira de Siqueira, M. & Mantovani, J. E. (2007). Dados do monitoramento da cobertura vegetal por NDVI na modelagem da distribuição geográ_ca potential do lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*). Pp. 3983–3990, *in* Neves, J.C. & Galvão, E.L.S. (Eds.). *Anais do XIII Simposio Brasileiro de Sensoramento Remoto*. Florianapolis: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 7103 pp.

Lesterhuis, A. J. & Cartes, J. L. (2008). Uso de arroceras por aves acuáticas en el sur de Paraguay: analizando vacíos de información. 10 pp, *in* Blanco, D.E. & de la Balze, V.M. (Eds.). *Primer taller para la Conservación de Aves Playeras Migratorias en Arroceras del Cono Sur*. Buenos Aires: Wetlands International.

McCallum, J. (2013). Cambio en el uso de cámaras trampa en la investigación de campo en mamíferos: hábitats, taxones y tipos de estudio. *Mammal Review*, 43(3): 196–206.

Michelson, A. (2005). *Predicción de aptitud de hábitat para aguara-guazú (*Chrysocyon brachyurus*) en un paisaje antropizado del noreste de Corrientes, Argentina*. Tesis de licenciatura. Buenos Aires: Universidad Nacional de Buenos Aires. 72 pp.

Morales, C., Del Castillo, H., Centrón, S. & Palacios, F. (2013) Avifauna asociada a los cultivos de arroz. *Paraquaria Natural*, 1(1): 29–44.

R Core Team (2013). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. [Consulted: 16.vi.2021]. < http://www.R-project.org>.

Rico, A., Solórzano, A. & Verea, C. (2011). Avifauna asociada a un cultivo de arroz de los llanos centrales de Venezuela. *Revista Venezolana de Ornitología*, 1: 17–36.

Rizo-Patrón, F., Santo-Domingo, A. & Trama, F.A. (2011). *Evaluación de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad de agua en arroceras bajo riego en el noreste de Argentina*. 22 pp., *in* Blanco, D.E.

& de la Balze, V.M. (Eds.). *Primer taller para la Conservación de Aves Playeras Migratorias en Arroceras del Cono Sur*. Buenos Aires: Wetlands International.

Sanderson, J. & Harris, G. (2013). Automatic data organization, storage, and analysis of camera trap pictures. *Journal of Indonesian Natural History*, 1(1): 11–19.

Sans, F.X. (2007). La diversidad de los agroecosistemas. *Revista ecosistemas*, 16(1): 44–49.

Soler, G.L. & Palacios González, M.J. (2009). Uso de hábitat por *Chrysocyon brachyurus* y otros carnívoros silvestres del nordeste argentino ¿flexibilidad comportamental para su conservación? *In* Sociedad Española para la Conservación y Estudio de los Mamíferos (Ed.). *IX Congreso de la SECEM*. Bilbao: SECEM.

Tarifa, T. (2010). Leporidae. *In* Wallace, R.B., Gomez, H., Porcel, Z. & Rumiz, D. (Eds). *Distribución, Ecología y Conservación de los Mamíferos Medianos y Grandes de Bolivia*. Santa Cruz de la Sierra: Centro de Ecología Difusión Simón I. Patiño. xxi + 884 pp.

Weiler, A., Núñez, K., Peris, S., Silla, F., Airaldi, K., González de Weston, G., Cubilla, F., Salinas, P., Zaldivar, B., Valiente, E., Chavez, K., Ramos, Y. & Tabilo, D. (2019). *Guía para la identificación de mamíferos medianos y grandes del Chaco Seco*. San Lorenzo: FACEN-UNA. 126 p

Wemmer, C., Kunz, T.H., Lundie-Jenkins, G. & McShea, W.J. (1996). Mammalian sign. Pp. 157–176 in Wilson, D.E., Cole, F.R., Nichols, J.D., Rudran, R. & Foster, M.S. (Eds.). *Measuring and monitoring biological diversity: standard methods for mammals*. Washington, D.C.: Smithsonian Books. xxvii + 409 pp.

Reportes Científicos de la FACEN

Reportes científicos de la FACEN, Enero - Junio 2022, 13(1):20–27

http://doi.org/10.18004/rcfacen.2022.13.1.20

Artículo Original

Uso de hábitat y patrones de actividad de los pecaríes labiado (*Tayassu pecari*) y de collar (*Pecari tajacu*) en paisajes ganaderos del Chaco Seco, Paraguay

Use of habitat and activity patterns of white lipped (*Tayassu pecari*) and collared (*Pecari tajacu*) peccaries in cattle ranching environments of the Dry Chaco, Paraguay

Belén Zaldivar[1], Karen Chavez[1], Estefania Valiente[1], Yolanda Ramos[1], Patricia Salinas[1] & Andrea Weiler[1]

[1]Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FACEN), Departamento de Biología, San Lorenzo, Paraguay.
*Autor correspondiente: planetzv@gmail.com

Resumen: El Pecarí labiado es gregario con manadas de hasta 300 individuos, habita bosques húmedos y xerofíticos. El pecarí de collar forma grupos de hasta 50 individuos y presenta una gran plasticidad ecológica, por la variedad de ambientes en el que vive. Ambas especies son depredadoras de semillas y presas naturales de carnívoros. Presentan amenazas como la pérdida y fragmentación de hábitats, y la cacería furtiva. Esta investigación tuvo como objetivos: (1) contribuir al conocimiento de la distribución y ocupación de sitios por *T. pecari* y *P. tajacu* en relación a características del paisaje, (2) describir los patrones de actividad diaria en paisajes ganaderos del Chaco Seco, paraguayo. Se establecieron 45 estaciones de muestreos en la Estancia Montania (Departamento de Boquerón, Paraguay)**.** En cada sitio se colocó una cámara trampa, durante los años 2015 a 2017. Cada cámara fue ubicada en senderos de fauna, las fotografías obtenidas fueron clasificadas y analizadas con ayuda de los programas (DataOrganize y DataAnalyze). *T. pecari* registró mayor uso en sitios con mayor cobertura boscosa, esto se debería a la disponibilidad mayor de alimentos. *P. tajacu,* no mostró diferencias significativas en el uso de hábitat en función a la cobertura boscosa. Los patrones de actividad de ambas especies no muestran una segregación temporal.

Palabras claves: *agroecosistemas, conservación, etología, fototrampeo, Tayassuidae.*

Abstract: The white lipped peccary is gregarious with herds of up to 300 individuals and it lives in humid and xerophytic forests. The collared peccary forms groups of up to 50 individuals and shows great ecological plasticity due to the variety of environments it lives in. Both species are seed predators and natural prey for carnivores. They are faced by threats such as loss and fragmentation of habitat and poaching. This investigation's objectives were: (1) to contribute to the knowledge on the distribution and occupation of *T. pecari* and *P. tajacu* in relation to landscape characteristics, (2) to describe activity patterns in productive landscapes in the Paraguayan Dry Chaco. 45 sampling stations were established at Estancia Montania (Boquerón Department, Paraguay). A camera trap was placed at each station from 2015 to 2017. Each camera was placed on a wildlife trail. The photographs obtained were classified and analyzed using program (DataOrganize and DataAnalyze). *T. pecari* registered greater use in places with more forest coverage due to the higher availability of food. *P. tajacu* did not demonstrate significant differences in habitat use with respect to forest coverage. The behavioral patterns of the species do not show temporal segregation.

Key words: *agroecosystems, camera trapping, conservation, ethology, Tayassuidae.*

Introducción

Los pecaríes son artiodáctilos pertenecientes a la familia Tayassuidae, exclusivos del Neotrópico. Se distribuyen a lo largo de Sudamérica, desde México hasta Argentina (Oliver, 1993). En Paraguay coexisten las tres especies conocidas: el pecarí labiado (*Tayassu pecari*), el pecarí de collar (*Pecari tajacu*) y el tagua (*Catagonus wagneri*). El pecarí labiado vive en zonas de bosques húmedos, aunque también está presente en ambientes xerofíticos, como los típicos bosques espinosos del Chaco Seco (Redford & Eisenberg, 1992). Se caracteriza por ser una especie social, cuyas manadas oscilan entre 20 a más de 300 individuos (Sowls, 1984; Bodmer, 1997; Fragoso, 1997). Utilizan los cuerpos de agua que encuentran en las zonas boscosas para revolcarse en el lodo para

Recibido: 18/01/2022 Aceptado: 1/02/2022

2078-399X/2022 Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Paraguay. Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es).

regular su temperatura (Donkin, 1985). Es por ello que el pecarí labiado requiere una heterogeneidad espacial a nivel de paisaje para sobrevivir (Fragoso, 1999). El pecarí de collar habita bosques, como los chaqueños, amazónicos, sabanas y matorrales (Bodmer, 1997; Romero-Muñoz et al., 2007). Viven en grupos de cinco hasta 20 individuos, que, con frecuencia, pueden dividirse en subgrupos (Robinson & Eisenberg, 1985). Esta especie presenta una gran plasticidad ecológica, ya que es capaz de habitar en una gran variedad de ambientes con diferentes condiciones climáticas, desde bosque primarios, hábitats nativos y cultivos (Bodmer & Sowls, 1993; Sowls, 1997).

Los pecaríes se alimentan de frutos, semillas y nueces que caen de los árboles, principalmente de palmeras (Kiltie, 1981; Painter, 1998; Fragoso, 1998). Son la presa principal de grandes felinos como el jaguar (*Panthera onca)* y el puma (*Puma concolor*) (Aranda, 1994). Desde el punto de vista ecológico, son considerados tanto dispersores como depredadores de semillas (Kiltie, 1982; Bodmer, 1991; Beck, 2005), manteniendo la diversidad florística de los bosques (Sowls, 1997; Keuroghlian & Eaton, 2009). Tienen la capacidad de modificar los suelos debido al hecho de que cavan buscando raíces, también compactan los suelos de las aguadas, haciendo que el agua se conserve por más tiempo (Beck, 2006; Reyna-Hurtado, 2009).

T. pecari se encuentra listado en la categoría Vulnerable tanto a nivel regional según la Lista Roja de la *Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza* (UICN 2021) como a nivel Nacional según el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES -Resolución Número 632/2017) y el Libro Rojo de los Mamíferos del Paraguay. *P. tajacu* ocupa la categoría de Preocupación menor, tanto a nivel regional (IUCN 2021) como nacional (MADES -Resolución Número 632/2017). Las principales amenazas que enfrentan estas especies son la cacería furtiva, fragmentación de su hábitat y cambio de uso de suelo debido, principalmente, a la producción agropecuaria (Altrichter et al., 2012).

El Chaco Seco se caracteriza por presentar un bosque subtropical, semideciduo y xerofítico con las temperaturas más altas del continente (Rumbo, 2010). Esta ecorregión, se encuentra sufriendo cambios de uso de suelos acelerados debido a la producción agropecuaria, la implantación de pasturas (Causarano & Spiridonoff, 2006).

En el país existen vacíos de información en cuanto a la distribución de estas especies, preferencia de hábitat y comportamiento, lo que dificulta plantear estrategias de conservación efectivas. Por ello esta investigación tuvo como objetivos: (1) contribuir al conocimiento de la distribución y ocupación de sitios por *T. pecari* y *P. tajacu* en relación a características del paisaje, (2) describir los patrones de actividad diaria de *T. pecari* y *P. tajacu* en paisajes ganaderos del Chaco Seco.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la Estancia Montania, ubicada 50 Km al norte de la ciudad de Filadelfia, Departamento de Boquerón, Paraguay, (21°,57´29´´S; 60°04´56”W), perteneciente al Chaco Seco (Figura 1). El establecimiento cuenta con

Figura 1. Ubicación espacial de la Estancia Montania Chaco Seco, Departamento Boquerón, Paraguay.

37.098 ha, de las cuales 10.410 ha corresponden al área de reserva conformado por bosques xerofíticos espinosos en donde las especies que predominan son: *Aspidosperma quebracho-blanco* (quebracho blanco), *Schinopsis lorentzii* (coronillo) y *Ceiba chodatii* (samu'ũ). Además de 22.440 ha de pasturas implantadas de *Panicum maximum* (Gatton panic). Las pasturas están conformadas por módulos de 100 ha, rodeados de cortinas forestales de vegetación nativa. La Estancia se dedica a cría, recría y engorde de ganado vacuno.

Fototrampeo

Se analizaron los registros de *T. pecari* y *P. tajacu* durante los años 2015 al 2017. Se utilizaron seis cámaras trampa de la marca Velleman modelo CAMCOLVC-26 y 39 Bushnell modelo TROPHY CAM HD, las cuales fueron situadas en 45 estaciones de muestreo dentro del establecimiento agropecuario (Figura 2). Las cámaras fueron instaladas en senderos a unos 50 cm del suelo, con una distancia mínima de 1,5 km entre cada estación, cuyas coordenadas fueron registradas mediante el uso de GPS (GARMIN MAP 64s) y los datos asentados en planillas. No se utilizaron cebos y atrayentes. Las cámaras fueron programadas para funcionar las 24 horas del día y tomar una secuencia de tres fotografías consecutivas con intervalos de un segundo, cuatro fueron programadas para grabar un video de 10 segundos seguido de las capturas fotográficas. Las mismas fueron revisadas cada mes y medio para reemplazar baterías y extraer los datos.

Análisis de datos

Los datos generados mediante fototrampeo fueron clasificados siguiendo la metodología propuesta por (Harris et al., 2010). Los análisis fueron efectuados utilizando la metodología propuesta por (Sanderson & Harris, 2013) basada en los programas DataOrganize y DataAnalyze.

Uso de Hábitat

Mediante el análisis de imágenes satelitales (Landsat 8), utilizando el software QGIS 3.10 se establecieron los porcentajes de cobertura forestal en un radio de 500 metros alrededor de cada cámara trampa. Los sitios fueron agrupados en dos categorías, con más de 50% de cobertura boscosa (23 sitios) y con menos del 20% de cobertura boscosa (22 sitios).

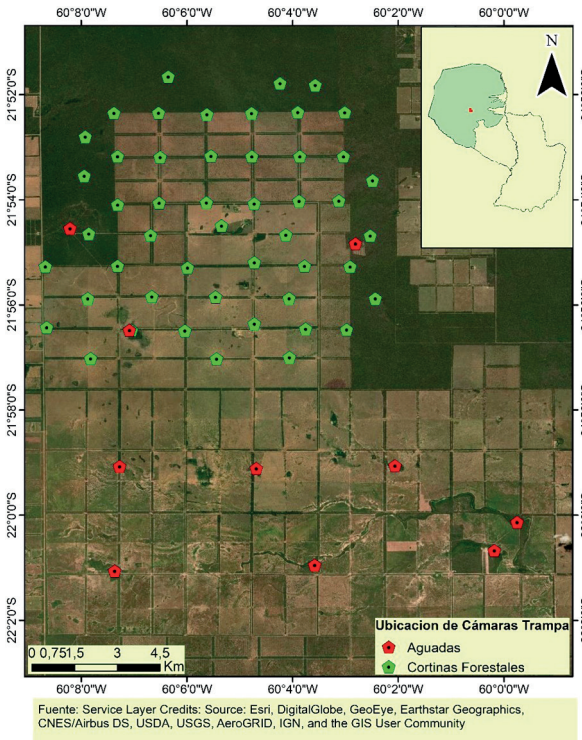


Figura 2. Ubicación espacial de las cámaras trampa en el área de estudio.

Para evaluar el uso de hábitat de los pecaríes en ambas categorías de cobertura boscosa se calculó la tasa de visita a las estaciones utilizando el paquete RAI (Mandujano, 2019). El cálculo para establecer la tasa de visita fue: tasa de visitas [Número de eventos/total de días] X 100 (Mandujano & Hernandez, 2019). Mediante el análisis estadístico T-student se evaluó la influencia de la cobertura boscosa en el uso del hábitat para ambas especies.

Patrones de actividad

Para determinar el patrón de actividad y estimar los valores de abundancia de ambas especies se utilizaron registros independientes con un intervalo de 60 minutos para considerar las fotografías independientes (Briones-Salas et al., 2016). El patrón de

actividad diario fue generado a partir de las horas de registro de cada fotografía y videos mediante el método de curvas de densidad de Kernel (Ridout & Linkie, 2009). Dicho análisis fue realizado con el paquete *Overlap* en el programa RStudio versión 3.0.1.

Resultados y discusión

Fototrampeo

El esfuerzo total de muestreo fue de 4.611 días trampa, totalizando 7.239 capturas efectivas (fotos y vídeos) de ambas especies, 3.798 de *T. pecari* y 3.441 de *P. tajacu.*

Uso de Hábitat

Los resultados del uso de hábitat se presentan en la Tabla 1. De los 45 sitios evaluados en el presente estudio, 48.8% estuvieron ocupados por *Tayassu pecari* y 77.7 % por *Pecari tajacu*. En cuanto al hábitat ocupado por las especies, en función a la cobertura boscosa, *P. tajacu* mostró patrones de ocupación similares, mientras que para *T. pecari* la ocupación disminuyó de 0,8 en hábitat con cobertura boscosa >50% a 0,2 en hábitat con cobertura boscosa < 20%. Las tasas de visita reflejan resultados similares, un mayor uso de hábitat por parte de *Tayassu pecari* cuando la cobertura boscosa es superior al 50% (p=0.01) y una diferencia menos marcada para Pecari *tajacu*, la cual no arroja valores significativos (p= 0.15) (Figura.3).

Los resultados obtenidos indican una fuerte dependencia de bosques para *T. pecari*, lo cual reafirma la importancia del bosque para la especie, ya mencionada por varios autores con anterioridad (Donkin, 1985; Fragoso, 1999; Reyna-Hurtado et al., 2009). Esta dependencia a zonas boscosas puede estar asociada a la dificultad de hallar alimentos (Fragoso, 1998; 1999), ya que son principalmente frugívoros (Kiltie & Terborgh, 1983; Sowls, 1984), e incluyen raíces, tubérculos y cactáceas en las zonas áridas como la del Chaco seco (Olmos 1993).

Los resultados hallados para *P. tajacu* coinciden con los de otros autores. Esta especie presentó una ocupación de hábitat entre 0,7 y 0,8 a pesar de la variación en la cobertura forestal entre los sitios. Esto indica una alta tolerancia a la reducción en cobertura boscosa, ya mencionada por otros autores (Altrichter & Boaglio, 2004), resaltando la plasticidad del hábitat de la especie (Bodmer & Sowls, 1993; Sowls, 1997). En cuanto a la tasa de visita entre ambientes, esta se mantuvo sin diferencias significativas entre sitios con distinta cobertura boscosa, indicando la alta tolerancia de la especie a ambientes modificados (Cullen et al., 2000).

Patrones de actividad

La evaluación de patrones de actividad de *T. pecari* se basó en 173 registros independientes, mientras que para *P. tajacu* se utilizaron 265 registros. Con 92% de solapamiento en sus patrones de actividad diaria, ambas especies de pecaríes presentaron actividad nocturna y matutina. La actividad de ambas especies inicia luego de medianoche, abarca el alba y aumenta durante el día y presenta un pico

Tabla 1. Número de estaciones en las que las especies fueron registradas y tasa de visitas a las estaciones de muestreo en relación a la cobertura boscosa.

Especie	Cobertura Boscosa >50% (23)			Cosbertura Boscosa <20% (22)		
	Número de Sitios Visitados	Ocupacion Naive	Tasa de Visita	Número de Sitios Visitados	Ocupacion Naive	Tasa de Visita
Tayassu pecari	19	0,82	5,5	3	0,13	0,3
Pecari tajacu	19	0,82	5,7	16	0,72	3,4

Figura 3. Índice de Abundancia Relativa (IAR) de las especies con relación al uso de la cobertura boscosa.

de actividad entre las 9:00 y las 10:00 hs. Además, se pudo observar que hacia el mediodía los valores descienden a mínimos y vuelven a iniciar sus actividades entrada la noche. (Figura 4).

Nuestros resultados concuerdan con otros estudios en los que estos pecaríes tienen actividad principalmente diurna, aunque pueden adecuar su actividad a horarios nocturnos (Maffei et al., 2002; Tobler et al., 2009; Wallace et al., 2010; Moreira-Ramirez et al., 2015). En cuanto al pico de actividad de las especies, nuestros resultados en el chaco seco difieren de los resultados del chaco húmedo argentino, donde *P. tajacu* presentó picos de actividades nocturnas (Huck et al., 2017). Casi no se registraron actividades, para ninguna de las especies, durante las horas más calientes del día (12:00 a 17:00 h.), esto puede constituir una estrategia de reserva energética y esas horas estarían dedicadas principalmente al descanso (Taber et al., 1994; Wallace et al., 2010).

Las actividades de los pecaríes responden en parte a la disponibilidad de alimentos y contra el ataque de depredadores (Fragoso, 1998; 1999). Es probable que, al estar activos en la noche y el mediodía, los pecaríes realicen desplazamientos en busca de alimentos y visiten cuerpos de agua (Moreira-Ramírez, 2009). Sin embargo, no hay que perder de vista que las acciones humanas tienen el potencial de promover el comportamiento nocturno en los animales silvestres (Gaynor et al., 2018).

Conclusión

El uso de hábitat de *T. pecari* en ambientes agropecuarios está fuertemente influenciado por la cobertura boscosa, los sitios con cobertura boscosa < 20% prácticamente no son ocupados por la especie, mientras que *P. tajacu* utiliza tanto ambientes modificados como mejor conservados. Estos datos sugieren una segregación espacial parcial entre las especies. En cuanto a los patrones de actividad diaria, existe un solapamiento de más del 90% entre

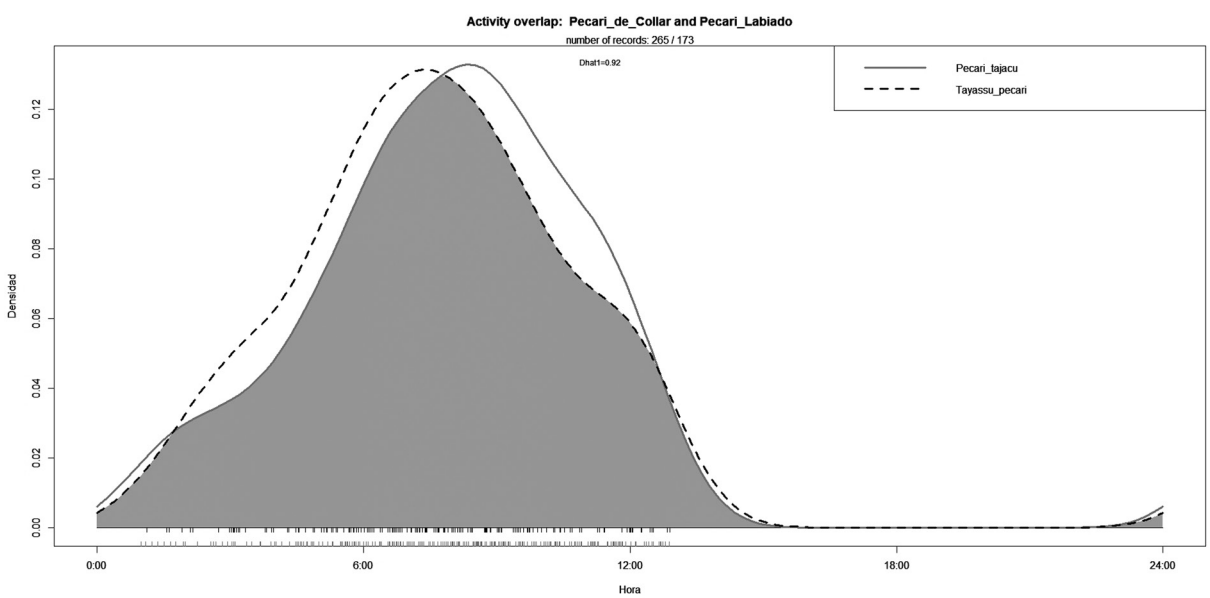


Figura 4. Patrones de actividad de *T. pecari* (Pecarí labiado) y *P. tajacu* (Pecarí de collar) estimados mediante densidades de Kernel.

las especies. La actividad inicia luego de la puesta del sol y presenta picos de actividad matutina y descansos prolongados desde mediodía hasta la puesta del sol. Esto podría ser también parte de una estrategia para evitar el contacto con el hombre y el ganado, factores que deberían ser investigados.

Agradecimientos

Estos resultados fueron generados como parte del "Proyecto 14-INV-187- *Determinación del valor de paisajes ganaderos en la conservación de la biodiversidad del Chaco seco paraguayo*", cofinanciado por la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Asunción (FACEN-UNA) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). A todas las personas que de algún modo colaboraron con esta investigación, traducción al inglés (D. Tabilo). Este trabajo forma parte del Programa de Iniciación Científica de la FACEN-UNA.

Contribución de los autores

Los autores contribuyeron de igual manera en la elaboración de este artículo.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Literatura citada

Altrichter, M. & Boaglio, G.I. (2004). Distribution and relative abundance of peccaries in the Argentine Chaco: associations with human factors. *Biological conservation*, 116(2): 217–225.

Altrichter, M., Taber, A., Beck, H., Reyna-Hurtado, R., Lizarraga, L., Keuroghlian, A. & Sanderson, E.W. (2012). Range-wide declines of a key Neotropical ecosystem architect, the Near Threatened white-lipped peccary *Tayassu pecari*. *Oryx*, *46*(1): 87–98.

Aranda, M. (1994). Importancia de los pecaríes (*Tayassu* spp.) En la alimentación del jaguar (*Panthera onca*). A*cta Zoológica Mexicana (ns)*, (62): 11–22.

Beck, H., Forget, P., Lambert, J. E., Hulme, P.E. & Vander Wall, S.B. (2005). Seed predation and dispersal by peccaries throughout the Neotropics and its consequences: a review and synthesis. Pp. 77–115, *in* Forget, P.M., Lambert, J.E., Hulme, P.E. & Vander Wall, S.B. (Eds.). *Seed fate: predation, dispersal and seedling establishment*. Wallingford: CABI Publishing. 432 pp.

Beck, H. (2006). A review of peccary-palm interactions and their ecological ramifications across the Neotropics. *Journal of Mammalogy*, 87(3): 519–530.

Bodmer, R. (1991). Strategies of seed dispersal and seed predation in Amazonian ungulates. *Biotropica*, 23(3): 255–261.

Bodmer, R. & Sowls, L. (1993). The collared peccary (*Tayassu tajacu*). Pp. 7–13, *in* Oliver, W.L.R. (Ed.). *Pigs, Peccaries, and Hippos: status survey and conservation action plan*. Gland: IUCN. xiii + 202 pp.

Bodmer, R., Aquino, R., Puertas, P., Reyes, C., Fang, T. & Gottdenker, N. (1997). *Manejo y uso sustentable de pecaríes en la Amazonía peruana*. *Occassional Papers de la Comisioón de Supervivencia de Especies de la UICN*, 18: iv + 102 pp.

Briones-Salas, M., Lira-Torres, I., Carrera-Treviño, R. & Sánchez-Rojas, G. (2016). Relative abundance and activity patterns of wild felids in Chimalapas rainforest, Oaxaca, México. *Therya*, 7(1): 123–134.

Cullen Jr, L. Bodmer, R. & Pádua, C. (2000). Effects of hunting in habitat fragments of the Atlantic forests, Brazil. *Biological conservation,* 95(1): 49–56.

Donkin, R. (1985). The peccary: with observations on the introduction of pigs to the New World. *Transactions of the American Philosophical Society*, 75(5): 1–152.

Fragoso, J. (1997). Desapariciones locales del baquiro labiado (*Tayassu pecari*) en la Amazonía: migración, sobre-cosecha o epidemia. Pp. 309–312 in Fang, T., Bodmer, R., Aquino, R., & Valqui, M. (Eds.). *Manejo de fauna silvestre en la Amazonía*. La Paz:

United Nations Development Program / Global Environmental Facility / Universidad de Florida / Instituto de Ecología. 334 pp.

Fragoso, J. (1998). Home Range and Movement Patterns of White-lipped Peccary (Tayassu pecari) Herds in the Northern Brazilian Amazon 1. *Biotropica*, 30(3): 458–469.

Fragoso, J. (1999). Perception of scale and resource partitioning by peccaries: behavioral causes and ecological implications. *Journal of Mammalogy*, 80: 993–1003.

Gaynor, K., Hojnowski, C., Carter, N. & Brashares, J. (2018). The influence of human disturbance on wildlife nocturnality. Science, 360(6394): 1232–1235.

Causarano, M. & Spiridonoff, A. (Eds.). (2006). *Plan de Ordenamiento Ambiental del Territorio: Departamentos de Boquerón y Alto Paraguay*. Asunción: USAID / SEAM / DeSdelChaco. 120 pp.

Harris, G., Thompson, R., Childs, J. & Sanderson, J. (2010). Automatic storage and analysis of camera trap data. *The Bulletin of the Ecological Society of America*, 91(3): 352–360.

Huck, M, Juarez, C.P., Rotundo, M.A., Dávalos, V.M. & Fernandez-Duque, E. (2017). Mammals and their activity patterns in a forest area in the Humid Chaco, northern Argentina. *CheckList,* 13(4): 363–378.

Keuroghlian, A., Eaton, D. P. & Longland, W. S. (2004). Area use by white-lipped and collared peccaries (*Tayassu pecari* and *Tayassu tajacu*) in a tropical forest fragment. *Biological Conservation*, 120(3): 411–425.

Keuroghlian, A. & Eaton, D. (2009). Removal of palm fruits and ecosystem engineering in palm stands by white-lipped peccaries (*Tayassu pecari*) and other frugivores in an isolated Atlantic Forest fragment. *Biodiversity and Conservation*, 18(7): 1733–1750.

Kiltie, R. (1981). Stomach contents of rain forest peccaries (*Tayassu tajacu* and *T. pecari*). *Biotropica*, 13(3): 234–236.

Kiltie, R. (1982). Bite force as a basis for niche differentiation between rain forest peccaries (*Tayassu tajacu* and *T. pecari*). *Biotropica*, 14(3): 188–195.

Kiltie, R. & Terborgh, J. (1983). Observations on the behavior of rain forest peccaries in Perú: Why do white-lipped peccaries form herds? *Zeitschrift für Tierpsychologie*, 62(3): 241–255.

Maffei, L., Cuellar, E. & Noss, A. (2002). Uso de trampas-cámara para la evaluación de mamíferos en el ecotono Chaco-Chiquitanía. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental*, 11: 55–65.

Mandujano, S. (2019). Índice de abundancia relativa: RAI. Pp. 137 – 152, in Mandrujano, S. & Pérez-Solano, L.A. (Eds.). *Fototrampeo en R: organización y análisis de datos*. Vol. 1. Xalapa: Instituto de Ecología A.C. 248 pp.

Mandujano-Rodríguez, S. & Carlos, H. (2019). Uso de bebederos artificiales por venado cola blanca en una UMA extensiva en la reserva de biósfera Tehuacan-Cuicatlán, México. *AGROProductividad,* 12(6): 37–43.

Manuel, J. & Fragoso, V. (1999). Perception of scale and resource partitioning by peccaries: behavioral causes and ecological implications. *Journal of Mammalogy*, 80(3): 993–1003.

Moreira-Ramírez, J. (2009). *Patrones diarios de actividad, composición, tamaño y abundancia relativa de manadas de jabalí Tayassu pecari (Link, 1795), en el Parque Nacional Mirador–Río Azul, Petén, Guatemala*. Tesis de Licenciatura. Ciudad de Guatemala: Universidad de San Carlos. 73 pp.

Moreira-Ramírez, J. & García, R. (2011). Uso de trampas cámara digitales para estudiar al Jabalí (*Tayassu pecari*) en el Biotopo Protegido Dos Lagunas, Reserva de la Biosfera Maya. *Suiform Soundings*, 10: 32–37.

Moreira-Ramírez, J., López, J., García-Anleu, R., Córdova, F. & Dubón, T. (2015). Tamaño, composición y patrones diarios de actividad de grupos de pecarí de labios blancos (*Tayassu pecari*) en el Parque Nacional Mirador-Río Azul, Guatemala. *Therya*, 6(2): 469–481.

Olmos, F. (1993). Diet of sympatric Brazilian

caatinga peccaries (*Tayassu tajacu* and *T. pecari*). *Journal of Tropical Ecology*, 9(2): 255–258.

Oliver, W.L.R. (Ed.). (1993). *Pigs, Peccaries, and Hippos: status survey and conservation action plan*. Gland: IUCN. xiii + 202 pp.

Painter, R. (1998). *Gardeners of the forest: plant-animal interactions in a neotropical forest ungulate community*. Doctoral Thesis. Liverpool: University of Liverpool. 496 pp.

Redford, K. & Einsenberg, J. (1992). *Mammals of the Neotropics: the southern cone*. Illinois: The University of Chicago Plates. 440 pp.

Reyna-Hurtado, R., Rojas-Flores, E. & Tanner, G. (2009). Home range and habitat preferences of white-lipped peccaries (*Tayassu pecari*) in Calakmul, Campeche, Mexico. *Journal of Mammalogy*, 90(5): 1199–1209.

Ridout, M. S. & Linkie, M. (2009). Estimating overlap of daily activity patterns from camera trap data. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, 14(3): 322–337.

Robinson, J. & Eisenberg, J. (1985). Group size and foraging habits of the collared peccary Tayassu tajacu. *Journal of Mammalogy*, 66(1): 153–155.

Romero-Muñoz, A., Noss, A., Maffei, L. & Montaño, R. (2007). Binational population of jaguars confirmed by camera-trapping in the American Gran Chaco. *Cat News*, 46: 24–25.

Rumbo, M. (2010). Análisis biogeográfico de los mamíferos de Paraguay. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural del Paraguay*, 16(1): 18–29.

Sanderson, J. & Harris, G. (2013). Automatic data organization, storage, and analysis of camera trap pictures. *Journal of Indonesian Natural History*, 1(1): 11–19.

Sowls, L. (1984). Tucson: The Peccaries. University of Arizona Press. 251 pp.

Sowls, L. (1997). *Javelinas and other peccaries: their biology, management, and use*. College Station: Texas A&M University Press. 325 pp.

Taber, A., Doncaster, C., Neris, N. & Colman, F. (1994). Ranging behaviour and activity patterns of two sympatric peccaries, *Catagonus wagneri* and *Tayassu tajacu*, in the Paraguayan Chaco. Mammalia, 58(1): 61–71.

Tobler, M. W., Carrillo-Percastegui, S. & Powell, G. (2009). Habitat use, activity patterns and use of mineral licks by five species of ungulate in south-eastern Peru. *Journal of Tropical Ecology*, 25(3): 261–270.

IUCN. (2021). *The IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2021-3. [Consulted: 30.xi.2021]. <https://www.iucnredlist.org>.

Wallace, R.B., Gomez, H., Porcel, Z. & Rumiz, D. (Eds). (2010). *Distribución, Ecología y Conservación de los Mamíferos Medianos y Grandes de Bolivia*. Santa Cruz de la Sierra: Centro de Ecología Difusión Simón I. Patiño. xxi + 884 pp.

Reportes Científicos de la FACEN

Reportes científicos de la FACEN, Enero - Junio 2022, 13(1):28–40

http://doi.org/10.18004/rcfacen.2022.13.1.28

Artículo Original

Riqueza, composición y estructura trófica de las comunidades de aves de los humedales de Ñeembucú, Paraguay

Richness, composition and trophic structure of bird communities in the wetlands of Ñeembucú, Paraguay

Fátima Ortiz[1]*, Patricia Salinas[1], Fátima Piris da Motta[1], Griselda Zárate[1], Medes Mendoza[1], Karina Núñez[1] & Fernando Silla[1]

[1]Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Biología, Colección Zoológica, San Lorenzo, Paraguay.
*Autor correspondiente: fatimanortiz@gmail.com.

Resumen: Los humedales son uno de los ecosistemas más productivos, ya que debido a sus funciones ecológicas proveen múltiples servicios ecosistémicos, y en los cuales la avifauna constituye uno de los vertebrados más abundantes y estudiados. Mediante este trabajo se aporta información sobre la riqueza, composición y la estructura trófica de las aves que habitan en los humedales del departamento de Ñeembucú. Para el registro de las especies se realizaron ocho campañas de muestreo de una semana de duración, en los meses de octubre y diciembre de 2020, y de febrero a julio de 2021, a través de puntos de conteo, observadas durante las primeras horas del día y al atardecer. El análisis de la estructura trófica de las especies se basó según su recurso alimenticio en carnívoro, carroñero, frugívoro, insectívoro, nectarívoro, semillero y omnívoro. Se registraron 227 especies correspondientes a 182 géneros, 54 familias y 26 órdenes. Las especies clasificadas en semilleras, nectarívoras y carroñeras resultaron ser exclusivas de un solo orden y familia mientras que las categorías carnívora, frugívora, insectívora y omnívora, fueron distribuidas en diferentes órdenes y familias. Esto denota el uso de los recursos asociados a la prestación de servicios ecosistémicos de regulación y soporte. Por tanto, la información generada es una herramienta para apoyar acciones de conservación en los humedales del departamento de Ñeembucú.

Palabras claves: *Avifauna, alimentación, monitoreo, servicio ecosistémico.*

Summary: Wetlands are one of the most productive ecosystems, since due to their ecological functions they provide multiple ecosystem services, and in which avifauna is one of the most abundant and studied vertebrates. This work provides information on the richness, composition and trophic structure of the birds that inhabit the wetlands of the department of Ñeembucú. To record the species, eight one-week sampling campaigns were carried out in the months of October and December 2020, and from February to July 2021, through counting points, observed during the first hours of the day and at dusk. The analysis of the trophic structure of the species was based on carnivore, scavenger, frugivore, insectivore, insectivore, nectarivore, seedeater and omnivore according to their food resource. A total of 227 species corresponding to 182 genera, 54 families and 26 orders were recorded. Species classified as seed-eating, nectarivorous and scavenging were found to be exclusive to a single order and family while the carnivorous, frugivorous, insectivorous and omnivorous categories were distributed in different orders and families. This denotes the use of resources associated with the provision of regulating and supporting ecosystem services. Therefore, the information generated is a tool to support conservation actions in the wetlands of the department of Ñeembucú.

Key words: *Avifauna, feeding, monitoring, ecosystem service.*

Introducción

Los humedales son considerados uno los sistemas biológicos más productivos, debido a las funciones ecológicas que prestan varios servicios ecosistémicos que favorecen a la humanidad y a los demás organismos (Consejo de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005). A pesar de ello, estos sistemas hídricos sufren degradaciones y transformaciones, principalmente por las actividades del hombre, que afecta directamente a la biodiversidad (Wetlands, 2021).

En estos ambientes húmedos, la avifauna constituye uno de los vertebrados más abundantes y estudiados que comprenden tanto a aves acuáticas, como

Recibido: 2/02/2022 Aceptado: 17/02/2022

2078-399X/2022 Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Paraguay. Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es).

las garzas y jacanas, y aquellas aves no acuáticas como los tordos y gorriones, que aprovechan como refugio y alimento disponible (Blanco, 1999; Izquierdo *et al*, 2005; Arlene *et al.*; 2018). Entre estas se encuentran especies migratorias acuáticas como aquellas pertenecientes a las familias Charadriidae y Scolopacidae, y las no acuáticas de las familias Accipitridae y Tyrannidae (Blanco, 1999; Arlene *et al.*; 2018). Este grupo utiliza estos ambientes para completar su ruta migratoria, por lo que a medida que los humedales van en disminución, también lo hacen sus poblaciones (Wetlands, 2021).

El rol ecológico que cumplen las aves es imprescindible para el mantenimiento de un ecosistema equilibrado ya que, por su gran diversidad de hábitos y comportamientos, proporcionan servicios ecosistémicos de regulación y soporte como la polinización, dispersión de semillas, restauración de ecosistemas, ciclaje de nutrientes y regulación de poblaciones de vertebrados e invertebrados (Luck, 2012; López, 2015).

Mediante este trabajo se aporta información sobre la riqueza, composición y la estructura trófica de las aves que habitan en los humedales del departamento de Ñeembucú.

Materiales y métodos

Área de estudio

Fueron seleccionados tres sitios de muestreo en el Departamento de Ñeembucú con una superficie de 12.147 km², localizados en los distritos de Tacuaras (Sitio 1 y Sitio 2) y Villa Franca (Sitio 3) (Figura 1), caracterizada por presentar llanuras aluviales, extensas áreas anegadizas e inundadas que se forman a causa de sus características topográficas y la influencia de los ríos Paraguay y Paraná (Mereles *et al.* 2015).

Toma de datos

El muestreo de aves se basó en la técnica de puntos de conteo de Ralph *et al.* (1996) y las recomendaciones de Esquivel & Peris (2008), que consiste en permanecer en los puntos seleccionados 5 minutos para registrar todas las aves observadas y/o escuchadas. Los puntos de muestreo distaron entre 500 y 600 metros, y fueron distribuidos en caminos internos dentro de las fincas privadas y a lo largo de caminos públicos de tierra y pavimentados.

Se realizaron ocho campañas de muestreo de una semana de duración, en los meses de octubre y diciembre (2020), febrero, marzo, abril, mayo, junio y julio de 2021, iniciando cada día los puntos de conteo a las primeras horas del día y al atardecer. Los puntos de conteo fueron replicados dos o tres veces, en diferentes meses, según la accesibilidad de los caminos para acceder a su ubicación. Los datos fueron registrados en forma sistemática a través de los puntos de conteo, y además se registraron las aves observadas en forma ocasional en los alrededores del campamento y en los viajes de traslado de un punto a otro. Así mismo se incluyeron aquellas observaciones realizadas durante el reconocimiento preliminar del área a ser estudiada.

Las aves fueron observadas a través de binoculares marca Nikon y Celestron y documentadas en su mayoría a través de cámaras fotográficas Canon 80d, Canon 70xs y Nikon D7500.

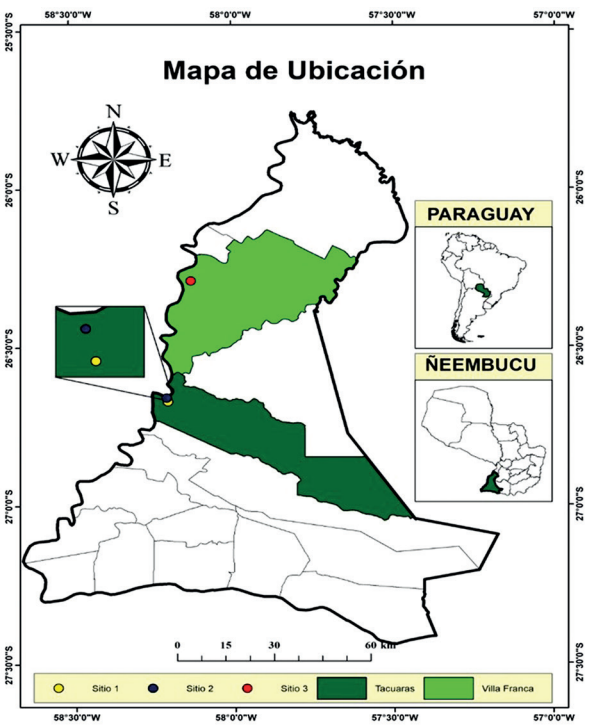


Figura 1. Ubicación de los sitios de muestreo en los distritos de Tacuaras y Villa Franca en el Departamento de Ñeembucú.

La identificación de las especies se basó en las guías de aves Narosky & Yzurieta (2006), De la Peña (2010), Del Castillo & Clay (2005) y la Guía de Nidos de aves del Paraguay de De La Peña *et al.* (2010). Para la nomenclatura fue actualizada según la lista taxonómica (2021) del Comité de Clasificación Sudamericano de la Sociedad Ornitológica Americana (SACC) Del Castillo *et al.*, (2021). Las categorías de amenazas de las especies a nivel nacional se basaron en la Resolución N° 254/19 del Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (2019) y el estado de conservación a nivel global a Birdlife International (2021).

Para el análisis de la estructura trófica de la comunidad de aves de los humedales de Ñeembucú, las especies se clasificaron en: carnívoro (Car), aquellas aves que se alimentan de vertebrados y artrópodos; carroñero (Cro), aquellas aves que se alimentan de carroña, animales muertos; frugívoro (Fru), aquellas aves que se alimentan de frutos y brotes de hojas; insectívoro (Ins), aquellas aves que se alimenta de artrópodos; nectarívoro (Nec), aquellas aves que se alimentan principalmente de néctar; semillero (Sem), se alimenta principalmente de semillas y omnívoro (Omn), aquellas que incluyen en su dieta dos a o más de los citados anteriormente. Esta clasificación se basó en Narosky & Yzurieta (2006), López (2015), Gómez–Ortiz & Moreno (2017) y De la Peña (2019).

Resultados y discusión

Riqueza y composición de la avifauna

Se registraron un total de 227 especies de aves que corresponden a 26 órdenes, 54 familias y 182 géneros (Anexo 1), siendo el orden Passeriformes y la familia Tyrannidae, los taxa con la mayor riqueza de especies. Los registros de aves representan el 33% de las especies documentadas para Paraguay según SACC (2021) y 66% de las aves documentadas para el departamento de Ñeembucú, según eBird (2021) respectivamente.

Ninguna de las especies registradas se encuentra dentro de la categoría de amenaza según UICN (2021), no obstante, se encontraron tres especies en la categoría NT (casi amenazada), *Rhea americana, Amazona aestiva* y *Sporophila ruficollis* y a nivel nacional según Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (2019), se encontró a una especie en peligro de extinción *Ara chloropterus* y una con la categoría de amenazada de extinción *Accipiter bicolor*.

Del total de especies, 22 son migratorias, lo cual evidencia la importancia de los ambientes muestreados, ya que son utilizadas por las aves como corredores biológicos, donde aprovechan para el descanso, puesta de huevos y los recursos alimenticios que ofrecen estos sitios (Blanco *et al.*, 2020). La llegada de las aves migratorias se expande por todo el territorio paraguayo, siendo las principales estaciones las lagunas saladas del Chaco, Bahía de Asunción y sitios de humedales naturales y artificiales de la región sur de la región Oriental (Blanco *et al.*, 2020).

Estructura trófica de la comunidad de aves de los humedales de Ñeembucú

Las especies semilleras están incluidas en un solo orden y familia, así como las nectarívoras y carroñeras. Por otra parte, las frugívoras, insectívoras, carnívoras, y omnívoras pertenecen a diferentes órdenes y familias.

Las semilleras están representadas por seis especies de la familia Thraupidae del orden Passeriformes (Figura 2), (Anexo 1), vinculados directamente con la dispersión de semillas, por consiguiente, con potencial de restauración de ecosistemas (Pain *et al.*, 2003; Zaccagnini *et al.*, 2011). Los nectarívoros representados por tres especies pertenecientes a la familia Trochilidae y el orden Apodiformes (Figura 2), (Anexo 1), cuyas funciones ecológicas están asociadas a la polinización y son parte importante de la reproducción de las plantas que sirven a su vez como alimento a otros animales (Zaccagnini *et al.*, 2011, De la Peña, 2019; Guidetti, 2020). Por su parte, la limpieza de cadáveres y ciclaje de nutrientes, son servicios ecosistémicos ofrecidos por especies carroñeras, registrándose en este trabajo tres especies pertenecientes a la familia Cathartidae del orden Cathartiformes (Figura 2), (Anexo 1), (Zaccagnini

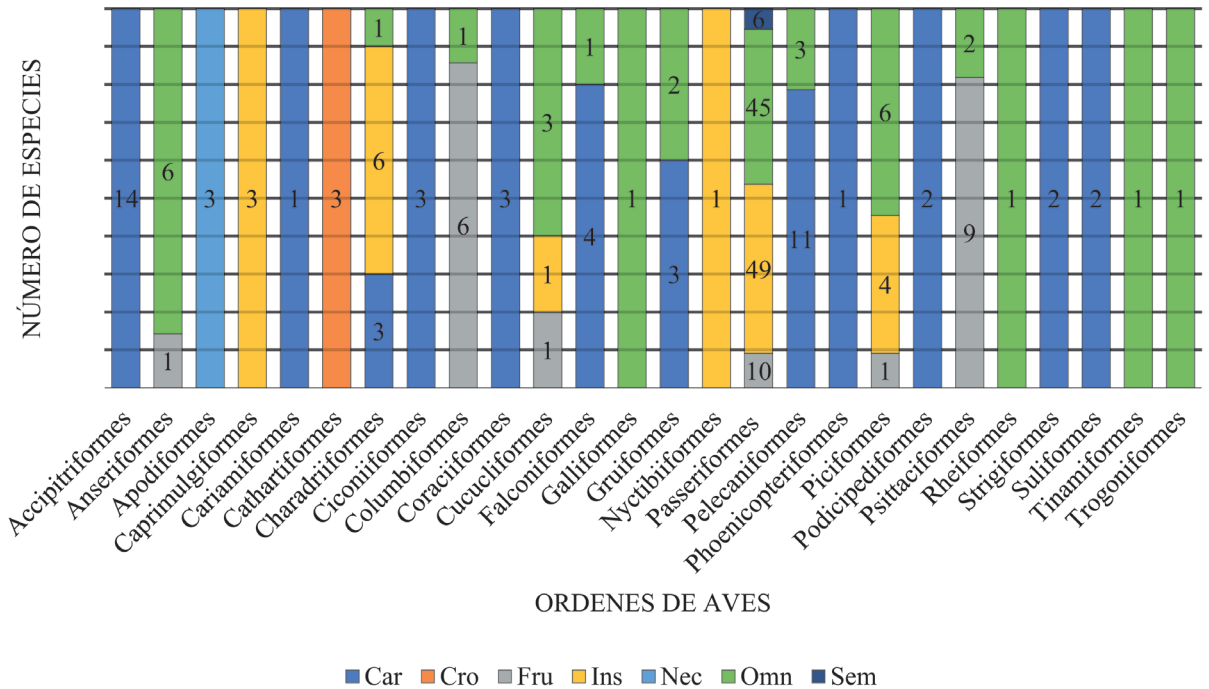


Figura 2. Número de especies y estructura trófica de los órdenes de aves de los humedales de Ñeembucú Referencias. **Car)** Carnívoro. **Cro)** Carroñero. **Fru)** Frugívoro. **Ins)** Insectívoro. **Nec)** Nectarívoro. **Omn)** Omnívoro. **Sem)** Semillero.

et al., 2011).

Las frugívoras incluyeron 28 especies distribuidas en siete familias y seis órdenes (Figura 2) (Anexo 1), cumpliendo la función de dispersión de semillas, favoreciendo la restauración de ambientes antropizados (Sekercioglu, 2006; García *et al.*, 2010).

Los insectívoros fueron representados por 64 especies distribuidos en 20 familias y cinco órdenes (Figura 2), (Anexo 1), mientras que, los carnívoros están representados por 49 especies, distribuidas en 12 órdenes y 16 familias. Ambos grupos tróficos son los encargados de la regulación de poblaciones de vertebrados e invertebrados, controlando vectores transmisores de enfermedades y plagas (Zaccagnini *et al.*, 2011).

Los omnívoros mostraron predominancia ante los demás grupos tróficos encontrándose 74 especies, representadas en 21 familias y siete órdenes (Figura 2), (Anexo 1), cumpliendo todas las funciones ecológicas mencionadas anteriormente (Guidetti, 2020).

Contrastando esto con un estudio hecho en el Bosque Atlántico de Paraguay, que considera varios ambientes incluidas bosques, pastizales y sitios antrópicos han encontrado que está representado por aquellas especies insectívoras mayoritariamente (Esquivel & Peris, 2012). Mientras que, en el Salvador, en un bosque alterado por zonas productivas, han sido representado las especies por sus hábitos alimenticios insectívora y omnívora respectivamente (Martínez & del Carmen (2014).

Conclusión

Los humedales de Ñeembucú albergan un tercio de las especies de aves documentadas para Paraguay, los datos de clasificación en siete grupos tróficos demuestran la gran diversidad de funciones ecológicas asociadas a los servicios ecosistémicos de regulación y soporte.

Cabe mencionar que a pesar de que la riqueza de la ornitofauna fue alta en estos sitios, está expuesta a diferentes amenazas como la quema y la tala de árboles, la cacería y la modificación de hábitats. Es

de suma importancia continuar con el monitoreo, ya que puede brindar información acerca de lo que está sucediendo dentro de un ecosistema, para tomar medidas para la conservación y protección de los humedales de Ñeembucú, ya que la pérdida de diversidad puede ser irreversibles si no se toman acciones que apoyen un plan de conservación.

Agradecimientos

Estos datos pertenecen al proyecto PINV18-162: "Valoración de los servicios ecosistémicos de la Ecorregión Ñeembucú a través del análisis de la diversidad funcional y taxonómica de las comunidades de fitoplancton, plantas, anfibios y aves", el cual fue cofinanciado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) con apoyo del FEEI. A los propietarios y al personal de los establecimientos visitados, por los permisos concedidos y el apoyo a la investigación científica.

Referencias bibliográficas

Díaz Carrión, I.A. & Burguillo Cuesta, M. (2018). Servicios Ecosistémicos y humedales. Pp. 17-49, *in* Díaz Carrión, I.A., Sedas Larios, E.E. & Burguillo Cuesta, M. (Eds). *Servicios ecosistémicos en humedales*. México, D.F.: Secretaría de Medio Ambiente del Estado de Veracruz. 437 pp.

Birdlife International. (2019). Turquoise-fronted Amazon: *Amazona aestiva*. *The IUCN Red List of Threatened Species in 2019*. [Consulted: 6.x.2021]. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-3.RLTS.T22686332A154573813.en>.

Birdlife International. (2016). Greater Rhea: *Rhea americana*. *The IUCN Red List of Threatened Species in 2016*. [Consulted: 6.v.2021]. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T22678073A92754472.en>.

Birdlife International. (2021). Perfil de país: Paraguay. [Consulted: 5.xi.2021]. <http://www.birdlife.org/datazone/country/paraguay>.

Blanco, D.E. (1999). Los humedales como hábitat de aves acuáticas. Pp. 219–228, *in* Malvárez, A.I. (Ed.). *Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica*. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires. vii + 228 pp.

Consejo de la Evaluación de los Ecosistemas Del Milenio. (2005). L*os Ecosistemas y el Bienestar Humano: Humedales y Agua*. Washington: World Resources Institute. vi + 68 pp.

Blanco, D., Fletcher, A., Lesterhuis, A. & Petracci, P. (2020). *Corredor de aves migratorias del sistema Paraguay-Paraná*. Wetlands International. Buenos Aires: Fundación para la Conservación y el Uso Sustentable de los Humedales / Wetlands International. v + 122.

De La Peña, M.R. (2010). *Guía de Nidos de aves del Paraguay*. Asunción: Guyra Paraguay. 695 pp.

De la Peña, M.R. (2019). Aves argentinas: descripción, comportamiento, reproducción y distribución (actualización). Furnariidae. *Comunicaciones del Museo Provincial de Ciencias Naturales Florentino Ameghino (nueva serie)*, 2020(8): 1–293.

Del Castillo, H. & Clay, R. (2005). *Atlas de las aves del Paraguay*. Asunción: Guyra Paraguay. 212 pp.

Del Castillo, H., Clay, R., Lesterhuis A. & Smith, P. (2015). *Species lists of birds for South American countries and territories: Paraguay*. [Consulted: 6.x.2021]. <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCCountryLists.htm>.

eBird. (2021). *Ñeembucú: Paraguay*. [Consulted: 15.xii.2021]. <https://ebird.org/region/PY-12?yr=all>.

Esquivel, A. & Peris, S. (2008). Influence of time of day, duration and number of counts in point count sampling of birds in an Atlantic Forest of Paraguay. *Ornitologia Neotropical*, 19: 229–242.

Garcia, D., Zamora, R. & Amico, G.C. (2010). Birds as suppliers of seed dispersal in temperate ecosystems: conservation guidelines from real-world landscapes. *Conservation biology*, 24(4): 1070–1079.

Gómez–Ortiz, Y. & Moreno, C.E. (2017). La diversidad funcional en comunidades animales: una revisión que hace énfasis en los vertebra-

dos. *Animal Biodiversity and Conservation*: 40(2), 165–174.

Guidetti, B.Y. (2020). *Servicios ecosistémicos brindados por aves frugívoras dispersoras de semillas en bosques con ganadería extensiva del Espinal de la Provincia de Entre Ríos*. Tesis Doctoral. Corrientes: Universidad Nacional del Nordeste. 137 pp.

Guyra Paraguay. (2016). *Base de datos de Biodiversidad en Paraguay*. [Consulted: 15.iv.2021]. <https://guyra.org.py/base-de-datos-de-biodiversidad/>.

Izquierdo, A.E., Aragón, R., Navarro, C.J. & Casagranda, E. (2018). Humedales de la Puna: principales proveedores de servicios ecosistémicos de la región. Pp. 96–111, *in* Grau, H.R. (Ed.). *La Puna Argentina:Naturaleza y Cultura*. Tucumán: Fundación Miguel Lillo. 499 pp.

López, J., Stiles, F.G. & Parra, J. (2015). Protocolo para la medición de rasgos funcionales en aves. Pp. 80–125, *in* Salgado-Negret, B. (Ed.). *La ecología funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 234 pp.

Luck, G.W., Lavorel, S., Mcintyre, S. & Lumb, K. (2012). Improving the application of vertebrate trait-based frameworks to the study of ecosystem services. *Journal of Animal Ecology*, 81(5): 1065–1076.

Martínez, A., Del Carmen, L. (2014). *Factores que influyen en la diversidad taxonómica y funcional de aves en un paisaje dominado por café en la Sierra de Apaneca en El Salvador*. Tesis de Maestría. Turrialba: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. xv + 112 pp.

Mereles, F.M., De Egea, J., Elsam, G., Céspedes, M.C., Peña-Chocarro, R. & Degen de Arrúa, R. (Eds). (2015). Plantas Acuáticas y Palustres del Paraguay. *Rojasiana (Serie Especial)*, 2(1): 1–236.

Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2019). *Resolución N° 254/19: por la cual se actualiza el listado de especies protegidas de la Vida Silvestre de la Clase Aves*. Asunción: Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible. 10 pp.

Narosky, T., Yzurieta, D., Clay, R. P. (2006). *Guía para la identificación de las aves de Paraguay*. Buenos Aires: Vazquez Mazzini Editores. 239 pp.

Pain, D.J., Cunningham, A.A., Donald, P.F., Duckworth, J.W., Houston, D.C., Katzner, T., Parry-Jones, J., Poole, C., Prakash, V., Round, P. & Timmins, R. (2003). Causes and effects of temporospatial declines of Gyps vultures in Asia. *Conservation Biology*, 17(3): 661–671.

Ralph, C., Geupel, G., Pyle P., Martin, T., De Sante, D. & Mila, B. (1996). *Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres*. General Technical Report PSW GTR 159. Albany: United States Department of Agriculture. iii + 46 pp.

Sekercioglu, C.H. (2006). Ecological significance of bird populations. Pp. 15–51, *in* Del Hoyo, J., Elliott, A. & Christie, D.A. (Eds.). *Handbook of the Birds of the World*. Vol. 11. 798 pp.

Vogt, C. & Mereles, F. (2005). Una contribución al estudio de los humedales de la cuenca del Arroyo Ñeembucú, Departamento Ñeembucú, Paraguay. *Rojasiana*, 7(1): 5–20.

Wetlands International (2021). *Humedales*. [Consulted: 15.xii.2021]. <https://lac.wetlands.org/humedales/>.

Zaccagnini, M.E., Thompson, J.J., Bernardos, J., Calamari, N., Goijman, A. & Canavelli, S. (2011). Riqueza, ocupación y roles funcionales potenciales de las aves en relación con los usos de la tierra y la productividad de los agroecosistemas: un ejemplo en la ecorregión pampeana. Pp. 185–219, *in* Laterra, P., Jobbágy, E. & Paruelo, M. (Eds). *Valoración de servicios ecosistémicos. Conceptos, herramientas, y aplicaciones para el ordenamiento territorial*. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 718 pp.

Anexo 1

Lista de especies de aves de los humedales de Ñeembucú con sus respectivos géneros, familias y órdenes según (Del Castillo *et al.*, 2015; SACC, 2021) y estructura trófica correspondiente.

ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIES	DIETA
Rheiformes	Rheidae	*Rhea*	*Rhea americana*	Omn
Tinamiformes	Tinamidae	*Nothura*	*Nothura maculosa*	Omn
Anseriformes	Anhimidae	*Chauna*	*Chauna torquata*	Fru
	Anatidae	*Amazonetta*	*Amazonetta brasiliensis*	Omn
		Callonetta	*Callonetta leucophrys*	Omn
		Dendrocygna	*Dendrocygna viduata*	Omn
			Dendrocygna autumnalis	Omn
		Spatula	*Spatula bicolor*	Omn
			Spatula versicolor	Omn
Galliformes	Cracidae	*Ortalis*	*Ortalis canicollis*	Omn
Phoenicopteriformes	Phoenicopteridae	*Phoenicopterus*	*Phoenicopterus chilensis*	Car
Podicipediformes	Podicipedidae	*Podilymbus*	*Podilymbus podiceps*	Car
		Tachybaptus	*Tachybaptus dominicus*	Car
Columbiformes	Columbidae	*Columba*	*Columba livia*	Omn
		Columbina	*Columbina picui*	Fru
			Columbina talpacoti	Fru
			Columbina squammata	Fru
		Leptotila	*Leptotila verreauxi*	Fru
		Patagioenas	*Patagioenas picazuro*	Fru
		Zenaida	*Zenaida auriculata*	Fru
Cucuciformes	Cuculidae	*Crotophaga*	*Crotophaga ani*	Omn
			Crotophaga major	Omn
		Guira	*Guira guira*	Omn
		Piaya	*Piaya cayana*	Fru
		Tapera	*Tapera naevia*	Ins
Nyctibiiformes	Nyctibiidae	*Nyctibius*	*Nyctibius griseus*	Ins
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	*Chordeiles*	*Chordeiles nacunda*	Ins
		Hydropsalis	*Hydropsalis torquata*	Ins
		Setopagis	*Setopagis parvula*	Ins
Apodiformes	Trochilidae	*Chlorostilbon*	*Chlorostilbon lucidus*	Nec
		Heliomaster	*Heliomaster furcifer*	Nec
		Hylocharis	*Hylocharis chrysura*	Nec

ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIES	DIETA
Gruiformes	Aramidae	*Aramus*	*Aramus guarauna*	Nec
	Rallidae	*Aramides*	*Aramides ypecaha*	Omn
			Aramides cajaneus	Omn
		Gallinula	*Gallinula chloropus*	Car
		Pardirallus	*Pardirallus maculatus*	Car
Charadriiformes	Charadriidae	*Vanellus*	*Vanellus chilensis*	Car
		Charadrius	*Charadrius collaris*	Ins
	Recurvirostridae	*Himantopus*	*Himantopus mexicanus*	Car
	Scolopacidae	*Calidris*	*Calidris melanotos*	Ins
		Gallinago	*Gallinago paraguaiae*	Omn
		Tringa	*Tringa solitaria*	Ins
			Tringa flavipes	Ins
			Tringa melanoleuca	Ins
	Jacanidae	*Jacana*	*Jacana jacana*	Car
	Laridae	*Phaetusa*	*Phaetusa simplex*	Ins
Ciconiiformes	Ciconiidae	*Ciconia*	*Ciconia maguari*	Car
		Jabiru	*Jabiru mycteria*	Car
		Mycteria	*Mycteria americana*	Car
Suliformes	Anhingidae	*Anhinga*	*Anhinga anhinga*	Car
	Phalacrocoracidae	*Phalacrocorax*	*Phalacrocorax brasilianus*	Car
Pelecaniformes	Ardeidae	*Ardea*	*Ardea cocoi*	Car
			Ardea alba	Car
		Botaurus	*Botaurus pinnatus*	Car
		Bulbucus	*Bulbucus ibis*	Car
		Butorides	*Butorides striata*	Car
		Egretta	*Egretta thula*	Car
		Nycticorax	*Nycticorax nycticorax*	Car
		Syrigma	*Syrigma sibilatrix*	Omn
		Tigrisoma	*Tigrisoma lineatum*	Car
	Threskiornithidae	*Phimosus*	*Phimosus infuscatus*	Car
		Plegadis	*Plegadis chihi*	Omn
		Theristicus	*Theristicus caerulescens*	Car
			Theristicus caudatus	Car
		Platalea	*Platalea ajaja*	Omn

ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIES	DIETA
Cathartiformes	Cathartidae	*Coragyps*	*Coragyps atratus*	Cro
		Cathartes	*Cathartes aura*	Cro
			Cathartes burrovianus	Cro
Accipitriformes	Accipitridae	*Accipiter*	*Accipiter bicolor*	Car
		Busarellus	*Busarellus nigricollis*	Car
		Buteo	*Buteo brachyurus*	Car
		Buteogallus	*Buteogallus meridionalis*	Car
			Buteogallus urubitinga	Car
		Circus	*Circus buffoni*	Car
		Elanus	*Elanus leucurus*	Car
		Gampsonyx	*Gampsonyx swainsonii*	Car
		Geranoaetus	*Geranoaetus melanoleucus*	Car
		Geranospiza	*Geranospiza caerulescens*	Car
		Ictinia	*Ictinia plumbea*	Car
		Rostrhamus	*Rostrhamus sociabilis*	Car
		Rupornis	*Rupornis magnirostris*	Car
	Pandionidae	*Pandion*	*Pandion haliaetus*	Car
Strigiformes	Strigidae	*Athene*	*Athene cunicularia*	Car
		Megascops	*Megascops choliba*	Car
Trogoniformes	Trogonidae	*Trogon*	*Trogon surrucura*	Omn
Coraciiformes	Alcedinidae	*Chloroceryle*	*Chloroceryle amazona*	Car
			Chloroceryle americana	Car
		Megaceryle	*Megaceryle torquata*	Car
Piciformes	Ramphastidae	*Ramphastos*	*Ramphastos toco*	Fru
	Picidae	*Campephilus*	*Campephilus leucopogon*	Ins
		Celeus	*Celeus lugubris*	Ins
		Colaptes	*Colaptes melanochloros*	Omn
			Colaptes campestris	Omn
		Dryobates	*Dryobates passerinus*	Omn
			Dryobates mixtus	Omn
		Melanerpes	*Melanerpes candidus*	Omn
			Melanerpes cactorum	Omn
		Piculus	*Piculus chrysochloros*	Ins
		Picumnus	*Picumnus cirratus*	Ins
Cariamiformes	Cariamidae	*Cariama*	*Cariama cristata*	Car

ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIES	DIETA
Falconiformes	Falconidae	*Caracara*	*Caracara plancus*	Omn
		Falco	*Falco sparverius*	Car
			Falco femoralis	Car
		Milvago	*Milvago chimachima*	Car
			Milvago chimango	Car
Psittaciformes	Psittacidae	*Amazona*	*Amazona aestiva*	Fru
		Ara	*Ara chloropterus*	Fru
		Aratinga	*Aratinga nenday*	Fru
		Brotogeris	*Brotogeris chiriri*	Fru
		Eupsittula	*Eupsittula aurea*	Omn
		Forpus	*Forpus xanthopterygius*	Omn
		Myiopsitta	*Myiopsitta monachus*	Fru
		Pionus	*Pionus maximiliani*	Fru
		Psittacara	*Psittacara leucophthalmus*	Fru
		Pyrrhura	*Pyrrhura frontalis*	Fru
		Thectocercus	*Thectocercus acuticaudatus*	Fru
Passeriformes	Thamnophilidae	*Taraba*	*Taraba major*	Ins
		Thamnophilus	*Thamnophilus doliatus*	Ins
			Thamnophilus caerulescens	Ins
	Furnariidae	*Anumbius*	*Anumbius annumbi*	Omn
		Campylorhamphus	*Campylorhamphus trochilirostris*	Ins
		Certhiaxis	*Certhiaxis cinnamomeus*	Ins
		Coryphistera	*Coryphistera alaudina*	Omn
		Cranioleuca	*Cranioleuca pyrrhophia*	Ins
		Furnarius	*Furnarius rufus*	Omn
		Lepidocolaptes	*Lepidocolaptes angustirostris*	Ins
		Phacellodomus	*Phacellodomus ruber*	Omn
		Schoeniophylax	*Schoeniophylax phryganophilus*	Ins
		Sittasomus	*Sittasomus griseicapillus*	Ins
		Synallaxis	*Synallaxis frontalis*	Ins
		Xiphocolaptes	*Xiphocolaptes major*	Ins
	Tityridae	*Xenopsaris*	*Xenopsaris albinucha*	Ins
	Tyrannidae	*Arundinicola*	*Arundinicola leucocephala*	Ins
		Camptostoma	*Camptostoma obsoletum*	Ins
		Casiornis	*Casiornis rufus*	Ins

ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIES	DIETA
Passeriformes	Tyrannidae	*Elaenia*	*Elaenia spectabilis*	Omn
			Elaenia parvirostris	Ins
		Empidonomus	*Empidonomus aurantioatrocristatus*	Ins
		Fluvicola	*Fluvicola albiventer*	Ins
		Gubernetes	*Gubernetes yetapa*	Ins
		Hemitriccus	*Hemitriccus margaritaceiventer*	Ins
		Hymenops	*Hymenops perspicillatus*	Ins
		Knipolegus	*Knipolegus cyanirostris*	Ins
		Machetornis	*Machetornis rixosa*	Ins
		Megarynchus	*Megarynchus pitangua*	Omn
		Myiarchus	*Myiarchus tyrannulus*	Omn
		Myiodynastes	*Myiodynastes maculatus*	Omn
		Myiophobus	*Myiophobus fasciatus*	Ins
		Pachyramphus	*Pachyramphus validus*	Ins
		Pitangus	*Pitangus sulphuratus*	Omn
		Pseudocolopteryx	*Pseudocolopteryx sclateri*	Ins
		Pyrocephalus	*Pyrocephalus rubinus*	Ins
		Satrapa	*Satrapa icterophrys*	Omn
		Serpophaga	*Serpophaga subcristata*	Ins
			Serpophaga griseicapilla	Ins
		Suiriri	*Suiriri suiriri*	Ins
		Tolmomyias	*Tolmomyias sulphurescens*	Ins
		Tyrannus	*Tyrannus melancholicus*	Omn
			Tyrannus savana	Ins
		Xolmis	*Xolmis irupero*	Ins
			Xolmis cinereus	Ins
	Vireonidae	*Cyclarhis*	*Cyclarhis gujanensis*	Omn
		Vireo	*Vireo olivaceus*	Omn
	Corvidae	*Cyanocorax*	*Cyanocorax chrysops*	Omn
			Cyanocorax cyanomelas	Omn
	Hirundinidae	*Alopochelidon*	*Alopochelidon fucata*	Omn
		Hirundo	*Hirundo rustica*	Ins
		Progne	*Progne tapera*	Ins
			Progne chalybea	Ins
		Tachycineta	*Tachycineta leucorrhoa*	Ins

ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIES	DIETA
Passeriformes	Troglodytidae	*Troglodytes*	*Troglodytes aedon*	Omn
		Campylorhynchus	*Campylorhynchus turdinus*	Ins
	Polioptilidae	*Polioptila*	*Polioptila dumicola*	Ins
	Donacobiidae	*Donacobius*	*Donacobius atricapilla*	Ins
	Turdidae	*Turdus*	*Turdus rufiventris*	Omn
			Turdus amaurochalinus	Omn
			Turdus leucomelas	Omn
	Mimidae	*Mimus*	*Mimus saturninus*	Omn
			Mimus triurus	Omn
	Passeridae	*Passer*	*Passer domesticus*	Omn
	Motacillidae	*Anthus*	*Anthus lutescens*	Omn
	Fringillidae	*Euphonia*	*Euphonia chlorotica*	Fru
		Spinus	*Spinus magellanicus*	Fru
	Passerellidae	*Ammodramus*	*Ammodramus humeralis*	Ins
		Arremon	*Arremon flavirostris*	Omn
		Zonotrichia	*Zonotrichia capensis*	Fru
	Icteridae	*Agelaioides*	*Agelaioides badius*	Omn
		Agelasticus	*Agelasticus cyanopus*	Omn
		Amblyramphus	*Amblyramphus holosericeus*	Omn
		Cacicus	*Cacicus solitarius*	Ins
			Cacicus chrysopterus	Ins
			Cacicus haemorrhous	Ins
		Chrysomus	*Chrysomus ruficapillus*	Omn
		Icterus	*Icterus pyrrhopterus*	Omn
		Leistes	*Leistes superciliaris*	Omn
		Molothrus	*Molothrus rufoaxillaris*	Omn
			Molothrus bonariensis	Omn
		Pseudoleistes	*Pseudoleistes guirahuro*	Omn
	Parulidae	*Basileuterus*	*Basileuterus culicivorus*	Omn
		Geothypis	*Geothlypis aequinoctialis*	Ins
		Myiothlypis	*Myiothlypis leucoblephara*	Ins
		Setophaga	*Setophaga pitiayumi*	Omn
	Cardinalidae	*Piranga*	*Piranga flava*	Omn
	Thraupidae	*Cissopis*	*Cissopis leverianus*	Fru
		Conirostrum	*Conirostrum speciosum*	Ins
		Coryphospingus	*Coryphospingus cucullatus*	Omn

ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIES	DIETA
Passeriformes	Thraupidae	*Donacospiza*	*Donacospiza albifrons*	Fru
		Emberizoides	*Emberizoides herbicola*	Omn
		Embernagra	*Embernagra platensis*	Omn
		Microspingus	*Microspingus melanoleucus*	Omn
		Nemosia	*Nemosia pileata*	Omn
		Paroaria	*Paroaria coronata*	Omn
			Paroaria capitata	Omn
		Saltator	*Saltator similis*	Fru
			Saltator aurantiirostris	Omn
			Saltator coerulescens	Fru
		Sicalis	*Sicalis flaveola*	Omn
			Sicalis luteola	Sem
		Sporophila	*Sporophila collaris*	Sem
			Sporophila caerulescens	Sem
			Sporophila hypoxantha	Sem
			Sporophila ruficollis	Sem
			Sporophila leucoptera	Sem
		Tachyphonus	*Tachyphonus rufus*	Fru
		Thraupis	*Thraupis sayaca*	Fru
		Volatinia	*Volatinia jacarina*	Fru

Reportes Científicos de la FACEN

Reportes científicos de la FACEN, Enero - Junio 2022, 13(1):41–50

http://doi.org/10.18004/rcfacen.2022.13.1.41

Artículo Original

Evaluación mutagénica de tres herbicidas a base de glifosato empleando el test de mutación y recombinación somática en *Drosophila melanogaster*

Mutagenic evaluation of three glyphosate-based herbicides using somatic mutation and recombination test in *Drosophila melanogaster*

Luis Francisco Marín Insfrán[1,*], Elvio Gayozo Melgarejo[1], Cynthia Rivarola Sena[1], & Clara Núñez[1]

[1]Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Biología, Laboratorio de Mutagénesis, Carcinogénesis y Teratogénesis Ambiental, San Lorenzo, Paraguay.
*Autor correspondiente: luismarin@facen.una.py.

Resumen: En zonas rurales de Paraguay los herbicidas son ampliamente utilizados, entre los cuales se encuentran un gran número que son elaborados a base de glifosato, estos actúan inhibiendo la actividad de enzimas que sintetizan aminoácidos aromáticos en las plantas. Estudios han demostrado que no poseen actividad genotóxica, sin embargo, otras investigaciones indican lo contrario. Esta investigación tiene por objetivo principal evaluar la actividad mutagénica de tres herbicidas a base de glifosato (formulación comercial) en *Drosophila melanogaster* mediante el ensayo SMART. El diseño del estudio fue de bloques al azar, donde se trataron larvas de *D. melanogaster* tanto en cruce estándar y en cruce de alta bioactivación por 72±5 horas con diferentes concentraciones de los tres herbicidas a base de glifosato (0,01, 0,1, 1 y 10 mg.mL^{-1}), como agente mutágeno se empleó Ciclofosfamida a concentraciones de 2,61 y 0,78 mg.mL^{-1}, como testigo agua destilada. Los resultados obtenidos no fueron estadísticamente significativos, sin embargo, el herbicida GBH2 a la concentración de 10 mg.mL^{-1} evidenció un aumento significativo de clones mutantes del tipo mancha simple pequeña y en el total de mutaciones en comparación al testigo empleado.

Palabras clave: *SMART, herbicidas a base de glifosato,* Drosophila melanogaster*, mutagenicidad.*

Abstract: In rural areas of Paraguay are widely used herbicides, among which several are made of glyphosate, these are systemic broad spectrum and act by inhibiting the activity of enzymes that synthesize aromatic aminoacids in plants. Studies have shown that they don't have genotoxic activity, however, other research indicates that they can alter cellular processes in animals, which can present an environmental and health risk factor. The main objective of this work is to evaluate the mutagenic activity of three glyphosate-based herbicides (commercial formulation) in *Drosophila melanogaster* through SMART assay. For this, third stage larvae of *D. melanogaster* obtained from standard crossing and high bioactivation cross were chronically treated orally for 72 ± 5 hours with different concentrations (0.01, 0.1, 1 and 10 mg.mL^{-1}) of three glyphosate-based herbicides, Cyclophosphamide 2.61 and 0.78 mg.mL^{-1} were used as a mutagenic agent and as a control distilled water. The results obtained were not statistically significant, however, the herbicide GBH2 at the concentration of 10 mg.mL^{-1} showed significant differences compared to control in mutations number of small single spot type and total number of mutations observed.

Key words: *SMART, glyphosate-based herbicides,* Drosophila melanogaster*, mutagenicity.*

Introducción

El Glifosato es un pesticida no selectivo sistémico, de post-emergencia más vendido en el mundo, y representa alrededor del 25% del mercado global de herbicidas, el mismo actúa en todos los vegetales inhibiendo la actividad de enzimas que sintetizan aminoácidos aromáticos, los cuales son necesarios para la fotosíntesis y por ello las plantas, al no poder sintetizarlos, mueren o frenan considerablemente su crecimiento (Williams *et al*., 2016; Labrada *et al*., 1996). Fue citado por primera vez como herbicida en 1971, y según la U.S Enviromental Protection y la O.M.S, el Glifosato no presenta efectos mutagénicos ni cancerígenos (International Programme on Chemical Safety, 1994).

Recibido: 03/11/2021 Aceptado: 01/03/2022

2078-399X/2022 Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Paraguay. Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es).

Según la Tomlin (1994), se comercializan tres tipos de glifosatos, el glifosato-isopropilamonio que es el más empleado en la elaboración de los herbicidas, el glifosato-sesquisódio y glifosato-trimesium que no son muy utilizados.

Existen estudios que sugieren que herbicidas a base de glifosato podrían poseer actividades tóxicas sobre varios otros organismos. Un análisis llevado a cabo al tejido hepático y eritrocitos de *Leptodactylus latinasus*, detectó el aumento de la formación de micronúcleo y anormalidades nucleares en los eritrocitos (Pérez-Iglesia *et al*., 2016), así también se evidenció el daño en el ADN, generando efecto clastogénico y aneugénico, los cuales fueron comprobados mediante la utilización de la línea celular HepG2 (Kašuba *et al*., 2017), también estudiando el efecto del glifosato sobre el ADN y la regulación de expresión génica de células mononucleares de sangre periférica se determinó que hay posibles daños en el ADN, debido a una regulación negativa en la expresión del gen p53, lo cual activa protooncogenes o secuencias retrotransponibles (Kwiatkowska *et al*., 2017).

Otras investigaciones realizadas en medula ósea de ratas (*Mus musculus*), encontraron que el Roundup® poseía el mismo nivel de genotoxicidad que el control positivo (Ciclofosfamida), en el mismo estudio también se detectó que a concentraciones recomendadas para el ejercicio de la agricultura, promovía en un 100% la hemólisis de eritrocitos humanos, labilizando la membrana plasmática de los mismos (Rodrigues *et al*., 2011). Utilizando células del hígado, pulmonares y nerviosas del humano (HepG2, A549 y SH-SY5Y), no se detectaron citotoxicidad relevante (Hao *et al*., 2019) y con el uso de *Mus musculus*, de la línea Vk*MYC, se logró apreciar el desarrollo de anomalías hematológicas progresivas y neoplasias de células plasmáticas como esplenomegalia, anemia e IgG sérica elevada, lesiones óseas líticas y daño renal. En los *Mus musculus* de tipo salvaje, se generaron gammapatía monoclonal benigna con aumento de IgG sérica, anemia y presencia de células plasmáticas en el bazo y la médula ósea. (Wang *et al*., 2019).

También se observaron daños tóxicos en organismos vegetales de menor escala evolutiva como los briófitos, afectando su fisiología, y por ende ocasionando a largo plazo un desequilibrio ecológico, como pérdida de microhábitats las cuales cumplen un rol importante en la retención natural de humedad y la regulación de erosión de suelos (Narváez Parra *et al*., 2013).

Paraguay actualmente presenta un gran crecimiento en la agricultura industrializada con el consecuente uso intensivo y masivo de todo tipo de plaguicidas, según menciona Benítez-Leite *et al*. (2009) más de 24 millones de litros de pesticidas al año se emplean en los campos de cultivo en Paraguay, siendo desde el año 2003 para la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) parte de la lista de países preocupantes en cuanto al uso de los mismos en el mundo.

La exposición continua sin las medidas correctas de bioseguridad puede generar riesgos colaterales sobre la salud no solo humana sino también de la vida salvaje, así como poner en riesgo el equilibrio del ecosistema, es por esto que en esta investigación se propone como objetivo principal evaluar el potencial genotóxico de distintas diluciones de tres herbicidas a base de glifosato en imagos de *D. melanogaster* empleando el bioensayo SMART (Test de mutación y recombinación somática).

Materiales y métodos

Preparación de diluciones

Se prepararon las diluciones según uso popular, para ello se realizó una solución stock de 10 $mg.mL^{-1}$ de tres herbicidas a base de glifosato (GBH1 con composición $g.L^{-1}$: 48 g de sal isopropilamonio de N-(fosfonometil) glicina, coadyuvantes e inertes 100 mL; GBH2 con composición $g.L^{-1}$: 48 g de sal N-(fosfonometil) glicina, 52 g de inertes; GBH3 con composición $g.L^{-1}$: 48 g de sal isopropilamonio de N-(fosfonometil) glicina), la preparación se llevó a cabo con las medidas de bioseguridad sugeridas para su manejo. De la solución stock

se obtuvieron diluciones correspondientes a 1 mg.mL^{-1}, 0,1 mg.mL^{-1} y 0,01 mg.mL^{-1} mediante diluciones seriadas de cada solución, según uso popular.

Test de mutación y recombinación somática en alas de *Drosophila melanogaster*

Se obtuvieron hembras vírgenes de cepas puras de *Drosophila melanogaster* (*flr^3/In(3LR)TM3, ri p^{p}sep I(3)89Aa bx^{34e} y Bd^S*, y *ORR/ORR; flr^3/In(3LR) TM3, ri p^p sep I(3)89Aa bx^{34e} y Bd^s*) las cuales se encontraban bajo condiciones normales de temperatura ambiente (22°-24° C) y medio de cultivo convencional (harina de maíz 42 g, Agar-agar 6 g, sacarosa 24 gramos, levadura 26,5 g, agua destilada 500 mL, 2 mL de Ácido propiónico-Ácido ortofosfórico 1:1 y 2 mL de solución nipagin al 10%).

También se obtuvieron, de frascos con medio de cultivo convencional, machos de cepa pura *mwh/mwh* de *D. melanogaster*. El cruce estándar (SC) se realizó depositando en cada frasco 80 hembras vírgenes cepa *flr^3/In(3LR) TM3, ri p^{p}sep I(3)89Aa bx^{34e} y Bd^S* con 40 machos de la cepa *mwh/mwh*, por 72±5 horas (Graf *et al*., 1984).El cruce de alta bioactivación (BC) se llevó a cabo depositando en cada frasco 80 hembras vírgenes cepa *ORR/ORR; flr^3 / In (3LR) TM3, ri p^p sep I(3)89Aa bx^{34e} y Bd^s* con 40 machos de la cepa *mwh/mwh*, todas las cruzas fueron cultivadas en un medio ovopositor por 72±5 horas a temperatura ambiente 22°-24° C (Graf *et al*., 1984).

Transcurridas las 72±5 horas se procedió a la extracción de cien larvas de tercer estadio de cada frasco, las cuales fueron depositadas en diferentes contenedores con medio instantáneo preparado en el momento de traspaso, para un tratamiento vía oral por 72 horas, los mismos contenían 1,5 gramos de puré de papa instantáneo rehidratado con 5 mL de las diluciones preparadas 0,01 mg.mL^{-1}, 0,1 mg.mL^{-1}, 1 mg.mL^{-1} y 10 mg.mL^{-1} de los herbicidas GBH1, GBH2 y GBH3, de agua destilada como control negativo (diluyente) y Ciclofosfamida como agente mutágeno de referencia (Graf *et al*., 1984). Todos los tratamientos se realizaron por triplicado.

Una vez eclosionados los imagos fueron seleccionados al azar 10 individuos trans-heterocigotas *mwh+/+flr^3* de cada tratamiento (5 individuos de cada sexo), de las cuales se extrajeron las alas con ayuda de una lupa estereoscópica Motic® y montadas en las láminas microscópicas con solución de Faüre (goma arábica 300 g, glicerol 20 mL, hidrato de cloral 50 g y agua destilada 50 mL).

La observación de las láminas se realizó con ayuda de un microscopio óptico compuesto donde se observaron las regiones A, B, C´, C, D´, D, E, y también los márgenes que separan a las mismas (Rodrigues de Andrade *et al*., 2004).

Se cuantificó el número de clones mutantes en las alas observadas y se los clasificó según el tipo de marcador expresado; Manchas Simples Pequeñas (MSP) con una o dos células (*mwh* o *flr^3*), Manchas Simples Grandes (MSG) con tres o más células (*mwh* o *flr^3*) y Manchas Gemelas (MG) con un área *mwh* y otra *flr^3* adyacente (Graf *et al*., 1984; Rodrigues de Andrade *et al*., 2004).

Análisis estadístico

Los datos obtenidos se analizaron mediante tablas estadísticas de acuerdo con Frei y Würgler (1988), que corresponde a un modelo estadístico Binomial Condicional (Test de Kastenbaum-Bowman), con niveles de significancia $\alpha = \beta = 0{,}05$ (Kastenbaum & Bowman, 1970), donde las frecuencias de mutaciones se utilizaron directamente en la determinación del valor mínimo de mutaciones. Los gráficos estadísticos fueron realizados empleando el programa MS Excel 2016 (Microsoft Windows, USA).

Resultados y discusión

Los resultados hallados en el ensayo del cruce estándar para el herbicida GBH1 en concentraciones de 10, 1, 0,1 y 0,01 mg.mL^{-1}, fueron en un total de 7, 5, 4 y 4 de clones mutantes respectivamente; siendo el clon mutante de mayor cantidad la mancha simple pequeña (MSP) con un total de 6 clones para el tratamiento con 10 mg.mL^{-1} del herbicida, 5 manchas mutantes para el tratamiento con 1 mg.mL^{-1} y 4 clones tanto para los tratamientos de 0,1 y 0,01 mg.mL^{-1}. Para el marcador mutante mancha simple grande (MSG) solo se registró una mancha mutante

Tratamiento (mg.mL^{-1})	Número de alas	MSP (1-2 céls)[b] m = 2			MSG (>2 céls)[b] *m* = 5			MG *m* = 5			TM *m* = 2		
CRUCE ESTÁNDAR													
Control negativo	20	0,70	(07)		0,10	(01)		0,00	(00)		0,80	(08)	
Ciclofosfamida 2,61	20	4,40	(44)	+	1,30	(13)	+	0,50	(05)	+	6,20	(62)	+
GBH1													
0,01	20	0,30	(03)	-	0,10	(01)	i	0,00	(00)	i	0,40	(04)	-
0,1	20	0,30	(03)	-	0,10	(01)	i	0,00	(00)	i	0,40	(04)	-
1	20	0,50	(05)	i	0,00	(00)	i	0,00	(00)	i	0,50	(05)	-
10	20	0,60	(06)	i	0,10	(01)	i	0,00	(00)	i	0,70	(07)	i
GBH2													
0,01	20	0,80	(08)	i	0,20	(02)	i	0,00	(00)	i	1,00	(10)	i
0,1	20	0,30	(03)	-	0,10	(01)	i	0,00	(00)	i	0,40	(04)	-
1	20	0,70	(07)	i	0,10	(01)	i	0,00	(00)	i	0,80	(08)	i
10	20	2,90	(29)	+	0,20	(02)	i	0,00	(00)	i	3,10	(31)	+
GBH3													
0,01	20	0,30	(03)	-	0,10	(01)	i	0,00	(00)	i	0,40	(04)	-
0,1	20	0,40	(04)	-	0,30	(03)	i	0,00	(00)	i	0,70	(07)	i
1	20	0,20	(02)	-	0,00	(00)	i	0,10	(01)	i	0,30	(03)	-
10	20	0,50	(05)	i	0,00	(00)	i	0,00	(00)	i	0,50	(05)	-
CRUCE DE ALTA BIOACTIVACIÓN													
Control negativo	20	0,60	(06)		0,20	(02)		0,00	(00)		0,80	(08)	
Ciclofosfamida 0,78	20	15,00	(150)	+	5,00	(50)	+	0,20	(12)	+	21,20	(212)	+
GBH1													
0,01	20	0,50	(05)	i	0,00	(00)	i	0,00	(00)	i	0,50	(05)	-
0,1	20	0,10	(01)	-	0,00	(00)	i	0,00	(00)	i	0,10	(01)	-
1	20	0,30	(03)	-	0,20	(02)	i	0,00	(00)	i	0,50	(05)	-
10	20	0,40	(04)	i	0,00	(00)	i	0,00	(00)	i	0,40	(04)	-
GBH2													
0,01	20	0,00	(00)	-	0,00	(00)	i	0,00	(00)	i	0,00	(00)	-
0,1	20	0,10	(01)	-	0,00	(00)	i	0,00	(00)	i	0,10	(01)	-
1	20	0,70	(07)	i	0,20	(02)	i	0,10	(01)	i	1,00	(10)	i
10	20	0,10	(01)	-	0,00	(00)	i	0,00	(00)	i	0,10	(01)	-
GBH3													
0,01	20	0,50	(05)	i	0,00	(00)	i	0,00	(00)	i	0,50	(05)	-
0,1	20	0,40	(04)	i	0,00	(00)	i	0,00	(00)	i	0,40	(04)	-
1	20	0,90	(09)	i	0,00	(00)	i	0,10	(01)	i	1,00	(10)	i
10	20	0,80	(08)	i	0,00	(00)	i	0,10	(01)	i	0,90	(09)	i

Página opuesta: Tabla 1: Análisis estadístico del potencial genotóxico de los herbicidas a base de Glifosato: GBH1, GBH2 y GBH3. **a)** Diagnóstico estadístico de acuerdo con Frei y Würgler (1988): +, positivo; -, negativo; i, inconclusivo. m, factor de multiplicación a fin de evaluar los resultados significativamente negativos. Niveles de significancia $\alpha = \beta = 0,05$. **b)** Incluso las manchas simples *flr*^{3} raras. **c)** Considerando los clones *mwh* para las manchas simples *mwh* y para las manchas gemelas.

para los tratamientos de 10, 0,1 y 0,01 mg.mL^{-1}, no se observaron clones mutantes de mancha gemela (MG) en las alas de los individuos tratados (Tabla 1, Figura 1).

En los tratamientos con 10, 1, 0,1 y 0,01 mg.mL^{-1} del herbicida GBH2, se pudieron registrar un total de clones de 31, 8, 4 y 10 respectivamente, siendo el total de mutaciones contabilizadas del clon mancha simple pequeña (MSP) 29, 7, 3 y 8 respectivamente, para el clon mancha simple grande (MSG) 2, 1, 1 y 2 respectivamente, tampoco se registraron marcadores mutantes del tipo mancha gemela (MG) en las alas observadas de los individuos tratados con este herbicida.

En el tratamiento con el herbicida GBH3 a diluciones de 10 mg.mL^{-1}, 1 mg.mL^{-1}, 0,1 mg.mL^{-1} y 0,01 mg.mL^{-1} se registraron un total de manchas mutantes de 5, 3, 7 y 4 respectivamente, las man-

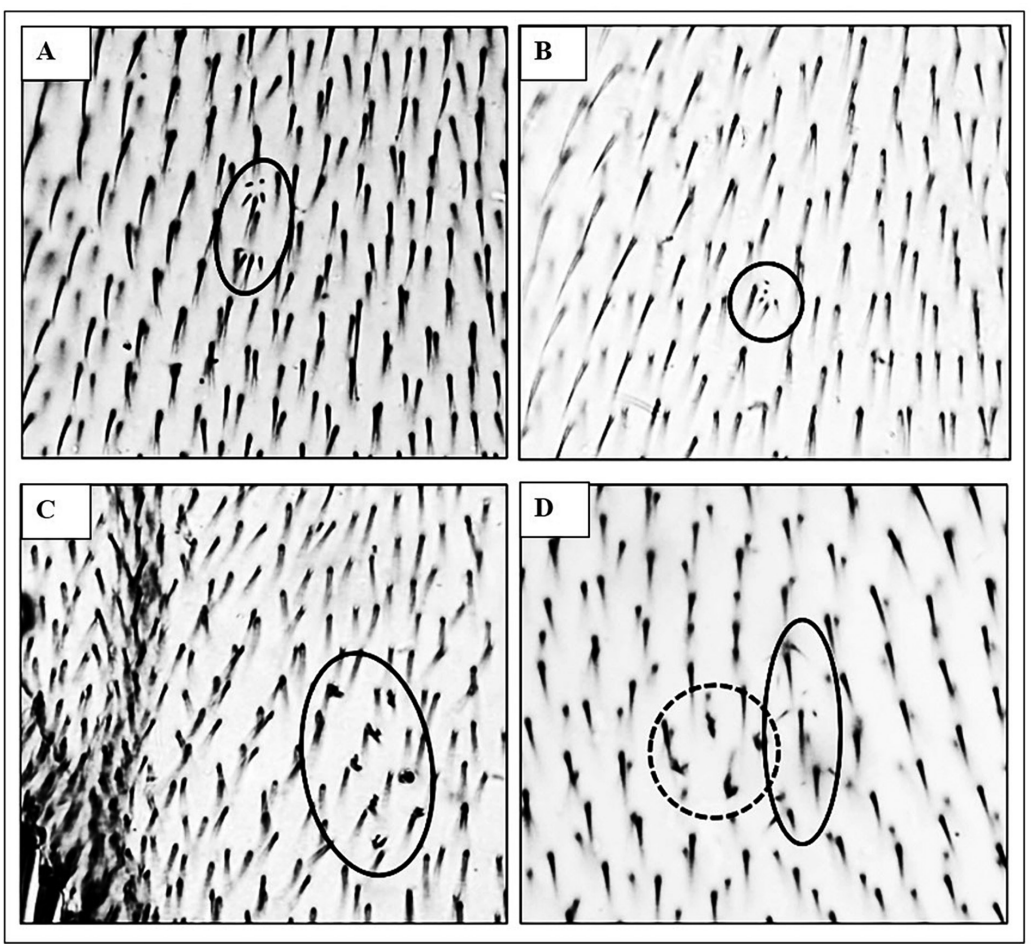


Figura 1: Clones mutantes encontrados en alas de *Drosophila melanogaster* tratadas. **A** y **B**: Mancha simple pequeña (MSP) marcador *mwh* (círculo de línea solida) con GBH1 0,1 mg.mL^{-1}. **C**: Mancha simple grande (MSG) marcador *flr*^{3} (círculo de línea solida) tratamiento con GBH2 10 mg.mL^{-1}. **D**: Mancha gemela (MG) marcadores *mwh* (círculo de línea solida) y *flr*^{3} (círculo de línea punteada) tratamiento con GBH3 1 mg.mL^{-1}. Aumento: 400X.

chas simples pequeñas (MSP) 5, 2, 4 y 3 respectivamente, a su vez las manchas simples grandes (MSG) fueron registrados 3 y un clon mutantes para los tratamientos de 0,1 y 0,01 mg.mL^{-1} respectivamente, se registró un clon mutante del tipo mancha gemela para el tratamiento con 1 mg.mL^{-1} de este herbicida. A su vez en el cruce de alta bioactivación con los tratamientos de 10 mg.mL^{-1}, 1 mg.mL^{-1}, 0,1 mg.mL^{-1} y 0,01 mg.mL^{-1} de GBH1 se observaron un total de 4, 5, 1 y 5 clones mutantes, las manchas simples pequeñas (MSP) se registraron en mayor cantidad siendo estas de 4, 3, 1 y 5 clones respectivamente, mientras que los clones del tipo mancha simple grande (MSG) solo se registraron para el tratamiento de 1 mg.mL^{-1} 2 manchas mutantes, no se registraron manchas gemelas en las alas observadas.

En los tratamientos con 10, 1 y 0,1 mg.mL^{-1} del herbicida GBH2 en el cruce de bioactivación, se registraron un total de manchas mutantes de 1, 10 y 1 para los primeros tres tratamientos sin embargo no se observó ningún tipo de clon mutante para el tratamiento de 0,01 mg.mL^{-1}, el total de mutaciones del tipo mancha simple pequeña (MSP) fueron de 1, 7 y 1 respectivamente, en cuanto al clon mancha simple grande (MSG) fue de 2 clones para el tratamiento de 1 mg.mL^{-1}, también para el mismo tratamiento se registró un clon del tipo mancha gemela (MG).

Para los tratamientos de 10, 1, 0,1 y 0,01 mg.mL^{-1} del herbicida GBH3 se registraron en total 9, 10, 4 y 5 clones mutantes, siendo la de mayor frecuencia los clones del tipo mancha simple pequeña (MSP) siendo esta de 8, 9, 4 y 5 clones respectivamente, no se registraron mutaciones del tipo mancha simple grande (MSG), sin embargo, se observó un clon mutante del tipo mancha gemela (MG) para los tratamientos con 10 y 1 mg.mL^{-1} del herbicida. Es importante también destacar que fueron encontrados los tres tipos de clones mutantes, siendo estas en mayor cantidad en el tratamiento con el agente mutágeno Ciclofosfamida, tanto para el cruce estándar y el cruce de alta bioactivación (Figura 1, Figura 2, Tabla 1).

Los resultados obtenidos en los tratamientos con las diluciones de GBH1, demostraron frecuencias relativamente bajas para el clon mutante tipo mancha simple pequeña (MSP) comparadas con el agente mutágeno de referencia, siendo las diluciones de 0,1 mg.mL^{-1} y 0,01 mg.mL^{-1} las que presentaron resultados con diagnóstico negativo, donde se evidenciaron frecuencias menores a las observadas en el control negativo y el tratamiento con la Ciclofosfamida, las diluciones de 1 mg.mL^{-1} y 10 mg.mL^{-1} presentaron frecuencias de mutaciones similares a las observadas en el control.

Para el clon mutante de mancha simple grande (MSG) y mancha gemela (MG) se evidenciaron frecuencias similares a las halladas en el control. En cuanto al total de manchas (TM) encontradas en los individuos observados presentaron frecuencias bajas comparadas con las del control negativo y del agente mutágeno, evidenciando de esta manera un resultado negativo para las diluciones 1, 0,1, y 0,01 mg.mL^{-1}, a su vez con la dilución de 10 mg.mL^{-1} se observaron frecuencias estadísticamente similares a las del control.

A su vez los tratamientos con GBH2 mostraron resultados positivos para el marcador MSP a la concentración de 10 mg.mL^{-1}, siendo esta frecuencia mayor a la del control negativo, y negativo a concentración de 0,1 mg.mL^{-1}, para el marcador MSG y MG los resultados fueron similares a las del control; en cuanto al total de manchas se observó también que la mayor concentración (10 mg.mL^{-1}) fue significativamente mayor.

Los tratamientos con GBH3 no evidenciaron resultados positivos para la actividad genotóxica con ninguna de las diluciones con ningún de los marcadores, la mayoría de ellas presentaron frecuencias semejantes a las del control. Los tratamientos con GBH2 y GBH3 no poseen una tasa de frecuencia significativa en comparación con la observada en el control. Sin embargo, se puede observar ligera actividad genotóxica positiva a 10 mg.mL^{-1} con GBH2, en cuanto al total de manchas y los clones de manchas simples pequeñas (MSP).

En cuanto a los resultados encontrados en el cruce de alta bioactivación no se evidenció resultados positivos para ninguno de los tratamientos con GBH1, siendo para el clon mutante de mancha

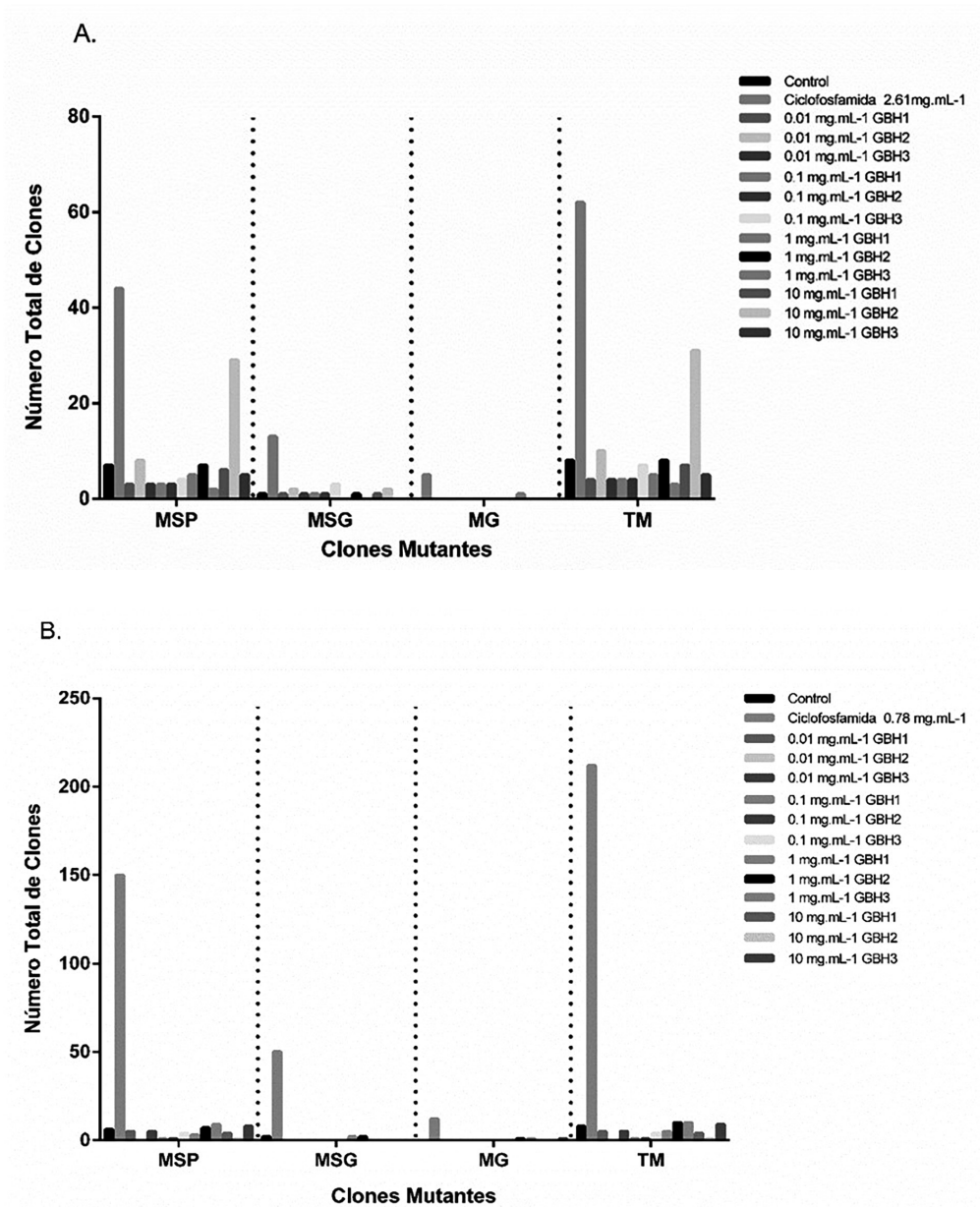


Figura 2: Número total de clones mutantes encontrados en las alas de *Drosophila melanogaster*. **A**: Cruce estándar. **B**: Cruce de alta bioactivación.

simple pequeña (MSP) y el total de manchas (TM) significativamente menor en comparación con el control. Los tratamientos llevados a cabo con GBH2 no demostraron cantidades significativas de clones mutantes MSP y el total de manchas (TM) en comparación con el control. Así también los tratamientos con GBH3 demostraron frecuencias de clones mutantes similares a los observados en los controles.

Dichos resultados se ajustan a los datos recabados por Kier & Kirkland (2013) donde la mayoría de las investigaciones llevadas a cabo con el glifosato y herbicidas a base de glifosato no evidenciaron actividades genotóxicas tanto en ensayos con orga-

nismos procariotas y eucariotas animales. También Williams *et al*. (2016) mencionan que el peso total de los resultados hallados en los estudios realizados con el glifosato y herbicidas a base de glifosato no representa un riesgo genotóxico ni carcinógeno y sugieren el cambio de la clasificación del Grupo 2A al mencionado herbicida. Igualmente, Brusick *et al*. (2016) mencionan los resultados obtenidos por un panel de expertos del análisis de las evidencias expuestas en investigaciones acerca de la actividad genotóxica del glifosato y sus formulaciones, donde los mismos concluyeron que el glifosato, las formulaciones del glifosato y el Ácido Aminometilfosfonico (AMPA) no representan un riesgo genotóxico.

El trabajo de de Aguiar *et al*. (2016), quienes trataron a individuos de la especie *D. melanogaster* con una dieta a diferentes concentraciones de glifosato, demostraron una activación temprana del sistema de defensa antioxidante lo cual puede prevenir daños posteriores causados por especies reactivas de oxígeno (ROS). Así mismo, Brito Rodrigues *et al*. (2017) sometieron a larvas de *Danio rerio* (pez zebra) a tratamientos de diferentes tipos de herbicidas a base de glifosato, no encontrando efectos genotóxicos significativos. Del mismo modo, Pahwa *et al*. (2019) afirman que no hay una relación del uso del glifosato y el linfoma no Hodgkin.

Sin embargo, contrastando con los resultados encontrados en esta investigación, Kaya *et al*. (2000) mediante el test de mutación somática y de recombinación evidenciaron que el glifosato posee efectos mutagénicos a concentraciones de 2 mM (0,33 mg.mL^{-1}), 5 mM (0,85 mg.mL^{-1}) y 10 mM (1,69 mg.mL^{-1}) en *Drosophila melanogaster*. Así también estudios realizados por Alvarez-Moya *et al*. (2014) realizando estudios *in vitro* e *in vivo* sugieren que el glifosato presenta acciones genotóxicas dependiendo del tiempo de exposición y las concentraciones empleadas en los ensayos. En nuestro estudio GBH2 indujo la formación de manchas simples pequeñas a concentración de 10 mg.mL^{-1}, sugiriendo que a esta concentración este herbicida es genotóxico por acción directa con el ADN, coincidiendo con el estudio de Kaya *et al*. (2000).

Estos resultados coinciden con la revisión realizada por Mensah *et al*. (2015) que indican que el glifosato y sus formulaciones comerciales poseen propiedades genotóxicas, citotóxicas y generan alteraciones endocrinas. Investigaciones como las de Schaumburg *et al*. (2016), reportaron resultados con un aumento estadísticamente significativo en el daño del ADN inducido para todas las concentraciones superiores a 100 µg del glifosato por huevo en embriones de *Salvator merianae* (lagarto tegu) y finalmente, Galin *et al*. (2019), demostraron la reducción de la vida útil de las moscas macho y el número de pupas e imago en la progenie de *D. melanogaster* de la población natural y la cepa Oregon-R usando una concentración de glifosato igual a 2.8 mg.mL^{-1}.

Conclusiones

Los ensayos evidenciaron que el herbicida GBH2 produce mutaciones de forma directa en los individuos de *Drosophila melanogaster* a la concentración de 10 mg.mL^{-1}. El resto de los tratamientos con las distintas diluciones de los herbicidas a base de glifosato empleados, no presentaron efectos mutagénicos en las cruzas realizadas con cepas de *D. melanogaster*. Se observó un ligero aumento en la cantidad de clones mutantes a medida que aumenta las concentraciones, sin embargo, no fueron estadísticamente significativos.

Agradecimientos

Expresamos nuestros sinceros agradecimientos a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FACEN), por permitirnos el uso de la infraestructura y los equipamientos necesarios y a la Dra. Gloria Rodrigo de la Universidad Mayor de San Andrés (La Paz, Bolivia) por su predisposición y ayuda en la elaboración del artículo, también agradecemos a la Lic. Talia Appleyard y la Univ. María Luisa Paniagua por el apoyo durante el desarrollo del trabajo. Este trabajo fue finnanciado por la Dirección General de Investigación Científica y Tecnológica de la Universidad Nacional de Asunción (DGICT-

UNA), convocatoria 2014 (FACEN/03/14).

Contribución de los autores

Los autores contribuyeron de igual manera en la elaboración de este artículo.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Literatura citada

Benítez-Leite, S., Macchi, M. A. & Acosta, M. (2009). Malformaciones congénitas asociadas a agrotóxicos. *Archivos de Pediatría del Uruguay*, 80: 237–247.

Tomlin, C. (1994). *The Pesticide Manual: a World Compendium: Incorporating the Agrochemicals Handbook*. 10th Ed. Surrey & Cambridge: British Crop Protection Council / Royal Society of Chemistry. xxxv + 1341 pp.

Brito Rodrigues, L., De Oliveira, R., Abe, F.R., Brito, L.B., Moura, D.S., Valadares, M.C., Grisolia, C.K., De Oliveira, D.P. & De Oliveira, G.A.R. (2017). Ecotoxicological assessment of glyphosate-based herbicides: Effects on different organisms. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 36(7): 1755–1763.

Brusick, D., Aardema, M., Kier, L., Kirkland, D. & Williams, G. (2016). Genotoxicity Expert Panel review: weight of evidence evaluation of the genotoxicity of glyphosate, glyphosate-based formulations, and aminomethylphosphonic acid. *Critical Reviews in Toxicology*, 46(S1): 56–74.

de Aguiar, L.M., Figueira, F.H., Gottschalk, M.S. & da Rosa, C.E. (2016). Glyphosate-based herbicide exposure causes antioxidant defence responses in the fruit fly *Drosophila melanogaster*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, Part C: Toxicology & Pharmacology, 185: 94–101.

Frei, H., & Würgler, F.E. (1988). Statistical methods to decide whether mutagenicity test data from *Drosophila* assays indicate a positive, negative, or inconclusive result. *Mutation Research/Environmental Mutagenesis and Related Subjects*, 203(4): 297–308.

Galin, R.R., Akhtyamova, I.F. & Pastukhova, E.I. (2019). Effect of herbicide glyphosate on *Drosophila melanogaster* fertility and lifespan. *Bulletin of experimental biology and medicine*, 167(5): 663–666.

Graf, U., Würgler, F.E., Katz, A.J., Frei, H., Juon, H., Hall, C.B. & Kale, P.G. (1984). Somatic mutation and recombination test in *Drosophila melanogaster*. *Environmental Mutagenesis*, 6(2): 153–188.

Hao, Y., Zhang, Y., Ni, H., Gao, J., Yang, Y., Xu, W. & Tao, L. (2019). Evaluation of the cytotoxic effects of glyphosate herbicides in human liver, lung, and nerve. *Journal of Environmental Science and Health*, Part B, 54(9): 737–744.

Kastenbaum, M.A., & Bowman, K.O. (1970). Tables for determining the statistical significance of mutation frequencies. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 9(5): 527–549.

Kašuba, V., Milić, M., Rozgaj, R., Kopjar, N., Mladinić, M., Žunec, S., Vrdoljak, A.L., Pavičić, I., Marjanović Čermak, A.M., Pizent, A., Lovaković, B.T. & Želježić, D. (2017). Effects of low doses of glyphosate on DNA damage, cell proliferation and oxidative stress in the HepG2 cell line. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(23): 19267–19281.

Kaya, B., Creus, A., Yanikoglu, A., Cabré, O. & Marcos, R. (2000). Use of the *Drosophila* wing spot test in the genotoxicity testing of different herbicides. *Environmental and molecular mutagenesis*, 36(1): 40–46.

Kier L. D., & Kirkland, D. J. (2013). Review of genotoxicity studies of glyphosate and glyphosate-based formulations. *Critical Reviews in Toxicology*, 43:283–315.

Kwiatkowska, M., Reszka, E., Woźniak, K., Jabłońska, E., Michałowicz, J. & Bukowska, B. (2017). DNA damage and methylation induced by glyphosate in human peripheral

blood mononuclear cells (in vitro study). *Food and Chemical Toxicology*, 105: 93–98.

Labrada, R., Caseley, J.C. & Parker, C. (1996). *Manejo de malezas para países en desarrollo*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal, 20: xix + 403 pp.

Mensah, P.K., Palmer, C.G., & Odume, O.N. (2015). Ecotoxicology of Glyphosate and Glyphosate-Based Herbicides — Toxicity to Wildlife and Humans. Pp. 93–112, *in* Larramendi, M.L. & Soloneski, L. (Eds.). *Toxicity and Hazard of Agrochemicals*. Rijeka: InTech. viii + 160.

Narváez Parra, E.X., Jerez Jaimes, J.H., Galvis, F., & Smith Parada, H. (2013). Efectos del glifosato en los musgos (*Chrysoblastella chilensis*, *Ectropothecium leptochaeton* y *Suntrichia bogotensis*). *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 3(1): 77–85.

Pahwa, M., Beane Freeman, L.E., Spinelli, J.J., Blair, A., McLaughlin, J.R., Zahm, S.H., Cantor, K.P., Weisenburger, D.D., Punan Pahwa, P.P., Dosman, J.A., Demers, P.A., & Harris, S.A. (2019). Glyphosate use and associations with non-Hodgkin lymphoma major histological sub-types: findings from the North American Pooled Project. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 45(6): 600–609.

Pérez-Iglesias, J.M., Franco-Belussi, L., Moreno, L., Tripole, S., de Oliveira, C., & Natale, G.S. (2016). Effects of glyphosate on hepatic tissue evaluating melanomacrophages and erythrocytes responses in neotropical anuran *Leptodactylus latinasus*. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(10): 9852–9861.

Rodrigues de Andrade, H.H.; Reguly, M.L. & Lehmann, M. (2004). Wing somatic mutation and recombination test. Pp. 389–412, *in* Henderson, D.S. (Ed.), *Drosophila Cytogenetics Protocols*. Totowa & New Jersey: Humana Press. xiii + 468 pp.

Rodrigues, H.G., Penha-Silva, N., De Araujo, M.F.P., Nishijo, H., & Aversi-Ferreira, T.A. (2011). Effects of Roundup® pesticide on the stability of human erythrocyte membranes and micronuclei frequency in bone marrow cells of Swiss mice. *The Open Biology Journal*, 4: 54–59.

Schaumburg, L.G., Siroski, P.A., Poletta, G.L., & Mudry, M.D. (2016). Genotoxicity induced by Roundup® (Glyphosate) in tegu lizard (*Salvator merianae*) embryos. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 130: 71–78.

Wang, L., Deng, Q., Hu, H., Liu, M., Gong, Z., Zhang, S., Xu-Monette, Z.Y., Lu,Z., Young, K.H., Ma, X. & Li, Y. (2019). Glyphosate induces benign monoclonal gammopathy and promotes multiple myeloma progression in mice. *Journal of Hematology & Oncology*, 12(1): 1–11.

International Programme on Chemical Safety. (1994). Environmental Health Criteria 159: Glyphosate. Genebra: World Health Organization. 177 pp.

Williams, G.M., Aardema, M., Acquavella, J., Berry, S.C., Brusick, D., Burns, M.M., Viana de Camargo, J.L., Garabrant, D., Greim, H.A., Kier, L.D., Kirkland, D.J., Marsh, G., Solomon, K.R., Sorahan, T., Roberts, A. & Kirkland, D.J. (2016). A review of the carcinogenic potential of glyphosate by four independent expert panels and comparison to the IARC assessment. *Critical Reviews in Toxicology*, 46(sup. 1): 3–20.

Reportes Científicos de la FACEN

Artículo Original

Reportes científicos de la FACEN, Enero - Junio 2022, 13(1):51–56

http://doi.org/10.18004/rcfacen.2022.13.1.51

Actitudes de estudiantes universitarios de Paraguay sobre la Estadística

Attitudes of Paraguayan university students about Statistics

Iván Barrios[1,2], Jazmín Barrios[3], Alcides Bordón[3], Ema Maidana-Pont[4], Basilio Ruiz[3] & Julio Torales[5,6,*]

[1]Universidad Americana, Facultad de Posgrado, Asunción, Paraguay.
[2]Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Médicas, Filial Santa Rosa del Aguaray, Cátedra de Bioestadística, Santa Rosa del Aguaray, Paraguay.
[3]Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Médicas, San Lorenzo, Paraguay.
[4]Universidad del Norte, Facultad de Ciencias Médicas, Asunción, Paraguay.
[5]Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Médicas, Cátedra de Psicología Médica, San Lorenzo, Paraguay.
[6]Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Médicas, Cátedra de Metodología de la Investigación (Carrera de Kinesiología y Fisioterapia), San Lorenzo, Paraguay.
*Autor correspondiente: jtorales@med.una.py.

Resumen: Esta investigación buscó describir las actitudes que tienen los estudiantes universitarios de Paraguay hacia la enseñanza de la Estadística en sus respectivas carreras universitarias. Este fue un estudio descriptivo, de corte transversal, realizado a través de una encuesta compartida en Internet durante los meses de agosto a octubre de 2021, con muestreo de tipo accidental. Para evaluar las actitudes hacia la Estadística se utilizó una adaptación al español de la "Escala de actitudes hacia la Estadística", que cuenta con buenas propiedades psicométricas y consta de cuatro factores: seguridad, importancia, utilidad y deseo de aprender. Participaron 295 sujetos, de los cuales el 63,7 % (n=188) eran mujeres y el 64, 4% (n=190) eran estudiantes de una Universidad pública. El factor seguridad se relacionó con la carrera estudiada (F [4; 290]=2,56; p=0,039). En una prueba *post hoc* se encontró que el único par con diferencia significativa estuvo entre los estudiantes de Ciencias Médicas y de la Salud y los de Ingenierías, ya que estos últimos tenían actitudes más favorables hacia la Estadística en el factor seguridad (p=0,032). Aquellos que realizaron un curso extracurricular de Estadística puntuaron mayor en todos los factores; sin embargo, solo el factor utilidad se asoció de forma significativa (t [293]=-2,911; p=0,004). Los participantes que habían publicado un artículo científico también tuvieron mayores puntuaciones en todos los factores de la escala, siendo tres de ellos significativos: la importancia (t [293]=2,039; p=0,042), la utilidad (t [293]=2,153; p=0,032) y el deseo de aprender (t [293]=2,196; p=0,029). Es recomendable que las autoridades universitarias arbitren los medios necesarios para que los estudiantes logren comprender y apreciar el valor de la ciencia estadística en el día a día de la generación del conocimiento y de la investigación científica, pilares de la educación universitaria.

Palabras clave: *estudiantes universitarios, actitudes, estadística.*

Abstract: This research sought to describe the attitudes that university students in Paraguay have towards the teaching of Statistics in their respective university careers. This was a descriptive, cross-sectional study, conducted through a survey shared on the Internet during the months of August to October 2021, with accidental sampling. To assess attitudes towards Statistics, an adaptation to Spanish of the *"Escala de actitudes hacia la Estadística"* was used, which has good psychometric properties and consists of four factors: security, importance, usefulness and desire to know. A total of 295 subjects participated, of whom 63.7% (n=188) were women and 64.4% (n=190) were students at a public university. The safety factor was related to the career studied (F [4; 290]=2.56; p=0.039). In a post hoc test it was found that the only pair with a significant difference was between Medical and Health Sciences students and Engineering students, since the latter had more favorable attitudes towards Statistics in the safety factor (p=0.032). Those who took an extracurricular Statistics course scored higher on all factors; however, only the usefulness factor was significantly associated (t [293]=-2.911; p=0.004). Participants who had published a scientific article also had higher scores on all scale factors, with three of them being significant: importance (t [293]=2.039; p=0.042), usefulness (t [293]=2.153; p=0.032) and desire to know (t [293]=2.196; p=0.029). It is advisable that university authorities provide the necessary means for students to understand and appreciate the value of statistical science in the day-to-day generation of knowledge and scientific research, pillars of university education.

Key words: *university students, attitudes, statistics.*

Recibido: 20/11/2021 Aceptado: 1/02/2022

2078-399X/2022 Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Paraguay. Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es).

Introducción

La Estadística, como herramienta metodológica en el estudio de diversos fenómenos, es clave para el desarrollo del razonamiento y pensamiento crítico en la interpretación correcta de la información científica, sobre todo de la parte positivista de la ciencia, desde una perspectiva epistemológica, puesto que el método científico aplicado en la Estadística pretende determinar asociaciones reales dejando de lado al azar (Inzunsa Cazares & Jiménez Ramírez, 2013).

Es de especial importancia incentivar el uso y entendimiento de la Estadística en los estudiantes universitarios, puesto que esto repercutirá no solo en el fomento de la investigación en los mismos, sino que les permitirá interpretar de forma correcta las investigaciones realizadas en sus respectivos campos de estudio. Las dimensiones que deben ser estudiadas por parte de los universitarios se organizan en la afectiva, la competencia cognitiva, la valoración y la dificultad en el manejo práctico de la estadística (Díaz-Reissner & Quintana-Molinas, 2018).

La mayor parte de los *rankings* de Universidades incluye como principal punto a tener en cuenta el número de publicaciones científicas, tanto de docentes como estudiantes, por lo que una orientación correcta en el uso eficaz de la Estadística y de las tecnologías de la información y la comunicación son imprescindibles para el aumento de la producción científica por parte de las Universidades (Encina Rojas, 2008). Tomando en cuenta todo lo anterior, el objetivo de esta investigación fue describir las actitudes que tienen los estudiantes universitarios hacia la enseñanza de la Estadística en sus respectivas carreras universitarias.

Materiales y Métodos

Este fue un estudio descriptivo, de corte transversal, realizado a través de una encuesta compartida en Internet durante los meses de agosto a octubre de 2021, con muestreo de tipo accidental. Se utilizó el enfoque de encuesta por Internet teniendo en cuenta que hay pruebas que apoyan que las respuestas a las encuestas en línea pueden proporcionar resultados similares a los reportados a través de muestras en persona (Boudreault et al., 2016; Ebert et al., 2018; Gosling et al., 2004).

La población enfocada estuvo constituida por todos los estudiantes universitarios que contaban con la asignatura Estadística como parte de su plan curricular. Se excluyó a aquellos estudiantes que no habían rendido aún el examen final de la asignatura o no la habían aún aprobado.

Las variables incluidas en la investigación fueron edad (en años cumplidos), sexo (hombre, mujer, prefiero no decirlo), Universidad (pública, privada), carrera que estudian, calificación final en la asignatura Estadística, curso extracurricular de Estadística (sí, no), publicación previa de un artículo de investigación (sí, no). Para evaluar las actitudes hacia la Estadística se utilizó una adaptación al español de la "Escala de actitudes hacia la Estadística", que cuenta con buenas propiedades psicométricas (α=0,90). Este cuestionario es de tipo *Likert*, entendiéndose que a mayor puntaje se indica una actitud más favorable hacia la Estadística (con puntuaciones inversas en los ítems 2, 5, 7, 10, 12, 15, 16, 17, 22 y 25) (Darias Morales, 2000). La versión en español usada en esta investigación describe cuatro factores: seguridad (ítems: 2, 3, 4, 7, 8,12, 13, 14, 17, 18, 22), importancia (ítems: 4, 9, 14, 19, 20,24), utilidad (ítems: 6, 10, 11, 16, 21) y deseo de aprender (ítems: 1, 5, 10, 15, 23) (Darias Morales, 2000).

El factor "seguridad" está relacionado con aspectos de ansiedad, pero también con la percepción de seguridad-inseguridad con respecto a la capacidad de ejecución ante problemas de estadística. El factor "importancia" se relaciona con ciertas connotaciones de satisfacción al tiempo de la valoración de la asignatura. El factor "utilidad" mide la productividad o beneficios que puede ofrecer la Estadística. Finalmente, el factor "deseo de aprender" recoge aspectos de motivación hacia el conocimiento de la Estadística.

Se utilizó estadística descriptiva para todas las variables, resumiéndose las variables cualitativas en frecuencias y porcentajes y las cuantitativas en medidas de tendencia central y de dispersión. Para establecer asociaciones entre variables cuantitati-

Tabla 1. Características de los participantes de la investigación (n=295).

Característica	n	%
Sexo		
Mujer	188	63,7
Hombre	105	35,6
Prefiero no decirlo	2	0,7
Tipo de Universidad		
Pública	190	64,4
Privada	105	35,6
Carrera		
Ciencias Médicas y de la Salud	150	50,8
Ciencias Sociales	68	23,1
Empresariales	45	15,3
Ingenierías	23	7,8
Ciencias Exactas y Naturales	9	3,1
Ha realizado cursos de estadística		
Sí	61	20,7
No	234	79,3
Ha publicado una investigación		
Sí	45	15,3
No	250	84,7

vas se utilizaron pruebas de correlación y pruebas de ANOVA y t de Student según corresponda. Se determinó la fiabilidad del instrumento utilizado con el coeficiente alfa de Cronbach.

Resultados

Participaron 295 sujetos, de los cuales el 63,7 % (n=188) eran mujeres. Las edades estuvieron comprendidas entre los 19 y 54, años con una mediana de 23 años (IQR=4). El 64, 4% (n=190) eran estudiantes de una Universidad pública. El 50,8 % (n=150) eran de una carrera relacionada a las Ciencias Médicas y de la Salud. El 79,3 % (n=2234) no ha realizado cursos extracurriculares de Estadística y el 84,7 % (n=250) no ha publicado una investigación. La mediana de calificación en la asignatura Estadística fue de 4 (IQR=2). La Tabla 1 presenta en detalle todos estos resultados.

En cuanto a las actitudes hacia la estadística, el alfa de Cronbach de la escala utilizada fue de α=0,907, lo que demuestra buena consistencia interna. La media de puntuación en la escala total

Tabla 2. Medias y desviaciones estándar en los cuatro factores de la Escala de Actitudes hacia la Estadística en relación a las características de los participantes (n=295). **M)** Media. **DE)** Desviación estándar. **Factor 1)** Seguridad. **Factor 2)** Importancia. **Factor 3)** Utilidad. **Factor 4)** Deseo de aprender

Característica	Factor 1		Factor 2		Factor 3		Factor 4	
	M	DE	M	DE	M	DE	M	DE
Sexo								
Mujer	3,3	0,07	3,2	0,06	3,6	0,05	3,8	0,05
Hombre	3,4	0,05	3,3	0,10	3,5	0,08	3,8	0,08
Prefiero no decirlo	3,4	0,36	3,1	0,09	3,1	0,50	3,7	0,10
Tipo de Universidad								
Pública	3,3	0,79	3,1	0,88	3,6	0,78	3,8	0,05
Privada	3,4	0,72	3,2	0,95	3,5	0,74	3,8	0,07
Carrera								
Ciencias exactas y naturales	3,6	0,88	3,5	0,82	3,7	0,96	3,7	1,12
Ciencias médicas y de la salud	3,2	0,78	3,1	0,92	3,5	0,81	3,7	0,77
Ciencias Sociales	3,3	0,80	3,1	0,99	3,6	0,66	3,8	0,71
Empresariales	3,4	0,50	3,3	0,81	3,6	0,82	3,9	0,65
Ingenierías	3,7	0,56	3,6	0,62	3,7	0,66	4,1	0,37
Ha realizado cursos de estadística								
No	3,3	0,76	3,1	0,91	3,5	0,76	3,8	0,73
Sí	3,4	0,70	3,4	0,88	3,8	0,76	4,0	0,71
Ha publicado una investigación								
Sí	3,3	0,76	3,1	0,91	3,5	0,76	3,8	0,73
No	3,4	0,70	3,4	0,88	3,8	0,76	4,0	0,71

fue de 3,45 ± 0,63. Las medias individuales de cada uno de los cuatro factores fueron: factor seguridad, 3,32 ± 0,75; factor importancia, 3,20 ± 0,91; factor utilidad, 3,57 ± 0,77; y factor deseo de aprender, 3,79 ± 0,73. La Tabla 2 resume estas medias y desviaciones estándar en relación a las características de los participantes.

No se encontró asociación entre los cuatros factores de la escala y el sexo o tipo de universidad. El factor seguridad se relacionó con la carrera estudiada (F [4; 290]=2,56; p=0,039). En una prueba *post hoc* se encontró que el único par con diferencia significativa estuvo entre los estudiantes de Ciencias Médicas y de la Salud y los de Ingenierías, ya que estos últimos tenían actitudes más favorables hacia la Estadística en el factor seguridad (p=0,032).

Aquellos que realizaron un curso extracurricular de Estadística puntuaron mayor en todos los factores; sin embargo, solo el factor utilidad se asoció de forma significativa (t [293]=-2,911; p=0,004). Los participantes que habían publicado un artículo científico también tuvieron mayores puntuaciones en todos los factores de la escala, siendo tres de ellos significativos: la importancia (t [293]=2,039; p=0,042), la utilidad (t [293]=2,153; p=0,032) y el deseo de aprender (t [293]=2,196; p=0,029).

Discusión

La estadística y el método científico van ligados, sobre todo en las ciencias que utilizan el paradigma cuantitativo, puesto que el fin de las investigaciones es determinar si existen asociaciones de tipo causa-efecto o si los efectos encontrados se deben al azar (Inzunsa Cazares & Jiménez Ramírez, 2013). Por ello, es de especial importancia estudiar las actitudes de los estudiantes sobre la materia, puesto que mínimamente se espera que estos puedan interpretar artículos de investigación de sus diferentes áreas de conocimiento.

En nuestra muestra no se encontró relación entre el sexo y las actitudes hacia la Estadística; sin embargo, otros autores sugieren que el sexo es una característica en la que los hombres en general presentan menor dificultad en las competencias cognitivas relacionadas a la Estadística (Díaz-Reissner & Quintana-Molinas, 2018). Este hallazgo es sostenido por Ashaari y colaboradores (Ashaari et al., 2011), pero opuesto a lo encontrado por Hilton y colaboradores (Hilton et al., 2004).

Los estudiantes de Ingenierías muestran mayor seguridad con la asignatura Estadística en comparación con los estudiantes de Medicina, lo que se traduce en mayor confianza en la resolución e interpretación de hallazgos estadísticos. Lo anterior puede explicarse debido a que los estudiantes de Ingenierías reciben formación específica en asignaturas similares y relacionadas con la Estadística, lo que ya ha sido propuesto por otros autores (León-Mantero et al., 2020; Mathew & Aktan, 2014).

Aquellos estudiantes que realizaron un curso extracurricular de Estadística puntuaron más en el factor utilidad, lo que implica que una visión más positiva y reconocimiento de la utilidad de la Estadística está presente en los mismos. En investigaciones similares, otros autores han concluido que las actitudes de los estudiantes hacia la Estadística pueden mejorarse a través de cursos apropiados y contribuir a mejorar las habilidades estadísticas en la vida profesional posterior (Kiekkas et al., 2015). Estos hallazgos son similares a los reportados por otros autores (Beurze et al., 2013; Hannigan et al., 2014).

Uno de los factores más importantes parece ser el haber publicado un artículo científico, puesto que se relacionó con tres de los cuatro factores de la escala de actitudes. Aquellos estudiantes que ya han tenido la oportunidad de publicar un artículo científico tienen actitudes más favorables en los factores de importancia, utilidad y deseo de aprender. La experiencia en investigación es claramente un factor asociado a actitudes más favorables hacia la Estadística, porque con la misma se logra identificar su valor y porque tal vez aquellos estudiantes que ya han logrado una publicación posean mayores habilidades en el análisis estadístico (Zhang et al., 2012).

Entre las limitaciones de esta investigación se pueden mencionar la falta de representatividad de la muestra y el diseño utilizado. Sin embargo, nuestros hallazgos son acordes a lo reportado en

artículos especializados de otros autores. Asimismo, hubiera sido ideal, para una mejor comprensión de las actitudes sobre la Estadística, haber aplicado algún instrumento que estudie la ansiedad en los participantes, cuya presencia podría influenciar los resultados.

Conclusión

A través de esta investigación podemos concluir que aquellos estudiantes universitarios de Paraguay que han cursado la asignatura Estadística, aquellos que tomaron cursos extracurriculares sobre esta ciencia y aquellos que cuentan con experiencia en investigación tienen actitudes más favorables hacia la Estadística.

Es recomendable que las autoridades universitarias arbitren los medios necesarios para que los estudiantes logren comprender y apreciar el valor de la ciencia estadística en el día a día de la generación del conocimiento y de la investigación científica, pilares de la educación universitaria.

Asuntos éticos

El estudio fue aprobado por la Cátedra de Bioestadística de la Filial de Santa Rosa del Aguaray de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad Nacional de Asunción, Paraguay. Los datos fueron tratados con confidencialidad, igualdad y justicia, respetando los principios de Helsinki. Se invitó a los participantes que requerían retroalimentación de la encuesta a escribir su dirección de correo electrónico, con el fin de recibir retroalimentación.

Contribución de los autores

Los autores contribuyeron de igual manera en la elaboración de este artículo.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Literatura citada

Ashaari, N.S., Judi, H.M., Mohamed, H., Tengku, & Wook, M. T. (2011). Student's Attitude towards Statistics Course. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 18: 287–294.

Beurze, S.M., Donders, A.R.T., Zielhuis, G.A., de Vegt, F. & Verbeek, A.L.M. (2013). Statistics Anxiety: A Barrier for Education in Research Methodology for Medical Students? *Medical Science Educator*, 23(3): 377–384.

Boudreault, D.J., Li, C.-S. & Wong, M.S. (2016). The Effect of Web-Based Education on Patient Satisfaction, Consultation Time and Conversion to Surgery. *Annals of Plastic Surgery*, 76(1): 108–110.

Darias Morales, E.J. (2000). Escala de actitudes hacia la estadística. *Psicothema*, 12(S2): 175–178.

Díaz-Reissner, C.V. & Quintana-Molinas, M.E. (2018). Actitud hacia la Estadística en estudiantes de Odontología. *Odontología Sanmarquina*, 21(3): 173–179.

Ebert, J.F., Huibers, L., Christensen, B., & Christensen, M.B. (2018). Paper- or Web-Based Questionnaire Invitations as a Method for Data Collection: Cross-Sectional Comparative Study of Differences in Response Rate, Completeness of Data, and Financial Cost. *Journal of Medical Internet Research*, 20(1) e24: 1–13.

Encina Rojas, A. (2008). Gestión del conocimiento en la educación universitaria. *Población y Desarrollo*, 35: 79–93.

Gosling, S.D., Vazire, S., Srivastava, S. & John, O.P. (2004). Should we trust web-based studies? A comparative analysis of six preconceptions about internet questionnaires. *The American Psychologist*, 59(2): 93–104.

Hannigan, A., Hegarty, A.C. & McGrath, D. (2014). Attitudes towards statistics of graduate entry medical students: The role of prior learning experiences. *BMC Medical Education*, 14(1): 70: 1–7.

Hilton, S.C., Schau, C. & Olsen, J.A. (2004). Survey of Attitudes Toward Statistics: Factor Structure Invariance by Gender and by Administration Time. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 11(1): 92–109.

Inzunsa Cazares, S. & Jiménez Ramírez, J.V. (2013). Caracterización del razonamiento estadístico de estudiantes universitarios acerca de las pruebas de hipótesis. *Revista latinoamericana de investigación en matemática educativa*, 16(2): 179–211.

Kiekkas, P., Panagiotarou, A., Malja, A., Tahirai, D., Zykai, R., Bakalis, N. & Stefanopoulos, N. (2015). Nursing students' attitudes toward statistics: Effect of a biostatistics course and association with examination performance. *Nurse Education Today*, 35(12): 1283–1288.

León-Mantero, C., Casas-Rosal, J.C., Maz-Machado, A. & Rico, M.E.V. (2020). Analysis of attitudinal components towards statistics among students from different academic degrees. *PLOS ONE*, 15(1)e0227213: 1–13.

Mathew, L. & Aktan, N.M. (2014). Nursing student attitudes toward statistics. *The Journal of Nursing Education*, 53(4): 233–237.

Zhang, Y., Shang, L., Wang, R., Zhao, Q., Li, C., Xu, Y. & Su, H. (2012). Attitudes toward statistics in medical postgraduates: Measuring, evaluating and monitoring. *BMC Medical Education*, 12(1)117: 1–8.

Reportes Científicos de la FACEN

Reportes científicos de la FACEN, Enero - Junio 2022, 13(1):57–63

http://doi.org/10.18004/rcfacen.2022.13.1.57

Artículo Original

Manejo de residuos sólidos urbanos: una estrategia de educación ambiental en Paraguay

Urban solid waste management: an environmental education strategy in Paraguay

Masayuki Miyazaki[1,*], Victorio Enrique Oxilia Dávalos[2] & Mario Gustavo Leiva Enrique[3]

[1] Universidad Nacional de Asunción, Paraguay, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Centro de Desarrollo Tecnológico Ambiental.
[2]Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Politécnica, Dirección de Investigación y Postgrado.
[3]Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Dirección de Prestación de servicios.
*Autor correspondiente: cdta@facen.una.py.

Resumen: El manejo de los Residuos Sólidos Urbanos –RSU– continúa siendo un tema irresuelto para la gran mayoría de los países. El crecimiento demográfico, el aumento de las industrias, los cambios en patrones de consumo y las mejoras del nivel de vida son los factores que influyen directamente con la misma. Para esta parte de la región se observa un aumento en la tendencia de la producción per cápita de RSU. Asimismo, en el país se estima que solo una pequeña porción de los RSU generados son tratados en sitios con licencia ambiental. En efecto una información sobre la gestión integral de RSU es fundamental para iniciar con la acción basada en el fortalecimiento de la conciencia ambiental apuntando hacia la construcción de una sociedad sostenible. Esta investigación analizó comparativamente la generación de RSU en Paraguay según producción per cápita en kg/persona/día, datos que se contrastan con el promedio mundial y de la región. Finalmente, estos datos son comparados con los del país de Japón, ya que en dicho país hace aproximadamente veinte años se tuvo una situación parecida a la nuestra en cuanto a generación de residuos, pero lograron reducir gradualmente con el tiempo. Para conseguir la información se han consultado diferentes fuentes como: revistas y artículos científicos, revistas de divulgación y sitios web, asimismo entrevistas a actores claves. Los resultados revelan la importancia de la normativa legal y fortalecimiento de la conciencia ambiental ciudadana como los principales componentes que contribuyen al éxito.

Palabras clave: *Residuos sólidos urbanos, Educación Ambiental*

Summary: The management of Urban Solid Waste –MSW– continues to be an unresolved issue for the vast majority of countries. Population growth, the increase in industries, changes in consumption patterns, and improvements in the standard of living are the factors that directly influence it. For this part of the region, an increase in the trend of per capita production of MSW is observed. Likewise, in the country it is estimated that only a small portion of the generated MSW is treated in sites with an environmental license. In fact, information on the integral management of MSW is essential to initiate action based on strengthening environmental awareness, aiming at the construction of a sustainable society. This research comparatively analyzed the generation of MSW in Paraguay according to per capita production in kg / person / day, data which is contrasted with the world average and that of the region. Finally, these data are compared with those of Japan, since in said country approximately twenty years ago there was a situation similar to ours in terms of waste generation, but they managed to reduce their MSW generation gradually over time. In order to obtain the information, different sources have been consulted, such as: scientific journals and articles, popular magazines and websites, as well as interviews with key actors. The results reveal the importance of legal regulations and strengthening citizen environmental awareness as the main components that contribute to success.

Key words: *Urban Solid Waste, Environmental Education.*

Introducción

Los residuos sólidos son aquellos materiales, sin incluir líquidos o gases, que según el parecer de las personas que generan, no presentan ningún tipo de valor y deben desecharse. Dichos residuos se generan en cualquier tipo de actividad, y la cantidad de generación varía según diversos factores como la estación climatológica y zona geográfica (Corbitt, 2003).

Antiguamente, la evacuación de los residuos sólidos no concebía grandes problemas, debido a la baja población en comparación al terreno que se contaba para disposición final (Tchobanoglous *et al*., 1994). Al mismo tiempo, la alimentación se

Recibido: 11/09/2020 Aceptado: 01/02/2022

2078-399X/2022 Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Paraguay. Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es).

basaba mayoritariamente en especies vegetales de rápida asimilación en el medio ambiente, además, tanto los bienes como las equipos que disponían eran de origen natural (Pinzón, 2010). Los problemas relacionados a los residuos sólidos empezaron a surgir cuando los seres humanos comenzaron a congregarse en tribus, aldeas y comunidades, y es así, que la acumulación de residuos se presenta como una derivación de la vida que se empezó a desarrollar (Tchobanoglous *et al*., 1994).

El manejo inadecuado de los residuos sólidos como la disposición a cielo abierto favorece la proliferación de vectores como las ratas, moscas, mosquitos y cucarachas que pueden transmitir diversos tipos de enfermedades a los seres humanos (Acurio *et al*., 1997). Asimismo, puede originar contaminación del agua, aire y el suelo. Por otra parte la naturaleza tiene capacidad de reducir los impactos negativos, pero cuando la misma es superada se pueden desarrollar desequilibrios ecológicos (Ibarrarán *et al*., 2003). En efecto, como expresa Perevochtchikova (2012) es necesario implementar acciones sostenibles desde el punto de vista de las políticas, las culturas y la educación, para solucionar o minimizar los impactos negativos al medio ambiente.

Los Residuos Sólidos Urbanos incluyen a todos los residuos generados de las actividades urbanas de una comunidad como son: residencias, comercios, instituciones, construcción y demolición, servicios municipales y otras afines, con la excepción de los residuos sólidos provenientes de las actividades industriales y agrícolas (Tchobanoglous *et al*., 1994).

Tchobanoglous *et al*., (1994) consideran que es imprescindible el conocimiento de los orígenes, los tipos, la composición y la generación de los residuos sólidos para diseñar un programa de gestión de la misma de una comunidad.

Con relación a las estimaciones de las cantidades de RSU normalmente se basan en la cantidad de residuos generados por persona en un día -kg/persona/día- (Tchobanoglous *et al*., 1994). Al mismo tiempo, los RSU están formados tanto por materiales como por productos, deduciendo por materiales los compuestos como el papel y cartón, tejidos, vidrio, metal, plástico, madera y residuos de comida. Con excepción de los residuos de comida y de los tejidos, cada categoría de material está compuesto por varios productos (Corbitt, 2003). Por otra parte, la separación de residuos desde el origen, consiste en la clasificación de diferentes componentes de los RSU en la fuente de separación (Sáez & Urdaneta, 2014). Así pues, los residuos como papel, cartón, vidrio, plástico, madera, metal, entre otros, pueden ser separados y reaprovechados de diversas maneras, lo que representaría disminuir la generación de los RSU y ahorrar recursos, tanto en la gestión de los residuos como en los procesos de elaboración de los productos (Tello *et al*., 2010). Por último, la disposición final de residuos sólidos en sitios seguros es un factor sustancial en donde el método del vertido directo en tierra es el más aplicado en el mundo, debido a que se trata de una técnica económica de evacuación de residuos (Tchobanoglous *et al*., 1994).

Con respecto a la Educación Ambiental se menciona que, ésta no se puede incluir en una sola definición sino como un proceso permanente en donde la ciudadanía en general adquiere conciencia de la naturaleza compleja del medio ambiente y los valores necesarios para participar activamente en la resolución de los problemas ambientales presentes y futuros. Asimismo, está encaminada a que cada persona adquiera y a la vez trasfiera los conocimientos, es decir una educación que dura toda la vida y pueda desarrollarse en diferentes contextos como el hogar, la escuela, el ocio, el trabajo y la comunidad (Ministerio de Medio Ambiente de España, 1999).

Finalmente, la educación para el Desarrollo Sostenible apunta hacia la construcción de una sociedad, en donde todos los pobladores tengan el mismo acceso para el aprendizaje de valores, estilos de vida y comportamientos necesarios para la construcción de un futuro sostenible a través de la creación de las redes, la interacción y el intercambio, fomentando una mayor calidad de la enseñanza e impulsando estrategias a todos los niveles para desarrollar capacidades (UNESCO, 2005).

Métodos

Tabla 1. Generación de Residuos Sólidos Urbanos por región. Año 2016 (Fuente: Kaza *et al*., 2018).

Región	Generación per cápita de Residuos Sólidos Urbanos, en kg/persona/día	Generación total de Residuos Sólidos Urbanos, en millones de toneladas/año
África Subsahariana	0,46	174
Asia del Sur	0,52	334
Asia Oriental y Pacífico	0,56	468
Oriente Medio y África del Norte	0,81	129
América Latina y el Caribe	0,99	231
Europa y Asia Central	1,18	392
América del Norte	2,21	289

El objeto del presente estudio fue analizar comparativamente la generación de RSU en Paraguay según producción per cápita en kg/persona/día, datos que se contrastan con el promedio mundial y de la región. Finalmente, estos datos fueron comparados con los de Japón, ya que allí hace aproximadamente veinte años se tuvo una situación parecida a la nuestra en cuanto a generación de residuos, pero después de la implementación de mejoras en la gestión, los RSU en el mencionado país se redujeron gradualmente.

El enfoque de esta investigación corresponde a cualitativo, en efecto se manejan datos numéricos para cada situación, pero su análisis no estuvo enfocado en las estadísticas, es decir lo que se buscó es obtener datos para convertirlos en información. Asimismo pertenece al tipo de investigación comparativa debido a que contrasta los datos de una región a otra. En cuanto al diseño de la investigación, ésta corresponde a la no experimental, debido a que se realizó sin la manipulación de variables.

Al mismo tiempo, las fuentes de datos primarios fueron las entrevistas a técnicos responsables y expertos en el área. Asimismo, las fuentes de datos secundarios fueron las revistas y artículos científicos, revistas de divulgación y sitios web. Por último, esta investigación se llevó a cabo de enero a diciembre del año 2019.

Resultados

En el año 2016 la generación de RSU a nivel global fue de 2,01 mil millones de toneladas y con una producción per cápita de 0,74 kg/persona/día, variando entre 0,11 a 4,54 kg/persona/día. Esta tasa de generación varía según la región, el país e incluso dentro de las ciudades, en general cuanto mayor es el desarrollo económico y la tasa de urbanización, mayor es la cantidad de residuos generados. Asimismo, para América Latina y el Caribe fue de 231 millones de toneladas en el año 2016, con una producción per cápita de 0,99 kg/persona/día, variando entre 0,41 a 4,46 kg/persona/día (Kaza *et al*., 2018).

Asimismo, la producción per cápita de RSU en el país varía de un municipio a otro, siendo 0,94 kg el promedio de la generación por persona en un día (Tello, Martínez, Daza, Soulier & Terraza, 2010). Por lo tanto con la proyección de la población a nivel país para el año 2019, se estima una generación total de 6.723.541 kg de RSU al día (DGEEC, 2015).

En la Tabla 1, se observa la producción per cápita de RSU por regiones correspondiente al año 2016, en donde se percibe una baja generación de residuos en las regiones de ingreso económico bajo y medio-bajo como es el caso de África Subsahariana y Asia del Sur, en comparación a los territorios de ingreso económico alto como América del Norte

y Europa y Asia Central.

En cuanto a la proyección de la generación de RSU, a nivel global se estima un aumento la misma. Para esta parte de la región se prevé que la producción per cápita aumente de 0,99 kg a 1,11 kg para el año 2030 (Kaza *et al*., 2018).

Por otra parte, no se han encontrado estudios relacionados con la proyección de la generación de RSU a nivel país. No obstante, para la ciudad de Asunción se cuenta con los estudios del año 1994 realizado por la JICA & MSPyBS (1994), así como también los estudios del año 2009 y una proyección al año 2017 realizado por Casati (2010), en donde se estima, de manera similar al estudio realizado por Kaza *et al*., (2018), un aumento en la tendencia de la generación de RSU por persona.

En la Tabla 2, se observa una proyección de la producción per cápita de RSU por regiones, en donde se percibe un aumento considerable para los habitantes de las regiones con menor ingreso económico, en comparación a los habitantes de los territorios de mayores ingresos económicos. Es decir las regiones como América del Norte, Europa y Asia Central, experimentan menor aumento, puesto que en estos territorios han alcanzado un punto de desarrollo económico en el que el consumo está menos relacionado con el desarrollo económico. Por el contrario se aprecia en las regiones de África subsahariana y Asia del Sur, aumentan en paralelo con el crecimiento económico y urbanización en estos países.

Con relación a la composición de los RSU, a nivel global la mayor proporción corresponde a residuos orgánicos. Sin embargo, esta varía de un territorio a otro, donde los factores como la cultura, el desarrollo económico, el clima y las fuentes de energía influyen directamente con la generación de la misma (Hoornweg & Bhada-Tata, 2012). En efecto, en los países de menores ingresos económicos predominan los residuos orgánicos y en los países de mayores ingresos económicos los residuos reciclables como papel y el plástico (Kaza *et al*., 2018).

Por otro lado, no se han encontrado estudios relacionados con la composición de los RSU a nivel país, pero se cuenta con los datos de la media de los municipios correspondiente a la categoría micro -cantidad de habitantes menor o igual a 15.000- y mediana -cantidad de habitantes entre 50.001 - 300.000- del país en donde se perciben que el de mayor proporción corresponden a residuos orgánicos (Secretaría Técnica de Planificación, 2004).

Con respecto a la recuperación de los RSU, a nivel global se recuperan unos 19% principalmente a través del reciclaje y el compostaje. No obstante en América Latina y el Caribe, son pocos los países que realizan una separación y recuperación formal de materiales reciclables, asimismo para esta parte de la región son escasos los países que cuentan con planta de separación formal y utilizan el reciclado como parte de su gestión ambiental.

Conforme con la reunión realizada con la Jefa del Departamento de RSU del Ministerio del Am-

Tabla 2. Proyección de la producción per cápita de Residuos Sólidos Urbanos por región, en kg/persona/día. (Fuente: Kaza *et al*., 2018).

Regiones	Año 2016 -kg/persona/día-	Año 2030 -kg/persona/día-	Año 2050 -kg/persona/día-
África Subsahariana	0,46	0,50	0,63
Asia del Sur	0,52	0,62	0,79
Asia Oriental y Pacífico	0,56	0,68	0,81
Oriente Medio y África del Norte	0,81	0,90	1,06
América Latina y el Caribe	0,99	1,11	1,30
Europa y Asia Central	1,18	1,30	1,45
América del Norte	2,21	2,37	2,50

Tabla 3. Composición de los Residuos Sólidos Urbanos recuperados. Año 2016. (Fuente: Kaza *et al*., 2018).

Regiones	Reciclaje -%-	Compostaje -%-
África Subsahariana	6,6	< 1
Asia del Sur	5	16
Asia Oriental y Pacífico	9	2
Oriente Medio y África del Norte	9	4
América Latina y el Caribe	4,5	< 1
Europa y Asia Central	20	10,7
América del Norte	33,4	0,4

biente y Desarrollo Sostenible -MADES-, en junio del año 2019, en la fecha se estima una recuperación de 5 % del total de los RSU generados a nivel país, principalmente a través de los trabajadores informales que operan en las áreas públicas y vertederos. Por lo cual, relacionado la proyección de la población a nivel país para el año 2019 (DGEEC, 2015) con la producción per cápita de RSU del Paraguay (Tello *et al*., 2010), se estima una recuperación de 336.177 kg de RSU al día para su posterior reciclaje.

En la Tabla 3, se visualiza la cantidad de RSU recuperados por regiones, en donde se destacan la región de América del Norte con 33,8 % como el territorio de mayor recuperación y por el contrario, la región de América Latina y el Caribe como el territorio de menor recuperación con un porcentaje menor a 5,5 %.

Por otra parte, en cuanto a la disposición final de RSU, a nivel global la mayor porción de RSU generados son tratados en rellenos sanitarios y vertederos a cielo abierto, alrededor de 19 % se recuperan a través del reciclaje y el compostaje y solamente alrededor de 15 % son tratados mediante planta de incineración moderna. Asimismo, en América Latina y el Caribe, el relleno sanitario y el vertedero a cielo abierto es el principal sistema usado para la disposición final de RSU con 68,5 % y 26,8 % respectivamente (Kaza *et al*., 2018).

Con base en la reunión realizada con la Jefa del Departamento de RSU del Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible -MADES-, en junio del año 2019, se estima que en Paraguay solamente el 36 % de los RSU generados son tratados en sitios con licencia ambiental. Por tanto, relacionado la proyección de la población a nivel país para el año 2019 (DGEEC, 2015) con la producción per cápita de RSU del Paraguay (Tello *et al*., 2010), se estima que tan solo 2.574.973 kg de RSU al día son tratados en sitios adecuados.

Por último, de acuerdo con el Ministerio del Medio Ambiente de Japón (2019), en dicho país se destaca por reducir cada vez más la generación per cápita de los RSU. Hasta el año 2000, la proyección de la generación por persona de los RSU, fue parecida a lo que ocurre en la actualidad en el mundo y también en Paraguay, en donde se produce mayor cantidad de RSU por persona, hasta llegar a un pico máximo de 1,185 kg/persona/día. No obstante, desde entonces la tendencia ha llegado a disminuir, logrando alcanzar un valor de 0,920 kg/persona/día para el año 2017 (Fig. 1). La reducción de la generación per cápita de los RSU se debió a que, a partir de las décadas del 2000, se establecieron leyes y políticas relacionadas al manejo de residuos sólidos, además de las actividades de Educación ambiental que apuntan hacia la construcción de una sociedad orientada al reciclaje (Ministry of the Environment of Japan, 2014).

Conclusiones

A modo de conclusión y desde la perspectiva del investigador, se observó que a nivel global la proyección de la generación de RSU es la del crecimiento, con una tendencia de que cada vez

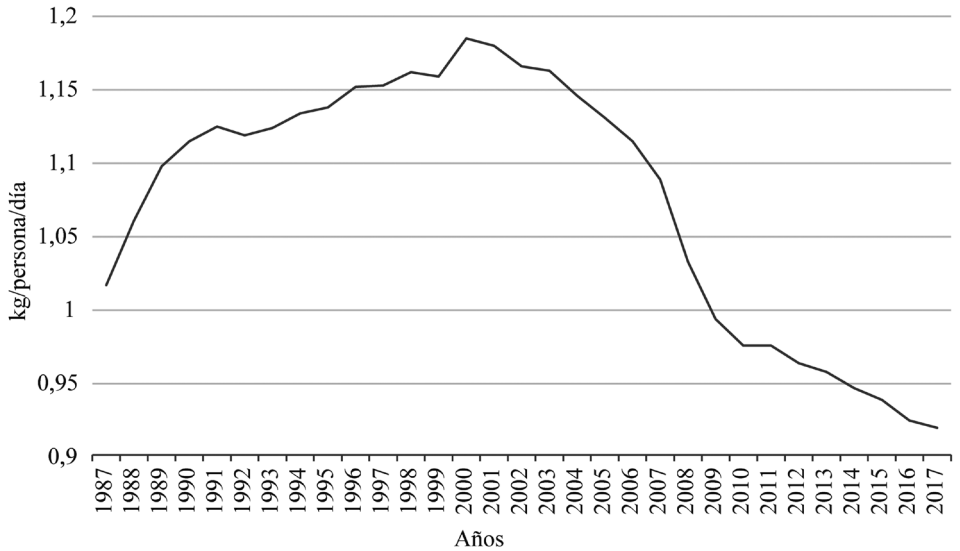


Figura 1. Producción anual per cápita de RSU de Japón. (Fuente: Ministry of the Environment of Japan, 2018).

una persona genere mayor cantidad de residuos. En cuanto a la composición de los RSU se refiere, a medida que las naciones prosperan económicamente empiezan a predominar los residuos como el papel y el plástico, sin embargo tanto a nivel global como local el de mayor proporción siguen siendo los residuos orgánicos.

Al mismo tiempo, cabe resaltar que actualmente más de la mitad de los pobladores del Paraguay ya cuenta con el servicio de recolección de RSU, sin embargo solo el 36 % del total de los residuos son tratados en sitios con licencia ambiental. Asimismo, referente al reciclaje de RSU a nivel local, se estima una recuperación de 5 % de los residuos principalmente a través de los trabajadores informales que operan en las áreas públicas y vertederos. Con respecto a la conciencia ambiental, aún existe carencia de parte de los pobladores locales, lo cual se evidencia con la acumulación de miles de residuos, principalmente posterior a algún evento o festejo.

En concreto, un punto de partida para reducir la generación de RSU podría ser la implementación del compostaje, a través del método Takakura. El compostaje hace un uso efectivo de los residuos orgánicos y la ventaja de este método frente a los tradicionales es la de reducir el tiempo de producción del compostaje de más de tres meses a unas dos semanas. En efecto, este método fue probado con éxito en Surabaya de Indonesia, una ciudad con tres millones de habitantes, donde se ha logrado reducir más del 20% de la generación de RSU a través de los cuatro años de promoción activa en dicha actividad. Al mismo tiempo se observa la importancia de promover las actividades de Educación ambiental, principalmente para fortalecer la conciencia ambiental de los pobladores locales y crear en ellas la predisposición y motivación hacia la construcción de una sociedad sostenible desde el punto de vista del manejo de RSU en el país.

Agradecimientos

A los funcionarios del Departamento de RSU del Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible -MADES- y al señor Kunito Ishibashi por las informaciones brindadas. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología -CONACYT- por la beca otorgada y a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales -FACEN – UNA- por su compromiso institucional y académico.

Contribución de los autores

Los autores contribuyeron de igual manera en la elaboración de este artículo.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Literatura citada

Acurio, G., Rossin, A., Teixeira, P. & Zepeda, F. (1997). *Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en America Latina y el Caribe.* Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo / Organización Panamericana de la Salud. iv + 130 pp.

Casati, R. (2010). *Evolución y tendencia de la cantidad, generación y composición de los residuos sólidos en Asunción*. Tesis de Maestría. Asunción: Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción.

Corbitt, R. (2003). *Manual de Referencia de la Ingeniería Ambiental*. Madrid: Mc. Graw Hill. 1608 pp.

DGEEC. (2015). *Paraguay: Proyección de la Población por Sexo y Edad, según Distrito, 2000 - 2025, Revisión 2015, Paraguay.* Fernando de la Mora: Dirección General de Estadística, Encuestas y Censos. 581 pp.

Hoornweg, D. & Bhada-Tata, P. (2012). *What a Waste : A Global Review of Solid Waste Management. Urban development series.* Washington, DC: The World Bank Urban Development & Local Government Unit. xix + 98 pp.

Ibarrarán, M. E., Islas, I. & Mayett, E. (2003). Valoración económica del impacto ambiental del manejo de residuos sólidos municipales: estudio de caso. *Gaceta Ecológica*, 67: 69–82.

JICA & MSPyBS. (1994). *Estudio sobre el Manejo de Residuos Sólidos en el Área Metropolitana de Asunción.* Asunción: Japan International Cooperation Agency / Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social. 346 pp.

Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P. & Van Woerden, F. (2018). *What a waste 2.0. A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050.* Washington DC: International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank. xviii + 272 pp.

Ministerio de Medio Ambiente de España. (1999). *Libro Blanco de la Educación ambiental en España.* Madrid: Ministerio de Medio Ambiente - Secretaría General de Medio Ambiente. 109 pp.

Ministry of the Environment of Japan. (2014). *History and Current State of Waste Management in Japan.* Tokyo: Office of Sound Material-Cycle Society. 30 pp.

Ministry of the Environment of Japan. (2019). *Waste treatment in Japan 2017*. Tokyo: Environmental Rehabilitation and Resource Recycling Bureau. 6 + 79 pp.

Secretaría Técnica de Planificación. (2004). *Evaluación regional Servicios de manejo de residuos sólidos municipales: Informe analítico: Paraguay.* Asunción: Organización Panamericana de la Salud / Organización Mundial de la Salud. viii + 52 pp.

Perevochtchikova, M. (2012). La evaluación del impacto ambiental y la importancia de los indicadores ambientales. *Gestión y Política Pública*, 22(2): 283–312.

Pinzón, L. F. (2010). Influencia de los rellenos sanitarios en el cambio climatico. *Revista Gestión Integral en Ingenieria Neogranadina*, 2(1): 1–13.

Sáez, A. & Urdaneta, J. (2014). Manejo de residuos sólidos en America Latina y el Caribe. *Omnia*, 20(3): 121–135.

Tchobanoglous, G., Theisen, H. & Vigil, S. (1994). *Gestión integral de residuos sólidos.* Vols. I & II. Madrid: McGraw Hill. xxiii + 1107 pp.

Tello, P., Martínez, E., Daza, D., Soulier, M. & Terraza, H. (2010). Informe de la evaluación regional del manejo de residuos sólidos urbanos en América Latina y el Caribe 2010. OPS / OMS / BID / AIDIS /. 158 pp.

UNESCO. (2005). *Proyecto de plan de aplicación internacional del Decenio de las Naciones Unidas de la Educación para el Desarrollo Sostenible.* Paris: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. 63 pp.

Reportes Científicos de la FACEN

Artículo Original

Reportes científicos de la FACEN, Enero - Junio 2022, 13(1):64–72

http://doi.org/10.18004/rcfacen.2022.13.1.64

Análisis de la variabilidad de reportados de COVID-19 en tres semanas en relación con parámetros de movilidad

Analysis of the variability of reported COVID-19 over three weeks in relation to mobility parameters

Edgar López Pezoa[1,*] & Sebastián Alberto Grillo[1,*]

[1]Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Matemática.
*Autor correspondiente: epezoa@facen.una.py.

Resumen: Determinar la relación de los patrones de movilidad sobre la evolución de la pandemia de COVID-19, tiene aplicación potencial en mejores políticas para controlar la pandemia. Google disponibiliza datos de movilidad de cada país donde se registran los cambios porcentuales promedios de la población sobre 6 categorías: 1) Espacios recreativos cerrados, 2) supermercados y farmacias, 3) estaciones de transporte, 4) parques y lugares abiertos, 5) lugares de trabajo y 6) zonas residenciales. Además, tenemos la serie de casos diarios reportados de COVID-19 a lo largo de la pandemia. En este trabajo aplicamos un suavizado semanal a todas las secuencias de tiempo y además calculamos un factor de variación entre el número de casos reportados en 21 días y el número de casos reportados actual. Después se aplica un (i) análisis de componentes principales con las series de movilidad etiquetadas según el factor de variación de reportados y (ii) un análisis de correlación entre las series de movilidad y el factor de variación de reportados. Los resultados sobre los datos de Argentina, Brasil, Canadá, Chile, Estados Unidos, India, México, Polonia, Rusia y Turquía, muestran que los datos de movilidad pueden ser más o menos determinantes dependiendo del país. Además, que las tendencias de movimiento en áreas residenciales están significativamente correlacionadas a la reducción de los casos reportados en la mayoría de los países, sin embargo, las correlaciones de las variables de movilidad pueden variar bastante de país en país.

Palabras clave: *COVID-19, movilidad, análisis de correlación, análisis de componentes principales, series de tiempo.*

Abstract: Determining the relationship of mobility patterns on the evolution of the COVID-19 pandemic has potential application in better policies to control the pandemic. Google makes available mobility data for each country where the average percentage changes of the population are recorded over 6 categories: 1) enclosed recreational spaces, 2) supermarkets and pharmacies, 3) transportation stations, 4) parks and open places, 5) workplaces and 6) residential areas. In addition we have the series of daily reported COVID-19 cases throughout the pandemic. In this paper we apply a weekly smoothing to all time sequences and further calculate a variation factor between the number of reported cases in 21 days and the current number of reported cases. We then apply a (i) principal component analysis with the mobility series labeled according to the reported variation factor and (ii) a correlation analysis between the mobility series and the reported variation factor. The results on data from Argentina, Brazil, Canada, Chile, India, Mexico, Poland, Russia, Turkey, and the United States show that mobility data can be more or less determinant depending on the country. In addition, trends of movement in residential areas are significantly correlated to the reduction of reported cases in most countries, however the correlations of mobility variables may vary quite a bit from country to country.

Key words: *COVID-19, mobility, correlation analysis, principal component analysis, time series.*

Introducción

Uno de los cambios más notorios que la pandemia de COVID-19 ha traído a las sociedades son las restricciones que han impactado a la movilidad de las personas. Siendo que aun con la disponibilidad de las vacunas pueden ocurrir saturaciones del sistema de salud que obliguen a tomar restricciones.

El estudio del efecto de la movilidad sobre la pandemia de COVID-19 sigue dos problemáticas principales. Primero, está la forma en que la movilidad a larga distancia distribuye la pandemia entre distintos puntos geográficos (Kraemer *et al.*, 2020) y segundo, como la movilidad dentro de un entorno geográfico limitado influencia a la transmisión de casos (McGough *et al.*, 2020). Este proyecto se enfoca en la segunda problemática, donde varios

Recibido: 29/11/2021 Aceptado: 01/02/2022

2078-399X/2022 Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Paraguay. Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es).

estudios presentan que la pandemia estuvo asociada a importantes reducciones de movilidad (Warren & Skillman, 2020) y (Cot *et al.*, 2021), que a su vez implican un crecimiento sub-exponencial en el número de casos activos (Maier & Brockmann, 2020).

La movilidad explica el 48% de la variabilidad de la transmisibilidad del virus, siendo que el resto corresponde posiblemente a variaciones del virus en sí y demás medidas sanitarias (Nouvellet *et al.*, 2021). Sin embargo, no todas las actividades implican los mismos efectos sobre la transmisibilidad, siendo que distintas combinaciones de actividades pueden producir efectos distintos. En ese sentido, un análisis de movilidad que discrimine según la categoría de movilidad ofrece una mejora potencial tanto en la predicción de una epidemia a corto plazo (Wang *et al.*, 2020), como para dar inferencias del efecto de la movilidad (Basellini *et al.*, 2021). En cuanto a modelos predictivos a corto plazo se han aplicado varios abordajes, como modelado con ecuaciones diferenciales parciales (Wang *et al.*, 2020) y ecuaciones diferenciales ordinarias (Linka *et al.*, 2021). Respecto a modelos que dan inferencias del efecto de la movilidad sobre la transmisibilidad, se han aplicado modelos lineales (Yilmazkuday, 2021), (Sampi Bravo & Jooste, 2020), (Linka *et al.*, 2021), (Dainton & Hay, 2021), modelos log-lineales (Noland, 2021), modelos markovianos (Arenas *et al.*, 2020), ecuaciones diferenciales ordinarias (Linka *et al.*, 2021), regresión de función sobre función (Cintia *et al.*, 2020) y análisis de correlación (Kajitani & Hatayama, 2021).

Este trabajo toma los datos de movilidad de Google que registra la variación de movimiento ordenado según las categorías de (i) tiendas y espacios de ocio, (ii) supermercados y farmacias, (iii) parques, (iv) estaciones de transporte, (v) lugares de trabajo y (vi) zonas residenciales (Aktay *et al.*, 2020). Cada uno de los valores registrados en estas categorías es promediado según la semana previa de modo a suavizar las variaciones periódicas semanales. Además, tomamos los datos de casos reportados diarios de COVID-19 y les aplicamos también un promediado según la semana previa. Finalmente, se dividen los casos promediados de reportados en 3 semanas con los del día correspondiente, obteniendo una nueva serie temporal que representa un factor de variación de reportados en 3 semanas.

Usando en primer lugar las series de movilidad suavizadas y en segundo lugar la serie de factor de variación de reportados se aplican dos tipos de análisis: (i) un análisis de componentes principales de las series de movilidad, donde se toman los dos primeros componentes analizar que regiones del plano presentan días con un factor de variación de reportados mayor a 1 y cuáles días presentan un factor de variación de reportados menor a 1. (ii) Un análisis de correlación entre las variables de movilidad suavizadas y el factor de variación de reportados. Estos dos tipos de análisis se aplican sobre los datos disponibles de Argentina, Brasil, Canadá, Chile, Estados Unidos, India, México, Polonia, Rusia y Turquía.

El análisis de componentes principales arroja que la separación entre los días con factor de variación de reportados con valores mayores a 1 y menores a 1 varía de país en país, indicando que las variables de movilidad pueden ser más determinantes en ciertos países que otros. El análisis de correlación arroja que la variación de reportados tiende a estar negativamente correlacionada con la movilidad en zonas residenciales, mientras que tiende a valores positivos con las otras variables, para casos con 95% de confianza. Sin embargo, pueden darse excepciones en algunos países y el grado de correlación varía de país en país.

La estructura del trabajo es la siguiente, la Sección 2 detalla la metodología empleada junto al análisis de componentes principales y el análisis de correlación. La Sección 3 presenta los resultados obtenidos con los análisis. Finalmente, la Sección 4 sumariza los resultados.

Materiales y métodos

Los datos se han obtenido de manera gratuita de los Informes de Movilidad Local sobre el COVID-19 de Google, y están disponibles en su sitio web para todos los interesados. Así como lo indican en dicho sitio web: La finalidad de estos Informes de Movilidad Local es proporcionar información

valiosa sobre los cambios que se han producido en la movilidad de las personas como consecuencia de las políticas que se han establecido para combatir el COVID-19. Estos informes muestran las tendencias de movimiento a lo largo del tiempo ordenadas por zonas geográficas y clasificadas en diversas categorías de lugares, como tiendas y espacios de ocio, supermercados y farmacias, parques, estaciones de transporte, lugares de trabajo y zonas residenciales.

Así se han considerado los mismos atributos que se presentan en los informes, los mismos son:

1. X_1 representa la categoría correspondiente a las tiendas y espacios de ocio;
2. X_2 representa la categoría correspondiente a los supermercados y farmacias;
3. X_3 representa la categoría correspondiente a los parques;
4. X_4 representa la categoría correspondiente a las estaciones de transporte;
5. X_5 representa la categoría correspondiente a los lugares de trabajo;
6. X_6 representa la categoría correspondiente a las zonas residenciales.

Los valores que pueden tomar cada uno de los atributos X_i se simbolizan mediante $x_{i;j}$; donde la i nos indica a cuál de los atributos corresponde el valor y la j nos indica el número, contando de manera corrida, del día al cual corresponde; siendo $j = 1$ el correspondiente al 01 de julio del 2020 y $j = 355$ para el 19 de junio del 2021. Es importante tener en cuenta que la variación de las $x_{i;j}$ es un número entero tal que $-100 \leq x_{i;j} \leq 100$.

Estos datos se han clasificado por países, y como ya se ha mencionado abarcan desde el 01 de julio del 2020 al 19 de junio del 2021, y para un mejor manejo de los mismos se han promediado entre los últimos siete días de tal manera que:

1. *RR* denota el promedio de los últimos siete días anteriores incluyendo al propio día del cambio porcentual desde la línea de base considerada para tiendas y espacios de ocio;
2. *GP* denota el promedio de los últimos siete días anteriores incluyendo al propio día del cambio porcentual desde la línea de base considerada para supermercados y farmacias;
3. *P* denota el promedio de los últimos siete días anteriores incluyendo al propio día del cambio porcentual desde la línea de base considerada para parques;
4. *TS* denota el promedio de los últimos siete días anteriores incluyendo al propio día del cambio porcentual desde la línea de base considerada para estaciones de transporte;
5. *W* denota el promedio de los últimos siete días anteriores incluyendo al propio día del cambio porcentual desde la línea de base considerada para lugares de trabajo;
6. *R* denota el promedio de los últimos siete días anteriores incluyendo al propio día del cambio porcentual desde la línea de base considerada para zonas residenciales.

Simbólicamente denotamos:

$$\mathrm{RR}_j = \frac{\sum_{k=0}^{6} x_{1;j+k}}{7}; \quad \mathrm{GP}_j = \frac{\sum_{k=0}^{6} x_{2;j+k}}{7};$$

$$\mathrm{P}_j = \frac{\sum_{k=0}^{6} x_{3;j+k}}{7}; \quad \mathrm{TS}_j = \frac{\sum_{k=0}^{6} x_{4;j+k}}{7};$$

$$\mathrm{W}_j = \frac{\sum_{k=0}^{6} x_{5;j+k}}{7}; \quad \mathrm{R}_j = \frac{\sum_{k=0}^{6} x_{6;j+k}}{7};$$

donde $0 \leq j \leq 349$.

Además se descargaron los datos epidemiológicos sobre la cantidad de test realizados y la de confirmados por países, los cuales se obtuvieron con el paquete COVID-19 que fue ejecutado en RStudio. Estos datos se seleccionaron de tal manera a coincidir con las fechas consideradas en los Informes de Movilidad Local. Para entender mejor, el paquete

instalado presenta la cantidad de confirmados desde el primer día acumulando día tras día los cantidad de casos confirmados, así se define $conf_j$ como la cantidad de nuevos confirmados en el día d_j en el país seleccionado.

De la misma se denotan las series de tiempo:

1. $conf_{1;j}$ como el promedio de confirmados de los últimos siete días anteriores incluyendo al propio día d_j de la cantidad de nuevos confirmados por día;
2. $conf_{3;j}$ como el promedio de casos reportados en la tercera semana contando a partir del dia d_j considerado inicialmente.

Simbólicamente, tendremos:

$$\mathrm{conf}_{1;j} = \frac{\sum_{k=0}^{6} \mathrm{conf}_{j+k}}{7};$$

$$\mathrm{conf}_{3;j} = \frac{\sum_{k=0}^{6} \mathrm{conf}_{j+14+k}}{7};$$

donde $7 \leq j \leq 356$.

Con estos términos definimos:

$$\mathrm{C}_{3;j} = \frac{\mathrm{conf}_{3;j}}{\mathrm{conf}_{1;j}},$$

el cual también podemos llamar como factor de variación entre el número de casos reportados en 21 días y el número de casos reportados actual.

Por último se definen los valores:

$$\mathrm{B}_{3,j} = \begin{cases} 0 & \text{si} \quad \mathrm{C}_{3;j} \leq 1; \\ 1 & \text{si} \quad \mathrm{C}_{3;j} > 1, \end{cases}$$

y

$$D_{3;j} = \ln(C_{3;j}).$$

Además se hizo el análisis de los componentes principales a partir de *RR*, *GP*, *P*, *TS*, *W* y *R*. De cada componente se obtuvo la proporción de la varianza y la proporción acumulativa para conocer la importancia de tales componentes. Finalmente, se realizó una gráfica tomando como ejes los dos primeros componentes principales, coloreando los puntos según el valor de B_3.

Para poder hacer el análisis de correlación entre los valores, se utilizaron los $D_{3;j}$ y los mismos se relacionaron con los valores de las categorías *RR*, *GP*, *P*, *TS*, *W* y *R* de tal manera que se fueron seleccionando los que tenían *p*–valor menor a 0.05.

Resultados

En esta sección evaluamos lo obtenido con (i) la aplicación de análisis de componentes principales sobre las variables de movilidad suavizadas (*RR*, *GP*, *P*, *TS*, *W* y *R*), que además son etiquetadas según el factor de variación de reportados en 3 semanas, (ii) la aplicación de análisis de correlación entre las variables de movilidad suavizadas y el logaritmo natural del factor de variación de reportados en 3 semanas.

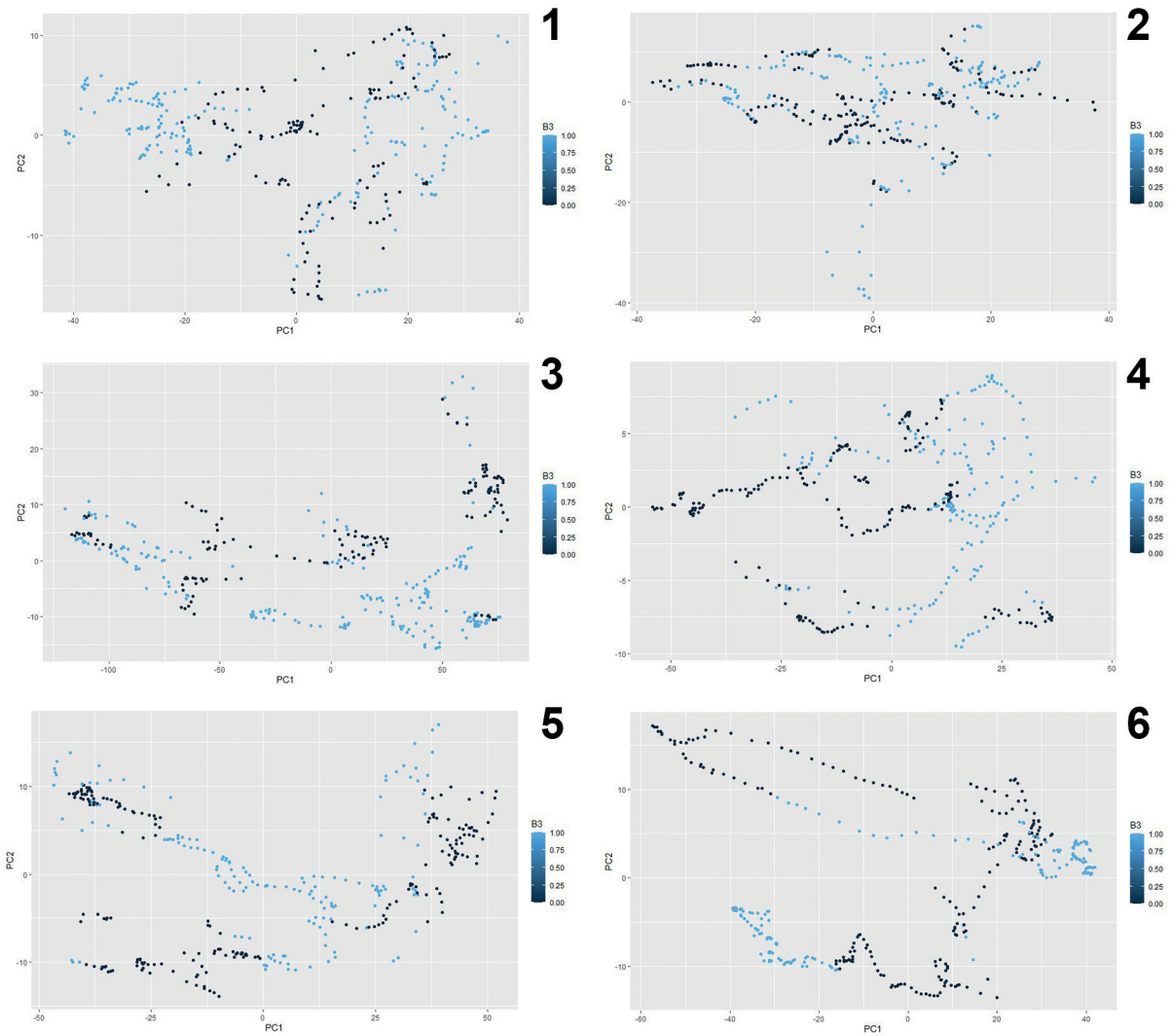
Análisis de Componentes Principales

Según la Tabla 1 podemos observar que los primeros dos componentes principales sobre las 6 variables suavizadas de movilidad explican más del 90 por ciento de la varianza existente para dichas variables. Por lo tanto un gráfico que incorpore los dos primeros componentes como variables ofrece una buena aproximación de la estructura real de los datos.

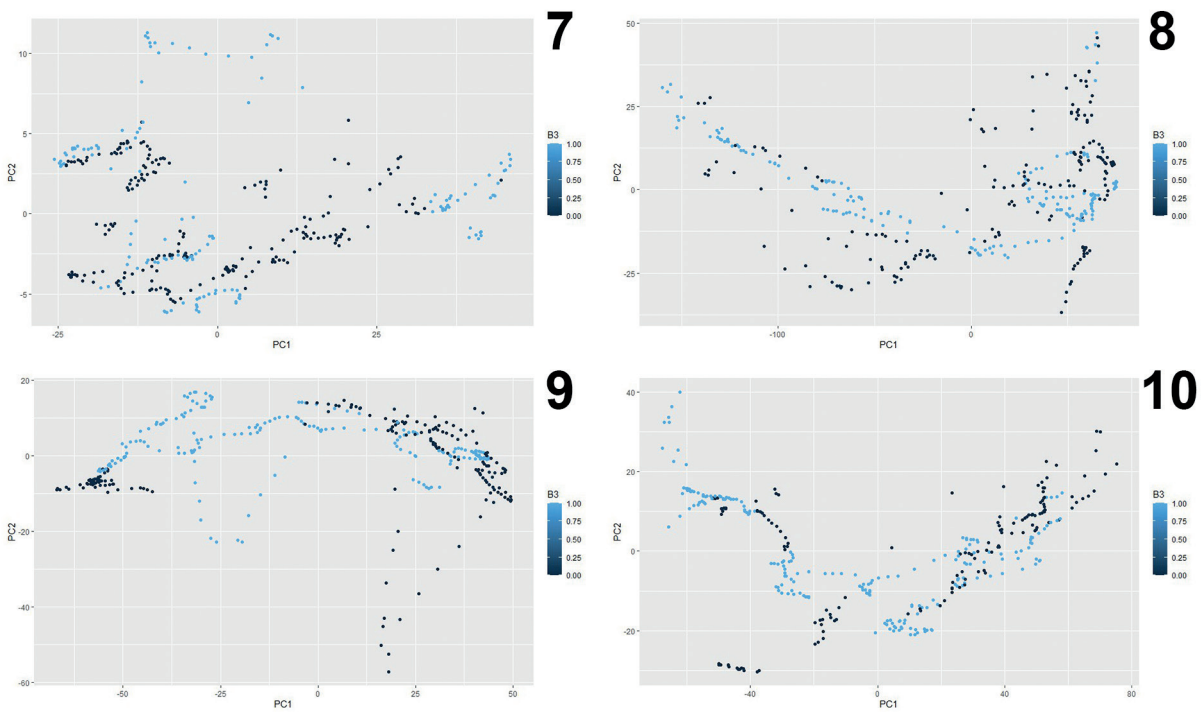
Tabla 1. Varianza acumulada de los dos primeros componentes principales de las variables de movilidad por país.

	Varianza acumulada de los dos primeros componentes principales
Argentina	0.96861
Brasil	0.9017
Canadá	0.99194
Chile	0.97498
Estados Unidos	0.98417
India	0.96998
México	0.96578
Polonia	0.9838
Rusia	0.98304
Turquía	0.9716

Los gráficos de las Figuras 1-10, obtenidos respectivamente de Argentina, Brasil, Canadá, Chile, Estados Unidos, India, México, Polonia, Rusia y Turquía, resultan del análisis de componentes principales para cada país donde tomamos al primer componente como eje de abscisas y el segundo componente como eje de ordenadas. Los puntos celestes representan días para los cuales el factor de variación de reportados en 3 semanas es mayor a 1, mientras que los puntos azul oscuro representan días en que el factor de variación de reportados en 3 semanas es menor a 1. Visualmente observamos que países como EEUU, la India o Rusia presentan agrupaciones más o menos homogéneas para cada clase, mientras que países como Brasil o Polonia parecen presentar una mayor superposición de clases. Para ningún país se nota que alguna dirección del plano tienda a dar ventaja a alguna clase, siendo que ambas clases tienden a encontrarse para valores bastante extremos tanto del primer componente como del segundo. Por lo que no se vislumbra ninguna curva simple que separe fácilmente los datos en todos los países.



Figuras 1-6. Visualizaciones a partir de análisis de componentes principales, correspondientes a diferentes países. **1)** Argentina. **2)** Brasil. **3)** Canadá. **4)** Chile. **5)** Estados Unidos. **6)** India.



Figuras 7-10. Visualizaciones a partir de análisis de componentes principales, correspondientes a diferentes países. **7)** México. **8)** Polonia. **9)** Rusia. **10)** Turquía.

Análisis de Correlación

Las correlaciones entre el logaritmo natural del factor de variación de reportados en 3 semanas y las variables *RR*, *GP*, *P*, *TS*, *W* y *R;* también muestra diferencias notorias entre los países analizados. La Tabla 2 muestra valores con un valor *p* menor a 0.05 en negrita resaltando resultados significativos con un 95% de confianza. Argentina muestra una

Tabla 2. Tabla de correlaciones entre los países seleccionados y las variables suavizadas de movilidad, donde los resultados con un 95% de confianza se resaltan en negrita.

País	RR	GP	P	TS	W	R
Argentina	0.03422	0.09562	-0.10224	0.03192	-0.05908	-0.00232
Brasil	0.08026	0.08462	**0.19857**	0.09491	**-0.16413**	**-0.11181**
Canadá	**0.31208**	**-0.13797**	-0.02354	**0.43087**	0.13821	-0.26979
Chile	**0.47898**	**0.41445**	**0.51501**	**0.44796**	**0.31973**	**-0.57305**
Estados Unidos	**-0.11295**	-0.03982	0.03504	-0.06001	**-0.21759**	**0.10696**
India	**0.29108**	**0.47291**	**0.23179**	**0.35550**	**0.43701**	**-0.46507**
México	**0.15251**	**0.14422**	**0.23424**	**0.16891**	0.03659	0.08750
Polonia	0.07721	**-0.29487**	-0.04455	0.09438	0.07172	**-0.15816**
Rusia	**0.46932**	**0.45646**	**0.28488**	**0.58028**	**0.12518**	**-0.37380**
Turquía	**0.20946**	0.07842	0.08508	**0.23143**	**0.33762**	**-0.23411**

correlación insignificante, mientras que Chile, India y Rusia presentan correlaciones significativas para todas las variables de movilidad. La variable residencia *R* tiende a tener una correlación negativa entre los casos significativos, aunque puede haber excepciones como EEUU. Las demás variables tienden a valores positivos cuando son significativas, aunque en menor medida la variable supermercados y farmacias *GP* que es negativa para Canadá y Polonia, o la variable lugares de trabajo *W* que es negativa para Brasil y EEUU.

Conclusiones

Al estudiar la relación entre movilidad y transmisibilidad del COVID-19 evaluamos más prudente presentar resultados como factores relacionados, en vez de separar entre variables independientes y dependientes. Esto es debido a que variaciones de la transmisibilidad pueden motivar restricciones de la movilidad y al mismo tiempo se aplican restricciones a la movilidad para influir en la transmisibilidad. Mantenemos esta prudencia aunque el factor de variación de transmisibilidad registre un fenómeno que ocurra después de los valores medidos de movilidad. Además, en este análisis no se aplicó ningún test de causalidad, por lo que evitamos hablar de causa-efecto y preferimos hablar de patrones.

Una de las principales dificultades a la hora de analizar la movilidad, es que existen factores de la pandemia de COVID-19 que van cambiando a lo largo del tiempo, pudiendo modificar la dinámica ya existente. Por ejemplo, al inicio de la pandemia de COVID-19 no se sabía demasiado de tratamientos ni era tan común el uso de mascarillas, mientras que en etapas posteriores ya existen campañas de vacunación masiva. En ese sentido, el efecto progresivo de las vacunas tendría un efecto sobre el valor de nuestro factor de variación de reportados.

Los análisis aplicados dan sustento a políticas sanitarias comúnmente aplicadas contra el COVID-19. El alto porcentaje de varianza acumulada por los dos primeros componentes del análisis de componentes principales muestra que a pesar de tener 6 dimensiones, la dinámica de movilidad puede ser visualizada en un plano sin truncar demasiado su geometría. Sin embargo, la superposición de clases observada en el análisis de componentes principales para varios países refuerza la evidencia de que la movilidad en sí misma no es suficiente para determinar variaciones en la transmisibilidad del COVID-19 en un plazo de 3 semanas. Además el análisis de correlación muestra que mayor tiempo de permanencia en áreas residenciales es un patrón relacionado a la reducción de la transmisibilidad en 3 semanas puede variar bastante de país en país.

Agradecimientos

Al Rectorado de la Universidad Nacional de Asunción por financiar este trabajo en el marco del Proyecto “Identificación de patrones de movilidad durante la pandemia de COVID-19 y su incidencia en el número de reproducción, usando minería de datos”.

Contribución de los autores

Los autores contribuyeron de igual manera en la elaboración de este artículo.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Literatura citada

Aktay, A., Bavadekar, S., Cossoul, G., Davis, J., Desfontaines, D., Fabrikant, A., Gabrilovich, E., Gadepalli, K., Gipson B., Guevara, M., Kamath, C., Kansal, M., Lange, A., Mandayam, C., Oplinger, A., Pluntke, C., Roessler, T., Schlosberg, A., Shekel, T., Vispute, S., Vu, M., Wellenius, G., Williams, B. & Wilson, R.J. (2020). Google COVID-19 Community Mobility Reports: anonymization process description (version 1.1). *arXiv,* 2004.04145: 1–6.

Arenas, A., Cota, W., Gómez-Gardeñes, J., Gómez, S., Granell, C., Matamalas, J.T., Soriano-Paños, D. & Steinegger, B. (2020). Derivation of the effective reproduction number R for COVID-19 in relation to mobility restrictions and confinement. *medRxiv*, 2020.04.06.20054320: 1–24.

Basellini, U., Alburez-Gutierrez, D., Del Fava, E., Fava, E., Perrotta, D., Bonetti, M., Camarda, C.G. & Zagheni, E. (2021). Linking excess mortality to Google mobility data during the COVID-19 pandemic in England and Wales. *SSM - Population Health*, 14(100799): 1–18.

Cintia, P., Pappalardo, L., Rinzivillo, S., Fadda, D., Boschi, T., Giannotti, F., Chiaromonte, F., Bonato, P., Fabbri, F., Penone, F., Savarese, M., Calabrese, F., Guzzetta, G., Riccardo, F., Marziano, V., Poletti, P., Trentini, F., Bella, A., Andrianou, X., Del Manso, M., Fabiani, M., Bellino, S., Boros, S., Urdiales, A.M., Vescio, M.F., Brusaferro, S., Rezza, G., Pezzotti, P., Ajelli, M., Merler, S., Vineis, P. & Pedreschi, D. (2020). The relationship between human mobility and viral transmissibility during the COVID-19 epidemics in Italy. *arXiv preprint arXiv,* 2006.03141: 1–37.

Cot, C., Cacciapaglia, G. & Sannino, F. (2021). Mining Google and Apple mobility data: Temporal anatomy for COVID-19 social distancing. *Scientific reports*, 11(4150): 1–8.

Dainton, C. & Hay, A. (2021). Quantifying The Relationship Between Lockdowns, Mobility, and Effective Reproduction Number (Rt) During The COVID-19 Pandemic in The Greater Toronto Area. BMC Public Health, 21(1658): 1–8.

Kajitani, Y. & Hatayama, M. (2021). Explaining the effective reproduction number of COVID-19 through mobility and enterprise statistics: Evidence from the first wave in Japan. *Plos one*, 16(3)e0247186: 1–12.

Kraemer, M.U.G., Yang, C.-H., Gutierrez, B., Wu, C.-H., Klein, B., Pigott, D.M., Open COVID-19 Data Working Group, du Plessis, L., Faria, N.R., Li, R., Hanage, W.P., Brownstein, J.S., Layan, M., Vespignani, A., Tian, H., Dye, C., Pybus, O.G. & Scarpino, S.V. (2020). The effect of human mobility and control measures on the COVID-19 epidemic in China. *Science*, 368(6490): 493–497.

Linka, K., Goriely, A. & Kuhl, E. (2021). Global and local mobility as a barometer for COVID-19 dynamics. *Biomech Model Mechanobiol*, 20(2): 651–669.

Linka, K., Peirlinck, M. & Kuhl, E. (2020). The reproduction number of COVID-19 and its correlation with public health interventions. *Computational Mechanics*, 66: 1035–1050.

Maier, B. & Brockmann, D. (2020). Effective containment explains subexponential growth in recent confirmed COVID-19 cases in China. *Science*, 368(6492): 742–746.

McGough, S., Gan, R., Tibshirani, R. & Meyer, A.-M. (2020). Modeling COVID-19 mortality in the US: Community context and mobility matter. *medRxiv*, 2020.06.18.20134122: 1–11.

Noland, R. (2021). Mobility and the effective reproduction rate of COVID-19. *Journal of Transport & Health*, 20(101016): 1–9.

Nouvellet, P., Bhatia, S., Cori, A., Ainslie, K.E.C., Baguelin, M., Bhatt, S., Boonyasiri, A., Brazeau, N.F., Cattarino, L., Cooper, L.V., Coupland, H., Cucunuba, Z.M., Cuomo-Dannenburg, G., Dighe, A., Djaafara, B.A., Dorigatti, I., Eales, O.D., Elsland, S.L., Nascimento, F.F., FitzJohn, R.G., Gaythorpe, K.A.M., Geidelberg, L., Green, W.D., Hamlet, A., Hauck, K., Hinsley, W., Imai, N., Jeffrey, B., Knock, E., Laydon, D.J., Lees, J.A., Mangal, T., Mellan, T.A., Nedjati-Gilani, G., Parag, K.V., Pons-Salort, M., Ragonnet-Cronin, M., Riley, S., Unwin, H.J.T., Verity, R., Vollmer, M.A.C., Volz, E., Walker, P.G.T., Walters, C.E., Wang, H., Watson, O.J., Whittaker, C., Whittles, L.K., Xi, X., Ferguson, N.M. & Donnelly, C.A. (2021). Reduction in mobility and COVID-19 transmission. *Nature Communications*, 12(1090): 1–9.

Sampi Bravo, J. & Jooste, C. (2020). Nowcasting economic activity in times of COVID-19: An approximation from the Google Community Mobility Report. *World Bank*

Policy Research Working Paper, 9247: iii + 21 pp.

Wang, L., Ben, X., Adiga, A., Sadilek, A., Tendulkar, A., Venkatramanan, S., Vullikanti, A., Aggarwal, G., Talekar, A., Chen, J., Lewis, B., Swarup, S., Kapoor, A., Tambe, M. & Marathe, M. (2020). Using Mobility Data to Understand and Forecast COVID-19 Dynamics. *medRxiv*, 2020.12.13.20248129: 1–5.

Warren, M., & Skillman, S. (2020). Mobility changes in response to COVID-19. *arXiv*, 2003.14228: 1–6.

Yilmazkuday, H. (2021). Stay-at-home works to fight against COVID-19: International evidence from Google mobility data. *Journal of Human Behavior in the Social Environment*, 31(1-4): 210–220.

Reportes Científicos de la FACEN

Artículo Original

Reportes científicos de la FACEN, Enero - Junio 2022, 13(1):73–84

http://doi.org/10.18004/rcfacen.2022.13.1.73

Evaluación de exactitud de Naive Bayes y Regresión Logística para clasificación con atributos y clases binarios

Accuracy evaluation of Naive Bayes and Logistic Regression for classification with binary attributes and classes

Edgar López Pezoa[1,4,*], Antoliano Cáceres Estigarribia[2], Sebastián Alberto Grillo[1,5] & Edher Herrera[3,4]

[1]Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Matemática,.
[2] Universidad Autónoma de Asunción, Facultad de Ciencias y Tecnologías.
[3] Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Laboratorio de Análisis Molecular y Elemental.
[4] Universidad Nacional de Asunción, Facultad Politécnica, Departamento de Ciencias Básicas.
[5] Universidad Nacional de Asunción, Facultad Politécnica, Núcleo de Investigación y Desarrollo Tecnológico (NIDTEC).
*Autor correspondiente: epezoa@facen.una.py.

Resumen: En ciencia de los datos, la mayoría de los modelos de clasificación están en la categoría de modelos discriminativos o de modelos generativos. Los modelos discriminativos solamente capturan la relación entre los atributos de una instancia y su clase, mientras que los modelos generativos buscan representar toda la distribución de datos. Aunque la mayoría de los modelos de clasificación sean discriminativos, no se puede asegurar que este tipo de modelos sea mejor que los modelos generativos. En ese sentido, se aborda la comparación de los algoritmos Naive Bayes y Regresión Logística como modelos muy representativos de los clasificadores discriminativos y generativos, respectivamente. En este trabajo son evaluadas la exactitud de los modelos de Naive Bayes y Regresión Logística en función al número de atributos e instancias de un conjunto de datos artificiales, donde tanto los atributos como las clases son binarios. A diferencia de otras metodologías que emplean los conjuntos de datos para aproximar el error de clasificación, este trabajo solo emplea los conjuntos de datos para realizar el entrenamiento de los modelos, mientras que el error de clasificación es calculado de forma exacta para la distribución de los datos. Los experimentos muestran una exactitud de clasificación binaria que tiende a ser levemente mejor para la Regresión Logística usando 50 a 500 instancias de entrenamiento, cuando promediamos los resultados de distribuciones generadas aleatoriamente con 1 a 6 atributos binarios.

Palabras claves: *Naive Bayes, regresión logística, clasificación, aprendizaje supervisado.*

Abstract: In data science, most classification models fall into the category of either discriminative models or generative models. Discriminative models only capture the relationship between the attributes of an instance and its class, whereas generative models seek to represent the entire data distribution. Although most classification models are discriminative, it cannot be assured that this type of models is better than generative models. In that sense, the comparison of Naive Bayes and Logistic Regression algorithms as very representative models of discriminative and generative classifiers, respectively, is addressed. In this work, the accuracy of Naive Bayes and Logistic Regression models are evaluated as a function of the number of attributes and instances of an artificial dataset, where both attributes and classes are binary. Unlike other methodologies that employ the datasets to approximate the classification error, this work only employs the datasets to perform the training of the models, while the classification error is computed exactly for the distribution of the data. Experiments show a binary classification accuracy that tends to be slightly better for Logistic Regression using 50 to 500 training instances, when we average the results of randomly generated distributions with 1 to 6 binary attributes.

Key words: *Naive Bayes, logistic regression, classification, supervised learning.*

Introducción

Los clasificadores generativos son modelos que aprenden una probabilidad conjunta $P(X, C)$, definida a partir de las entradas X y la clase C. Estos modelos hacen sus predicciones usando la regla de Bayes para calcular $P(C \mid X)$ y luego seleccionan la etiqueta más probable C. En cambio, los clasificadores discriminativos modelan a $P(C \mid X)$ directamente, o aprenden un mapeado directamente de las entradas X a las etiquetas de clase C. Existe

Recibido: 29/11/2021 Aceptado: 01/02/2022

2078-399X/2022 Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Paraguay. Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es).

un mayor número de modelos discriminativos en la literatura que modelos generativos, esto se debe en buena medida a que la obtención de un modelo generativo es una tarea más general que un modelo discriminativo (Ng & Jordan, 2002; Vapnik, 1998). Sin embargo, no existe un consenso de que los modelos discriminativos sean estrictamente mejores que los modelos generativos.

El modelo Naive Bayes es un clasificador generativo muy representativo por la gran cantidad de aplicaciones que posee (Webb *et al*., 2010), siendo un modelo de gran simplicidad bajo el supuesto de independencia condicional entre cada par de atributos dado el valor de la clase. El modelo de Regresión Logística también es muy representativo para el caso de los clasificadores discriminativos, dada su simplicidad y gran cantidad de aplicaciones (Hilbe, 2009). Por lo tanto, la comparación de la Regresión logística con Naive Bayes es un abordaje empleado para analizar las ventajas y desventajas de la elección de modelos generativos o discriminativos en tareas de clasificación.

La comparación de los modelos Naive Bayes y Regresión Logística ha sido abordada tanto de forma directa donde el objetivo es la comparación, como de forma indirecta donde la comparación solo se realiza para identificar los mejores clasificadores para resolver un problema específico. En cuanto a trabajos cuyo objetivo principal es la comparación de modelos, Ng & Jordan (2002) muestran experimentos donde Naive Bayes tiende a tener menor error de acierto con pocos atributos de entrenamiento, pero que es superado por la regresión logística cuando consideramos el comportamiento asintótico del error. Sin embargo, existen otras medidas de evaluación de clasificación como precisión, exhaustividad, error absoluto medio, error absoluto medio promedio y medida kappa, donde la regresión logística tiende a ser superior según los conjuntos de datos evaluados por Gladence *et al*. (2015). En cuanto a comparaciones indirectas de Naive Bayes y Regresión Logística encontramos una mayor cantidad de trabajos, dado que ambos son modelos muy empleados. Se ha identificado que la Regresión Logística tiende a ser superior en las principales métricas de clasificación a Naive Bayes en detección de fraude en tarjetas de crédito (Itoo *et al*., 2021), clasificación de sentimiento (Prabhat & Khullar, 2017), clasificación de texto (Pranckevičius & Marcinkevičius, 2017), identificación de genotipos de maíz (Seka *et al*., 2019), detección de cáncer de mama (Sehgal *et al*., 2012), detección de trastornos de ansiedad (van Eeden *et al*., 2021), identificación de autoría en texto (Aborisade & Anwar, 2018) y discriminación de eventos sísmicos (Dong *et al*., 2016). Mientras que no se ha detectado una diferencia tan significativa entre ambos modelos para problemas de predicción de deslizamientos (Nhu *et al*., 2020), evaluar la necesidad de angiografía coronaria (Golpour *et al*., 2020), detección de spam (Othman & Din, 2019), detección de diabetes (Utami *et al*., 2021), clasificación de préstamos (Pundlik, 2016) y predicción de mortalidad por quemaduras (Stylianou *et al*., 2015). Sin embargo se ha detectado una ventaja significativa de Naive Bayes sobre la Regresión Logística en clasificación de rendimiento académico (Chiok, 2017) y detección de fallos en transformadores (Aborisade & Anwar, 2018).

En este trabajo comparamos el desempeño de los algoritmos Naive Bayes y Regresión logística en problemas de clasificación binaria con atributos binarios, donde analizamos la exactitud de ambos clasificadores en función al número de atributos y tamaño de la muestra. Dado que no es fácil conseguir una cantidad significativa de conjuntos de datos reales cumpliendo las características señaladas, se generaron artificialmente 10 distribuciones probabilísticas para cada $t = 1, 2, \ldots, 6$ atributo binario y a partir de cada distribución se generaron 10 conjuntos de datos de $K = 50, 100, \ldots, 500$ instancias. Los conjuntos de datos fueron empleados solamente para entrenar a los modelos. Las distribuciones no fueron consistentes ya que a cada configuración de atributos les puede tocar distintas clases, por lo tanto a la hora de evaluar la exactitud de los modelos se asume que la categoría correcta para una configuración de atributos es la que aparece con más probabilidad. Mientras que

lo usual es aproximar el error de clasificación a través de un conjunto de testeo o aplicando validación cruzada, este trabajo calcula el error exacto de clasificación empleando la distribución generada y una fórmula que pondera el error de clasificación del modelo en cada configuración posible de atributos. Por lo tanto, el aporte de este trabajo consiste en los siguientes puntos:

- -Una metodología para generar distribuciones artificiales de datos, conjuntos de datos artificiales y el cálculo exacto del error del modelo al ser entrenado en cada conjunto de datos.
- -La aplicación de la metodología para evaluar la exactitud de los modelos Naive Bayes y Regresión logística, además de como la exactitud es afectada por el número de atributos o instancias de entrenamiento.

Este artículo se organiza de la siguiente manera. Primero tenemos una sección donde presentamos las nociones y notaciones empleadas para describir la generación de conjuntos de datos. En la sección siguiente describimos la generación de datos artificiales. Después se detalla la evaluación de modelos y los resultados numéricos. Finalmente se presentan las conclusiones sobre cómo estos resultados se relacionan con lo que ya existe en la literatura.

Materiales y Métodos

Nociones preliminares

Consideremos el problema en el que serán estudiados t atributos, los cuales serán representados mediante X_1, X_2, …, X_t y además, se considera que dichos atributos permiten predecir el valor de la clase C. En este caso, los atributos son considerados como las variables independientes y la clase es la variable dependiente del problema.

Con esto, si consideramos que la variable o atributo X_i posee n_i valores posibles de ocurrencia, donde $1 \leq i \leq t$, y la clase C tiene n_c posibilidades de ocurrencia, entonces el número total de combinaciones será igual a:

$$n = \left(\prod_{i=1}^{t} n_i \right) n_C \quad (1)$$

Cada valor que puede tomar la variable X_i será simbolizado mediante $x_{i;j}$, donde $1 \leq j \leq n_i$. Dados los atributos X_1, X_2, …, X_t y la clase C, un patrón consiste en un elemento del conjunto

$$E = X_1 \times X_2 \times \ldots \times X_t \times C.$$

Mientras que una instancia de un conjunto de datos consiste en un patrón perteneciente a un conjunto de datos que fue generado por una distribución probabilística D en E. Con esto, si tenemos t atributos y una clase, entonces la cantidad total de patrones posibles viene dada por la ecuación (1).

Si a cada patrón $P_i \in E$ le asignamos un número aleatorio N_i, entonces a cada patrón p_i también le podemos asociar una probabilidad P_i de la siguiente manera

$$P_i = \frac{N_i}{\sum_{j=1}^{n} N_j} \quad (2)$$

donde n representa la cantidad de patrones posibles y viene dada por la ecuación (1).

Notemos que hay n vectores o patrones en E, y cada vector o patrón tiene $t + 1$ entradas o variables (entre atributos y clases), entonces una manera de representar todos los vectores o patrones posibles es mediante una representación matricial $n \times (t + 1)$, donde cada fila puede ser asociada unívocamente con un patrón de E.

El conjunto de distribuciones que es utilizado para la prueba de sensibilidad de los algoritmos es conocido como Distribución Original. Mientras que el conjunto compuesto de datos generados de manera automática y aleatoria, que sirve para el entrenamiento de los algoritmos es conocido como Datos Aleatorios.

Métodos para generación de datos

En esta sección describimos la metodología para obtener los datos de prueba que serán empleados

para comparar los modelos Naive Bayes y Regresión Logística. Esta metodología se basa en dos etapas principales i) generar distribuciones sobre atributos y una clase binarios y ii) generar conjuntos de datos a partir de cada distribución obtenida en la etapa previa.

Generación de distribuciones

Para la construcción de la tabla o matriz que representará la Distribución Original seguiremos los siguientes pasos:

Paso 1: Determinar la cantidad de atributos.

Paso 2: Determinar la cantidad de filas y columnas que tendrá la tabla.

Paso 3: Crear la tabla de combinaciones de valores de las variables.

Paso 4: Asignar a cada fila de la tabla de combinaciones posibles un número aleatorio.

Paso 5: Convertir los números aleatorios en probabilidades.

Ejemplo: Consideremos un caso con tres atributos binarios y con una única clase que también sea binaria. Utilizando los siguientes símbolos:

$X1$:= Atributo 1;
$X2$:= Atributo 2;
$X3$:= Atributo 3;
C := Clase.

Este caso lo podemos presentar con el formato de la Tabla 1.

Tabla 1. Esquema de conjunto de datos para tres atributos y una clase binaria.

X_1	X_2	X_3	C
2 opciones	2 opciones	2 opciones	2 opciones

Como consideramos un caso en el que los atributos y la clase son binarios, es decir que en cada una de ellas tenemos dos opciones de ocurrencia, entonces

$$n_1 = n_2 = n_3 = n_C = 2,$$

así, si queremos conocer la cantidad total de combinaciones posibles de valores de estas variables, aplicando la ecuación (1), tendremos

$$n_1 \cdot n_2 \cdot n_3 \cdot n_C = 16,$$

Con esto sabemos que necesitaremos de 16 filas para presentar todas las posibles combinaciones de valores de las variables.

Si consideramos los datos del clima como atributos: la Presión, la Humedad, la Temperatura; y como clase: la Lluvia. Al simbolizar estas variables categóricas tendremos:

$X1$:= Presión;
$X2$:= Humedad;
$X3$:= Temperatura;
C := Lluvia.

Ahora debemos ver cómo varían las categorías de cada atributo y el de la clase. Así podemos tener la Tabla 2.

Tabla 2. Atributos y clases junto a sus posibles valores.

Variables	**Valores**
X_1 = Presión	X11= Alta
	X12 = Baja
X_2 = Humedad	X21 = Mínima
	X22 = Máxima
X_3 = Temperatura	X31 = Calor
	X32 = Frio
Clase	**Valores**
C = Lluvia	C11 = Si
	C12 = No

Al combinar todas las categorías de las variables entre sí, obtenemos la Tabla 3.

Tabla 3. Tabla con todos los patrones posibles siguiendo el ejemplo.

X_1	X_2	X_3	C
Alta	Mínima	Calor	Si
Alta	Mínima	Calor	No
Alta	Mínima	Frío	Si
Alta	Mínima	Frío	No
Alta	Máxima	Calor	Si
Alta	Máxima	Calor	No
Alta	Máxima	Frío	Si
Alta	Máxima	Frío	No
Baja	Mínima	Calor	Si
Baja	Mínima	Calor	No
Baja	Mínima	Frío	Si
Baja	Mínima	Frío	No
Baja	Máxima	Calor	Si
Baja	Máxima	Calor	No
Baja	Máxima	Frío	Si
Baja	Máxima	Frío	No

Ahora asignamos un número aleatorio a cada patrón, con esto obtenemos la Tabla 4.

Tabla 4. Lista de patrones con los números aleatorios asignados.

X_1	X_2	X_3	C	N_i
Alta	Mínima	Calor	Si	0.02
Alta	Mínima	Calor	No	0.04
Alta	Mínima	Frío	Si	0.3
Alta	Mínima	Frío	No	0.07
Alta	Máxima	Calor	Si	0.1
Alta	Máxima	Calor	No	0.08
Alta	Máxima	Frío	Si	0.21
Alta	Máxima	Frío	No	0.13
Baja	Mínima	Calor	Si	0.4
Baja	Mínima	Calor	No	0.05
Baja	Mínima	Frío	Si	0.24
Baja	Mínima	Frío	No	0.38
Baja	Máxima	Calor	Si	025
Baja	Máxima	Calor	No	0.58
Baja	Máxima	Frío	Si	0.7
Baja	Máxima	Frío	No	0.09

Por último, convertimos los números aleatorios en probabilidades, utilizando la ecuación (2), agregamos el número *i* indicador de fila, obteniendo así la Tabla 5.

Tabla 5. Distribución finalmente generada por la metodología.

i	X_1	X_2	X_3	C	P_i
1	Al.	Mín.	Calor	Si	0.00549451
2	Al.	Mín.	Calor	No	0.01098901
3	Al.	Mín.	Frío	Si	0.08241758
4	Al.	Mín.	Frío	No	0.01923077
5	Al.	Máx.	Calor	Si	0.02747253
6	Al.	Máx.	Calor	No	0.02197802
7	Al.	Máx.	Frío	Si	0.05769231
8	Al.	Máx.	Frío	No	0.03571459
9	Ba.	Mín.	Calor	Si	0.10989011
10	Ba.	Mín.	Calor	No	0.01373626
11	Ba.	Mín.	Frío	Si	0.06593407
12	Ba.	Mín.	Frío	No	0.10439560
13	Ba.	Máx.	Calor	Si	0.06868132
14	Ba.	Máx.	Calor	No	0.15934066
15	Ba.	Máx.	Frío	Si	0.19230769
16	Ba.	Máx.	Frío	No	0.02472527

Generación de conjuntos de datos

Para la construcción de la tabla con los datos aleatorios necesitaremos definir algunos parámetros. Para decidir si el *i*-ésimo patrón formará parte de los datos de prueba, tendremos en cuenta la probabilidad P_i asignada a dicho patrón en la Distribución Original, y la misma será utilizada para definir el rango de valores, el cual estará determinado por un límite inferior LI_i y un límite superior LS_i. Una vez que tengamos éstos límites podemos utilizar un número aleatorio *a* producido al azar, éste número *a* lo compararemos con los límites inferiores y superiores, y al rango al que pertenezca este número aleatorio será el patrón seleccionado para formar parte de los datos de prueba. Generamos *a* con una

distribución uniforme en un rango entre 0 y 1.

Considerando las siguientes notaciones:

i := posición del patron en la Distribución Original;

Ri := rango i;

LIi := límite inferior del rango i;

LSi := límite superior del rango i;

Pi := probabilidad del patron i;

$AcPi$:= vector acumulador de probabilidad hasta el patron i.

Podemos definir el vector acumulador de probabilidad como:

$$\mathrm{AcP_i} = \begin{cases} \mathrm{P_1} & \text{si} \quad \mathrm{i = 1;} \\ \mathrm{AcP_{i-1} + P_i} & \text{si} \quad \mathrm{i > 1.} \end{cases} \quad (3)$$

Para hallar los límites inferior y superior, consideraremos los siguientes casos:

- Para la fila $i = 1$, consideramos

$$\begin{cases} \mathrm{LI_1} = 0; \\ \mathrm{LS_1} = \mathrm{AcP_1}. \end{cases} \quad (4)$$

- Para $2 \leq i \leq n - 1$, consideramos

$$\begin{cases} \mathrm{LI_i = AcP_{i-1}} \quad \text{y} \quad \mathrm{LI_i = LS_{i-1}}; \\ \mathrm{LS_i} = \mathrm{AcP_i}. \end{cases} \quad (5)$$

- Para $i = n$, consideramos

$$\begin{cases} \mathrm{LI_n = AcP_{n-1}} \quad \text{y} \quad \mathrm{LI_n = LS_{n-1}}; \\ \mathrm{LS_n} = 1. \end{cases} \quad (6)$$

Mientras que el rango del patrón i estará definido como:

$$Ri = (LI_i, LS_i]. \quad (7)$$

Es importante tener en cuenta que se ha agregado el vector acumulador de probabilidad para definir los límites inferior y superior de cada rango y entre estos límites estará ubicado el número aleatorio a que se utilizará para seleccionar la instancia. Así, si a es el número aleatorio generado por el programa, entonces buscamos los límites inferior y superior tal que

$$LI_i < a \leq LS_i. \quad (8)$$

La cantidad de filas de la tabla con los datos aleatorios será igual a la cantidad de elementos de la muestra indicada, esto quiere decir que si queremos una muestra con K instancias, entonces la tabla con los datos aleatorios tendrá K filas. Mientras que la cantidad de columnas coincidirá con la cantidad de columnas de la Tabla correspondiente a la Distribución Original.

El tamaño de la tabla con los datos aleatorios estará determinado por la cantidad de filas o instancias, ya que la cantidad de columnas será la misma en ambas tablas (en la tabla de Distribución Original y en la tabla con los Datos Aleatorios).

Por último, la Distribución Aleatoria será construida siguiendo los siguientes pasos:

Paso 1: Generar un número aleatorio a_j (la j indica que es el j-ésimo valor generado).

Paso 2: Verificar en que rango de valores se ubica el número generado:

$$LI_i < a \leq LS_i,$$

donde el valor de i nos indicará la fila en la tabla de la Distribución Original (el patrón) a ser seleccionada.

Ejemplo: Siguiendo con el Ejemplo anterior, lo primero que debemos hacer es presentar la Tabla de la Distribución Original de tal manera que se puedan observar las probabilidades acumuladas. Esta idea es presentada en la Tabla 6.

Supongamos que ya generamos varios valores a_j,

- Si $a_1 = 0.54$, entonces buscamos el valor de i que verifique

$$LI_i < a_1 \leq LS_i,$$

con lo que

$$LI_i < 0.54 \leq LS_i,$$

lo cual implica que $i = 11$, ya que

$$0.54 < 0.55494505 = AcP_{11}.$$

Tabla 6. Lista de patrones con sus intervalos de selección.

Ditribución Original						AcP_i
i	X_1	X_2	X_3	C	P_i	
1	Al.	Mí.	Calor	Si	0.00549451	0.00549451
2	Al.	Mí.	Calor	No	0.01098901	0.01648352
3	Al.	Mí.	Frío	Si	0.08241758	0.09890110
4	Al.	Mí.	Frío	No	0.01923077	0.11813187
5	Al.	Má.	Calor	Si	0.02747253	0.14560440
6	Al.	Má.	Calor	No	0.02197802	0.16758242
7	Al.	Má.	Frío	Si	0.05769231	0.22527473
8	Al.	Má.	Frío	No	0.03571459	0.26098901
9	Ba.	Mí.	Calor	Si	0.10989011	0.37087912
10	Ba.	Mí.	Calor	No	0.01373626	0.38461538
11	Ba.	Mí.	Frío	Si	0.06593407	0.45054945
12	Ba.	Mí.	Frío	No	0.10439560	0.55494505
13	Ba.	Má.	Calor	Si	0.06868132	0.62362637
14	Ba.	Má.	Calor	No	0.15934066	0.78296703
15	Ba.	Má.	Frío	Si	0.19230769	0.97527473
16	Ba.	Má.	Frío	No	0.02472527	1

Con esto, el patrón seleccionado es el presentado en la Tabla 7.

Tabla 7. Primer patrón seleccionado.

i	X_1	X_2	X_3	C
1	Baja	Mínima	Frío	Si

- Si $a_1 = 0.14$, entonces $i = 11$, esto se obtiene siguiendo el procedimiento indicado anteriormente. Con esto, el patrón seleccionado es el presentado en la Tabla 8.

Tabla 8. Segundo patrón seleccionado.

i	X_1	X_2	X_3	C
4	Alta	Mínima	Frío	No

Con estos dos patrones seleccionados formamos la Tabla 9, en la misma se presentan los datos aleatorios.

Tabla 9. Tabla generada con los dos primeros patrones.

X_1	X_2	X_3	C
Baja	Mínima	Frío	Si
Alta	Mínima	Frío	No

Este proceso se debe repetir hasta tener K filas para la tabla de datos aleatorios, la cual se tomará como la muestra de entrenamiento para los algoritmos.

Resultados y discusión

Los algoritmos fueron evaluados en conjuntos de datos de m = 1,2,3,4,5,6 atributos. Para cada m se generaron 10 distribuciones aleatorias y para cada

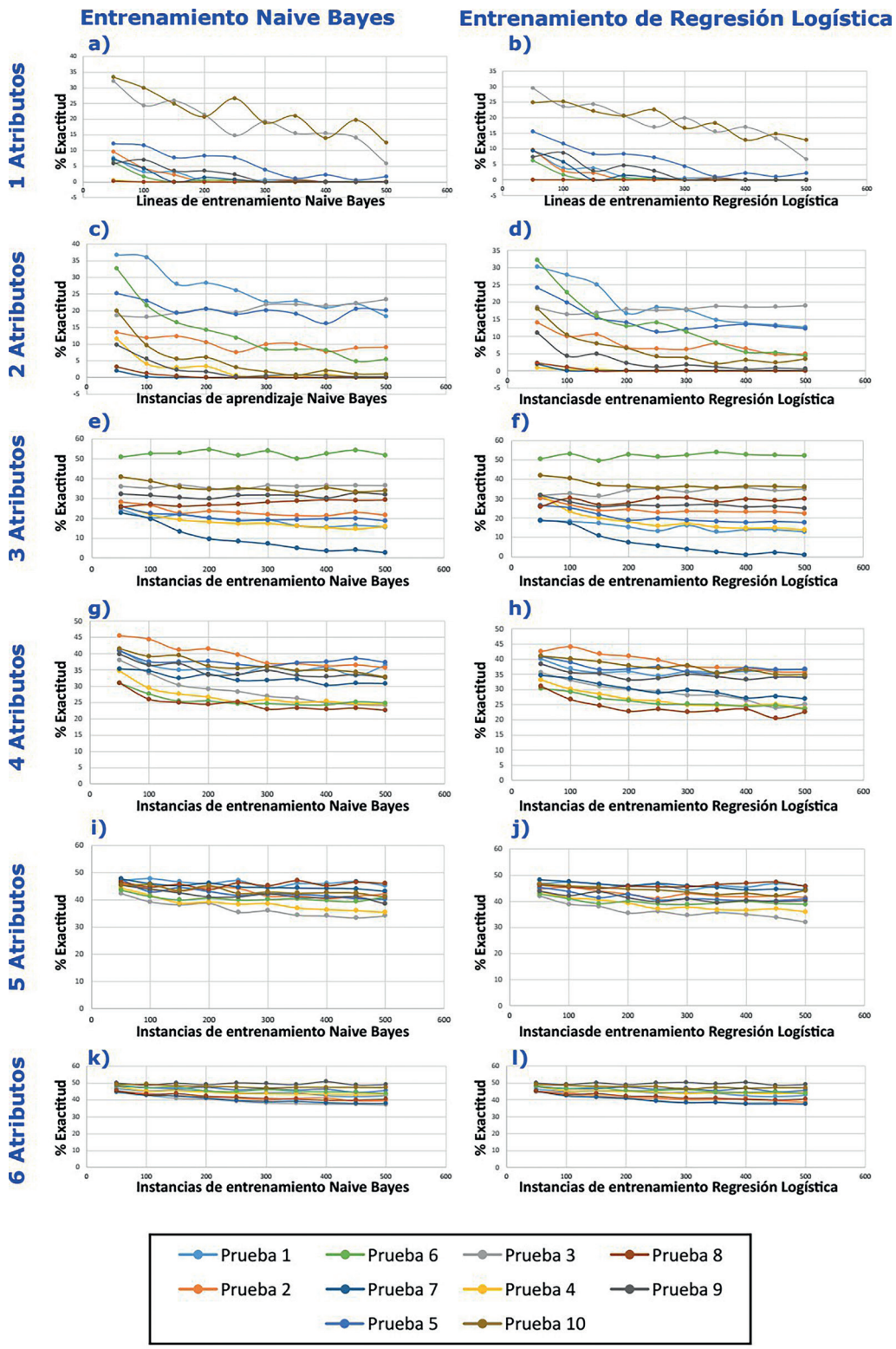


Figura 1: Comparación de exactitud de los algoritmos en las distribuciones por número de atributos.

distribución aleatoria se generaron 10 conjuntos de datos de $K = 50, 100, \ldots, 500$ instancias. En vez de emplear conjuntos de testeo o validación cruzada para estimar el error, este trabajo calcula el error real de los modelos aprovechando que se conoce la distribución real de los datos. Puede notarse también que las distribuciones tienden a producir distintas clases para una misma asignación de valores de los atributos, por lo que si esperamos que el modelo prediga la clase a partir de los atributos siempre existirá un error. Por lo tanto, el cálculo del error de cada modelo se realiza de forma exacta asumiendo que a) la correcta del modelo para cada configuración de atributos es la moda de la clase para tal configuración y b) el tamaño del conjunto de prueba tiende a infinito. Eso se consigue a partir de la siguiente formula

$$\varepsilon = \sum_{e \in E} \delta\left(M\left(e\right), m_e\right) P_e \,, \quad (9)$$

donde i) $M(e)$ es la salida del modelo de clasificación tomando los valores de los atributos del patrón e de entrada, ii) m_e es la moda de la clase C para la configuración de atributos del patrón e, iii) P_e es la probabilidad de ocurrencia del patrón e y iv) $\delta(x, y)$ es una función igual a 1 si $x = y$ e igual a 0 caso contrario. Por lo tanto la exactitud de la clasificación se puede calcular como $1 - \varepsilon$ a partir de la ecuación (9).

La Figura 1 sumariza los resultados experimentales, donde cada subfigura presenta la exactitud de cada algoritmo aplicado sobre las distribuciones correspondiente a cada número de atributos específico, donde el número atributos crece a medida que bajamos y cada columna de sub-gráficos corresponde a un algoritmo. Los sub-gráficos correspondientes a un mismo número de atributos mantienen el color correspondiente a cada distribución generada, de modo a que se puedan comparar las curvas tanto para Naive Bayes como para la Regresión Logística. Para ambos algoritmos puede notarse como las curvas tienden a descender y acercarse entre sí a medida que crece el número de atributos. También puede notarse como ambos algoritmos se comportan de manera similar para las mismas distribuciones, lo que evidencia que el error no varía proporcionalmente demasiado de un algoritmo a otro. Por lo tanto si una distribución produce más error que otra para un algoritmo, tiende a ocurrir lo mismo en el otro algoritmo, según nuestros experimentos. La Figura 2 presenta la exactitud para cada algoritmo promediando entre las distribuciones generadas para cada número de atributos. Se siguen observando patrones muy

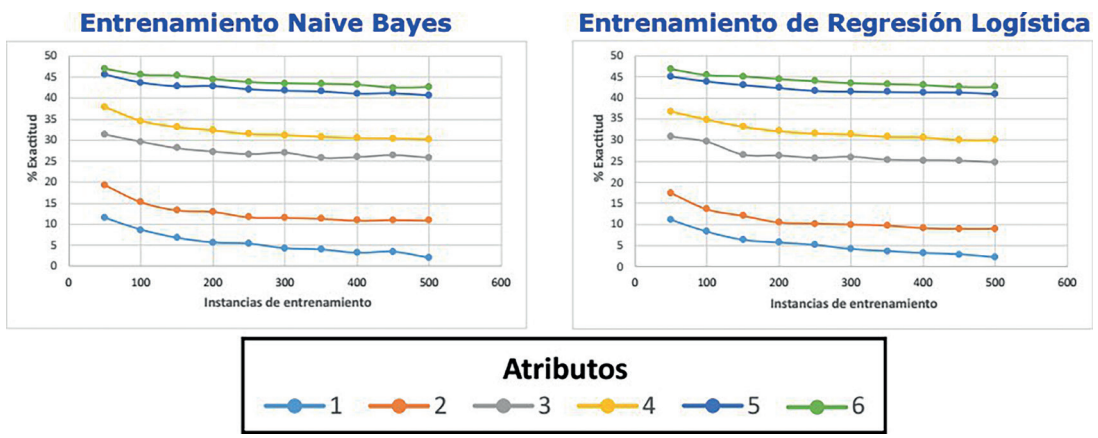


Figura 2: Comparación de la exactitud promedio de los algoritmos.

similares para ambos algoritmos.

La Tabla 10 presenta la diferencia entre Regresión Logística y Naive Bayes del promedio de exactitud entre las distribuciones de cada número fijo de atributos, en función al número de instancias de entrenamiento. Puede notarse que la diferencia

Tabla 10. Diferencias de porcentajes de error promedio de predicción de los algoritmos.

Nro. de atributos	Instancias de entrenamiento									
	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
1	0.26	0.31	0.36	-0.01	0.18	0.08	0.27	-0.04	0.50	-0.18
2	1.92	1.74	1.32	2.55	1.49	1.56	1.62	1.76	2.04	1.92
3	0.48	0.04	1.59	1.00	0.94	1.00	0.49	0.79	1.37	1.19
4	1.10	-0.26	-0.07	0.24	-0.11	-0.09	0.03	-0.14	0.44	0.19
5	0.48	-0.24	-0.27	0.45	0.39	0.19	0.15	-0.28	-0.18	-0.30
6	0.16	0.15	0.20	0.03	-0.18	-0.01	0.07	0.07	-0.12	0.02

nunca supera 1 y que la mayoría de las veces el valor es positivo, lo que implica que la mayoría de las veces Naive Bayes tuvo un error mayor a la Regresión Logística pero sin superar un 1 %.

Es importante mencionar que la Prueba i no es la misma para cada fila, son pruebas con distintas distribuciones pero numeradas de forma similar por lo que no guardan relación.

Conclusión

Los resultados numéricos no implican que la Regresión Logística sea siempre superior a Naive Bayes. Sin embargo, se ve una leve tendencia a favor de la Regresión Logística y los experimentos donde Naive Bayes supera a la Regresión Logística representan el caso menos común. Estas observaciones siguen la tendencia de los trabajos consultados en la literatura, donde se comparan ambos modelos para solucionar problemas reales. Sin embargo, los experimentos realizados no muestran que el número de instancias revierta de alguna forma la tendencia observada. Esto no se condice con el trabajo de Ng y Jordan , donde se argumenta que el error en Naive Bayes converge más rápidamente a su valor asintótico en función del tamaño de la muestra, aunque la Regresión Logística tendría valores asintóticos menores para el error.

Una ventaja de la Regresión Logística al modelo Naive Bayes representa evidencia importante a favor de los modelos discriminantes, aunque tal diferencia no sea de gran magnitud. Esto se debe a que la Regresión Logística es solo un modelo lineal y por lo tanto está entre los de menor capacidad. Mientras que Naive Bayes es un modelo muy empleado entre los modelos generativos por la generalidad de sus hipótesis.

Posibles extensiones de este trabajo son:

- Extender las pruebas con distribuciones cuyos atributos no sean solo binarios, clasificación multi-clase, mayor número de atributos o distribuciones satisfaciendo hipótesis particulares.
- Comparación con modelos generativos más sofisticados que Naive Bayes.

Contribución de los autores

Los autores contribuyeron de igual manera en la elaboración de este artículo.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Bibliografía

Aborisade, O. & Anwar, M. (2018). Classification for authorship of tweets by comparing logistic regression and naive bayes classifiers. Pp. 269–276, *in* Bilof, R. (Ed.). *Proceedings of the 2018 IEEE 19th International Conference on Information Reuse and Integration for Data Science*. Salt Lage City: IEEE Computer Society Conference Publishing Services. 546 pp.

Chiok, C. (2017). Predicción del rendimiento académico aplicando técnicas de minería de datos. *Anales Científicos*, 78(1): 26–33.

Dong, L., Wesseloo, J., Potvin, Y. & Li, X. (2016).

Discrimination of mine seismic events and blasts using the fisher classifier, naive bayesian classifier and logistic regression. *Rock Mechanics and Rock Engineering,* 49(1): 183–211.

Gladence, L., Karthi, M. & Anu, V. (2015). A statistical comparison of logistic regression and different Bayes classification methods for machine learning. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences,* 10(14): 5947–5953.

Golpour, P., Ghayour-Mobarhan, M., Saki, A., Esmaily, H., Taghipour, A., Tajfard, M., Ghazizadeh, H., Moohebati, M. & Ferns, G. (2020). Comparison of Support Vector Machine, Naïve Bayes and Logistic Regression for Assessing the Necessity for Coronary Angiography. *International Journal of Environmental Research and Public Health,* 7(18)6449: 1–9.

Hilbe, J.M. (2009). *Logistic regression models.* London: Chapman and hall/CRC. xviii + 638 pp.

Itoo, F., Meenaksi & Singh, S. (2021). Comparison and analysis of logistic regression, Naïve Bayes and KNN machine learning algorithms for credit card fraud detection. *International Journal of Information Technology,* 13(4): 1503–1511.

Ng, A. & Jordan, M. (2002). On discriminative vs. generative classifiers: A comparison of logistic regression and naive bayes. Pp. 841–848, *in* Dietterich, T.G., Becker, S. & Ghahramani, Z. (Eds.). *Proceedings of the 14th International Conference on Neural Information Processing Systems: Natural and Synthetic*. Cambridge: MIT Press. 1594 pp.

Nhu, V.-H., Shirzadi, A., Shahabi, H., Singh, S., Al-Ansari, N., Clague, J., Jaafari, A., Chen, W., Miraki, S., Dou, J., Luu, C., Górski, K., Pham, B.T., Nguyen, H.D. and Ahmad, B.B. (2020). Shallow landslide susceptibility mapping: A comparison between logistic model tree, logistic regression, naïve bayes tree, artificial neural network, and support vector machine algorithms. *International journal of environmental research and public health*, 17(8)2749: 1–30.

Othman, N. & Din, W. (2019). Youtube spam detection framework using naive bayes and logistic regression. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*: 14(3), 1508–1517.

Prabhat, A. & Khullar, V. (2017). Sentiment classification on big data using Naïve Bayes and logistic regression. Art. CS364, pp 1–5 *in* Sri Shakthi Institute of Electrical and Electronics Engineers (Ed.). *Proceedings of the 2017 International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI)*. Coimbatore: Sri Shakthi Institute of Electrical and Electronics Engineers. 665 pp.

Pranckevičius, T. & Marcinkevičius, V. (2017). Comparison of naive bayes, random forest, decision tree, support vector machines, and logistic regression classifiers for text reviews classification. *Baltic Journal of Modern Computing*, 5(2): 221–232.

Pundlik, R. (2016). Comparison of sensitivity for consumer loan data using Gaussian Naïve Bayes (GNB) and logistic regression (LR). Pp. 120–124, *in* Al-Dabass, D., Achalakul, T., Sarochawikasit, R. & Prom-On, S. (Eds.). *Proceedings of the 2016 7th International Conference on Intelligent Systems, Modelling and Simulation (ISMS)*. Salt Lage City: IEEE Computer Society Conference Publishing Services. xvii + 456 pp.

Sehgal, C., Cary, T., Cwanger, A., Levenback, B. & Venkatesh, S. (2012). Combined Naïve Bayes and logistic regression for quantitative breast sonography. Pp. 1686-1689, *in* Weihnacht, M. & Schmidt, H. (Eds.). *2012 IEEE International Ultrasonics Symposium*. Dresden: Institute of Electrical and Electronics Engineers. 2772 pp.

Seka, D., Bonny, B., Yoboué, A., Sié, S. & Adopo-Gouréne, B. (2019). Identification of maize

(*Zea mays* L.) progeny genotypes based on two probabilistic approaches: Logistic regression and naïve Bayes. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 1: 9–13.

Stylianou, N., Akbarov, A., Kontopantelis, E., Buchan, I. & Dunn, K. (2015). Mortality risk prediction in burn injury: Comparison of logistic regression with machine learning approaches. *Burns*, 41(5): 925–934.

Utami, D., Nurlelah, E. & Hasan, F. (2021). Comparison of Neural Network Algorithms, Naive Bayes and Logistic Regression to predict diabetes. *Journal of Informatics and Telecommunication Engineering*, 5(1): 53–64.

Van Eeden, W., Luo, C., van Hemert, A., Carlier, I., Penninx, B., Wardenaar, K., Hoos, H. & Giltay, E. (2021). Predicting the 9-year course of mood and anxiety disorders with automated machine learning: A comparison between auto-sklearn, naïve Bayes classifier, and traditional logistic regression. *Psychiatry Research*, 299(113823): 1–10.

Vapnik, V. (1998). *Statistical learning theory*. New York: Wiley-Interscience. 768 pp.

Webb, G., Keogh, E. & Miikkulainen, R. (2010). Naïve Bayes. Pp. 713–714, in Sammut, C. & Webb, G.I. (Eds.). *Encyclopedia of Machine Learning*. New York: Springer Science & Business Media. 1031 pp.

Reportes Científicos de la FACEN

Reportes científicos de la FACEN, Enero - Junio 2022, 13(1):85–88

http://doi.org/10.18004/rcfacen.2022.13.1.85

Comunicación Corta

Presencia de Areniscas de la Formación Ita Pytã Punta al Descubierto en Fernando de la Mora, Paraguay

Presence of Ita Pytã Punta Sandstones Uncovered in Fernando de la Mora, Paraguay

Moisés Gadea[1], Higinio Moreno[1,2], Nelson Acosta[1] & Alejandro Acosta[1]

[1]Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Geología.
[2]Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Laboratorio de Suelos.
*Autor correspondiente: moi7moses@yahoo.com.

Resumen: Los trabajos del Proyecto Metrobus para la instalación de sistemas de comunicaciones y alcantarillados, además de las escorrentías superficiales por lluvias, han dejado al descubierto suelos lateríticos residuales poco desarrollados y areniscas de la Formación Ita Pytã Punta en la zona céntrica de Fernando de la Mora.

Palabras Clave: *Areniscas, Formación Ita Pytã Punta, Metrobus, Fernando de la Mora.*

Abstract: The works by the Metrobus Project to install communication and sewing systems, besides the surface runoffs of rains, have left uncovered low developed residual lateritic soils and sandstones of the Ita Pytã Punta Formation.

Key Words: *Sandstones, Ita Pytã Punta Formation, Metrobus, Fernando de la Mora.*

La Formación Ita Pytã Punta fue nominada por Gómez Duarte (1991). Esta unidad se constituye como el techo de Grupo Asunción, y el área metropolitana de Asunción se establece en su mayor extensión sobre éste material litológico.

Su unidad tipo se encuentra en el promontorio de Ita Pytã Punta, en el extremo occidental de Asunción sobre el litoral del río Paraguay. Se constituye por areniscas rojas, mal seleccionadas, friables y porosas asignadas como del Cretácico Superior – Cenozoico Inferior (Gómez Duarte, 1991).

Su cementación moderada se entiende por el carácter friable de estas rocas, lo cual se interpreta , o no acabada, de este macizo rocoso; y por su carácter geomecánico algunos autores lo denominan suelos endurecidos o rocas blandas. (Bosio, 2008).

Geografía

El afloramiento se encuentra en el microcentro de la ciudad de Fernando de la Mora, en las intersecciones de la Ruta Nacional N°2 Mariscal José Félix Estigarribia, y la calle Soldado Ovelar, frente al semáforo en el kilómetro 7 en dirección a la ciudad de San Lorenzo (Figura 1). Sus coordenadas geográficas son 25.322029°S, 57.557196°W.

Figura 1. Lugar de exposición de areniscas en Fernando de la Mora.

Resultados y discusión

En el lugar observado la arenisca Ita Pytã Punta se expone (Figura 2) a lo largo del destape realizado por el Proyecto Metrobus (Figura 3.1) en la Ruta Mariscal Estigarribia en Fernando de la Mora, con

Recibido: 11/02/2019 Aceptado: 13/04/2021

2078-399X/2022 Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Paraguay. Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es).

Figura 2. Exposición de arenisca de la Formación Ita Pytã Punta.

una extensión aproximada de 30 metros.

Es de considerar que, topográficamente la zona es de baja pendiente. Sin embargo, los destapes realizados desnivelaron el terreno de modo que en tiempos de lluvias los lugares excavados actuaban como canales; entonces, la acción erosiva de los raudales favoreció a que estas rocas quedaran expuestas. Se han observado estructuras sedimentarias del tipo tafoni, que son características en ambientes fluviales y se las considera de origen reciente, por las grandes escorrentías en tiempos de intensas lluvias.

Descripción de Roca

Arenisca limosa de color rojo naranja claro. Proporción clasto-matriz: ~70/30%. Roca clasto-soportada. Mala selección granulométrica; buena selección mineralógica. Clastos subredondeados, subangulosos. Cuarzo del tipo arena, cristal de roca, citrino. Granulometría: arena media - limo.

Matríz: Limo-arcilloso, con ~25% de concreción de hierro (levemente magnético). Subordinadamente clastos de feldespato, pirita, mica, y precipitados de manganeso.

Color rojizo, friable, de alta porosidad y con estructuras sedimentarias del tipo tafoni (Figura 2).

La presencia de minerales de silicatos del tipo mica y feldespato, de sulfuro de hierro en forma de pirita y algunos elementos nativos (Tabla 1), puede sugerir una fuente primaria de rocas ígneas de la Provincia Alcalina de Asunción (Comin-Chiaramonti et al., 1991).

Cabe destacar que durante el muestreo la roca era extremadamente blanda, muy parecida a un material no consolidado. No obstante, se ha verificado que dicho material una vez seco, ha adquirido una resistencia notable en relación a la muestra húmeda.

Figura 3. Afloramiento de arenisca Ita Pytã Punta. **1)** Disposición de afloramiento de arenisca Ita Pytã Punta. en el entorno de los trabajos del Metrobus en Fernando de la Mora. **2)** Suelo rojizo poco desarrollado de cobertura (<40 centímetros).

Tabla 1. Resultados de ensayo químico del Suelo. [Laboratorio de Suelos – Facultad de Agronomía, UNA].

pH	5.4	<5.5 Suelo Ácido
Materia Orgánica	2.07 %	<1.2 Contenido Medio
P	8,00 (mg/kg)	<12 Contenido Bajo
Ca^{+2}	7.78 cmolc/Kg	>6.0 Contenido Alto
Mg^{+2}	1.87 cmolc/Kg	>0.8 Contenido Alto
K*	0.51 cmolc/Kg	0.13 – 0.17 Contenido Medio
Na^{+}	0.08 cmolc/Kg	<1.5 Contenido Bajo
$Al^{+3} + H^{+}$	0.23 cmolc/Kg	< 0.04 Contenido Bajo
Cu	1.81 ppm	>0.2 Contenido Alto
Zn	4.30 ppm	>1.2 Contenido Alto
Fe	68.00 ppm	>8.0 Contenido Alto
Mn	48.00 ppm	>1.6 Contenido Alto
C.E.	2.04 dc/m	2.0 – 4.0 Ligeramente Salino

Descripción de Suelo

El suelo removido donde se expone la arenisca no supera los 40 centímetros de espesor (Figura 3.2). Un suelo rojizo opaco (Munsell 5 YR 5/3), residual y poco desarrollado (como el Horizonte C en un perfil de suelo), inmediatamente por encima de su roca fuente (Tarbuck & Ludgens, 2005).

Datos Químicos del Suelo

Se realizaron ensayos químicos de dicho suelo y los resultados fueron los siguientes: ligeramente salino y pH ácido. Altos niveles de hierro, manganeso, zinc y cobre. Así también alto contenido en calcio, magnesio, potasio. Los tenores de materia orgánica de contenido moderado. El contenido de fósforo y alúmina son bajos (Tabla 1).

Conclusiones

El cromóforo principal es el hierro, que tiñe la roca de color rojo debido al elevado tenor de hierro matricial. Esto se deduce por medio del ensayo químico del suelo. También se pudo comprobar la existencia de costras de precipitados del tipo concreciones.

El suelo del lugar es eminentemente residual y con poco desarrollo. Su fuente procede de la arenisca que se encuentra infrayacente.

Sin los trabajos de destape no hubiese sido posible reconocer estas areniscas en el lugar señalado. Esta exposición ya fue cubierta por piedra triturada a una semana de la visita al lugar, y ya no se encuentra a la vista. Actualmente se encuentra por debajo del asfaltado de la ruta.

El área metropolitana se establece mayormente sobre las areniscas de la Formación Ita Pytã Punta. Mediante este reconocimiento se comprueba una continuidad del mencionado substrato rocoso hacia el Este al menos hasta este sector del Gran Asunción.

Agradecimientos

A la Profesora Dr. Ana María Castillo Clerici y al Dr. Félix Carvallo por la revisión del trabajo.

Contribución de los autores

Los autores contribuyeron de igual manera en la elaboración de este artículo.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Bibliografía

Bosio J. (2008). Las arenas cementadas de Asunción. *Anales de la Academia Nacional de Ingeniería de Buenos Aires*, 4: 183–209.

Comin-Chiaramonti P., Civetta L., Petrini R., Piccirillo E., Bellieni, G., Censi P., Bitschene P., Demarchi G., De Min A., Gomes C., Castillo A.M. & Velázquez J.C. (1991). Terciary Nephelinitic Magmatism in Eastern Paraguay: Petrology, Sr-Nd Isotopes and Genetic Relationships with Associated Spinel- Peridotite Xenoliths. *European Journal of Mineralogy*, 3: 507–525.

Gómez Duarte, D. (1991). Consideraciones Morfoestructurales y Estratigráficas de la Antiforma de Asunción y su Relación con la Exploración de Aguas Subterráneas. *Memorias del Primer Simposio sobre Aguas Subterráneas y Perforación de Pozos en el Paraguay*: 131–146.

Tarbuck E. & Ludgens F. (2005). *Ciencias de la Tierra*. 6° Edición. Madrid: Prentice Hall. 736 pp.

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, Resumo 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 útimo autor separado por un signo de ampersant. 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 pais. *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 acptan 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
de la FACEN

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Rep. cient. FACEN	San Lorenzo (Paraguay)	Vol. 13, Nº 1	enero-junio de 2022	ISSN 2078-399X (versión impresa) ISSN 2222-145X (vesión online)

Artículos Originales

3-9 **Talia Appleyard, Medes Mendoza, Fátima Piris da Motta, Griselda Zárate1, Patricia Salinas, Fátima Ortiz, & Karina Núñez.** Ficoflora de los humedales del departamento de Ñeembucú.

10-19 **Patricia Salinas, Karina Núñez, Fátima Ortiz, Griselda Zárate, Medes Mendoza, & Andrea Weiler.** Mamíferos medianos y grandes en campos de cultivo de arroz en los departamentos de Misiones e Itapúa, Paraguay.

20-27 **Belén Zaldivar, Karen Chavez, Estefania Valiente, Yolanda Ramos, Patricia Salinas & Andrea Weiler.** Uso de hábitat y patrones de actividad de los pecaríes labiado (*Tayassu pecari*) y de collar (*Pecari tajacu*) en paisajes ganaderos del Chaco Seco, Paraguay.

28-40 **Fátima Ortiz, Patricia Salinas, Fátima Piris da Motta, Griselda Zárate, Medes Mendoza, Karina Núñez & Fernando Silla.** Riqueza, composición y estructura trófica de las comunidades de aves de los humedales de Ñeembucú, Paraguay.

41-50 **Luis Francisco Marín Insfrán, Elvio Gayozo Melgarejo, Cynthia Rivarola Sena & Clara Núñez.** Evaluación mutagénica de tres herbicidas a base de glifosato empleando el test de mutación y recombinación somática en *Drosophila melanogaster*.

51-56 **Iván Barrios, Jazmín Barrios, Alcides Bordón, Ema Maidana-Pont, Basilio Ruiz & Julio Torales.** Actitudes de estudiantes universitarios de Paraguay sobre la Estadística.

57-63 **Masayuki Miyazaki, Victorio Enrique Oxilia Dávalos & Mario Gustavo Leiva Enrique.** Manejo de residuos sólidos urbanos: una estrategia de educación ambiental en Paraguay.

64-72 **Edgar López Pezoa & Sebastián Alberto Grillo.** Análisis de la variabilidad de reportados de COVID-19 en tres semanas en relación con parámetros de movilidad.

73-84 **Edgar López Pezoa, Antoliano Cáceres Estigarribia, Sebastián Alberto Grillo & Edher Herrera.** Evaluación de exactitud de Naive Bayes y Regresión Logística para clasificación con atributos y clases binarios

85-88 **Moisés Gadea, Higinio Moreno, Nelson Acosta & Alejandro Acosta.** Presencia de Areniscas de la Formación Ita Pytã Punta al Descubierto en Fernando de la Mora, Paraguay.