



REPORTES CIENTÍFICOS

D E L A F A C E N

ISSN 2078-399X (impreso)

ISSN 2222-145X (online)

Volumen 13

Número 2

2022

Análisis de Datos Conteo con enfoque modelado: Cantidad de dolencias musculoesqueléticas y factores asociados en profesionales de enfermería

Caracterización del haz del laser He-Ne con el interferómetro de Michelson y el programa tracker

Estudio comparativo por métodos de clasificación para el análisis del desempleo en los departamentos de la región oriental del Paraguay

Correlación estratigráfica de los pozos Anita-1, Carmen-1 y modelado de la subcuenca del Pirity de Paraguay

Antonia Felicia Benítez Duarte & Alexandre Reis Graeml

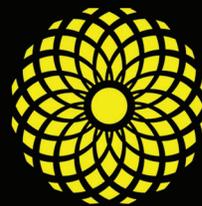
Apropiación tecnológica: estudio de caso de la relación entre el usuario y TI en FACEN-UNA

Fitorremediación de contaminantes emergentes de origen farmacéutico en humedales flotantes

Presencia de *Aedes aegypti*, vector de virus dengue y su susceptibilidad al control químico, en áreas bajo influencia de asentamientos humanos precarios en el municipio de San Antonio, Central-Paraguay

Mycobiota associated with yerba mate sold in Paraguay

Nuevos paradigmas ecológicos: adaptación y validación de la escala para su uso en la población local de deportistas de 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

<https://www.facen.una.py/es/reportes-cientificos/>

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

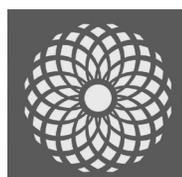
Dr. José Seguinot
Universidad de Puerto Rico - Puerto Rico

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 2	Julio-Diciembre de 2022	ISSN 2078-399X (versión impresa) ISSN 2222-145X (versión online)
-------------------	------------------------	------------------	----------------------------	---

REPORTES CIENTÍFICOS

DE LA FACEN

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Rep. cient. FACEN	San Lorenzo (Paraguay)	Vol. 13, Nº 2	Julio - Diciembre de 2022	ISSN 2078-399X (versión impresa) ISSN 2222-145X (versión online)
-------------------	------------------------	------------------	------------------------------	---

ARTÍCULOS ORIGINALES

- 91–113 **Fernando Gimenez Sena.** Análisis de Datos Conteo con enfoque modelado: Cantidad de dolencias musculoesqueléticas y factores asociados en profesionales de enfermería.
- 114–121 **Anicia Giménez Vega Tomás Rolón & Marcos Franco.** Caracterización del haz del láser He-Ne con el interferómetro de Michelson y el programa tracker.
- 122–130 **Lorena Leticia González, Luis Antonio Gómez Martínez & María Cristina Martín.** Estudio comparativo por métodos de clasificación para el análisis del desempleo en los departamentos de la región oriental del Paraguay.
- 131–140 **Jairo Villalba & Sonia Molinas.** Correlación estratigráfica de los pozos Anita-1, Carmen-1 y modelado de la subcuenca del Pirity de Paraguay.
- 141–152 **Antonia Felicia Benítez Duarte & Alexandre Reis Graeml.** Apropiación tecnológica: estudio de caso de la relación entre el usuario y TI en FACEN-UNA.
- 153–159 **Giselle Mariza Duré, Leónida Medina García, Sergio Rodríguez Bonet, Francisco Ferreira, Pablo Heleno Sezerino & Tomás López Arias.** Fitorremediación de contaminantes emergentes de origen farmacéutico en humedales flotantes.
- 160–174 **María Ferreira, German Gallego, & Javier Galeano.** Presencia de *Aedes aegypti*, vector de virus dengue y su susceptibilidad al control químico, en áreas bajo influencia de asentamientos humanos precarios en el municipio de San Antonio, Central-Paraguay.
- 175–182 **Laura Mendoza, Inocencia Peralta, Gabriela Ulke, Laura Gonzalez, Claudia Avalos, Francisco Ferreira, Laura Piris, Cristhian Grabowski, Alicia Benitez, Fernando Pizarro, Susana Sanchez, Cinthia Cazal, Juliana Moura Mendes, Man Mohan Kohli, Danilo Fernández Rios & Andrea Alejandra Arrua.** Mycobiota associated with yerba mate sold in Paraguay.
- 183–193 **Agatha Bóveda Aguirre & Luisa Delgado.** Nuevos paradigmas ecológicos: adaptación y validación de la escala para su uso en la población local de deportistas de Paraguay.



Análisis de Datos Conteo con enfoque modelado: Cantidad de dolencias musculoesqueléticas y factores asociados en profesionales de enfermería

Modelling approach to Count data analysis: Number of musculoskeletal conditions and associated factors in nursing professionals

Fernando Gimenez Sena¹ 

¹Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Estadística. Email: ferdisena@facen.una.py.

Resumen: Las dolencias derivadas de la actividad laboral son causa de preocupación creciente. Los trabajadores de enfermería son particularmente propensos a sufrir molestias musculoesqueléticas. Con los datos de un estudio transversal con 345 individuos, profesionales de enfermería del Hospital de Clínicas en San Lorenzo, utilizando modelos para datos conteos, se investigan factores asociados con este tipo de dolencia. Se encuentra que efectivamente existe asociación entre el tipo de calzado y la cantidad de patologías; pero al incorporar factores individuales, como sexo y edad, y factores laborales, como antigüedad y cantidad de turnos atendidos, el efecto del tipo de calzado utilizado se diluye.

Palabras clave: Datos conteo; modelos Poisson, Binomial negativo, Hurdle; sobredispersión; trastorno musculoesquelético.

Abstract: Work related ailments are a cause of growing concern. Nursing workers are particularly prone to musculoskeletal conditions. A study at the Hospital de Clínicas in San Lorenzo found an association between the type of work shoes used and the number of pathologies per individual. With the same data, from a cross-sectional study of 345 units, using models for count data, other factors that could be associated are investigated. It is found that there is indeed an association between the type of footwear and the number of pathologies. But, by incorporating individual factors, such as sex and age, and employment factors, such as seniority and number of shifts attended, the effect of footwear type dilutes completely.

Keywords: Count data; Poisson, Binomial negative, Hurdle models; overdispersion; musculoskeletal disorder.

Introducción

A medida que las exigencias laborales se hacen más intensas también aumentan los problemas físicos y psicológicos asociados con estas actividades. Según la Organización Internacional del trabajo (OIT), alrededor de 160 millones de personas sufren enfermedades relacionadas con el trabajo, citado por Zamora *et al.* (2019). Por este motivo, las iniciativas para desarrollar diversos aspectos de la seguridad laboral han ido adquiriendo mayor importancia en el transcurso del tiempo.

En el caso de los trabajadores de la salud, concretamente los que ejercen como profesionales de enfermería, el continuado contacto con pacientes y familiares aquejados con dolencias de diversa gravedad, las prolongadas horas de servicio y las condiciones desfavorables propician el deterioro de la salud física y mental, Muñoz *et al.* (2015); como

caso extremo, se ha constatado esta realidad durante la actual pandemia del COVID.

Los problemas de salud de las enfermeras pueden categorizarse en a) riesgos biológicos, b) riesgos químicos, c) riesgos físicos, y d) riesgos psicológicos (Tan, 1991). Estos riesgos generan problemas de salud en los trabajadores y por extensión generan disminución de la productividad, la calidad y seguridad de la atención a los pacientes. Letvak & Ruhm, (2011).

En un estudio de Trinkoff *et al.* (2002), los participantes de su estudio han presentado síntomas relacionado con afecciones musculoesqueléticas con al menos una semana de duración, al menos una vez al mes durante el año anterior a su entrevista.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), Luttmann *et al.* (2003), se define como trastornos musculoesqueléticos (TME) a proble-

Recibido: 19/12/2021 Aceptado: 17/08/2022



mas de salud del aparato locomotor que abarcan: músculos, tendones, esqueleto óseo, cartílagos, ligamentos y nervios. Los individuos pueden presentar desde molestias leves y pasajeras hasta lesiones irreversibles y discapacitantes, muchas de ellas causadas o intensificadas por el trabajo. Así mismo, la OMS señala que son factores que influyen en el desarrollo de TME, ejercer demasiada fuerza, manipulación manual de cargas por periodos prolongados, manipulación de objetos de manera repetida y frecuente, trabajar en posturas perjudiciales, esfuerzo muscular estático, inactividad muscular, movimientos repetitivos, exposición a vibraciones, factores ambientales, riesgos físicos y factores psicosociales.

En particular, Anderson & Nester, (2017) relacionan problemas en las extremidades inferiores y la espalda con las tareas ocupacionales, los pies, el calzado y la superficie del recinto laboral. Consideraciones similares se encuentra en Reed *et al.* (2014), quienes identifican factores relacionados con el individuo (edad, índice de masa corporal, condiciones físicas generales, etc.), características del calzado laboral, y factores relacionados con el lugar de trabajo (nivel profesional, lugar de trabajo, horas laborales trabajadas promedio, etc.).

En Maidana *et al.* (2020), se menciona que un calzado inadecuado potencia lesiones en los pies y las uñas (el aparato ungueal, que pueden producir bajas laborales; estas lesiones pueden revestir diversa gravedad; y aún los casos leves son potencialmente crónicas o y podrían desembocar en patologías más complejas. Estos autores, en su estudio encuentran evidencias de asociación entre el tipo de calzado utilizado y la cantidad de trastornos musculoesqueléticos reportados por los trabajadores de enfermería del Hospital de Clínicas en San Lorenzo (HCSL).

En este trabajo se exploran otros factores, además del tipo de calzado, registrados en Maidana *et al.* (2020) que pueden estar asociados con la cantidad de patologías musculoesqueléticas reportados por los profesionales de enfermería del HCSL por medio de un enfoque modelado de análisis.

En particular, se busca (1) examinar la asocia-

ción entre el tipo de calzado utilizado y la cantidad de patologías, (2) investigar el efecto de variables demográficas y laborales con la respuesta observada, y (3) determinar si el efecto asociado con el tipo de calzado es modificado por las características demográficas y laborales.

Materiales y métodos

Para el análisis se utiliza la muestra obtenida por Maidana *et al.* (2020); observada durante el año 2017, por selección aleatoria del conjunto de profesionales de enfermería y obstetricia que prestan servicios en el Hospital Universitario de Clínicas en la ciudad de San Lorenzo, Paraguay. La unidad observacional es el individuo profesional; quién ha dado su consentimiento informado para responder al cuestionario diseñado ad hoc.

El estudio es observacional y transversal. No existe control sobre las variables de interés y los valores observados muestran la situación en un corte temporal específico.

La respuesta de interés es la cantidad de patologías reportadas por cada caso; el factor de interés primario es el tipo de calzado. Se consideran variables demográficas, el sexo, la edad y el estado civil; mientras que son variables laborales, la especialidad (enfermería u obstetricia), la antigüedad y la cantidad de turnos de trabajo.

El análisis se ejecuta utilizando las herramientas disponibles para la especificación, estimación y diagnóstico de modelos estadísticos lineales generalizados (MLGZ).

Los datos en forma de conteos aparecen naturalmente en los estudios de investigación. Un enfoque usual consiste en agrupar según los factores de interés, y aplicar una prueba de asociación, p.e. chi-cuadrado, para extraer conclusiones sobre las asociaciones entre las variables que clasifican los conteos.

Alternativamente, se consideran los conteos observados como respuesta y se construye una ecuación, e.g., un modelo, que describa la relación entre la respuesta y las variables de interés, e.g., las variables explicativas o predictoras.

Una teoría general sobre los MLGZs se puede

encontrar en McCullagh & Nelder, (1998), Agresti, (2002) y Dobson & Barnett, (2008).

En términos generales un MLGZ consta de tres partes; a) la componente aleatoria, b) componente sistemática y c) una función enlace, que relaciona el valor esperado de las observaciones con la componente sistemática o predictor lineal. En la componente aleatoria se define la variable a ser estudiada junto con su distribución de probabilidad. El predictor lineal consiste en la combinación lineal de las variables explicativas cuyos coeficientes se estiman con los datos muestrales, usualmente por medio de una técnica iterativa ponderada basada en la función verosimilitud.

Se procede en dos etapas, 1) Análisis exploratorio, y 2) Búsqueda de una representación adecuada de la relación entre la cantidad de patologías y las variables explicativas de interés. En la primera etapa se utilizan procedimientos gráficos para investigar las relaciones entre variables y las características distribucionales de la respuesta. En la segunda, se parte de una relación entre variables donde la respuesta se considera Poisson estándar; a continuación, se evalúa la presencia de sobredispersión, y finalmente se contrasta la hipótesis que la cantidad de patologías está representada por dos procesos, uno que describe la existencia/ausencia de patologías y otro condicional a que existe patologías, que describe la cantidad de dolencias en cada sujeto; esto es, el proceso para conteos mayores que cero.

Para evaluar la bondad de ajuste se recurre a la deviancia. En realidad, la deviancia mide la discrepancia entre los datos y el modelo, es decir, la falta de ajuste; por lo tanto, un buen modelo debería presentar valores bajos de la deviancia. Para comparar dos modelos tal que uno contiene al otro, e.g., modelos anidados o jerárquicos, se utiliza la reducción de la deviancia, y el estadístico de prueba chi-cuadrado o cociente de verosimilitudes. Cuando los modelos no son jerárquicos se utiliza el criterio de información de Akaike (AIC) o el criterio de información Bayesiano (BIC), ambos equivalentes. El AIC disminuye a medida que el modelo mejora; por tanto, se espera un valor bajo del mismo.

Para la bondad de ajuste y comparación de modelos se utiliza también los llamados rootogramas, originalmente atribuidos a Tukey, (1977). Una amplia discusión de esta herramienta se encuentra en Kleiber & Zeileis (2016).

El modelo Poisson es el estándar para conteos, (Dobson, 2002; Fahrmeir & Tutz, 2001; Fox, 2008; McCullagh & Nelder, 1989; Nelder y Wedderburn, 1972).

Para este modelo, la distribución de la cantidad de patologías es Poisson, cuya característica distintiva es que el valor esperado de los conteos es igual a la varianza. La función que relaciona el valor esperado de los conteos con el predictor lineal es el logaritmo; en otras palabras, el modelo es aditivo en la escala del logaritmo del valor esperado.

Con datos conteos son usuales dos situaciones. En primer lugar, la sobre dispersión o variación extra (Poisson), que se detecta cuando los datos presentan mayor variabilidad que la esperada si las observaciones fueran en realidad Poisson. Segundo, cuando se observan una mayor cantidad de ausencias del evento de interés que la esperada con la suposición Poisson. En ambos casos, el modelo estándar necesita ser corregido.

En el caso de la sobre dispersión, el efecto inmediato es que las varianzas son mayores que las estimadas con el modelo estándar, por lo que las pruebas de hipótesis serán más restrictivas y se encontrarían más variables significativas o mayor significación en las pruebas de hipótesis.

La variación extra se puede originar por ausencia de variables importantes o por falta de independencia de las observaciones o por heterogeneidad en las unidades.

Modelos con sobredispersión

Se introduce un parámetro, **phi**, adicional para estimar la varianza extra. **Phi** se llama "parámetro de escalamiento de la sobredispersión". El modelo Poisson tiene valor esperado correspondiente al modelo estándar, pero la varianza se multiplica por el parámetro adicional; un valor estimado mayor que uno es señal de sobredispersión. El valor de **phi** se calcula como el cociente del estadístico

chi-cuadrado de Pearson dividido los grados de libertad correspondientes. Con la phi estimada, los intervalos de confianza se amplían en un factor raíz cuadrada de **phi**. (Gardner & Mulvey, 1995; Long, 1997). Como en el modelo estándar, un valor bajo de la deviancia señala un buen modelo.

Un modelo alternativo para datos sobre dispersos es el modelo Binomial negativo. Gardner & Mulvey, 1995; Hilbe, 2014). Este modelo captura el exceso de variación asumiendo que existe una variación no explicada entre los sujetos y con la propiedad de que no tiene efecto sobre el valor promedio de los conteos.

La distribución de probabilidad Binomial negativa además del parámetro promedio tiene adicionalmente un parámetro **theta**. Este parámetro controla el exceso de variación con respecto a la Poisson. A medida que **theta** aumenta, la distribución Binomial negativa tiende a la distribución Poisson; en el límite ambas son equivalentes. Estrictamente, el modelo Binomial negativo no es un MLGZ; pero cuando **theta** es fijo, puede probarse que cumple las condiciones para un modelo generalizado y por tanto se utilizan las técnicas correspondientes.

En general es posible comparar a) el modelo Poisson estándar con el modelo Poisson con variación extra; b) el modelo Poisson estándar con el modelo Binomial Negativo. El modelo sobre disperso Poisson y el modelo BN no pueden compararse directamente pues no están anidados; en este caso, el AIC o BIC son adecuados.

Exceso de ceros

Un problema frecuente al modelar la cantidad de eventos observados en una unidad es que la cantidad de no-eventos es mayor que la esperada bajo la distribución considerada. En este caso están disponibles dos opciones de uso extendido; **a)** el modelo inflado por ceros (ZIF)-zero-inflated Lambert, (1992), y **b)** modelo hurdle (Hdl) (Cragg, 1971; Mullahy, 1986).

El primer caso es útil en la presencia de ceros estructurales, esto es, cuando existen unidades que no pueden presentar el evento de interés. La segunda opción es aplicable cuando la unidad pudiendo

presentar el evento de interés, en la muestra no lo evidencia.

Estructuralmente ambos tienen dos componentes. Una corresponde a los conteos positivos y otra que modela los ceros. En cada componente se pueden utilizar conjuntos distintos de variables explicativas. En la primera componente son posibles, entre otras, la distribución Poisson y la Binomial negativa; en la segunda una posibilidad es la distribución Binomial para un ajuste del modelo logístico.

Resultados y discusión

Del proceso de data-QC se mantienen 345 cuestionarios.

Variables explicativas

En la muestra han respondido 67 varones, que representan un 20% del total, y 278 mujeres (aprox. 80%). El rango de edad está entre 23 y 59 años, con un promedio de 36.6 años; del total, el cincuenta por ciento tiene menos de 35 años, mientras que el 25% mayor tiene 41 años o más. En el conjunto, 45% está casado y cerca del 50% se reporta soltero; el cinco por ciento restantes se reparte en proporciones casi iguales entre separados y viudos. Con relación a las variables laborales, 326 son profesionales de enfermería y 19 son de obstetricia; del total, un poco más del 58% tiene antigüedad menor a cinco años. La gran mayoría, aproximadamente el 92%, se desempeña en uno (43%) o dos (49%) turnos.

Para el estudio de la variable de interés se consideran cuatro tipos de calzado de uso laboral. El calzado más utilizado es del tipo anatómico con 181 (53%) personas, mientras que el de menor uso es el calzado velcro, que es utilizado por el 11% de los entrevistados; le sigue el de tipo cordón con un 14%, y el tipo crocs es usado para el trabajo por el 22% restante.

Cantidad de Patologías

El evento en estudio es la cantidad de patologías musculoesqueléticas declaradas por cada entrevistado. Se considera que los individuos son indepen-

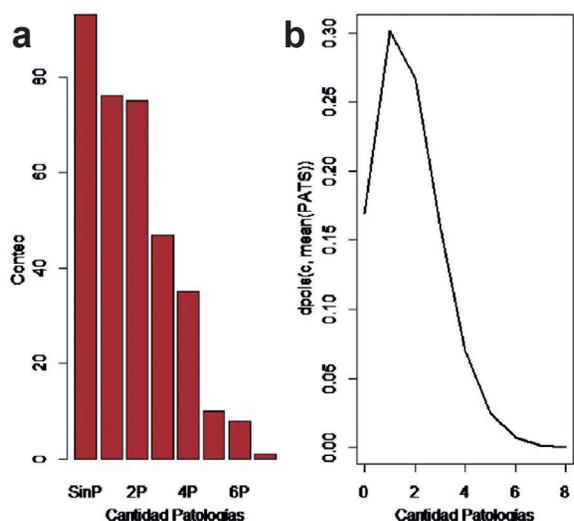


Figura 1. Distribución de la cantidad de patologías. a) Distribución de frecuencias. b) Proporción.

dientes entre sí; es decir, la cantidad condiciones en un individuo no hace más o menos improbable la ocurrencia de patologías en otra persona. (Es posible que exista una independencia en bloques, e.g., cátedras distintas son independientes, pero internamente no lo son). Se ha encontrado que aproximadamente un 25% de los 345 entrevistados han manifestado no presentar patología alguna; mientras que el 75%, es decir, tres de cada cuatro, tienen al menos una dolencia del tipo musculoesquelético.

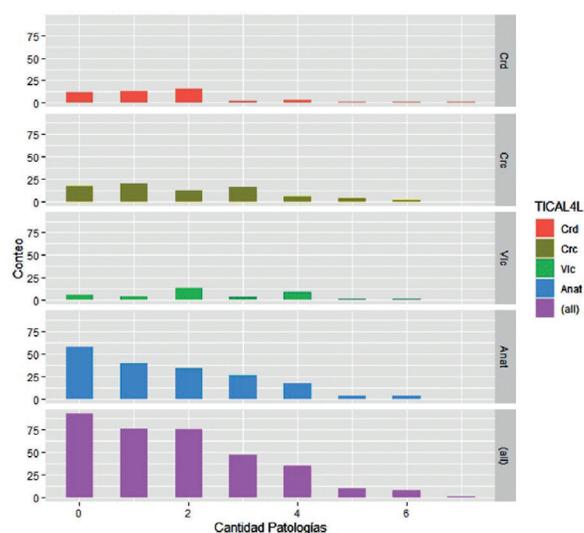


Figura 2. Cantidad de patologías por tipo de calzado utilizado.

quelético. La cantidad media de patologías por individuo es 1.774.

En la Fig. 1(a, b) se ve la distribución de los conteos observados; esta puede compararse con la distribución Poisson esperada, Fig. 1(b), con parámetro igual a la tasa media de ocurrencias estimada con la muestra obtenida. Se distingue que la forma es similar, aparte del hecho que en la muestra se han registrado una mayor cantidad de ceros que en la distribución teórica.

De la distribución de frecuencias de la cantidad de dolencias por individuos, agrupadas por tipo de calzado. En la Fig. 2, se evidencia el desbalance de los datos muestrales; esto es, la cantidad de observaciones por grupo es muy diferente, lo que plantea limitaciones para la estimación de los coeficientes en el modelo y será necesario combinar grupos con objeto de proporcionar mayor estabilidad de las estimaciones.

De la distribución de variables demográficas, edad, sexo y estado civil, se detecta evidencia de que la distribución de los conteos es en cierta medida distinta, ver Fig. 3.

El grupo de 36 años o más tiene la mediana aproximadamente al nivel del tercer cuartil correspondiente al grupo de menor edad; similar estructura se observa en las variables sexo y estado civil. La diferencia observada entre los niveles viudo y separado del grupo Estado civil se establecen con pocas observaciones por lo que no resultan confiables. Del conjunto de variables laborales, profesión y cantidad de turnos tienen estructuras distribucionales similares, por lo que sus respectivos niveles no definen grupos diferentes en términos de cantidad de eventos de interés. En la variable antigüedad, los individuos de menor antigüedad tienen menor cantidad de dolencias que los de cinco años o más; esto sugiere una partición en dos grupos, los de antigüedad menor a cinco y los de cinco o más.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos por ajuste de modelos bajo diversas suposiciones. Debe notarse que la muestra es altamente desbalanceada, por lo que existen combinaciones de niveles de los factores que presentan ceros por muestreo; no existen ceros estructurales.

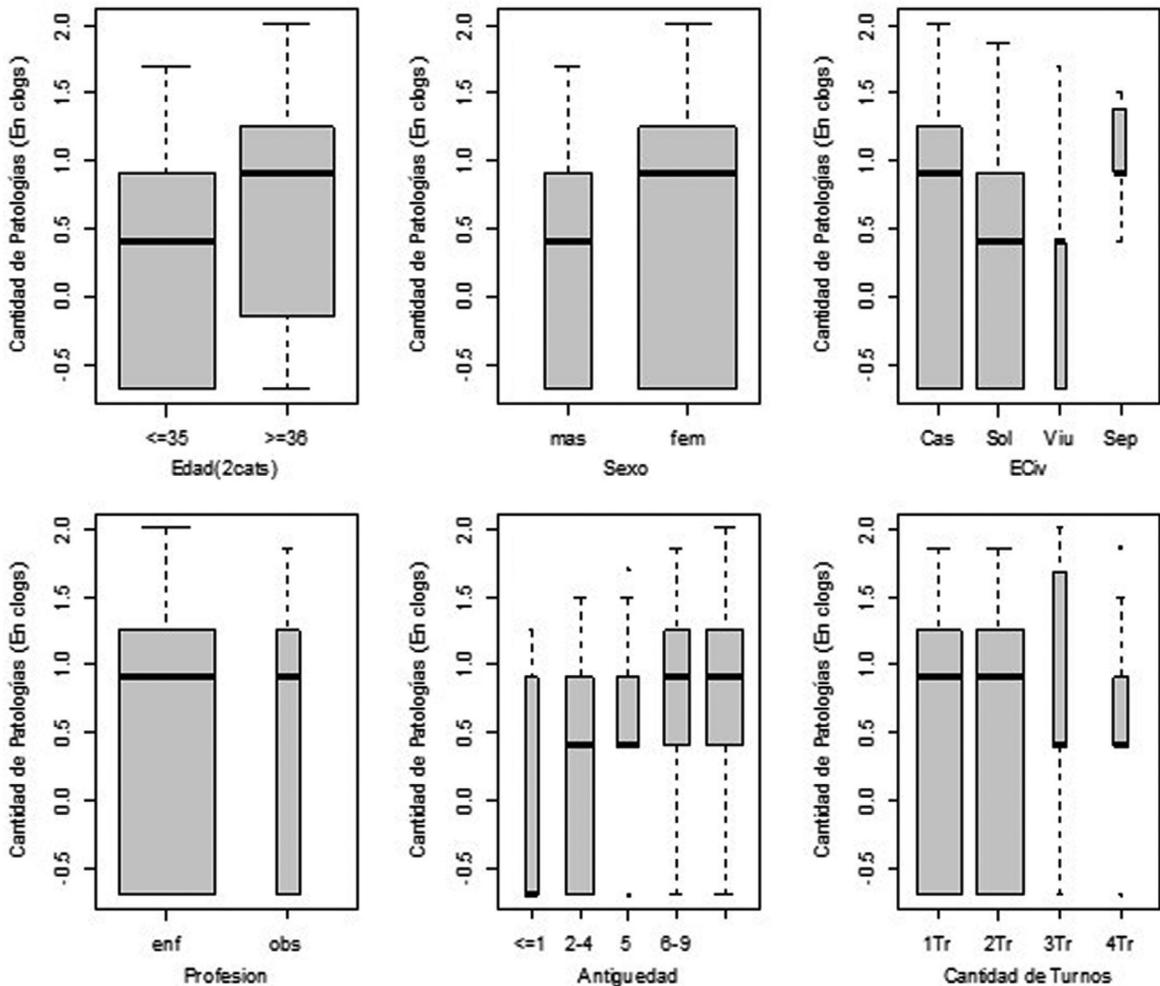


Figura 3. Gráfico de cajas y bigotes de la cantidad de patologías clasificadas por: **a)** Edad. **b)** Sexo. **c)** Estado Civil. **d)** Profesión. **e)** Antigüedad. **f)** Cantidad de turnos ejercido.

Del grupo de variables demográficas se toma la variable edad, con dos niveles (menor o igual a 35 años y los mayores a 35); y la variable sexo con dos niveles. Como variable de interés laboral se elige antigüedad tomando en consideración que las otras dos internamente no muestran diferenciación muestral; este factor originalmente con cinco niveles se reagrupa en tres; uno consistente de trabajadores con cinco o menos años de antigüedad, otro con seis a nueve años y el último con diez o más años.

La variable explicativa primaria, originalmente con cuatro niveles, se recodifica para definir dos

grupos; trabajadores que utilizan calzado anatómico y los que no.

Con los niveles redefinidos para cada variable de interés se tienen 24 combinaciones de niveles a ser estudiados.

Una característica típica de los datos conteos es que la varianza tiende a crecer a medida que crece la cantidad de eventos considerados. La suposición básica inicial es que los datos siguen una distribución Poisson; en cuyo caso, el valor esperado de la respuesta es igual a su varianza. Si la varianza es mayor se tiene exceso de variación, técnicamente llamado sobredispersión.

Relaciones entre cantidad de eventos y variables de interés

Evaluación de las asociaciones entre la cantidad de eventos y las variables explicativas de interés. Los modelos en su mayoría son del tipo lineal generalizado con enlace logaritmo. En el estudio de la variación extra se utiliza la familia cuasi-Poisson. El programa de análisis es R (ver. 4.1.2). Los comandos utilizados y productos seleccionados se pueden encontrar en el Anexo: Modelos Ajustados.

Para la investigación de los predictores, y debido al desbalance estructural, inicialmente se estudian las asociaciones con las variables demográficas incorporando en primer lugar las variables demográficas, sexo, luego edad. A continuación, se compara el posible efecto combinado de ambos. Seguidamente, se incorpora la variable antigüedad y se evalúa si existe efecto combinado de los tres predictores sobre los conteos por individuo.

Tipo de calzado utilizado (variable: TICAL con dos niveles)

Para evaluar el efecto del tipo de calzado sobre la cantidad de patologías que presenta cada individuo se parte de la suposición de que las dolencias se distribuyen homogéneamente en los individuos.

De la comparación entre el modelo Poisson y el modelo Binomial negativo se concluye que el segundo modelo representa ligeramente mejor a los datos en términos del criterio de información de Akaike, esto es, A-Poisson = 1.234,5 versus A-NB= 1.212,8. Por otra parte, con el modelo BN se reduce ligeramente la significación de la variable TICAL debido a la modificación de la varianza para tomar en cuenta la sobre dispersión; ver Anexo: Modelos Ajustados. Sección: Modelo TICAL. Estos resultados concuerdan con (Maidana *et al.*, 2020).

Demo y Labor (Poisson estándar)

Utilizando la notación de Wilkinson, (McCullagh & Nelder, 1998) para describir modelos, el modelo completo se escribe como:

$$(M.1) \quad mPoi.DxL = SEXO * EDAD * ANTIG$$

Indicando que se incluye en el modelo, todos los efectos principales, las interacciones de dos variables, por ejemplo, *SEXO:EDAD*, y el efecto combinado de las tres, esto es, *SEXO:EDAD:ANTIG*.

Para el ajuste se utiliza el predictor lineal log (valor esperado de los conteos), y la distribución de error Poisson con enlace logaritmo. Se compara con el modelo aditivo con solo efectos principales,

$$(M.2) \quad mPoi.DL = SEXO + EDAD + ANTIG$$

De la prueba LRT resultante de comparar M.1 con M.2 se determina que las interacciones tienen efectos significativos sobre el logaritmo de los conteos. Como las interacciones de tres variables no superan el corte de significación 5%, estas son excluidas del modelo. Se obtiene entonces el modelo base,

$$(M.3) \quad mPoi.DLi = SEXO+EDAD+ANTIG + SEXO: EDAD + SEXO:ANTIG + EDAD:ANTIG$$

es decir, un modelo con efectos principales y las interacciones de dos variables.

Demo, Labor y TICAL

- Poisson estándar: Al modelo M.3 se le incorpora el efecto del tipo de calzado para especificar el modelo de investigación. Con esta variable en el modelo, ningún efecto producto de la combinación de tres variables resulta relevante, así como ninguna combinación con el tipo de calzado. Se debe notar que la incorporación de estos nuevos términos al modelo mejora el ajuste significativamente, pero cada uno de forma individual no es relevante.

Por tanto, el modelo Poisson actual se define como,

$$(M.4a) \quad mPoi.DLTi = SEXO + EDAD + ANTIG + TICAL + SEXO:EDAD + SEXO:ANTIG + EDAD:ANTIG$$

Como el modelo Poisson estándar omite la existencia de variación extra, la estimación de la varianza y por tanto los intervalos de confianza

y las pruebas de hipótesis son más exigentes, es necesario evaluar la existencia de sobredispersión.

- b) Chequeo de la variación extra: Por medio de la función "dispersiontest()" del paquete AER y del paquete DHARMA la función testDispersion(), se comprueba que la suposición Poisson de que el parámetro de dispersión es 1, estadísticamente se estima entre 1.17 y 1.26. con un valor-p de 0.008, lo cual evidencia existencia de variación extra-Poisson; ver Fig. 4.

En consecuencia, es conveniente realizar algunas modificaciones para tomar en consideración este hecho.

Modelo con exceso de variación

Para tomar en cuenta la variación extra, una alternativa es calcular la matriz de varianzas con el parámetro de dispersión estimado; otra posibilidad es ajustar un modelo con familia de distribuciones quasi-Poisson. Alternativamente, se utiliza como distribución del error a la Binomial negativa; para lo cual se recurre a la función glm.nb del paquete MASS. La estructura sistemática es la misma que en (M4a), con la diferencia que ahora la distribución del error es la Binomial negativa. Por tanto,

el modelo NB actual se define como,

$$(M.4b) \quad mBN.DLT_i = SEXO + EDAD + ANTIG + TICAL + SEXO:EDAD + SEXO:ANTIG + EDAD:ANTIG$$

En términos de AIC, los modelos M.4a y M.4b son idénticos; es decir, ambos tienen un ajuste global equivalente; sin embargo, corrigiendo para la variación extra, los parámetros asociados con la edad se duplican, mientras que el coeficiente asociado con el efecto combinado de edad y antigüedad se incrementa en 60%.

Exceso de ceros

Como se ha visto previamente, la cantidad de trabajadores que no presentan patologías no es consistente con una distribución cuya tasa media de ocurrencias es igual a la observada. Por otra parte, la evidencia de variación adicional podría ser justificada al hecho que el proceso generador de eventos cero es diferente al que genera la ocurrencia de dolencias musculoesqueléticas en los profesionales de enfermería. A los efectos de investigar esta posibilidad, se utiliza un modelo en dos partes; la primera describe la ocurrencia o no del evento de interés, y la segunda modela una distribución de conteos truncada para describir los conteos observados. Aquí se explora el caso en que el mismo conjunto de variables operan en ambas etapas. Para ambos modelos, la generación de cero eventos está gestionada por la distribución binomial, mientras que la componente truncada es descrita ya sea por la distribución Poisson o Binomial negativa. Los resultados se muestran en el Anexo Modelos Ajustados, Sección Exceso de ceros. Los cálculos se realizan utilizando la función "hurdle" del paquete "pscl".

Los dos modelos producen las mismas estimaciones de los coeficientes del modelo; siendo los valores significativos correspondientes en ambos. En el caso Binomial negativo, los valores-p son mayores que su contraparte Poisson. Un aspecto adicional es que el valor del parámetro θ es muy grande, por lo que se transforma la varianza de la distribución binomial negativa en el equivalente Poisson; en consecuencia, ambas son iguales.

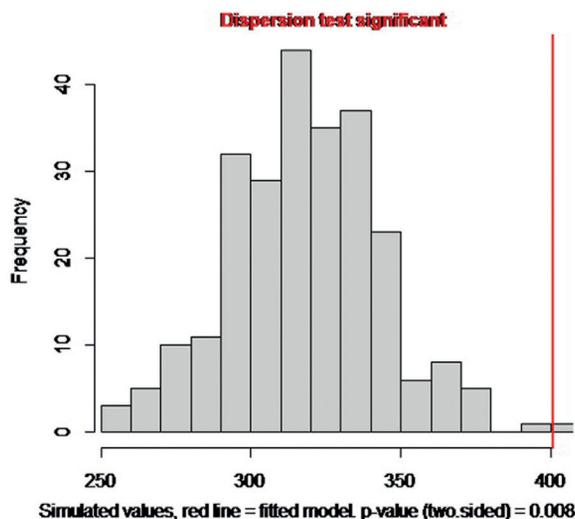


Figura 4. Prueba de sobredispersión, Cantidad de ceros observados es mayor a la cantidad esperada con la suposición Poisson.

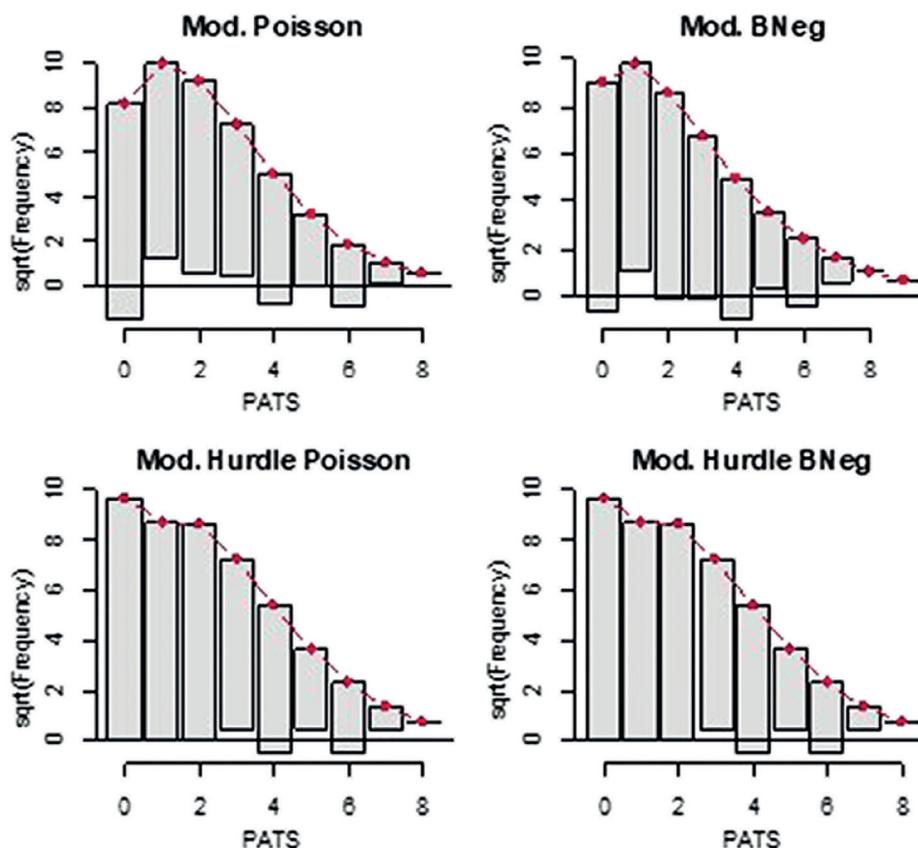


Figura 5. Comparación gráfica de modelos. Rotogramas resultantes para cada modelo ajustado.

Comparación de modelos

A continuación, se realiza una comparación gráfica, Fig. 5, de los cuatro modelos considerados.

El modelo Poisson presenta un patrón con exceso de ceros, con pocas frecuencias observadas para los valores 1 a 3; los conteos 4 y 6 están sobre ajustados, mientras que los conteos 4 y 7 son reproducidos correctamente

Con la corrección por exceso de variación, el modelo Binomial negativo mejora la representación de los datos; aunque aún muestra los mismos problemas que el modelo Poisson. Los modelos de dos partes mejoran sustancialmente el ajuste. Las estimaciones son consistentes entre ambos modelos. Por la magnitud del parámetro θ , resultan equivalentes los modelos "hurdle" Binomial negativo y el modelo "hurdle" Poisson. En consecuencia, se adopta este último para reproducir

el evento en estudio. Es importante mencionar que estos modelos no ajustan adecuadamente (pérdida de ajuste) cuando los conteos son mayores que tres; indicando la necesidad de otras acciones para mejorar el ajuste cuando la cantidad de patologías por persona va aumentando, por ejemplo, incorporar otra variable no considerada, o el ajuste de relaciones cuadráticas, etc.

Conclusiones

a) Efecto TICAL

Del análisis del efecto individual del tipo de calzado utilizado, sin tomar en cuenta la existencia de otros factores, se infiere que esta variable tiene relevancia como factor que incide en la ocurrencia de lesiones musculoesqueléticas. Sin embargo, también se constatan efectos, como la existencia de variación adicional y gran cantidad de individuos sin patolo-

gías, que están asociados con otros factores, y que terminan diluyendo la importancia de esta variable.

b) *Efecto Demo, Labor*

Cuando no se considera el efecto debido al tipo de calzado utilizado, La distribución Binomial negativa produce mejor ajuste que la Poisson; en ambos casos existe exceso de ceros no explicados y falta de ajuste.

Los modelos de dos partes (hurdle) mejoran la representación de los datos muestrales; ambos modelos son equivalentes. Se observa pérdida de ajuste cuando la cantidad de eventos por individuo es tres o más. La variable SexFem resulta la única relevante para los conteos (significación 5%). En la parte correspondiente a la mera existencia o no de patologías, resultan significativas la antigüedad y los efectos combinados de sexo y antigüedad.

c) *Modifica las variables Demo, Labor el efecto de TICAL*

El modelo considerado adecuado en este trabajo incorpora los factores sexo, edad, antigüedad y tipo de calzado laboral utilizado cotidianamente. La ecuación correspondiente tiene dos partes.

- (1) Modelo para la ocurrencia del evento; Poisson truncado con enlace logaritmo, utilizando solo los coeficientes significativos al 5%.

$$\log(\text{PATS}) = -0.55 + 1.17 \text{ SexFem}$$

- (2) Modelo para conteo 0; Binomial con enlace logit, utilizando solo los coeficientes significativos al 5%

$$\begin{aligned} \text{logit}(\text{PATS}) &= \log(\text{prob}[\text{patologías}] / \text{prob}[\text{no patologías}]) \\ &= -0,55 + 1.17 \text{ SexFem} \\ &+ 2.44 \text{ Antig}(5-9) + 2.76 \text{ Antig}(>=10) \\ &+ (-0.76) \text{ TicalAn} \\ &+ (-1.70) \text{ SexFem:Antig}(5-9) + (-2.32) \\ &\text{SexFem:Antig}(>=10) \end{aligned}$$

Agradecimientos

A la Lic. Mg. Ada Maidana y su equipo de la Facultad de Enfermería y Obstetricia de la UNA, quienes han diseñado y conducido la toma de muestra y

cuyos datos han sido utilizados en este trabajo.

Referencias

- Agresti, A. (2003). *Categorical data analysis*. 2nd Ed. Hoboken: Wiley. 734pp.
- Anderson, J., Williams, A. & Nester, C. (2016). A narrative review of musculoskeletal problems of the lower extremity and back associated with interface between occupational tasks, feet, footwear, and flooring. *Musculoskeletal Care*, 15(4): 304–315.
- Cragg, J.G. (1971). Some statistical models for limited dependent variables with application to the demand for durable goods. *Econometrica*, 39(5): 829–844.
- Dobson, A. & Barnett, A. (2008). *Introduction to generalized linear models*. 3rd Ed. London: Chapman & Hall / CRC Press. vi + 301pp.
- Fahrmeir, L. & Tutz, G. (2001). *Multivariate statistical modelling based on generalized linear models*. 2nd Ed. New York: Springer. xxvi + 517 pp.
- Fox, J., (2016). *Applied regression analysis and generalized linear models*. 3rd Ed. Thousand Oaks & London: Sage. xxiv + 791 pp.
- Gardner, W. & Mulvey, E. (1995). Regression analyses of counts and rates: Poisson, overdispersed Poisson and Negative binomial models. *Psychological Bulletin*, 118(3): 392–404.
- Hilbe, J. (2011). *Negative Binomial Regression*. 2nd Ed. Cambridge: Cambridge University Press. 550p.
- Kleiber, C., & Zeileis, A. (2016). Visualizing Count Data Regressions Using Rootogramas. *The American Statistician*, 70(3): 296–303.
- Lambert, D. (1992). Zero-Inflated Poisson Regression, with an application to defects in manufacturing. *Technometrics*, 34(1): 1–14.
- Letvak, S., Ruhm, C. (2011). The impact of nurses' health on productivity and quality of care. *The Journal of Nursing Administration*, 41(4): 162–167.
- Long, J. (1997). *Regression models for categorical and limited dependent variables*. Thousand

- Oaks: Sage. *Advanced Quantitative Techniques in the Social Sciences*, 7: xxx + 300 pp.
- Luttmann, A., Jäger, M., Griefahn, B., Caffier, G., Liebers, F. & Steinberg, U. (2003). *Preventing musculoskeletal disorders in the workplace*. Washington, DC: World Health Organization. *Protecting workers' Health*, 5: 32 pp.
- Maidana, A., Mareco, F., Caballero, L., Barrios, E. & Bareiro, J. (2020). Autocuidado en profesional de enfermería con relación al uso de calzado. Hospital de Clínicas, San Lorenzo - Paraguay 2017. *Memorias del Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Salud*, 18(3): 24–33.
- McCullagh, P. & Nelder, J. (1989). *Generalized linear models*. 2nd Ed. London: Chapman and Hall. 532 pp.
- Mullahy, J. (1986). *Specification and testing of some modified count data models*. *Journal of Econometrics*, 33(3): 341–365.
- Muñoz, C., Rumie, H., Torres, G., & Villarroel, K. (2015). Impacto en la salud mental de la (del) enfermero(a) que otorga cuidados en situaciones estresantes. *Ciencia y Enfermería*, 21(1): 45–53.
- Nelder, J. & Wedderburn, A. (1972). Generalized linear models. *Journal of the Royal Statistical Society (A)*, 135(3): 370–384.
- Reed, L.F., Battistutta, D., Young, J. & Newman, B. (2014). Prevalence and risk factors for foot and ankle musculoskeletal disorders experienced by nurses. *BMC Musculoskeletal Disord*, 15(196): 1–7.
- Tan, C.C. (1991). Occupational health problems among nurses. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 17: 221–30.
- Trinkoff, A.M., Lipscomb, J.A., Geiger-Brown, J. & Brady, B. (2002). Musculoskeletal problems of the neck, shoulder, and back and functional consequences in nurses. *American Journal of Industrial Medicine*, 41(3): 170–178.
- Tukey, J. W. (1977). *Exploratory data analysis*. Addison-Wesley, Reading, MA, USA. xvi + 688 pp.
- Zamora, M., Martínez Alcántara, S., & Balderas López, M. (2019). Trastornos musculoesqueléticos en trabajadores de la manufactura de neumáticos, análisis del proceso de trabajo y riesgo de la actividad. *Acta Universitaria*, 29(e1913): 1–16.

ANEXO

```

# =====
# ANEXO: MODELOS AJUSTADOS
# -----
# =====

# -----
# -----
# Poisson estandar
# -----
m.0 = glm(PATS ~ 1,
          family = poisson(link= log),
          data = aidaT)
# -----
mPoi.T = glm (PATS ~
              TICAL2L,
              family= poisson(link= log),
              data= aidaT)
summary(mPoi.T)
anova(m.0, mPoi.T, test="Chisq")
# -----
mPoi.T4 = glm (PATS ~
              TICAL4L,
              family= poisson(link= log),
              data= aidaT)
summary(mPoi.T4)
anova(m.0, mPoi.T4, test="Chisq")
# -----
mBN.T = glm.nb (PATS ~
                TICAL2L,
                data= aidaT)
summary(mPoi.T)
anova(m.0, mBN.T, test="Chisq")
# -----
mBN.T4 = glm.nb (PATS ~
                 TICAL4L,
                 data= aidaT)
summary(mPoi.T4)
anova(m.0, mBN.T4, test="Chisq")

# -----

```

```

# -----
# Binomial Negativa
# -----
library(MASS)
# -----
mBN.0 = glm.nb(PATS ~ 1,
               data = aidaT)
# -----
mBN.T = glm.nb (PATS ~
                TICAL2L,
                data= aidaT)
# -----
summary(mBN.T)
anova(mBN.0, mBN.T, test="Chisq")

# -----
# -----
# Sección: Modelo Demo, Labor (Poisson estándar)
# -----

# (M1)
mPoi.DxL = glm (PATS ~
                SEXOF*EDAD2L*ANTG3F,
                family= poisson(link= log),
                data= aidaT)
summary(mPoi.DxL)
# de este resumen se determina que las interacciones tiene significación menor al
# corte de 5% y por tanto son excluidas del modelo.
# -----

# (M2): Modelo aditivo Demo + Labor
mPoi.DL = glm (PATS ~
               SEXOF + EDAD2L + ANTG3F,
               family= poisson(link= log),
               data= aidaT)
# -----
# Comparación de modelos
anova(mPoi.DxL)
anova(mPoi.DL)
anova(mPoi.DL, mPoi.DxL, test = "LRT")

```

Resultados

	Df	Deviance	Resid.	Df	Resid.	Dev
NULL			344			564.53
SEXOF 1	8.0197		343			556.51
EDAD2L 1	10.1515		342			546.36
ANTG3F 2	9.4514		340			536.91

Analysis of Deviance Table

Model 1: PATS ~ SEXOF + EDAD2L + ANTG3F

Model 2: PATS ~ SEXOF * EDAD2L * ANTG3F

	Resid.	Df	Resid.	Dev	Df	Deviance	Pr(>Chi)
1	340			536.91			
2	333	517.19	7	19.718	0.006212	**	

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

#(M3a) Modelo Demo + Labor, Poisson

```
mPoi.DL3 = glm (PATS ~
  SEXOF + EDAD2L + ANTG3F
  + SEXOF:EDAD2L + SEXOF:ANTG3F + EDAD2L:ANTG3F,
  family= poisson(link= log),
  data= aidaT)
```

#(M3b) Modelo Demo + Labor, NBin

```
mBN.DL3 = glm.nb (PATS ~
  SEXOF + EDAD2L + ANTG3F
  + SEXOF:EDAD2L + SEXOF:ANTG3F + EDAD2L:ANTG3F,
  data= aidaT)
```

summary(mPoi.DL3)

summary(mBN.DL3)

```
mHdlPoi.DL3 <- hurdle(PATS ~
  + SEXOF+EDAD2L+ANTG3F)
```

```

+ SEXOF:EDAD2L + SEXOF:ANTG3F + EDAD2L:ANTG3F,
data= aidaT,
dist = "poisson",
zero.dist = "binomial")
# -----

mHdIBN.DL3 <- hurdle(PATS ~
+ SEXOF+EDAD2L+ANTG3F+TICAL2L
+ SEXOF:EDAD2L + SEXOF:ANTG3F + EDAD2L:ANTG3F,
data= aidaT,
dist = "negbin",
zero.dist = "binomial")
summary(mHdIPoi.DL3)
summary(mHdIBN.DL3)

# -----
# Comparación gráfica de modelos
# -----
par(mfrow = c(2, 2))
rootogram(mPoi.DL3, main="Mod. Poisson")
rootogram(mBN.DL3, main= "Mod. BNeg")
rootogram(mHdIPoi.DL3, main="Mod. Hurdle Poisson")
rootogram(mHdIBN.DL3, main= "Mod. Hurdle BNeg")
par(mfrow = c(1, 1))
# -----
# -----

# Seccion: Modelo Demo, Labor, TICAL (Poisson)

# (a) Se incorpora TICAL2L

# (M4a) Modelo Demo, Labor, Tical; 2-var interaccion (Poisson)
mPoi.DLTi = glm (PATS ~
SEXOF + EDAD2L + ANTG3F + TICAL2L
+ SEXOF:EDAD2L + SEXOF:ANTG3F + EDAD2L:ANTG3F,
family= poisson(link= log),
data= aidaT)
# -----

# Modelo completo, Demo, Labor, Tical (Poisson)

```

```

mPoi.DLTx = glm (PATS ~
  SEXOF*EDAD2L*ANTG3F*TICAL2L,
  family= poisson(link= log),
  data= aidaT)
summary(mPoi.DLTx)

# -----
# Comparación de modelos
# -----
anova(mPoi.DLTi)
anova(mPoi.DLTx)
anova(mPoi.DLTi, mPoi.DLTx, test = "LRT")

# -----
# (b) Chequeo de la variación extra

# Modelo completo Demo, Labor, Tical (Poisson)
m.full= glm (PATS ~
  SEXOF*EDAD2L*ANTG3F*TICAL2L,
  family= poisson(link= log),
  data= aidaT)
# -----

# Testing overdispersion, pkg= AER, or pkg= DHARMA
# -----
library(AER)

# summary(fmp = m.full)
dispersiontest(m.full)

library(DHARMA)
sim.full <- simulateResiduals(m.full, refit=T)
testDispersion(sim.full)

# -----
# -----
# Seccion: Sobredispersión
# -----

# Regresion Quasi-Poisson
# -----

```

```
mqPoi.DLT = glm (PATS ~
  SEXOF+EDAD2L+ANTG3F+TICAL2L
  + SEXOF:EDAD2L + SEXOF:ANTG3F + EDAD2L:ANTG3F,
  family = quasipoisson(link= "log"),
  data= aidaT)
summary(mqPoi.DLT)
```

```
# Regresión Binomial Negativa
```

```
# -----
```

```
# ajuste con glm.nb de pkg MASS
```

```
library(MASS)
```

```
# note link= log
```

```
# (M4b) Modelo Demo, Labor, Tical; 2-var interaccion (BNeg)
```

```
mBN.DLTi <- glm.nb(PATS ~
  + SEXOF + EDAD2L + ANTG3F + TICAL2L
  + SEXOF:EDAD2L + SEXOF:ANTG3F + EDAD2L:ANTG3F,
  data = aidaT)
```

```
summary(mBN.DLTi)
```

```
# Resultados
```

```
# -----
```

```
glm.nb(formula = PATS ~ +SEXOF + EDAD2L + ANTG3F + TICAL2L +
  SEXOF:EDAD2L + SEXOF:ANTG3F + EDAD2L:ANTG3F, data = aidaT,
  init.theta = 5.594638179, link = log)
```

```
Deviance Residuals:
```

Min	1Q	Median	3Q	Max
-2.07654	-1.05573	-0.07816	0.57392	2.31374

```
Coefficients:
```

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-0.53446	0.31116	-1.718	0.085863 .
SEXOFfem	0.98515	0.32928	2.992	0.002773 **
EDAD2L>=36	0.15973	0.40546	0.394	0.693619
ANTG3F5-9	1.20338	0.35808	3.361	0.000778 ***
ANTG3F>=10	1.24954	0.40243	3.105	0.001903 **

```

TICAL2LAn      -0.25048  0.09515 -2.632 0.008481 **
SEXOfem:EDAD2L>=36  0.35671  0.31641  1.127 0.259580
SEXOfem:ANTG3F5-9 -0.89685  0.38219 -2.347 0.018944 *
SEXOfem:ANTG3F>=10 -1.17230  0.42630 -2.750 0.005961 **
EDAD2L>=36:ANTG3F5-9 -0.63294  0.35081 -1.804 0.071193 .
EDAD2L>=36:ANTG3F>=10 -0.10944  0.36921 -0.296 0.766902

```

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for Negative Binomial(5.5946) family taken to be 1)

Null deviance: 451.73 on 344 degrees of freedom

Residual deviance: 410.14 on 334 degrees of freedom

AIC: 1194.6

Number of Fisher Scoring iterations: 1

Theta: 5.59

Std. Err.: 2.01

2 x log-likelihood: -1170.59

```

# -----
# -----
# Seccion: Exceso de ceros
# -----
library(pscl)

mHdlPoi.DLTi <- hurdle(PATS ~
  + SEXOF+EDAD2L+ANTG3F+TICAL2L
  + SEXOF:EDAD2L + SEXOF:ANTG3F + EDAD2L:ANTG3F,
  data= aidaT,
  dist = "poisson",
  zero.dist = "binomial")
summary(mHdlPoi.DLTi)

# Resultados
# -----

hurdle(formula = PATS ~ +SEXOF + EDAD2L + ANTG3F + TICAL2L +
SEXOF:EDAD2L +
  SEXOF:ANTG3F + EDAD2L:ANTG3F, data = aidaT,
  dist = "poisson", zero.dist = "binomial")

```

Pearson residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.48153	-0.85848	-0.06537	0.63095	2.87143

Count model coefficients (truncated poisson with log link):

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-0.555916	0.566598	-0.981	0.3265
SEXOFfem	1.176632	0.575819	2.043	0.0410 *
EDAD2L>=36	0.273229	0.459408	0.595	0.5520
ANTG3F5-9	1.099569	0.595864	1.845	0.0650 .
ANTG3F>=10	1.034680	0.622511	1.662	0.0965 .
TICAL2LAn	-0.104352	0.097702	-1.068	0.2855
SEXOFfem:EDAD2L>=36	0.199375	0.366102	0.545	0.5860
SEXOFfem:ANTG3F5-9	-0.939229	0.609160	-1.542	0.1231
SEXOFfem:ANTG3F>=10	-1.098317	0.635136	-1.729	0.0838 .
EDAD2L>=36:ANTG3F5-9	-0.336258	0.361610	-0.930	0.3524
EDAD2L>=36:ANTG3F>=10	-0.008171	0.400337	-0.020	0.9837

Zero hurdle model coefficients (binomial with logit link):

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-0.118047	0.468626	-0.252	0.80112
SEXOFfem	1.138580	0.540781	2.105	0.03525 *
EDAD2L>=36	0.009193	0.949543	0.010	0.99228
ANTG3F5-9	2.439441	0.789465	3.090	0.00200 **
ANTG3F>=10	2.761270	1.002130	2.755	0.00586 **
TICAL2LAn	-0.762667	0.269852	-2.826	0.00471 **
SEXOFfem:EDAD2L>=36	0.878560	0.826841	1.063	0.28799
SEXOFfem:ANTG3F5-9	-1.703300	0.844040	-2.018	0.04359 *
SEXOFfem:ANTG3F>=10	-2.323512	1.006838	-2.308	0.02101 *
EDAD2L>=36:ANTG3F5-9	-1.688297	0.950114	-1.777	0.07558 .
EDAD2L>=36:ANTG3F>=10	-0.580604	1.009387	-0.575	0.56515

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Number of iterations in BFGS optimization: 17

Log-likelihood: -573.2 on 22 Df

mHdIBN.DLTi <- hurdle(PATS ~

```
+ SEXOF+EDAD2L+ANTG3F+TICAL2L
+ SEXOF:EDAD2L + SEXOF:ANTG3F + EDAD2L:ANTG3F,
data= aidaT,
dist = "negbin",
zero.dist = "binomial")
```

```
summary(mHdIBN.DLTi)
```

```
# Resultados
# -----
# Exceso de Ceros
```

```
hurdle(formula = PATS ~ +SEXOF + EDAD2L + ANTG3F + TICAL2L +
SEXOF:EDAD2L +
SEXOF:ANTG3F + EDAD2L:ANTG3F, data = aidaT,
dist = "poisson", zero.dist = "binomial")
```

```
Pearson residuals:
```

```
Min 1Q Median 3Q Max
-1.48153 -0.85848 -0.06537 0.63095 2.87143
```

```
Count model coefficients (truncated poisson with log link):
```

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-0.555916	0.566598	-0.981	0.3265
SEXOFfem	1.176632	0.575819	2.043	0.0410 *
EDAD2L>=36	0.273229	0.459408	0.595	0.5520
ANTG3F5-9	1.099569	0.595864	1.845	0.0650 .
ANTG3F>=10	1.034680	0.622511	1.662	0.0965 .
TICAL2LAn	-0.104352	0.097702	-1.068	0.2855
SEXOFfem:EDAD2L>=36	0.199375	0.366102	0.545	0.5860
SEXOFfem:ANTG3F5-9	-0.939229	0.609160	-1.542	0.1231
SEXOFfem:ANTG3F>=10	-1.098317	0.635136	-1.729	0.0838 .
EDAD2L>=36:ANTG3F5-9	-0.336258	0.361610	-0.930	0.3524
EDAD2L>=36:ANTG3F>=10	-0.008171	0.400337	-0.020	0.9837

```
Zero hurdle model coefficients (binomial with logit link):
```

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-0.118047	0.468626	-0.252	0.80112
SEXOFfem	1.138580	0.540781	2.105	0.03525 *
EDAD2L>=36	0.009193	0.949543	0.010	0.99228
ANTG3F5-9	2.439441	0.789465	3.090	0.00200 **
ANTG3F>=10	2.761270	1.002130	2.755	0.00586 **

```
TICAL2LAn      -0.762667  0.269852 -2.826  0.00471 **
SEXOfem:EDAD2L>=36  0.878560  0.826841  1.063  0.28799
SEXOfem:ANTG3F5-9  -1.703300  0.844040 -2.018  0.04359 *
SEXOfem:ANTG3F>=10 -2.323512  1.006838 -2.308  0.02101 *
EDAD2L>=36:ANTG3F5-9 -1.688297  0.950114 -1.777  0.07558 .
EDAD2L>=36:ANTG3F>=10 -0.580604  1.009387 -0.575  0.56515
```

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Number of iterations in BFGS optimization: 17

Log-likelihood: -573.2 on 22 Df

```
# -----
```

```
mHdIBN.DLT <- hurdle(PATS ~
+ SEXOF+EDAD2L+ANTG3F+TICAL2L
+ SEXOF:EDAD2L + SEXOF:ANTG3F + EDAD2L:ANTG3F,
data= aidaT,
dist = "negbin",
zero.dist = "binomial")
```

```
summary(mHdIBN.DLT)
```

```
# -----
```

```
# Resultados
```

```
# -----
```

```
hurdle(formula = PATS ~ +SEXOF + EDAD2L + ANTG3F + TICAL2L
+ SEXOF:EDAD2L + SEXOF:ANTG3F +
EDAD2L:ANTG3F,
```

```
data = aidaT,
dist = "negbin",
zero.dist = "binomial")
```

Pearson residuals:

```
Min      1Q  Median      3Q      Max
-1.48153 -0.85848 -0.06536  0.63094  2.87138
```

Count model coefficients (truncated negbin with log link):

```
Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)      -0.555832  0.566577 -0.981  0.3266
```

```

SEXOfem          1.176556  0.575800  2.043  0.0410 *
EDAD2L>=36      0.273136  0.459407  0.595  0.5522
ANTG3F5-9       1.099501  0.595845  1.845  0.0650 .
ANTG3F>=10      1.034648  0.622492  1.662  0.0965 .
TICAL2LAn       -0.104349  0.097702 -1.068  0.2855
SEXOfem:EDAD2L>=36 0.199464  0.366103  0.545  0.5859
SEXOfem:ANTG3F5-9 -0.939182  0.609142 -1.542  0.1231
SEXOfem:ANTG3F>=10 -1.098314  0.635121 -1.729  0.0838 .
EDAD2L>=36:ANTG3F5-9 -0.336227  0.361609 -0.930  0.3525
EDAD2L>=36:ANTG3F>=10 -0.008144  0.400338 -0.020  0.9838
Log(theta)      14.681551    NaN    NaN    NaN

```

Zero hurdle model coefficients (binomial with logit link):

```

                Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)    -0.118047  0.468626 -0.252  0.80112
SEXOfem        1.138580  0.540781  2.105  0.03525 *
EDAD2L>=36     0.009193  0.949543  0.010  0.99228
ANTG3F5-9      2.439441  0.789465  3.090  0.00200 **
ANTG3F>=10     2.761270  1.002130  2.755  0.00586 **
TICAL2LAn      -0.762667  0.269852 -2.826  0.00471 **
SEXOfem:EDAD2L>=36 0.878560  0.826841  1.063  0.28799
SEXOfem:ANTG3F5-9 -1.703300  0.844040 -2.018  0.04359 *
SEXOfem:ANTG3F>=10 -2.323512  1.006838 -2.308  0.02101 *
EDAD2L>=36:ANTG3F5-9 -1.688297  0.950114 -1.777  0.07558 .
EDAD2L>=36:ANTG3F>=10 -0.580604  1.009387 -0.575  0.56515

```

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Theta: count = 2377477.5223

Number of iterations in BFGS optimization: 52

Log-likelihood: -573.2 on 23 Df

```
# -----
```

```
# -----
```

```
# Comparación de modelos
```

```
# -----
```

```
library(countreg)
```

```
#
```

```
# par(mfrow = c(2, 3))
```

```
par(mfrow = c(2, 2))
rootogram(mPoi.DLTi, main="Mod. Poisson")
rootogram(mBN.DLTi, main= "Mod. BNeg")
rootogram(mHdlPoi.DLTi, main= "Mod. Hurdle Poisson")
rootogram(mHdlBN.DLTi, main= "Mod. Hurdle BNeg")
par(mfrow = c(1, 1))
```

```
# -----
```

Caracterización del haz del láser He-Ne con el interferómetro de Michelson y el programa tracker**Characterization of the He-Ne laser beam with the Michelson interferometer and tracker program**Anicia Giménez Vega^{1,*}, Tomás Rolón¹ & Marcos Franco¹¹Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Paraguay.*Autor correspondiente: anigime19@gmail.com.

Resumen: En este trabajo de investigación se reporta la caracterización de un láser de He-Ne usando un interferómetro de Michelson y el programa tracker, donde también fueron analizados los fundamentos teóricos y el funcionamiento del láser gaseoso y del interferómetro. Fueron encontrados valores para la longitud de onda usando el interferómetro por dos métodos, con una medición manual y con una técnica de análisis del video de la medición con el programa tracker, encontrándose errores relativos menores al 1 % respecto a valor de referencia de 632,8 nm. Con un método simple asistido por el programa tracker fue medida la longitud de coherencia o componente temporal de la coherencia, para la cual no se encontró un valor de referencia con este método para su comparación. Para el ensanchamiento del haz, con mediciones del diámetro del haz a diferentes distancias se encontró un valor de ángulo promedio mayor que el del valor teórico calculado. Los resultados de las mediciones muestran el estado de funcionamiento relativamente bueno del láser antiguo, de más de 50 años de uso en las prácticas docentes de la carrera de Física.

Palabras clave: *láser, He-Ne, interferómetro, tracker, coherencia, metaestable.*

Abstract: In this research work, the characterization of a He-Ne laser using a Michelson interferometer and the tracker program is reported, where the theoretical foundations and the operation of the gaseous laser and the interferometer were also analyzed. Values for the wavelength were found using the interferometer by two methods, with a manual measurement and with a video analysis technique of the measurement with the tracker program, finding relative errors less than 1% with respect to the reference value of 632, 8 nm. With a simple method assisted by the tracker program, the length of coherence or temporal component of coherence was measured, for which a reference value was not found with this method for comparison. For the broadening of the beam, with measurements of the diameter of the beam at different distances an average angle value was found greater than that of the theoretical calculated value. The results of the measurements show the relatively good working condition of the old laser, with more than 50 years of use in the teaching practices of the Physics career.

Key words: *laser, He-Ne, interferometer, tracker, coherence, metastable.*

Introducción

El término LASER (Light Amplification by Stimulate Emission of Radiation), que significa amplificación de la luz por emisión estimulada de radiación, es un fenómeno de la mecánica cuántica, donde se genera un haz luminoso monocromático (de una sola frecuencia), coherente y muy intenso durante la excitación, eléctrica o térmica entre otros, de los átomos, moléculas o iones de un material para producir la emisión estimulada de radiación. Los láseres tienen muchas aplicaciones en diferentes áreas, como en procesamiento de materiales, construcción, medicina, comunicaciones, producción de energía, usos militares, soldadura, topografía y

como herramienta en muchas áreas de investigación científica. Existen numerosos tipos de láseres comercialmente disponibles, que cubren en tamaño desde dispositivos que pueden estar en la punta de un dedo y otros que llenan grandes edificios. Todos los dispositivos láser tienen ciertas características básicas en común y han tenido un gran impacto en las importantes ramas de la ciencia y sus aplicaciones tecnológicas. Debido a que cada aplicación requiere diferentes condiciones, es fundamental caracterizar el láser para conocer y cuantificar sus parámetros (Hernández *et al.*, 2008).

Actualmente el Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales ha

Recibido: 10/09/2021 Aceptado: 12/09/2022



adquirido a través de proyectos financiados por el CONACYT, un equipo de interferometría de moteado laser o speckle y un sistema de holografía, además cuenta con tres láseres de He-Ne para uso en la docencia. Por todo esto, es importante realizar trabajos de investigación y trabajos de grado con los equipos disponibles, que apoyen a la formación de especialistas, al entrenamiento del personal de laboratorio y a estudiantes avanzados de la carrera de Física.

El interferómetro de Michelson es uno de los dispositivos más conocidos e históricamente importantes, con el que fue demostrada la constancia de la velocidad de la luz, aunque su objetivo inicial fue demostrar la existencia del éter, y necesita utilizar una fuente de luz monocromática. Usando un láser como fuente de luz, el interferómetro es un instrumento capaz de medir con mucha precisión pequeños desplazamientos o distancias, como las longitudes de ondas de fuentes de luz (González, 2009).

En los laboratorios de física normalmente se usa el equipo láser para demostraciones simples y rápidas, como las propiedades de la luz entre ellas la reflexión y refracción, ángulo crítico e incluso para medición de la longitud de onda en forma rápida con una red de refracción. Sin embargo, no se realizan mediciones más exactas de los parámetros del láser, como ser la frecuencia, la coherencia y la divergencia del haz.

En este trabajo se estudia en forma teórica y experimental la constitución, el funcionamiento y algunas características de un láser de He-Ne, midiendo la longitud de onda y la coherencia con un interferómetro de Michelson, y estimando el ensanchamiento del haz a través de mediciones geométricas del haz.

Materiales y Métodos

Los materiales principales utilizados fueron el Láser de He-Ne y el Interferómetro de Michelson y Morley con los accesorios como lentes de enfoque y pantalla. También fue utilizado el programa informático Tracker y un móvil celular para la filmación de la medición.

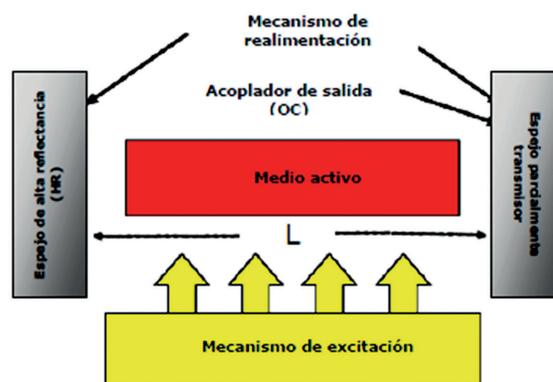


Figura 1. Elementos de un láser: medio activo, mecanismo de excitación y cavidad resonante de longitud L (Según Marín, 2006).

El montaje utilizado para la medición de la longitud de onda y de la coherencia se muestra en la Fig. 1, constituido por el interferómetro de Michelson, el láser de He-Ne y una lente divergente colocada entre ellos, todos sobre un banco óptico, además de una pantalla para proyectar el haz de interferencia resultante.

El láser He-Ne

Para generar el haz láser es necesario un dispositivo donde exista un conjunto de átomos o medio activo, en estado excitado por medio de una fuente de bombeo, y una cavidad resonante formado por dos espejos, como se ve en la Fig. 1 (Alonso *et al.*; 2010). En este proceso, los electrones elevados a un nivel electrónico inestable espontáneamente decaen a un estado menor que es metaestable, de donde los electrones no pueden retornar rápidamente (espontáneamente) a su nivel de energía fundamental (basal), por lo tanto, es posible acumular gran cantidad de átomos excitado obteniendo una inversión de población (Rodríguez W. *et al.*; 2016)

El láser He-Ne es de 4 niveles y puede generar haces en muchas longitudes de onda, siendo el más popular el de color rojo de 632,8 nm, después está el verde de 543 nm y en el infrarrojo están el de 1,15 μm y el de 3,39 μm , como se puede ver en el diagrama de niveles de energía en la Fig. 2. También se observa que los niveles 2^3S y 2^1S del He son metaestables (tienen tiempo de vida grande),

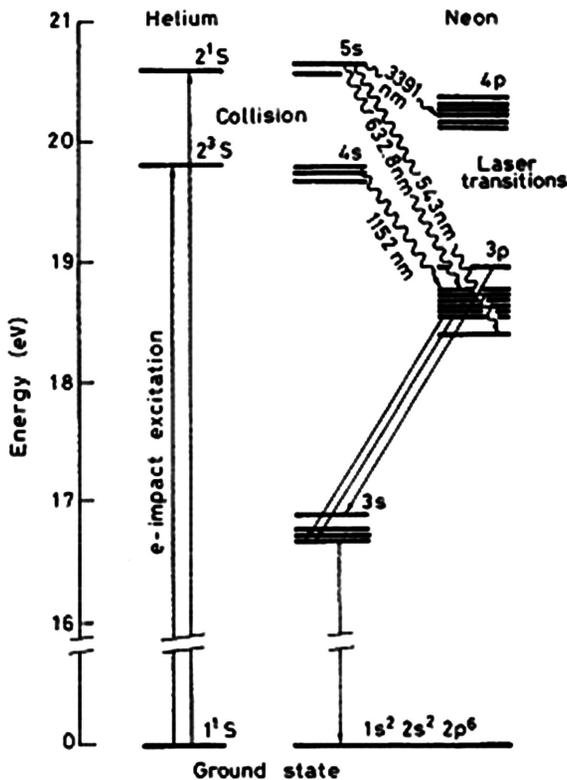


Figura 2. Niveles de energía relevantes del láser He-Ne. (Según Svelto, 1998).

los átomos de He en estos estados demuestran ser muy eficientes para bombear niveles 4s y 5s del Ne por transferencia de energía resonante. Como el bombeo es continuo por la aplicación del alto voltaje, se genera el haz en forma continua. La mezcla de gases es 10-15 % de gas Neón y, 85-90% de gas Helio, siendo la proporción de 1:6 a 1:10. La presión del gas es alrededor de 0.01 atmósferas. En los extremos del tubo, los electrodos están conectados a una fuente de potencia de alto voltaje DC de 2000 (Svelto, 1998).

El interferómetro de Michelson

La principal ventaja del Interferómetro de Michelson sobre las primitivas técnicas de producir interferencias es que los dos haces están ampliamente separados, pudiéndose variar la diferencia de recorrido moviendo uno de los espejos en la trayectoria de uno de los haces (Duarte *et al.*, 2009).

Observando el esquema del interferómetro (Fig. 3), un rayo procedente del láser es desdoblado mediante un espejo semitransparente ES (espejo que refleja sólo el 50% de la luz incidente, dejando pasar el otro 50%). Uno de los rayos se refleja en el espejo fijo EF, y el otro en el espejo móvil EM, que puede ser desplazado por un micrómetro. Ambos rayos vuelven a juntarse en la pantalla, sobre la que vemos la superposición o interferencia de los dos haces de luz, que cuando están en fase producen las franjas de interferencias, formadas por anillos concéntricos alternativamente claros y oscuros. Moviendo el espejo EM con el micrómetro, es posible variar el camino óptico de ese haz, para que su fase coincida con la del otro haz cuando llega a la pantalla (García, 2004).

Principios del video o imágenes en movimiento

La proyección continua de imágenes (fotogramas), con pequeños cambios sobre una pantalla dan al espectador la impresión de una única imagen en movimiento, a partir del fenómeno llamado persistencia retiniana. Debido a la persistencia retiniana se retiene por un instante la imagen en el cerebro, tras su percepción a través del ojo después de que esta haya desaparecido, enlazándola con la siguiente y así sucesivamente percibiendo una serie visual de imágenes continuas, a una velocidad de 24 imágenes por segundo, que es la cadencia por la

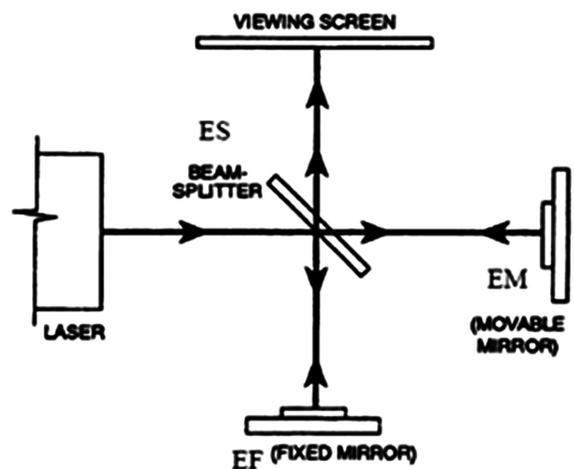


Figura 3. Esquema del interferómetro de Michelson (Según García, 2004).

que percibimos el movimiento natural y realista de las personas y objetos de la filmación o video. Por encima o por debajo de esta cadencia obtenemos distorsiones rítmicas que son usadas para obtener ciertos efectos de aceleración o ralentización de la imagen. Todo esto nos indica que los videos están formados por imágenes, fotogramas o cuadros que pueden ser visualizadas con programas específicos, como el Tracker (Velduque, 2011).

La metodología utilizada se divide en tres etapas como se detalla a continuación.

Medición de la longitud de onda

Se realizó usando dos métodos, uno en forma manual y otro a través del análisis de la filmación de la imagen resultante de la interferencia sobre la pantalla durante la medición.

En el montaje de medición, el interferómetro de Michelson se ubicó a 30 cm de la fuente laser, colocando entre ellos una lente divergente sujeta con un porta lente, todos montados en un banco óptico y la salida del haz era proyectada a la pantalla a 42cm, donde se observaba la imagen de interferencia; como se ve en la Fig. 4, constituida por bandas claras y oscuras.

La medición en forma manual se inicia ubicando el indicador del micrómetro en una posición en que aparece en la pantalla las franjas de interferencia, la que se registra como posición inicial. Se desplaza el micrómetro desapareciendo las franjas hasta que vuelven a aparecer como estaban inicialmente, lo que corresponde al desplazamiento de una λ , y este proceso se repite contando la cantidad de m veces que se quiera, desplazando m longitudes de ondas. Entonces se registra como posición final el valor indicado por el micrómetro. A medida que aumenta el valor de m , disminuye la incertidumbre en la medición de la longitud de onda, que se calcula usando la ecuación:

$$\lambda = \frac{2d_m}{m} \quad (1)$$

donde d_m es la distancia que se desplaza EM con el micrómetro y m es la cantidad de λ contenidas

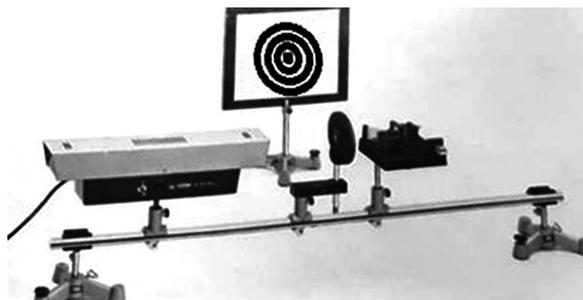


Figura 4. Imagen del experimento para calcular la longitud de onda (Según el Manual de PHYWE).

en ese desplazamiento (García, 2004).

Para el método de análisis del video, se realizó la filmación de la medición empezando con el indicador del micrómetro en una posición en que aparecen las franjas de interferencia, posición que se registra, de la misma manera que en el método manual y después se va moviendo el micrómetro en forma uniforme, lenta y continua pasando por las posiciones en que aparecen las franjas la cantidad veces deseadas, terminando cuando aparecen las franjas y registrando dicha posición. La diferencia de ambos registros proporciona el desplazamiento total de la cantidad de longitudes de ondas contenidas. Posteriormente el video es analizado con el programa tracker, en cámara lenta o haciendo correr en forma manual, donde se cuenta la cantidad de zonas con franjas que aparecen durante todo el desplazamiento del espejo móvil del interferómetro por medio del micrómetro.

Medición de la coherencia

La coherencia de una fuente láser es una cantidad compleja que determina la calidad de la radiación, la cual es fundamental en tareas de alta precisión, como en el campo de la medicina, por ejemplo, en la cirugía de ojos, entre muchos más (Muñoz et al., 2002).

Se midió la coherencia, en este caso la componente temporal, por medio del interferómetro de Michelson determinando la relación del tiempo en que se mantiene la franja de interferencia respecto al período. Esto se consigue midiendo la distancia que se puede mover el

espejo móvil del interferómetro sin perder el patrón de interferencia (Adjimann y Kunik, 2001). Como este desplazamiento es muy pequeño, la determinación se hace con ayuda del video similar a la de la medición de la longitud de onda, donde se hace el análisis dentro del desplazamiento de una λ con el programa tracker, en las zonas próximas antes y después de obtener las franjas de interferencias. La coherencia se determina analizando la imagen cuadro por cuadro, contando la cantidad de cuadros en que se mantienen las franjas de interferencias y el número total de cuadros en el período, usando la ecuación:

$$\ell_c = \left(\frac{\text{N}^\circ \text{ de cuadros que mantien en las franjas}}{\text{N}^\circ \text{ cuadros en una } \lambda} \right) \times \lambda \text{ (nm)} \quad (2)$$

La condición para la validez de este método es que el desplazamiento del micrómetro sea uniforme durante todo el periodo de medición y para una mejor estadística se analizaron numerosos periodos.

Medición del ensanchamiento del haz laser

El ángulo de ensanchamiento se determinó a través de mediciones del diámetro del haz láser a diferentes distancias, proyectándolo sobre una regla milimetrada hasta 10 m, a partir del gráfico D_x vs. L_x por el método de regresión lineal, donde D_x es el diámetro del haz a la distancia L_x . En la ecuación de la recta resultante de los datos, $y = A x + B$, A es la tangente del ángulo de ensanchamiento, a partir del cual se obtiene:

$$\tan \theta_M = A \quad y \quad \theta_M = \arctg(A) \quad (3)$$

El ángulo teórico se calculó con la relación, para pequeños ángulos, resultante al resolver la ecuación de ondas para una cavidad resonante de un láser, donde se encuentra una relación entre la divergencia angular y la anchura mínima del haz (Dorronsoro, 1995):

$$\text{sen } \theta_T \approx \theta_T \approx 2,44 \frac{\lambda}{D} \quad (4)$$

donde D es el diámetro del haz a la salida del tubo láser y λ la longitud de onda del haz láser.

El diámetro teórico se determina por la ecuación:

$$D_x = D + L_x \text{tg}(\theta_T) \quad (5)$$

donde D es el diámetro del haz a la salida del tubo láser y L_x es la distancia de medición.

Resultados y discusión

Se presentan a continuación los resultados obtenidos en la medición de la longitud de onda, de la coherencia y de la divergencia del haz láser y la comparación con los valores de referencias.

Para la longitud de onda

Con el método manual (Tabla 1), se encontró un valor promedio para la longitud de onda de $630,1 \pm 24$, haciendo mediciones con desplazamientos de 10, 25, 30, 50 y 54 longitudes de ondas. El error relativo encontrado fue de 0,4 % respecto al valor teórico 632.8 nm.

En la medición con el programa tracker (Tabla 2), se encontró para la longitud de onda un valor de $638,0 \pm 19$, analizando en 5 mediciones des-

Tabla 1. Longitud de onda obtenida con desplazamientos de m longitudes de ondas en forma manual.

Nº de medida	m	Δd Medida (nm)	2 x Δd Medida (nm)	λ Medida (nm)	λ Teórica (nm)
1	10	0,003	6000	600,0	632,8
2	25	0,0078	15600	624,0	
3	30	0,0101	20200	673,3	
4	50	0,0155	31000	620,0	
5	54	0,0171	34200	633,3	
$\lambda_{\text{Promedio}}$ (nm)				630,1	+ 24
Error Relativo (%)				0,4	

Tabla 2. Longitud de onda, analizado con el programa tracker.

N° de medida	m	$\Delta d_{\text{Medida}} \text{ (nm)}$	$2 \times \Delta d_{\text{Medida}} \text{ (nm)}$	$\lambda_{\text{Medida}} \text{ (nm)}$	$\lambda_{\text{Teórica}} \text{ (nm)}$
1	32	0,01	20000	625,0	632,8
2	33	0,011	22000	666,7	
3	38	0,012	24000	631,6	
4	39	0,012	24000	615,4	
5	43	0,014	28000	651,2	
$\lambda_{\text{Promedio}} \text{ (nm)}$				638,0	+ 19
Error Relativo (%)				0,8	

plazamientos de 32, 33, 38, 39 y 43 longitudes de ondas. El error relativo respecto al valor teórico fue de 0,8 %.

Para la longitud de coherencia

Fueron realizadas 4 mediciones (Tabla 3), filmando la operación de desplazamiento de varias longitudes de ondas del espejo móvil EM del interferómetro con el micrómetro, de forma más lenta y uniforme que en la medición de la longitud de onda. De cada medición fueron elegidas y analizadas 2 desplazamientos de una λ , obteniéndose la longitud de coherencia respectiva. Se encontró un valor promedio para la longitud de coherencia de $62,1 \pm 5$ nm, que representa aproximadamente el 10 % de la longitud de onda. Los errores en esta medición provienen de

la falta de uniformidad en la velocidad de desplazamiento del micrómetro, pudiendo existir diferencias en la cantidad de cuadros en cada media longitud de onda, y por la precisión del micrómetro, que en este caso no es alta porque es para demostraciones docentes. En este sentido, el tornillo debe contar con un paso de 1 micrómetro y no de 10, como comúnmente se utiliza, ya que cuando se mueve el tornillo se producen movimientos involuntarios que entorpecen la visión de la interferencia y hace muy difícil visualizarla (Adjimann y Kunik, 2001).

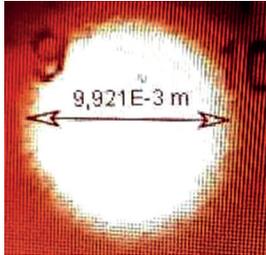
Para el ensanchamiento del haz laser

En las mediciones del ensanchamiento del haz láser a diferentes distancias se introducen incertidumbres en el valor del diámetro, debido al contorno difuso

Tabla 3. Datos obtenidos en las observaciones de los videos de las mediciones de λ con el programa Tracker y cálculos de la longitud de coherencia.

Medición N°	N° de Cuadros en una longitud de onda	N° de Cuadros consecutivos con Franjas	Longitud de coherencia (nm) ($\lambda = 632,8$ nm)
	$Nc\lambda$	Ncf	Lc
1	19	2	66,6
	18	2	70,3
2	21	2	60,3
	20	2	63,3
3	21	2	60,3
	21	2	60,3
4	20	2	63,3
	24	2	52,7
$Lc_{\text{Promedio}} \text{ (nm)}$			$62,1 \pm 5$

Tabla 4. Diámetros del haz láser medidos y calculados en forma teórica, a diferentes distancias. Además, se presenta la imagen con el diámetro indicado por el programa Tracker.

L (m)	D _{Medido} (cm)	D _{Teórico} (cm)	Imagen del haz láser
0	0,2	0,2	 <p>Visualizada con el programa Tracker</p>
1	0,583	0,277	
2	0,758	0,354	
3	0,893	0,432	
4	0,896	0,509	
5	0,992	0,586	
6	1,301	0,663	
7	1,56	0,740	
8	1,898	0,818	
9	1,986	0,895	
10	2,019	0,972	

de la imagen, que se ve en la Tabla 4, y donde se observa el valor calculado con el programa Tracker.

El ángulo teórico calculado con la ecuación (4) fue:

$$\theta = 2,44 \frac{632,8 \times 10^{-9}}{0,002} = 7,72 \times 10^{-4} \text{ radianes} = 0,044 \text{ grados}$$

siendo D = 0,002 m, diámetro del haz láser al salir del equipo (distancia L = 0).

El valor del ángulo de ensanchamiento obtenido

con las mediciones, usando el método de regresión lineal como se muestra en la Fig. 5, fue:

$$\tan \theta = 0,0018 \rightarrow \theta = \tan^{-1}(0,0018) = 0,10 \text{ grados}$$

Conclusiones

Se pudo realizar la caracterización del láser He-Ne con el interferómetro de Michelson y el programa Tracker, midiendo valores de la longitud de onda, la coherencia y el ensanchamiento del haz.

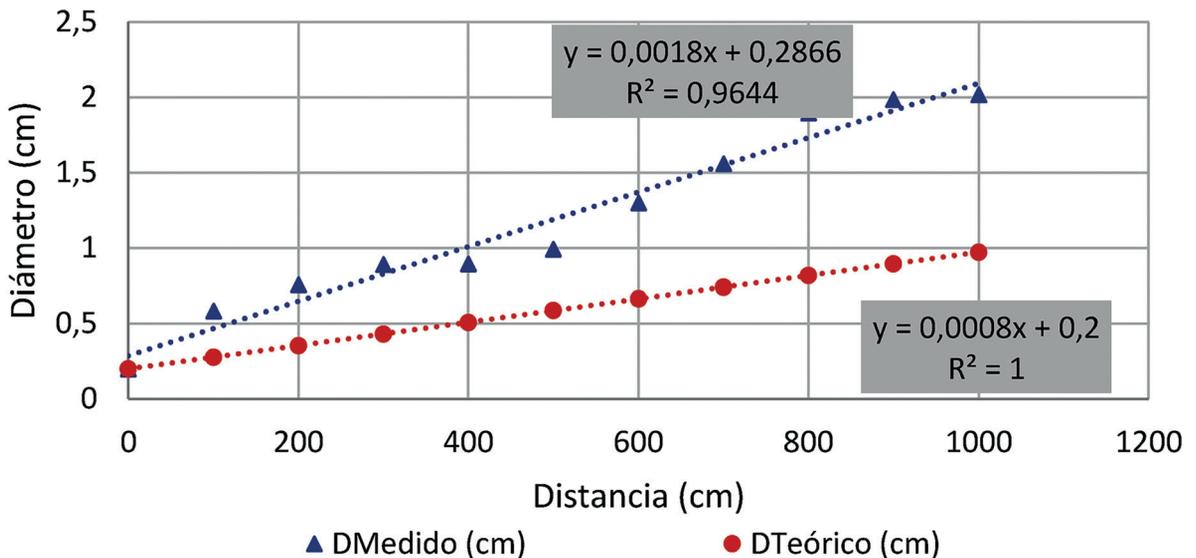


Figura 5. Gráficos de la medición del ensanchamiento del haz láser y del ensanchamiento teórico calculado.

En la medición de la longitud de onda por los dos métodos fueron encontrados valores con errores relativos menores que el 1 % respecto al valor teórico de referencia de 632,8 nm.

La medición de la longitud de coherencia con la asistencia del programa tracker, que es la componente temporal, dio $62,1 \pm 5$ nm para esta longitud de onda de 632.8 nm, que equivale a un valor del 10 % de la longitud de onda, no encontrándose un valor de referencia para su comparación. Para obtener un valor correcto de la longitud de coherencia es necesario automatizar el movimiento del micrómetro del interferómetro de Michelson.

Para el ensanchamiento del haz láser, en la medición se encontró un ángulo mayor que el del valor teórico calculado.

Agradecimientos

Un agradecimiento especial a todos los encargados de laboratorio del Departamento de Física, por permitir el uso de los materiales e instrumentos y por el apoyo permanente.

Literatura citada

- Adjimann, A. & Kunik, A. (2001). *Aplicaciones del Interferómetro de Michelson*. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires. 3 pp. [Consulted: 15.iii.2022]. <https://www.fisicarecreativa.com/informes/infor_mod/interfero_michelson_2k1.pdf>.
- Alonso, B., Borrego, R., Hernández, C., Pérez, J.A. & Romero, C. (2010). *El Láser, la luz de nuestro tiempo*. Salamanca: OSAL. 199 pp.
- Dorronsoro M. (1996). *La tecnología láser fundamentos, aplicación y tendencia*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana. Xii + 262 pp.
- Duarte, J., Fernández, F. & Moreno, M. (2009). Técnicas de medida para pequeños desplazamientos. *Dyna*, 76(158): 167-176.
- García, M. (2004). *Interferencias por división de amplitud*. Almería: Universidad de Almería. 8 pp. [Consulted: 15.iii.2022]. <<https://w3.ual.es/~mjgarcia/interferencias.pdf>>.
- González, Á. (2009). *El viento del éter lumífero y el experimento de Michelson-Morley*. Investigación y Ciencia. [Consulted: 15.iii.2022]. <<https://www.investigacionyciencia.es/blogs/fisica-y-quimica/10/posts/el-viento-del-ter-lumifero-y-el-experimento-de-michelson-morley-10195>>.
- Hernández, A., Orellana, A., González B. M. (2008). La terapia láser de baja potencia en la medicina cubana. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 24(2): 1-10.
- Muñoz, J., Cabrera E., Montilla, J., León J. y A. (2002). Caracterización y monitoreo de un haz láser de baja potencia. *Revista Colombiana de Física*, 34(2): 507-511.
- Marín, L.D. (2006). *Introducción al láser y su aplicación práctica en la óptica moderna*. San Pedro Montes de Oca: Universidad de Costa Rica. [Consulted: 15.iii.2022]. <<https://cientec.or.cr/archivo/exploraciones/ponencias2006/LuisDiegoMarin.pdf>>.
- Rodríguez, W., García, P. & Fajardo, A. (2016). Aplicaciones de técnicas espectroscópicas para el análisis de suelos. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 12(2): 228-251.
- Svelto, O. (1998). *Principles of lasers*. (5th ed.). New York: Springer. xxi + 620 pp.
- Carreras, C. & Yuste, M. (2011). Fundamentos físicos del láser. *100cias@uned (nueva época)*, 3: 65-72.
- Velduque, M. J. (2011). Historia del cine I: principio técnico y perceptivo de la imagen en movimiento. Desarrollo del lenguaje cinematográfico. *Revista digital de Historia y Ciencias Sociales*, 199: 1-13.

Estudio comparativo por métodos de clasificación para el análisis del desempleo en los departamentos de la región oriental del Paraguay

Comparative study by classification methods for the analysis of unemployment in the departments of the eastern region of Paraguay

Lorena Leticia González¹, Luis Antonio Gómez Martínez^{1,2} & María Cristina Martín^{3,4}

¹Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Estadística, San Lorenzo, Paraguay.

²Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Filosofía, Asunción, Paraguay.

³Universidad Nacional de La Pampa, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

⁴Universidad Nacional del Sur, Departamento de Matemática, Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina.

*Autor correspondiente: lorenleti@gmail.com.

Resumen: El problema de la clasificación de individuos u objetos en grupos o poblaciones conocidas es de gran interés en estadística, por esta razón se han desarrollado varias técnicas para cumplir este propósito. Este trabajo propende a identificar los factores de riesgo que inciden en la precariedad laboral de la población paraguaya, adoptando como base de información la Encuesta Permanente de Hogares 2011. El efecto de las variables predictoras (edad, sexo, estado civil, nivel de educación, parentesco con el jefe de hogar, departamento, área, rama y categoría del último empleo) sobre la Situación Laboral del encuestado se estima a través de los Análisis de Regresión Logística y Árboles de Clasificación. El análisis de los resultados de la Regresión Logística y de Árboles de Clasificación permite concluir que las variables sexo, estado civil, nivel de educación y la condición de jefe de hogar inciden fuertemente en la probabilidad de que una persona sea desempleada. Se espera que los resultados obtenidos del estudio comparativo, a través métodos de clasificación, sean de gran utilidad para los investigadores de la Economía Laboral, habida cuenta que el desempleo es uno de los problemas que más afecta a la sociedad paraguaya.

Palabras clave: *Desempleo, Modelo Logit, Árboles de Clasificación.*

Abstract: The problem of classification of objects into groups or known populations are great interest in statistics, for this reason, various techniques have been developed to fulfill this purpose. This work tends to identify the risk factors that influence on job insecurity of Paraguayan population; it was adopted on the basis of the Permanent Household Survey 2011. The effect of the predictive variables (age, sex, marital status education level, relationship to head of household, apartment, area, branch and last job category) on the respondent labor situation was estimated through Logistic Regression Analysis and Classification Trees. The analysis of the logistic regression and classification trees results conclude that the variables of sex, marital status, education level and household head status strongly influence on person unemployed probability. It is expected that the results of the comparative study through classification methods are of great value to researchers of Labor Economics, considering that unemployment is one of the problems that most affect Paraguayan society.

Key words: *Unemployment, Logit Model, Classification Trees.*

Introducción

El desempleo es un fenómeno social que afecta de manera negativa, a nivel mundial, en diferentes aspectos de la vida diaria. Paraguay, no es la excepción. Este es el motivo por el que surge la necesidad de estudiar con profundidad esta problemática y las causas que la provocan.

En el año 2008, cerca del 80% de la población paraguaya total se encontraba en edad de trabajar y por ende, medir la dinámica laboral significativa,

monitorear la estructura del mercado de trabajo, profundizar sobre el perfil de ocupados y desocupados y ampliar el marco de perspectivas posibles para diagnosticar sobre variados aspectos de la economía y de la sociedad toda, debería ser objeto prioritario de las políticas públicas del país.

Por lo expresado, el análisis del mercado laboral y el estudio de la oferta de trabajo plantean requerimientos metodológicos que son específicamente inherentes a las fuentes estadísticas disponibles.

Recibido: 12/09/2013

Aceptado: 17/10/2022



A los fines de la modelización, se aplican métodos de clasificación supervisada, especialmente indicados cuando las variables predictoras son categóricas, entre los que se encuentran la Regresión Logística y los Árboles de Clasificación (Beltrán, 2011).

En este trabajo se busca identificar los factores de riesgo que inciden en la precariedad laboral de la población paraguaya utilizando como base de información la Encuesta Permanente de Hogares 2011. Para ello, se espera que el estudio comparativo de los distintos métodos de clasificación sea de utilidad a los investigadores de la Economía Laboral, habida cuenta que el desempleo es uno de los problemas que más afecta a la sociedad paraguaya.

La aplicación de diferentes técnicas a un mismo problema tiene por objetivo analizar la eficacia relativa de los diversos instrumentos del análisis multivariado, para brindar la mejor solución al mismo.

Analizar la situación del empleo en el país y de esta manera tener una visión global y crítica del mercado de trabajo, que sirva de base para el diseño e implementación de políticas públicas tendientes a mejorar las condiciones de vida de la población paraguaya es el propósito fundamental de esta investigación.

Estos temas surgen con mayor preponderancia en la actualidad y a partir de la crisis financiera mundial, que puso en relieve el esfuerzo de gran parte de los países para adoptar medidas tendientes a proteger a sus ciudadanos de los efectos negativos, principalmente, en lo referente al empleo.

La Encuesta Permanente de Hogares (EPH) recoge permanentemente datos relacionados con el mercado laboral que no han sido analizados con profundidad, por lo que se pretende aprovechar esta información para conocer los factores más determinantes del desempleo. Para tal fin, se considera útil la aplicación de algunas técnicas de clasificación como la Regresión Logística y Árboles de Clasificación. Estas técnicas se pueden encontrar en Hair et al. (1999), Hosmer & Lemeshow (2000) y Pérez (2006).

Con respecto a los antecedentes en el Paraguay

no existen trabajos de investigación relacionados con la comparación de los distintos métodos de clasificación para determinar los principales indicadores que caracterizan el mercado laboral, no obstante, de entre los principales trabajos revisados, de otros países, como en Argentina el trabajo de Díaz *et al.* (2005), denominado Análisis del Desempleo Urbano a Través de un Estudio Comparativo de Métodos de Clasificación.

En este trabajo se identifica los factores de riesgo que inciden en la precariedad laboral de la Población Económicamente Activa. Adopta como plataforma informativa la base de datos de la Encuesta Permanente de Hogares, octubre 2002, relevada en las ciudades de Córdoba, Rosario y en el gran Buenos Aires. El efecto de las variables predictoras sobre la condición de actividad del encuestado se estima a través de los Análisis de Regresión Logística y Árboles de Decisión. Adicionalmente, y a los fines de mejorar la performance de la clasificación obtenida, se aplican los métodos de Redes Neuronales y Vecino más Cercano.

En Colombia, hay varias investigaciones que guardan relación con la comparación de métodos de clasificación, entre los cuales podemos mencionar la tesis doctoral titulada Comparación de Árboles de Regresión y Clasificación y Regresión Logística (Serna Pineda, 2009) y el trabajo Comparación entre tres Técnicas de Clasificación (Hernández & Correa, 2009).

En el primer artículo mencionado se presenta la comparación, mediante simulación Monte Carlo, de dos técnicas estadísticas de clasificación: Árboles de Regresión y Clasificación (CART) y Regresión Logística. El comportamiento de las técnicas fue medido con la Tasa de Mala Clasificación (TMC). Se presenta una aplicación a la Encuesta de Innovación y Desarrollo Tecnológico, utilizando las técnicas estudiadas, para contribuir a un mejor conocimiento del sistema nacional de innovación en Colombia, donde la Regresión Logística presenta una Tasa de Mala Clasificación más baja que los Árboles de Clasificación.

El segundo artículo muestra los resultados de un estudio de comparación mediante simulación de

tres técnicas de clasificación, Regresión Logística Multinomial (MLR), Análisis Discriminante No métrico (NDA) y Análisis Discriminante Lineal (LDA). El desempeño de las técnicas se midió usando la tasa de clasificación errónea. Se encontró que las técnicas MLR y LDA tuvieron un desempeño similar y muy superior a NDA cuando la distribución multivariada de las poblaciones es normal o logit-normal.

Materiales y métodos

A los efectos de determinar los factores que inciden en el desempleo de la población paraguaya se adoptó como base de información los datos recopilados por la Encuesta Permanente de Hogares (EPH) del año 2011, cuyo levantamiento se realizó en el periodo de octubre a diciembre del mencionado año.

La EPH tiene propósitos múltiples y releva información sobre hogares y personas en torno a las siguientes temáticas: situación laboral, características demográficas básicas (edad, sexo, etc.), características migratorias, habitacionales, educacionales e ingresos. Constituye una de las principales fuentes de información estadística del

Paraguay, que contiene valiosa información sobre las características del empleo y el acceso a beneficios laborales y sociales para una muestra representativa. Cubre todos los Departamentos del país, excluyendo a los Departamentos de Alto Paraguay y Boquerón, cuyas poblaciones representan menos del 2 % de la población total del país. La ejecución de la Encuesta Permanente de Hogares 2011 implicó la entrevista de 19,740 personas correspondientes a 4,894 hogares de las áreas urbanas y rurales del país.

La investigación va dirigida a la población que reside habitual o permanentemente en viviendas particulares. Esta población la constituyen las personas en edad de trabajar y comprende a todos los individuos de 10 años y más de edad que suministran mano de obra disponible para la realización de una actividad económica. Se excluye de la investigación a la población residente en viviendas colectivas. El periodo de referencia para captar los datos sobre empleo y desempleo son los últimos 7

días respecto a la fecha de la entrevista.

Las definiciones utilizadas en la EPH están basadas en las recomendaciones de la XIII Conferencia Internacional de Estadísticas del Trabajo, realizada por la Organización Internacional del Trabajo (OIT), en Ginebra en 1982 (DGEEC, 2011). La presente investigación es cuantitativa porque se clasifican los datos de acuerdo a la presencia o ausencia de cierta característica. Es descriptiva por que estudia las relaciones entre cada una de las variables explicativas y la variable dependiente, y es también un análisis multidimensional pues se aplica la técnica de la Regresión logística para estudiar la asociación entre las variables independientes con relación a la variable dependiente. El diseño de investigación es del tipo no experimental porque no existe manipulación de las variables.

La preparación de la base datos consiste en recodificar y agrupar las variables de acuerdo a las categorías de presencia o ausencia del evento, en el análisis exploratorio se obtiene información acerca del comportamiento de cada una de las variables de interés, como de su relación con la variable dependiente, luego se aplica las técnicas de Regresión Logística y Árboles de Clasificación, por último, la verificación del ajuste y validez de los modelos seleccionados.

Resultados y discusión

Un análisis descriptivo de la Situación Laboral en función de las variables que, a priori, se consideran importantes para explicar la condición de empleado o desempleado de un individuo, se realiza en esta sección.

En primer lugar, se eliminan los casos en que se presentan celdas vacías, por lo que, el tamaño muestral queda reducido a 9536 individuos.

Se puede apreciar que el 46,81% de los individuos encuestados en Asunción y Áreas, tanto urbanas como rurales, de la Región Oriental del Paraguay, son desempleados, mientras que el 53; 2% están empleados.

Puntualmente pueden destacarse los siguientes detalles relacionados con las variables que se proponen para estudiar el desempleo:

Los porcentajes menores de desempleados se dan en los Departamentos de San Pedro e Itapúa (8,6% y 7,5 %, respectivamente). La asociación o dependencia entre esta variable y la Situación Laboral es significativa ($p = 9,061 e^{-7}$).

En el Área de Residencia se observa que el porcentaje de desempleados es mayor para aquellos que residen en áreas urbanas. Sin embargo, esta característica no muestra dependencia con la Situación Laboral ($p = 0,2308$).

Los Grupos de Edades exhiben porcentaje similares tanto de empleados como de desempleados. De acuerdo con el valor del estadístico chi-cuadrado esta variable tampoco está relacionada con la Situación Laboral ($\chi^2 = 19747$; $p = 0,5777$).

En cuanto al Sexo, el 55; 7% de los desempleados son mujeres y la dependencia entre las dos variables es significativa ($\chi^2 = 534,0344$; $p = 2,2 e^{-16}$).

De manera llamativa se observa que aquellas personas que se encuentran con pareja y son jefes de hogar presentan menores porcentajes de desempleados (31% y 17,2% respectivamente). Esto puede deberse a que personas que están con parejas y sustentan la casa tienen más obligación de tener un empleo formal. Las variables Estado Civil y Jefe de Hogar están relacionados con la Situación Laboral.

La Cantidad de Personas en el Hogar presenta porcentajes similares con relación a los empleados y desempleados, siendo la asociación o dependencia con la Situación Laboral significativa según la prueba χ^2 ($p = 5,858 e^{-13}$).

Teniendo en cuenta la Rama del Último Empleo, se observa que los empleados del Sector Terciario son los menos afectados por el desempleo, ya que el 54% de este sector tienen trabajo. Teniendo en cuenta el estadístico chi-cuadrado se observa que la Rama de Actividad está relacionada con la Situación Laboral ($\chi^2 = 19.5146$; $p = 5,787 e^{-05}$).

Por lo que a Categoría del Último Empleo se refiere, ésta está relacionada con la Situación Laboral solo al 5% ($p = 0,018$). Se puede apreciar que las personas que trabajaban en relación de dependencia, son los más afectados por la falta de trabajo, ya que el 54,7% están desempleadas, así también, este problema afecta a los trabajadores independientes

donde el 45,3% de ellos se encuentran sin trabajo.

Finalmente, relacionada con la educación, la categoría Nivel Básico es la que presenta mayor porcentaje de desempleados. Una hipótesis es que esto se debe a que la mayoría de las personas de este nivel realizan tareas menos calificadas. La relación entre esta variable y la Situación Laboral es nuevamente significativa ($p = 2,2 e^{-16}$).

Por lo tanto existen diferencias porcentuales entre empleados y desempleados con respecto a cada una de las variables analizadas, siendo algunas explicativas más relevantes que otras. La “Edad” y “Área de Residencia” del entrevistado fueron las únicas variables no significativas, por lo que se decidió no incluirlas en la propuesta de modelos a ajustar por los métodos de clasificación.

Luego, el ajuste de modelos a través de Regresión Logística y Árboles de Clasificación se realiza con las ocho (8) variables que de acuerdo con la prueba χ^2 del análisis previo dependen y por ende, explican la condición de empleado/desempleado. Variables indicadoras del desempleo a través del Modelo Logit

Para seleccionar las variables que definen el mejor modelo se utiliza el procedimiento “Stepwise”. En primer lugar se ajusta el modelo sin variables y a continuación se irán añadiendo y/o eliminando variables en cada paso.

En cada paso se realiza un Test Condicional de Razón de Verosimilitudes para contrastar el modelo del paso anterior con cada uno de los posibles modelos planteados en el nuevo paso. En base a él, se decide qué variable debe entrar (o salir) en ese paso, si procede.

Siguiendo el proceso se llega al modelo final, donde la variable de interés (condición de desempleo) puede ser explicada por el modelo que incluye las variables Jefe de Hogar, Nivel de Educación, Estado Civil, Sexo, Rama del Último Empleo, Departamentos y Categoría del Último Empleo.

El modelo final queda resumido en la Tabla 1, donde se han incluido los coeficientes β_i , las exponenciales de dichos coeficientes (OR), intervalo de confianza para las OR al 95% y el p correspondiente a cada variable o categoría obtenido a través

Tabla 1. Estimación de los coeficientes de ventaja para el modelo final.

Variable	B	OR	IC 95% OR	p-valor
Constante	-1.53	0.22	(0.17; 0.27)	< 2e-16
Jefe de Hogar				
No Jefe/a*				
Jefe/a	0.81	2.24	(2.00; 2.50)	< 2e-16
Nivel de Educación				
Nivel Básica *				
Nivel Media	-0.62	0.54	(0.49; 0.59)	< 2e-16
Nivel Superior	-1.50	0.23	(0.19; 0.27)	< 2e-16
Estado Civil				
Con Pareja*				
Sin Pareja	1.04	2.84	(2.57; 3.14)	< 2e-16
Sexo				
Hombres*				
Mujeres	1.21	3.34	(3.01; 3.70)	< 2e-16
Rama del Último Empleo				
Sector Primario*				
Sector Secundario	0.14	1.15	(0.98; 1.35)	0.093
Sector Terciario	0.492	1.635	(1.43; 1.87)	1.0 e ⁻¹²
Departamento				
Asunción*				
San Pedro	-0.27	0.77	(0.62; 0.95)	0.013
Caaguazú	0.02	1.03	(0.85; 1.24)	0.797
Itapúa	-0.42	0.66	(0.53; 0.81)	8.9 e ⁻⁰⁵
Alto Paraná	-0.29	0.75	(0.63; 0.90)	0.001
Central	-0.04	0.97	(0.82; 1.14)	0.669
Resto	0.02	1.02	(0.86; 1.22)	0.787
Categoría del Último Empleo				
Trabajador en Relación de Dependencia*				
Trabajador Independiente	-0.22	0.80	(0.719; 0.88)	2.9 e ⁻⁰⁵
*Categoría de Referencia				

del test de Wald.

Para el ajuste global del modelo se calculan la Tasa de Clasificaciones Correctas y el Área bajo la Curva ROC.

Al calcular la Tasa de Clasificaciones Correctas. Se calcula la función para los puntos de corte entre 0,1 y 0,9, (de 0,1 en 0,1), para encontrar cuál de ellos maximiza la Tasa de Clasificaciones Correctas. El punto de corte que maximiza la Tasa de Clasificaciones Correctas se encuentra alrededor de 0,5. Para conseguir estimaciones más precisos se prueban los puntos de corte entre 0,45 y 0,54 (de 0,01 en 0,01). La conclusión es que el mejor punto de corte es 0,51, que da como resultado una Tasa de Clasificaciones Correctas de 69,91401 ($\approx 70\%$), y por ende, la capacidad predictiva del modelo es relativamente buena.

El área bajo la curva ROC representa la probabilidad de que un individuo desempleado tenga un valor en la escala de medida considerada mayor que un individuo con probabilidad de no estar desempleado.

El valor del estadístico, equivalente al área bajo la curva ROC, es de 0,761, que se considera aceptable para evaluar el modelo propuesto.

El Análisis de los Residuos y la Distancia de Cook (medidas de influencia) son los indicadores aplicados para realizar la Validación y Diagnóstico del modelo.

El resumen del Análisis de los residuos se tienen como valor mínimo -2,0799 y como valor máximo 2,7178, lo que en principio indica que podría haber valores que distorsionan el ajuste global del modelo. Sin embargo, también se tiene que $q_1 = -0,9725$ y $q_3 = 0,9789$ o sea que el 50% de los residuos se encuentran entre ± 1 , por lo que es de esperar que entre ± 2 se encuentre la mayoría de los datos (\approx el 95% si estos fueran normales).

Identificando cada uno de los residuos de los individuos encuestados, de 9425 residuos, 111 son mayores a 2 (o sea, apenas un 1% está fuera del rango esperado). No obstante, a pesar de que esta situación no es alarmante, las medidas de influencia, específicamente las Distancias de Cook, son una prueba útil para la identificación de puntos

influyentes.

El valor máximo de las distancias de Cook es 0,001135235, con lo que se concluye finalmente que no hay ninguna distancia mayor que 1 y por tanto, se acepta el exceso detectado en los residuos con lo que, el modelo queda validado.

Variables indicadoras del desempleo a través de Árboles de Clasificación

Para realizar una partición de los datos en subconjuntos que sean homogéneos con respecto a la variable criterio (Empleado/Desempleado), se utilizan las ocho variables que mostraron estar asociadas a la “Situación Laboral” (Departamento, Jefe de Hogar, Sexo, Estado Civil, Número de Personas en el Hogar, Categoría del Último Empleo, Rama del Último Empleo y Nivel de Educación). Aquí tampoco se analizan las variables Área y Grupo de Edades, debido a que en el análisis descriptivo resultaron no estar asociadas a la Situación Laboral (Empleado/ Desempleado).

El modelo resultante presenta las variables y categorías de las mismas, que son discriminantes en el análisis de caracterización de los desempleados. El diagrama de árbol ofrece en el nodo raíz la variable dependiente Situación Laboral con el 53,2% de empleados y el 46,8% de desempleados.

La primera división del árbol se realiza a partir de la variable Jefe de Hogar, de tal manera que la

categoría “no jefe/a de hogar” aparece con mayores probabilidades de desocupación (56,2 %).

Asimismo, los jefes de hogar se segmentan según el Sexo, y se observa que las mujeres exhiben mayores posibilidades de aparecer desempleadas (51,2 %). Inversamente, los hombres que son jefes de hogar muestran un elevadísimo porcentaje de empleados, que llega al valor del 82,5 %.

Por otro lado, los no jefe/a se clasifican según el Nivel de Educación, y los que ostentan niveles de educación bajos o medios tienen mayores probabilidades de estar desempleados (o en sentido inverso los que poseen una formación superior tienen más probabilidad de estar empleados). Seguramente, lo afirmado se debe a que personas con niveles educativos bajos o medios se desempeñan en tareas menos calificadas y los otros en los niveles de dirección o profesional.

Para los niveles de educación bajos y medios la clasificación se da según el Estado Civil destacándose que las personas que están sin pareja presentan mayores porcentajes de desempleados (73,7% y 58,1 %, respectivamente), lo cual permite confirmar que las personas que se encuentran en pareja realizan esfuerzos mayores para lograr una ocupación. Por otra parte, los que poseen Nivel de Educación Superior se clasifican según el sexo, y como era de esperarse tanto los hombres como las

Tabla 2. Ganancia en el Análisis de la Situación Laboral, según el Árbol de Clasificación obtenido.

Nodo	Nodo		Ganancia		Respuesta	Índice
	N	%	N	%		
8	2045	21.40%	1507	33.80%	73.70%	157.40%
10	1964	20.60%	1142	25.60%	58.10%	124.20%
16	491	5.10%	276	6.20%	56.20%	120.10%
9	1140	12.00%	558	12.50%	48.90%	104.60%
17	257	2.70%	107	2.40%	41.60%	88.90%
11	717	7.50%	281	6.30%	39.20%	83.70%
13	416	4.40%	142	3.20%	34.10%	72.90%
14	1227	12.90%	268	6.00%	21.80%	46.70%
12	296	3.10%	64	1.40%	21.60%	46.20%
15	983	10.30%	119	2.70%	12.10%	25.90%

mujeres exhiben mayores posibilidades de aparecer ocupados (78,4% y 65,9 %, respectivamente).

Analizando la rama del árbol que corresponde a los No Jefe/a, la condición de empleados o desempleados depende del sexo. En tal sentido, las mujeres y los hombres se clasifican nuevamente según su nivel de educación destacándose que en casi todos los niveles los hombres tienen más posibilidades de estar ocupadas que las mujeres.

En resumen, se detectaron 10 clases en el análisis, ordenadas por riesgo decreciente de desempleo, como se observa en la Tabla 2.

En la Tabla 3 se observan las clases (camino de nodos) ordenados según la proporción de desempleados, es decir, permite saber qué subgrupo de personas tiene mayores probabilidades de ser clasificado como tal.

Se advierte (Tabla 2) que cuando el índice presentado en la última columna supera el 100 %, tal

Tabla 3. Clase en el Análisis Empleado-Desempleado.

Clase	Análisis Empleado-Desempleado
1	No Jefes con Nivel de Educación Básico y Sin Pareja
2	No Jefes con Nivel de Educación Medio y Sin Pareja
3	Jefes Mujer con Nivel de Educación Básico
4	No Jefes con Nivel de Educación Básico y Con Pareja
5	Jefes Mujer con Nivel de Educación Medio o Superior
6	No Jefes con Nivel de Educación Medio y Con Pareja
7	No Jefes con Nivel de Superior siendo Mujer
8	Jefes Hombre con Nivel de Educación Básico
9	No jefes con Nivel de Educación Superior siendo Hombre
10	Jefes Hombre con Nivel de Educación Medio o Superior

Tabla 4. Clase en el Análisis Empleado-Desempleado.

Observado	Pronosticado		
	Empleado	Desempleado	% correcto
Empleado	3497	1575	68.90%
Desempleado	1539	2925	65.50%
% global	52.80%	47.20%	67.30%

como ocurre en las clases 1, 2, 3 y 4 la proporción de desempleados es superior en esas categorías. Es decir, que las clases No jefe/a con Nivel de Educación Básico y que están Sin Pareja (Índice 157,4), No jefe/a con Nivel de Educación Medio y que están Sin Pareja (Índice 124,2), Jefe/a que son mujeres y tienen un Nivel de Educación Básico (Índice 120,1) y No jefe/a con Nivel de Educación Básico y que están Con Pareja (Índice 104,6) representan los grupos de mayor riesgo de desempleo.

En el otro extremo, los Jefes que son Hombres y tienen un Nivel de Estudio Medio o Superior, que componen la clase 10, corresponden al grupo de menor riesgo, con un porcentaje de desempleo del 12,1 %, que representa sólo la décima parte del total de la muestra.

Para analizar, las variables de predicción del modelo aparecen en las Tablas de Riesgo y de Clasificación, y proporcionan una rápida evaluación de la bondad del funcionamiento del modelo.

En la Tabla 4 se debe considerar que los resultados brindados por el árbol obtenido son coherentes, en el sentido que el modelo clasifica de forma correcta, aproximadamente, al 67,3% de los individuos.

Conclusión

Utilizando la base de datos de la Encuesta Permanente de Hogares del año 2011 y teniendo en cuenta características demográficas, socio-demográficas y económicas de los trabajadores residentes en Asunción y las áreas, tanto urbanas como rurales, de la Región Oriental del Paraguay, se ha realizado una inferencia sobre la situación de empleado o desempleado de los paraguayos, a través de dos técnicas diferentes, la Regresión Lo-

gística y los Árboles de Clasificación, presentando un modelo matemático caracterizado por factores que influyen para que en esta sociedad se origine el desempleo.

Partiendo de un conjunto de características consideradas predictores del desempleo, “Departamento de Residencia”, “Área (urbana o rural) de Residencia”, “Edad”,

“Condición de Jefe de Hogar”, “Sexo”, “Estado Civil”, “Numero de Personas en el Hogar”, “Categoría del Ultimo Empleo”, “Rama del Ultimo Empleo” y “Nivel de Educación”, un análisis inicial exploratorio, pero a su vez confirmatorio, establece que la “Edad” y el “Área de Residencia” no son significativas a la hora de explicar el desempleo de los paraguayos, y por ende, son excluidas de los procedimientos de selección de modelos.

Al recurrir a la Regresión Logística, se demuestra que las variables “Jefe de Hogar”, “Nivel de Educación”, “Estado Civil”, “Sexo”, “Rama del Ultimo Empleo”,

“Departamentos” y “Categoría del Ultimo Empleo” contribuyen a la construcción de un modelo que permite estimar la probabilidad de que un individuo de nacionalidad paraguaya sea desempleado. La capacidad predictiva del modelo es buena, porque realiza un 70 % de clasificaciones correctas. Otros mecanismos de diagnosis (por ejemplo, área bajo la curva ROC, distancias de Cook, análisis de residuos) también permiten considerar que el modelo propuesto es aceptable.

Sin embargo, la técnica de Árboles de Clasificación arroja un modelo mucho más simple para explicar el carácter de desempleado de un individuo. Este modelo

tiene en cuenta tan solo las variables “Jefe de Hogar”, “Nivel de Educación”, “Estado Civil” y “Sexo”, las cuales también están involucradas en el modelo logístico obtenido, considerándose este hecho como razón suficiente para tenerlas en cuenta al diseñar políticas tendientes a disminuir los niveles de desempleo.

Al comparar las dos técnicas de clasificación se encontró que el modelo obtenido por Árboles de Clasificación (que posee menos variables y todas

relacionadas con condiciones que pueden considerarse “propias” de cada trabajador) presenta una Tasa de Clasificaciones Correctas más baja que la Regresión Logística (que incluye además de las personales, otras características más relacionadas con el tipo y lugar del empleo).

También puede mencionarse como ventaja de la Técnica de Árboles el hecho de haber detectado 10 clases (o camino único entre el nodo raíz y cada uno de los nodos terminales del Árbol) en el análisis, ordenadas por riesgo decreciente de desempleo.

Precisamente, esta es la mayor contribución de esta metodología, porque en la lectura de las diferentes ramas correspondientes a esos nodos brinda la caracterización de los perfiles de los casos estudiados en este trabajo, es decir, de los desempleados paraguayos.

La aplicación de métodos de clasificación permite obtener más y mejor información sobre los indicadores del desempleo (sexo, estado civil, nivel de educación y la condición del jefe de hogar), para el diagnóstico y actualización de la situación de los pobladores de la región oriental de Paraguay.

Se considera que esta investigación permite comenzar a identificar indicadores del desempleo que afecta a los pobladores de la Región Oriental del Paraguay. Es un paso inicial que puede encaminar estudios que permitan a establecer políticas tendientes a ampliar el marco de perspectivas laborales posibles, así como diagnosticar otros aspectos de la economía y de la sociedad paraguaya.

Referencias

- Beltrán, C. (2011). Análisis de Regresión Logística Aplicado a la Clasificación Textos Académicos: Biometría y Filosofía. *Revista de Epistemología y Ciencias Humanas*, 3: 50–60.
- DGEEC (Dirección General y Estadísticas y Censos). (2011). *Principales Resultados de la EPH 2011*. [Consulted: 12.viii.202]. <<http://www.dgeec.gov.py>>. Asunción: Paraguay. 33 pp.
- Díaz, M., Ferrero, F., Díaz, C., Caro, P & Stimolo, M.I. (2005). Análisis del Desempleo Urbano

- a Través de un Estudio Comparativo de Métodos de Clasificación. *Revista de Economía y Estadística*, 43(2): 61–83.
- Hair, J.F.Jr., Anderson, R.E., Tatham, R.L. & Black, W.C (1999). *Análisis Multivariante*. (5ta. Edición). Hoboken: Prentice Hall. 799 pp.
- Hernández, F. & Correa, J.C. (2009). Comparación entre tres Técnicas de Clasificación. *Revista Colombiana de Estadística*, 32(2): 247–265.
- Hosmer, D.W. & Lemeshow, S. (2000). *Applied Logistic Regression*. (2° Edición). New York: Wiley-Interscience. 375 pp.
- Pérez, J.M. (2006). *Árboles Consolidados: Construcción de un Árbol de Clasificación basado en múltiples submuestras sin renunciar a la explicación*. (Tesis doctoral). Donostia: Universidad del País Vasco. 271 pp.
- Serna Pineda, S. C. (2009). *Comparación de árboles de regresión y clasificación y regresión logística*. (Disertación de maestría). Medellín: Universidad Nacional de Colombia. 60 pp.

Correlación estratigráfica de los pozos Anita-1, Carmen-1 y modelado de la subcuenca del Pirity de Paraguay

Stratigraphic correlation of the wells Anita-1, Carmen-1 and modeling of the Pirity sub-basin of the Paraguayan basin

Jairo Villalba^{1,*}  & Sonia Molinas¹ ¹Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, San Lorenzo, Paraguay.*Autor correspondiente: jairovillalba94@hotmail.com.

Resumen: La Subcuenca del Pirity cuenta con una serie de pozos perforados, el cual se seleccionaron algunos de ellos, para describir sus unidades litológicas y realizar una correlación y posterior contrastación con líneas sísmicas con el fin de determinar la disposición litológica dentro de la Subcuenca de Pirity, para ello se accedió a los datos proveídos por PETROPAR y el CENIHP que finalmente fueron procesados en programas especializados y a través de ello generar una interpretación y relación geológica el cual ayudara a caracterizar la geología de la Subcuenca.

Palabras clave: Subcuenca, líneas sísmicas, pozos, litologías.

Abstract: The Pirity sub-basin has a series of drilled wells, some of which were selected to describe their lithological units for correlation and subsequent contrast with seismic lines in order to determine the lithological arrangement within the Pirity sub-basin, for this purpose the data provided by PETROPAR and CENIHP were accessed and finally processed in specialized programs and through this generate an interpretation and geological relationship which will help to characterize the geology of the sub-basin.

Key words: Sub-basin, seismic lines, wells, lithologies.

Introducción

El Chaco paraguayo está constituido por 4 subcuencas separadas por altos estructurales, estas subcuencas del tipo pericratónicas pertenecen a una cuenca mayor que es la cuenca del Chaco Sudamericano. Las cuencas sedimentarias normalmente poseen las condiciones para generar hidrocarburos debido a que reúnen las características geológicas para dichos yacimientos.

Para determinar la ubicación de estos yacimientos es importante la realización de estudios geofísicos, en el que primeramente se determina la ubicación de la cuenca por medio de estudios de gravimetría, posterior a ello a se realizan estudios estructurales del subsuelo por medio de líneas sísmicas el cual permite determinar la disposición de las litologías y finalmente se realiza la perforación del pozo exploratorio para determinar la presencia de hidrocarburos, extraer muestras geológicas y generar registros geofísicos del pozo.

Por medio de los datos geológicos y geofísicos se

puede generar una serie de estudios del área de exploración uno de ellos es la correlación de pozos el cual nos permite definir la continuidad de las diferentes litologías además de la disposición de las mismas. En orden a definir la continuidad de las litologías en la subcuenca del Pirity se recurrió a los registros geofísicos y datos de perforación de los Pozos Anita 1 y Carmen 1 para su posterior descripción y caracterización, además de ello las líneas sísmicas nos permitirán obtener una mejor interpretación de la disposición de las diferentes litologías.

Materiales y Métodos

Localización del área de estudios

La Subcuenca de Pirity se encuentra localizada en la Región Occidental del Paraguay, Chaco Paraguayo, entre los altos de Boquerón y Presidente Hayes y los pozos Carmen-1 y Anita-1 se encuentran localizados dentro de la Subcuenca de Pirity (Fig. 1).

Las coordenadas de los pozos son las siguientes:

Recibido: 03/03/2022 Aceptado: 06/09/2022



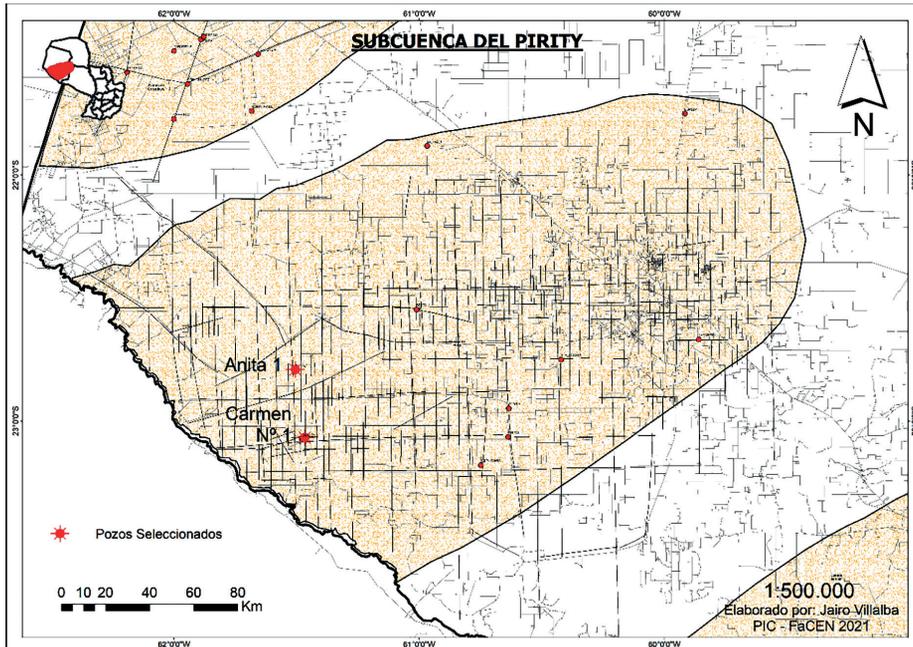


Figura 1. Mapa de ubicación de la subcuenca del Pirity con las líneas sísmicas y los pozos existentes en el área y los pozos seleccionados.

- Anita-1: 22° 53' 24" S – 61° 30' 18" W.
- Carmen-1: 23° 15' 07" S – 61° 18' 14" W.

Gverse Geographix con sus modulos Geophysics y Xsection además de otros complementarios como el Seisee, Globalmapper, Adobe Illustrator, Petrel y Microsoft office.

Materiales

Para el desarrollo de este trabajo se utilizó una computadora i7-10ma generación con 64Gb ram y graficos de 4gb Nvidia GTX 1650 y los softwares: Arcgis 10.8 para el desarrollo de los mapas, el

Método

El método aplicado para esta investigación es del tipo cualitativo – descriptivo, dividiéndolo en tres

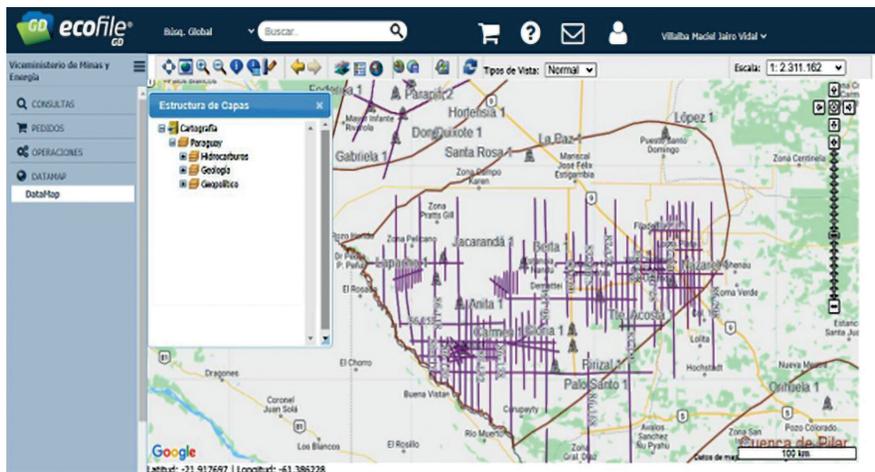


Figura 2. Portal del CENIHP en el cual se consultaron datos de exploración de la Cuenca del Pirity. (Fuente: Anónimo, 2003-2022).

fases:

Fase 1 – Recopilación de datos

Por medio de recursos bibliográficos se recolectaron informaciones respecto a la cuenca del Chaco, la

subcuenca Lomas Olmedo y la subcuenca del Pirity, basado en autores como Gómez Duarte (1986), Wiens (1998a; 1998b) y Clebsch (1991) entre otros. Además, gracias al convenio entre la FaCEN-PETROPAR se logró acceder a los datos geofísicos

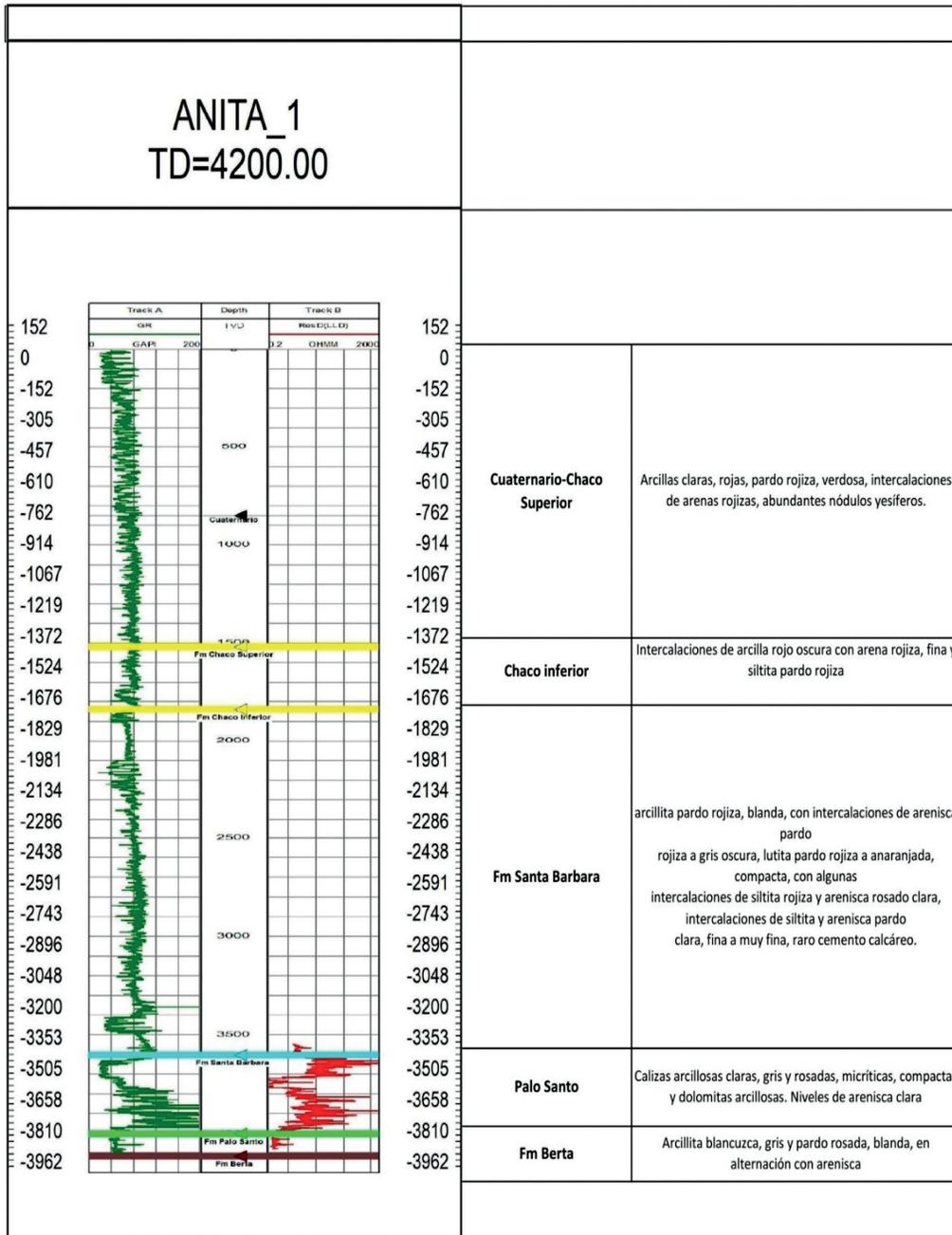


Figura 3. Descripción litológica del pozo Anita-1. (Modificado de Wiens, 1998).

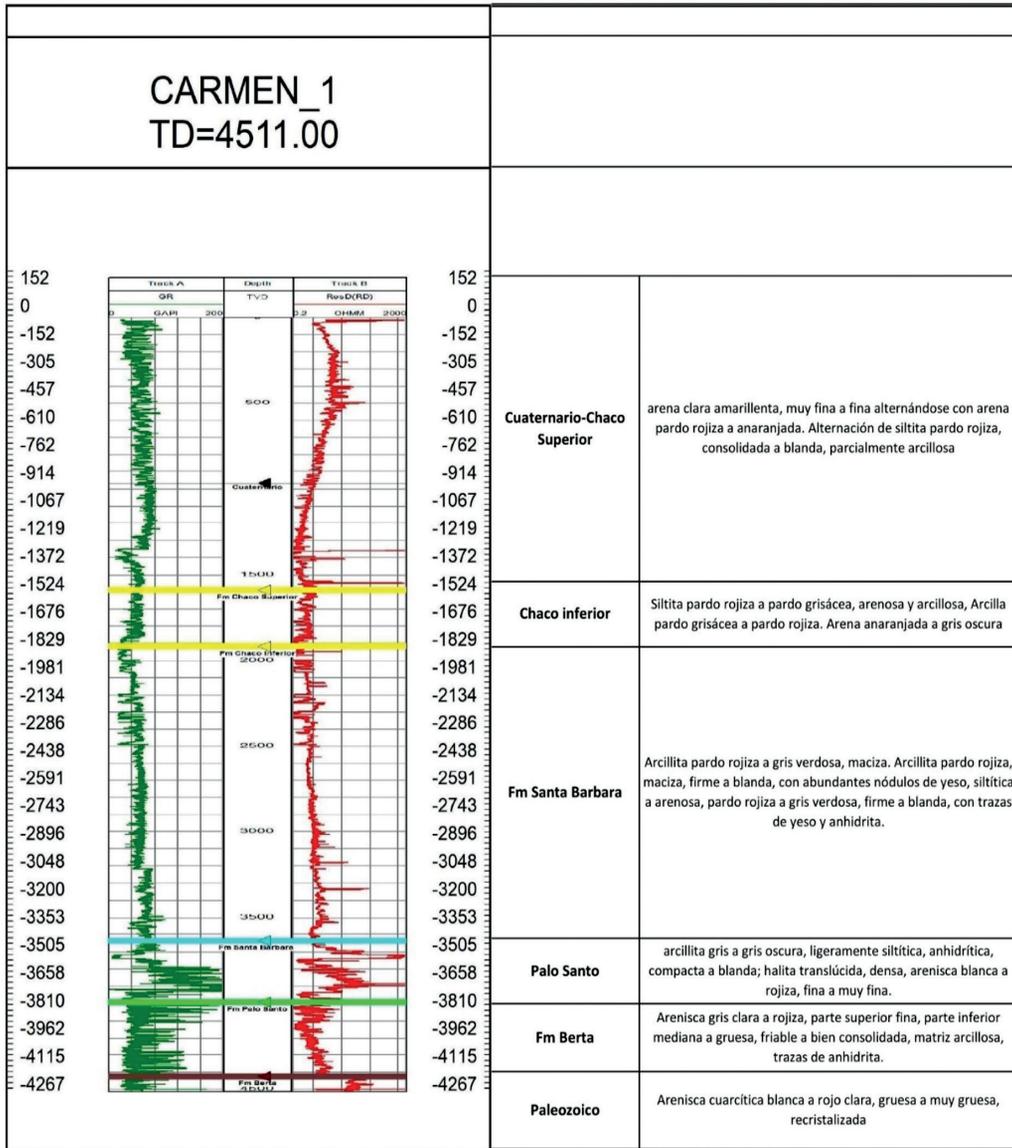


Figura 4. Descripción litológica del pozo Carmen-1. (Modificado de Wiens, 1998).

como líneas sísmicas en formato SEG Y y pozos en formato LAS, también recopilar registro de exploraciones previas de la base de datos de PETROPAR que fueron reforzados por datos descargados del portal CENIHP (Anónimo, 2003-2022, Fig. 2) del Vice Ministerio de Minas y Energías (VMME).

Fase 2 – Selección y análisis de datos

Los datos fueron seleccionados acorde al área de estudios descartando gráficos antiguos de las líneas

sísmicas y pozos debido a que la mayoría de estos datos se encuentran en formato digital, es decir en formato SEG Y y LAS permitiendo integrarlos a softwares especializados para su visualización y tratamiento que fueron reforzados con reportes y descripciones de las perforaciones.

Fase 3 – Procesado de la información

Los datos fueron procesados por medio de diferentes softwares, como el Arcgis 10.8 para el desarro-

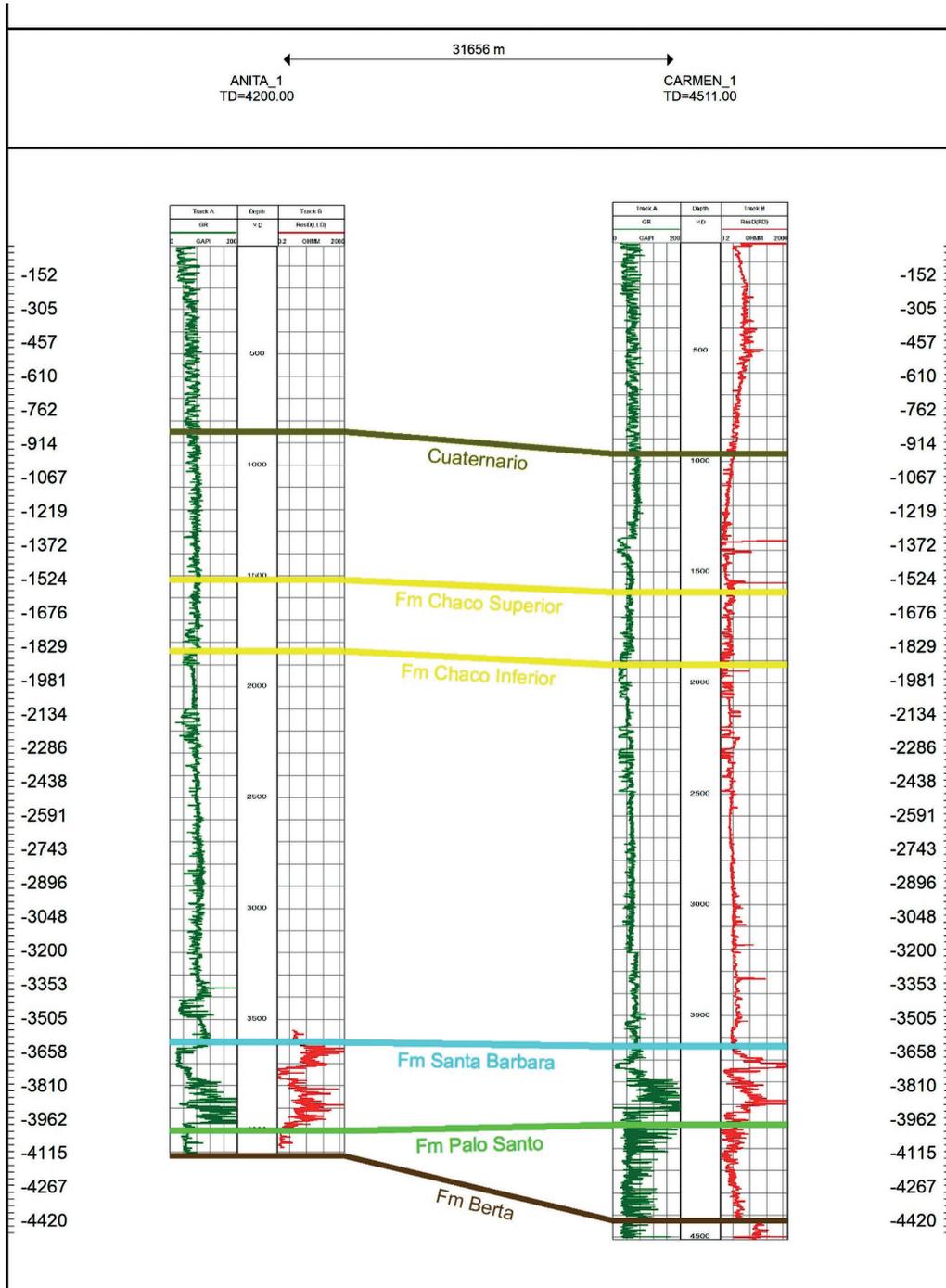


Figura 5. Correlación estratigráfica de los pozos Anita-1 y Carmen-1 en base al registro gama y resistividad en el cual se definen las etiquetas de las litologías en el piso o límite de estas.

llo de los mapas y visualizar el modelo 3D de la subcuenca, el SeiSee y el Gverse Geographix para la visualización de las líneas sísmicas. Se utilizó

el módulo Gverse Geophysics para la integración de las líneas sísmicas, selección de los horizontes litológicos enlazados con los pozos en un sistema

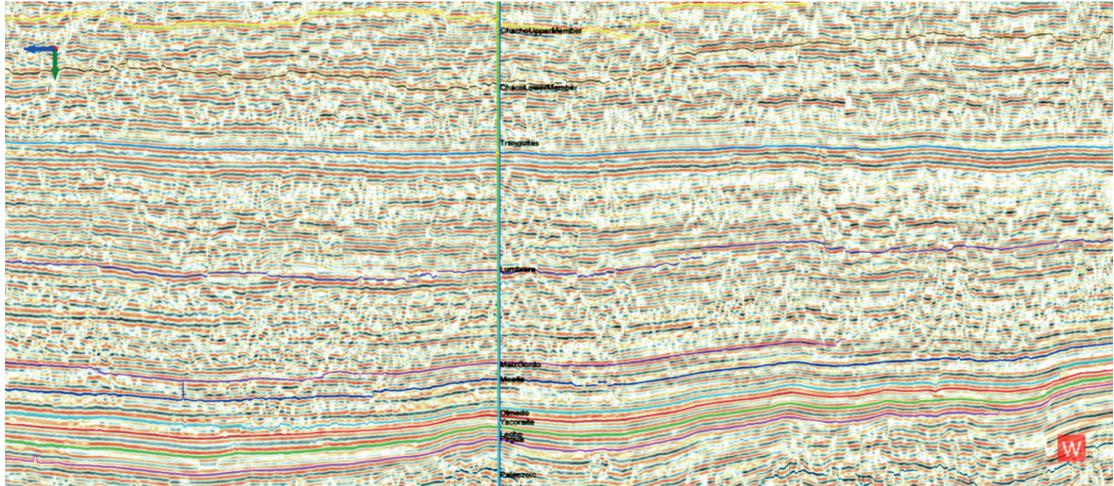


Figura 6. Ejemplo del enlazado de los pozos a las líneas sísmicas, en este caso se observa el pozo Carmen-1 a la línea 86-126, el pozo en formato LAS y la línea en formato SEG Y.

de información geográfica. Con el Xsection se logró el procesado de la correlación de las curvas y la definición de los horizontes litológicos. Finalmente, el Adobe Illustrator para el diseño de la sección transversal en base a las líneas sísmicas y pozos enlazados.

Resultados y discusión

Para la realización de la correlación de los pozos Anita-1 (Fig. 3) y Carmen-1 (Fig. 4), primeramente

se procedió a definir las litologías en relación a la profundidad y la respuesta a la curva GR o gamma (izquierda) y Resistividad (derecha) de ambos pozos, los resultados fueron consultados y modificados a partir de la descripción expuesta en “Potencial Hidrocarburífero del Paraguay” realizado por Wiens (1998a; 1998b).

A partir de la descripción litológica de ambos pozos se procedió a realizar la correlación de los mismos (Fig. 5), en el cual cabe destacar que el

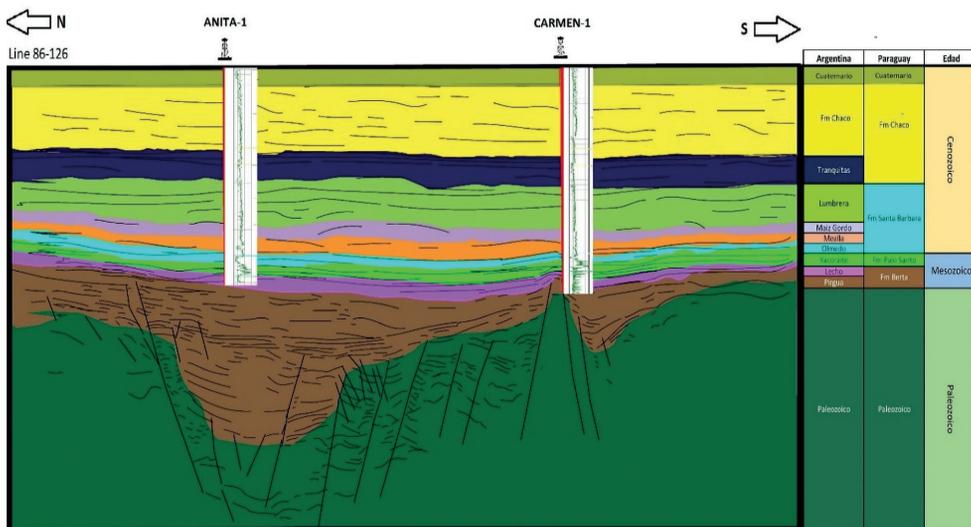


Figura 7. Sección transversal del área central de la cuenca del Piritu, entre los pozos Anita-1 y Carmen-1, en el que se compara con la litología de la subcuenca Lomas de Olmedo.

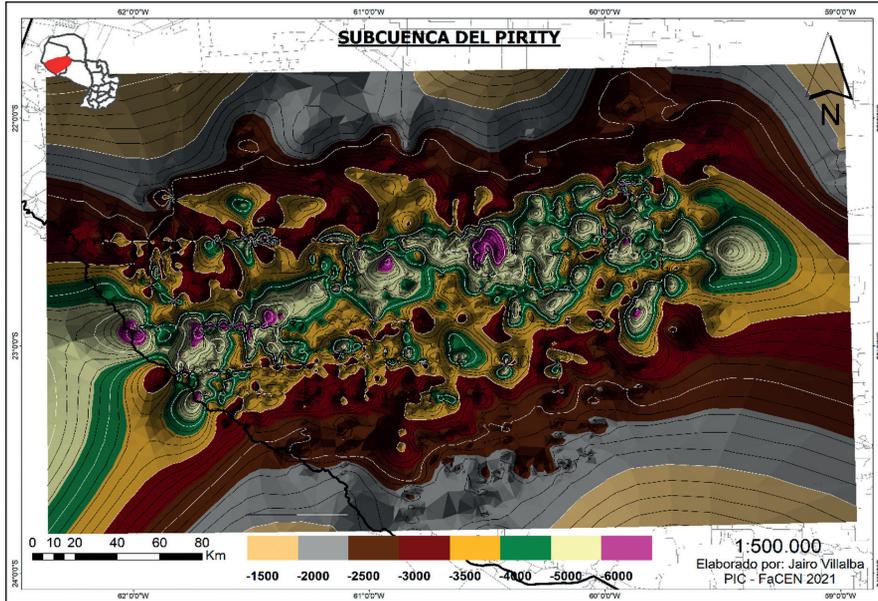


Figura 8. Mapa 3D de la plataforma de la subcuenca del Pirity en el que se observa la distribución de la misma dentro del territorio paraguayo.

pozo Anita-1 no llegó al Paleozoico como lo hizo el pozo Carmen-1 debido a que el pozo Carmen llegó hasta una estructura del tipo “Horst”.

Posterior a la correlación de pozos se procedió a la realización de la sección transversal (Fig. 6) utilizando la línea sísmica 86-126 realizado por la OXY. Para ello primeramente se tuvo que enlazar los pozos a las líneas sísmicas en el programa Gverse, utilizando el registro DT o re-

gistro sísmico, se realizó la conversión del tiempo de avance de las ondas acústicas a profundidad, de ese modo se pudieron enlazar los pozos a las líneas sísmicas y determinar la profundidad de las líneas sísmicas en metros.

Posterior al enlazado se procedió a la ilustración de la sección transversal (Fig. 7) utilizando como base la correlación de los pozos y la imagen de los pozos enlazados con la línea sísmica

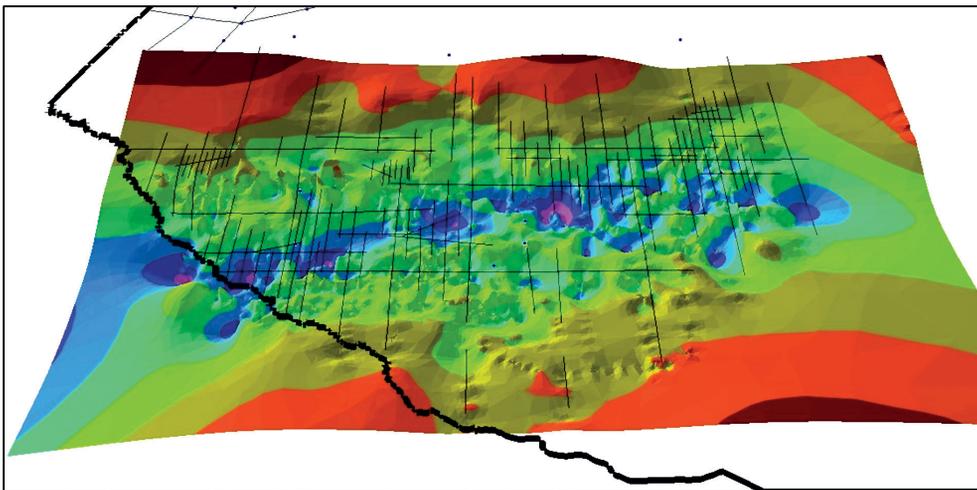


Figura 9. Modelo 3D de la plataforma de la subcuenca del Pirity con orientación norte-sur.

86-126.

Mapa y modelo 3D de la subcuenca del Pirity

Finalmente, para el modelado tridimensional de la subcuenca del Pirity (Figs. 8 y 9) se procedió a seleccionar el horizonte paleozoico de todas las líneas sísmicas existentes en la subcuenca para ello se tomó como referencia la línea 86-126 y a partir de ello se realizó el modelado de la superficie paleozoica, que posteriormente fue renderizado a 3D, luego convertido a formato “Tiff” para su visualización y mapeo en el programa Arcgis.

Discusión

Rocas Paleozoicas en el pozo Carmen-1

Como se observa en ambos pozos, el TD (Total Deep o profundidad total) varía, siendo el de Carmen-1 el mayor con 4511 metros, de este modo en la descripción litológica se observa que Carmen-1 fue perforado hasta rocas cuarcíticas del Paleozoico y no así Anita-1. La razón del porque Carmen llegó a rocas Paleozoicas es porque el pozo fue perforado en dirección a un horst, el cual mantiene a las rocas Paleozoicas a menor profundidad o mayor altura como se

observa en la Fig. 10.

Deposición sinrift y postrift en la subcuenca del Pirity

Así mismo la deposición de los sedimentos de la subcuenca Lomas de Olmedo y en consecuencia Pirity se puede dividir de acuerdo a su comportamiento tectónico.

Una primera etapa de «sinrift» correspondiente con los depósitos de la Supersecuencia Pirgua (130 a 75 Ma); a continuación, y en discordancia una primera etapa de «postrift» representada por sedimentos de la Supersecuencia Balbuena (Formaciones Lecho y Yacoraite) (75 a 63 Ma). Luego, mediante una fuerte reactivación de la cuenca se inicia una segunda etapa de «sinrift», con los registros de las Secuencias Santa Bárbara I y II (Formaciones Olmedo y Mealla) (63 a 54 Ma); a partir de los 54Ma se establece una segunda etapa de «postrift» con los depósitos de la secuencia Santa Bárbara III (Formación Maíz Gordo) hasta los 49,5 Ma, donde se establecen los primeros registros sedimentarios vinculados a una geometría depositacional de una cuenca de Antepaís, representados por la Supersecuencia Lumbrera (Formación Lumbrera). (Alvarez,

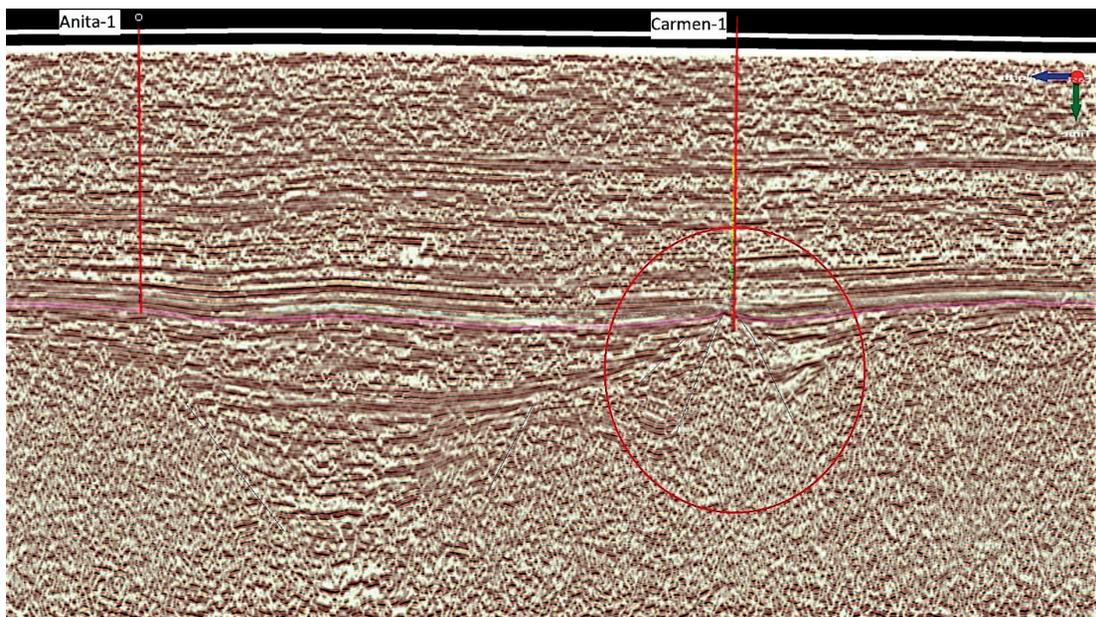


Figura 10. Se observa la estructura tipo horst al cual llegó el pozo Carmen-1.

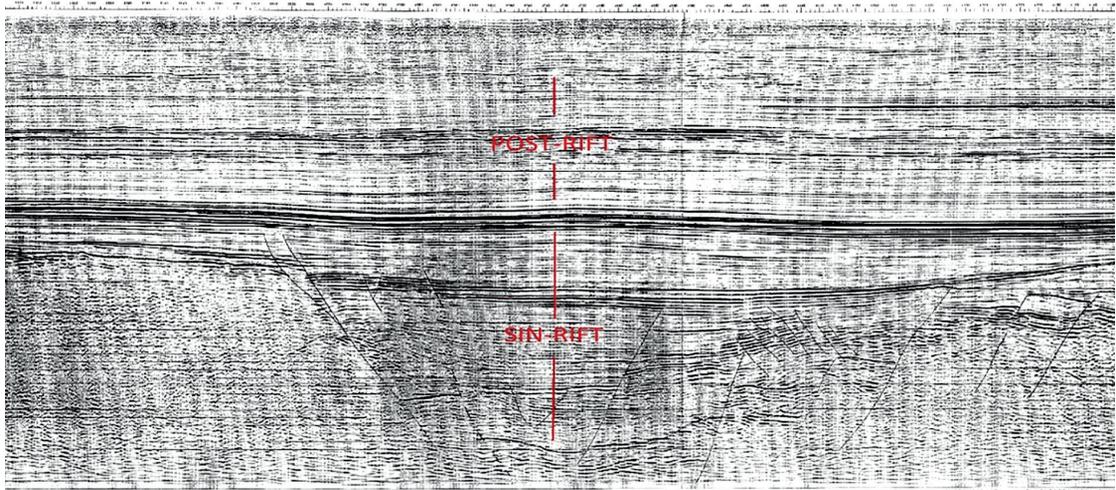


Figura 11. Comparación de la deposición sinrift y post rift. (Fuente: OXY, 1986).

1999).

Teniendo en cuenta que la Supersecuencia Pirgúa es el equivalente a la Fm Berta en Paraguay en la línea 86-126 se puede observar perfectamente (Fig. 11) la deposición del tipo «sinrift» y posterior a ello la deposición del tipo «postrift» pertenecientes a la Fm Palo Santo y Santa Barbara.

Motivo del porque la formación Berta tiene mayor potencia respecto a las formaciones suprayacentes es por la deposición en sincronía con el rift como se ve en la Fig. 12, descrita por G.D. Williams *et al.* (1989).

La secuencia sinrift se deposita durante una falla extensiva. Cambios marcados de espesor estratigráfico de la pared de la falla a la pared suspendida

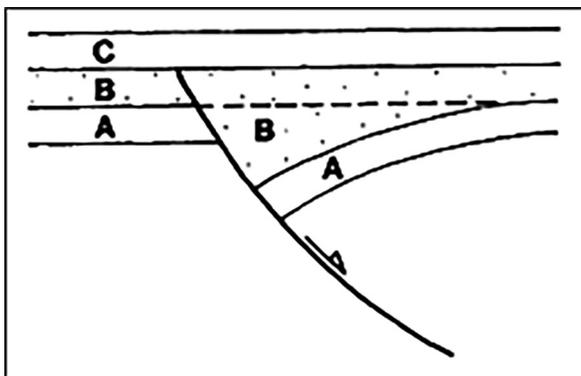


Figura 12. Diagrama esquemático de un positivo clásico estructura de inversión. A, B y C son secuencias estratigráficas. (Fuente: Williams *et al.*, 1989).

son indicativos de fallas en el crecimiento. Una secuencia postrift se deposita después del cese de fallas extensionales. En el postrift La secuencia puede depositarse después de un período de no deposición y/o erosión marcada por una discontinuidad de ruptura que puede eliminar parte de la secuencia sinrift.

Conclusión

Los patrones de los registros gamma corresponden a las litologías descritas en los pozos Anita 1 y Carmen 1.

Con la sección transversal realizada se observa la composición litológica de la subcuenca del Pirity contrastada en la línea sísmica 86-126 y los registros geofísicos, en el cual se observan aspectos estructurales relacionados a la tectónica y deposición de los sedimentos.

Por medio de la correlación geofísica-estratigráfica los pozos Anita 1 y Carmen 1, y la sección transversal elaborada se logró generar el modelado tridimensional de la subcuenca del Pirity y de esta manera obtener las características geofísicas estratigráficas de la subcuenca; de tal modo este modelo tridimensional serviría para futuras exploraciones hidrocarburíferas y determinar la distribución de la subcuenca dentro del territorio paraguay.

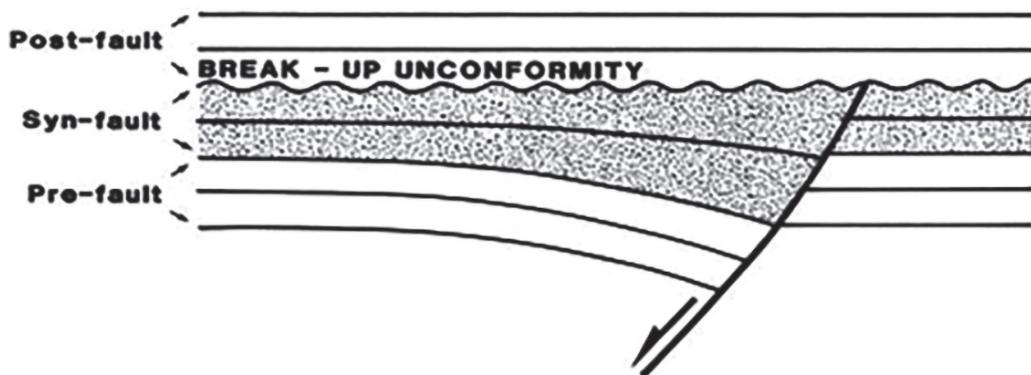


Figura 13. Diagrama esquemático de la estratigrafía acumulada antes, durante y después del movimiento de falla extensional. La discordancia de ruptura se muestra como una línea ondulada en la parte superior de la secuencia synrift. (Fuente: Williams *et al.*, 1989).

Literatura citada

- Álvarez, L.A. (1999). Geología de Hidrocarburos en el Noroeste Argentino. Pp, 27–36, in González Bonorino, G., Omarini, R.H. & Viramonte, J.G. (Eds). *Geología del Noroeste Argentino: Relatorio del XIV Congreso Geológico Argentino*, 2: 306 pp.
- Anónimo. (2003-2022). *CENIHP: Centro Nacional de Información Hidrocarburífera del Paraguay*. Viceministerio de Minas y Energía. [Consulted: 5.xi.2021]. <https://www.ssme.gov.py/vmme/index.php?option=com_content&view=article&id=1883>.
- Anónimo. (2010). *Geología del Paraguay*. Viceministerio de Minas y Energía. [Consulted: 5.xi.2021]. <https://www.ssme.gov.py/vmme/index.php?option=com_content&view=article&id=1249>.
- Castillo Clerici, A.M. (1986). *Reavaliação da Geologia do Paraguay Oriental*. (Tesis Doctoral). São Paulo: Universidade de São Paulo. 141 pp + 1 map.
- Clebsch, C.A. (1991). *The Geological Evolution Of The Paraguayan Chaco*. (Doctoral tesis). Lubbock: Texas Tech University. xv + 185 pp + 4 maps.
- Gómez Duarte, D.R. (1986). Contribución al conocimiento de la Geología del Norte del Chaco Paraguayo. Lagerenza: III^{er} Cuerpo de Ejército / Comando en Jefe de las FFAA de la Nación. 27 pp.
- Proyecto PAR/86. (1986). *Mapa geológico del Paraguay: Texto explicativo*. iii + 58 pp.
- Felder, B.A. (1987). Evaluación de formaciones en la Argentina. Buenos Aires: Schlumberger / Secretaría de Energía. 318 pp.
- Starck, D. (2011). Cuenca cretácica-paleógena del noroeste argentino. Pp. 407–453, in Kozlowsky, E., Legarreta, L., Boll, A. & Marshall, P.A. (Eds.). *Simposio Cuencas Argentinas: visión actual*. Actas del VIII Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos: Movilizar recursos. Mar del Plata: Instituto Argentino del Petróleo y el Gas. 453 pp.
- Wiens, F. (1998a). *Potencial de Hidrocarburos del Paraguay*. (Tomo II). Asunción. Paraguay: Geoconsultores (Servicio de Consultoría en Apoyo al Sector de Hidrocarburos del Paraguay). 107 pp.
- Wiens, F. (1998b). *Potencial de Hidrocarburos del Paraguay*. (Tomo III). Asunción. Paraguay: Geoconsultores (Servicio de Consultoría en Apoyo al Sector de Hidrocarburos del Paraguay). 193 pp.
- Williams, G.D., Powell, C.M. & Cooper, M.A. (1989). Geometry and kinematics of inversion tectonics. *Special Publications of the Geological Society of London*, 44(1): 3–15.

Apropiación tecnológica: estudio de caso de la relación entre el usuario y TI en FACEN-UNA**Technological appropriation: case study of the relationship between the user and IT in FACEN-UNA**Antonia Felicia Benítez Duarte^{1,*}  & Alexandre Reis Graeml² ¹Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Tecnología de Producción, San Lorenzo, Paraguay.²Departamento de Informática, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.*Autor correspondiente: antobenitez@facen.una.py.

Resumen: En este trabajo de investigación se busca encontrar la relación entre usuarios y la tecnología de la información (TI) adoptada en un entorno organizacional. Tiene una finalidad descriptiva con abordaje cualitativo. Siguiendo las líneas de investigación con base en los conceptos de la Teoría de la Estructura Adaptable (AST) y la Construcción Social de la Tecnología (SCOT), se analiza el caso de uso de una plataforma virtual por parte de los profesores (los usuarios) en una universidad pública paraguaya (la organización). Fueron entrevistados diecisiete profesores, además se recopilaron datos secundarios de los desarrolladores de la plataforma y la universidad. Los resultados que arrojaron demuestran que, en situaciones obligatorias, los usuarios realizan adaptaciones de la tecnología adoptada para apropiarse de ella, haciendo mejorar los resultados de su uso con sus intereses personales o colectivos pertinentes. La relación entre usuarios y TI genera cambios en las tareas, e incluso los usuarios, con la definición de un "sistema de información desarrollado por uno mismo" que abarca las tareas, la TI adoptada por la organización y otras tecnologías que aportan a su propio sistema. Los resultados encontrados ayudaron a contribuir a una tipología de las adaptaciones realizadas por los usuarios cuando utilizan la TI en sus actividades.

Palabras clave: *Apropiación de tecnología de la información, Teoría de la Estructura Adaptable, Construcción Social de la Tecnología.*

Abstract: This research work seeks to find the relationship between users and information technology (IT) adopted in an organizational environment. It has a descriptive purpose with a qualitative approach. Following the lines of research based on the concepts of the Adaptive Structure Theory (AST) and the Social Construction of Technology (SCOT), the use case of a virtual platform by teachers (users) is analyzed in a Paraguayan public university (the organization). Seventeen professors were interviewed, and secondary data was collected from the developers of the platform and the university. The results they showed show that, in mandatory situations, users make adaptations of the adopted technology to appropriate it, improving the results of its use with their pertinent personal or collective interests. The relationship between users and IT generates changes in the tasks, and even the users, with the definition of a "self-developed information system" that encompasses the tasks, the IT adopted by the organization and other technologies that contribute to its own system. The results found helped to contribute to a typology of the adaptations made by users when they use IT in their activities.

Keywords: *information technology appropriation, Adaptive Structure Theory, Social Construction of Technology.*

Introducción

En la actualidad, sin tecnología no se consigue una máxima eficiencia tanto en las organizaciones gubernamentales como privadas. Es por ello que en la educación también no se priva del uso de las TI, utilizándose como una herramienta en el aprendizaje.

La cuestión es saber si una vez adoptada una TI se adaptan quienes la utilizan como para incluirla

y apropiarse como una herramienta de calidad más bien, o existe oposición en su uso (Engelbert, 2014).

Además, considerándose que la TI está ahí "para ayudar a los gerentes a tomar mejores decisiones, comprender mejor la naturaleza de sus clientes, descubrir nuevas oportunidades de mercado, aumentar la productividad de los empleados y así sucesivamente" (Hirschheim, 2007, p. 204), la cuestión más importante para las organizaciones no es recibir

Recibido: 06/04/2022 Aceptado: 06/09/2022



ningún rendimiento económico de la tecnología, sino del uso que se haga de ella (Orlikowski, 2008).

Las organizaciones invierten en tecnología de la información (TI) esperando resultados positivos, pero para producir los resultados deseados, los empleados deben utilizar la tecnología (Engelbert & Graeml, 2014). Para que esto suceda y funcione, los individuos que están en las empresas deben utilizarla de forma adecuada haciéndola parte de ellos mismos al adoptarla en su día a día.

Según Faraj *et al.* (2004), las tecnologías exitosas son aquellas que mejor se adaptan a las necesidades actuales del mercado. Es por esto que la comprensión de las personas sobre cómo usar las tecnologías de información (TI) es importante para que puedan entender qué resultados se pueden esperar (Al-Natour & Benbasat, 2009).

El presente trabajo se contextualiza a partir de las teorías constructivistas seleccionadas Construcción Social de la Tecnología, Teoría de la Estructuración Adaptativa (SCOT, AST) para comprender la relación entre los usuarios y el artefacto de TI. Estas teorías proporcionan la base para un análisis y explicación del uso de la tecnología de información en un ambiente organizacional donde múltiples actores tienen diferentes percepciones de la utilidad, facilidad de uso y el propósito de una tecnología.

Construcción Social de la Tecnología (SCOT)

A partir de los estudios de los sociólogos Wiebe Bijker y Trevor Pinch, el enfoque de la Construcción Social de la Tecnología, conocida en inglés como SCOT, rechaza enérgicamente la idea del determinismo tecnológico. SCOT busca comprender procesos de construcción científica en un contexto diverso (Pinch & Bijker, 1984). Sus partidarios defienden que "los grupos sociales dirigen prácticamente todos los aspectos relacionados con las nuevas tecnologías" (Pinch & Bijker, 1984, p. 17). Las negociaciones y decisiones relacionadas a la TI no se limitan a los diseñadores de tecnología, innovadores, patrocinadores, desarrolladores, programadores e ingenieros.

Incluso después de que una organización adopte una tecnología, los usuarios pueden asignar nue-

vos significados, descubrir nuevos usos y generar resultados que no se había previsto antes de la aprobación y aceptación de arranque (Pinch & Bijker, 1984). El enfoque SCOT fue utilizado por los sociólogos para estudiar los procesos de innovación (Pinch & Bijker, 1984), pero no se utiliza en la misma intensidad para analizar la adopción, aceptación y uso de TI por las organizaciones (Engelbert, 2014).

El marco de SCOT está formado por cuatro componentes principales. El primero de estos componentes es la flexibilidad interpretativa, lo que significa que "las tecnologías de información están construidas e interpretadas culturalmente" (Pinch & Bijker, 1984, p. 421). Son el producto de las negociaciones entre los grupos involucrados con una tecnología específica. Algunos ejemplos de aplicación de este tipo de interpretación son los diversos estudios de caso realizados por Bijker, que tratan de el desarrollo de la bicicleta, lámpara fluorescente y baquelita (Bijker, 1997).

El segundo componente del marco de SCOT es el concepto de grupos sociales relevantes. En el proceso de desarrollo tecnológico, varios grupos - cada uno tiene una interpretación diferente de la tecnología de información - negocian el proyecto y sus significados (Pinch & Bijker, 1984).

Cada grupo puede tener diferentes interpretaciones y definiciones de lo que es una tecnología que funciona ("la tecnología de trabajo") y su desarrollo continúa hasta que todos los grupos lleguen a un consenso. Cuando esto se alcanza, el proceso de diseño termina, no porque el dispositivo funciona, en un sentido objetivo, sino porque cada grupo social relevante considera que el dispositivo cumplió sus expectativas o desiste de pelear con ello (Pinch & Bijker, 1984).

De acuerdo con los procedimientos metodológicos propuestos por Pinch & Bijker (1984, p. 35), después de haber sido identificados los "grupos sociales relevantes para una determinada tecnología de información, debemos tratar de entender cuáles son los problemas que cada uno de estos grupos tienen con la tecnología de información".

Los problemas y posibles soluciones pueden

implicar no sólo aspectos técnicos relacionados directamente a la tecnología de información, sino también actitudes legales, morales y humanas que necesitan ser cambiadas o adaptadas para dar una solución al problema. Cuando se utiliza una tecnología de información, surgen problemas para los cuales los actores dan soluciones cuando se les presentan (Engelbert, 2014).

La selección de los problemas que hay que resolver y las mejores soluciones siempre son negociadas entre los grupos sociales relevantes (Bijker, 1997). La construcción social de una tecnología de información es el resultado de dos procesos combinados: el cierre y la estabilización, que forman el tercer componente de SCOT, que son evidentes cuando se llega a una decisión final, o al menos cuando no están rompiendo nuevas decisiones (Bijker, 1997).

En el proceso de desarrollo, se perciben variaciones en el grado de estabilización de las diferentes tecnologías de información, procesadas por las diferentes soluciones aplicadas a ellas por los grupos sociales relevantes (Pinch & Bijker, 1984). La negociación de estas soluciones se basa en el poder de cada grupo.

El cuarto componente es el contexto más amplio, o el entorno político y sociocultural más amplio, en el que se produce el desarrollo de la tecnología de información. El contexto incluye las condiciones responsables por las interacciones de grupo, que dan forma a las normas y valores, que a su vez influyen en el significado que se atribuye a una tecnología de información (Pinch & Bijker, 1984).

Otro concepto interesante introducido por Bijker (1997) es el marco tecnológico que da forma a los significados y comportamientos con relación a las tecnologías específicas. Cada grupo social tiene su propio marco tecnológico, construido a lo largo de su interacción con otros grupos sociales relevantes en torno a una tecnología de información.

Este marco tecnológico proporciona metas, ideas y herramientas necesarias para tomar medidas. Los resultados se ven influenciados por las acciones de los grupos sociales, pero no predeterminan la forma (Bijker, 1997). Los marcos tecnológicos pueden ser diferentes para los diferentes actores, pero

no son un atributo de los sistemas o instituciones (Engelbert, 2014).

Cómo los actores pueden ser miembros de más de un grupo social relevante, también pueden estar influidos por más de un marco tecnológico, que define su "grado de inclusión" (Bijker, 1997).

Teoría de la Estructuración Adaptativa (AST)

La Teoría de la Estructuración Adaptativa (AST) proporciona estructuras para el cambio organizacional y para comprender como la interacción de los usuarios con la tecnología provoca la aparición de nuevas estructuras (DeSanctis & Poole, 1994).

Esta teoría puede analizar la relación entre las personas y las tecnologías porque "la forma en que son utilizadas las tecnologías por las personas son los efectos propios de la función de una tecnología avanzada" (DeSanctis & Poole, 1994, pág. 122).

AST destaca el papel de las acciones humanas y sus interacciones en la conformación de la tecnología y la elección de las formas cómo será utilizada, con el argumento de que "las personas generan las construcciones sociales de la tecnología" (DeSanctis & Poole, 1994, pág. 124). Por cierto, en una situación de uso requerido, el análisis se limita a una comparación de grupos con diferentes niveles de uso, y es similar a la propuesta de SCOT al investigar las diferentes interpretaciones sobre una tecnología de información.

Los tipos específicos de reglas y recursos o capacidades que ofrece el sistema (DeSanctis & Poole, 1994) y el espíritu de este conjunto de atributos representan la intención básica con respecto a los valores y objetivos que están bajo un conjunto dado de atributos estructurales.

Esta conceptualización del espíritu y las explicaciones posteriores dadas por DeSanctis & Poole (1994) muestran que evaluar y medir el espíritu es muy difícil, ya que el espíritu no se define exclusivamente de las intenciones del diseñador o las percepciones o interpretaciones de los usuarios respecto a la tecnología.

El término "solicitud" se refiere al "cómo las tecnologías de información se incorporan a los patrones de uso, incluyendo los programas de acción

definidos para los usuarios, las ideas sobre las que el innovador cree, el resultado de sus relaciones socio-económicas, los patrones de uso anteriores, los límites legales y suposiciones sobre lo que es la tecnología de información (Faraj, *et al.*, 2004). Cuando una organización adopta una TI con la intención de utilizarla en un proceso, define un "programa de acción".

Las tareas programadas y la tecnología seleccionada forman el sistema de información que la organización pretende aplicar. Otra cuestión es que las intenciones de los desarrolladores (o la organización) - el espíritu - se asumen generalmente como siendo las intenciones "correctas" (Engelbert, 2014).

La relación entre usuarios y las Tecnologías de Información de uso obligatorio

Para Engelbert & Graeml (2014), diferentes interpretaciones de características flexibles de las tecnologías de información llevan a la existencia de varios patrones distintivos de usar y comportamientos de adaptación entre los usuarios del sistema que fueron identificados y analizados, un conjunto de movimientos por medio de los cuales los usuarios o bien cumplieron con el sistema 'tal cual', mientras que se adhiere a los demás, adaptándose, sustituyendo o complementando nuevos componentes, convirtiéndose en co-desarrolladores de sus propios "sistemas en uso".

Además, los usuarios buscan nuevas estrategias para hacer frente a las tecnologías de información, algunas veces ajustándose a sus propios intereses, incluso en situaciones de uso obligatorio. Por esto que, a pesar de todos esfuerzos organizativos y estrategias, los usuarios pueden utilizar la tecnología de información siguiendo sus propias percepciones e interpretaciones al respecto (Engelbert & Graeml, 2017).

En la Fig. 1 el uso de la tecnología de información puede conducir el usuario a una situación de "abrazo", donde la tecnología está totalmente aceptada. Pero el uso también puede ser forzado y no una cuestión de aceptación. El usuario está obligado a la tecnología que se le presentó, **la adaptación**,

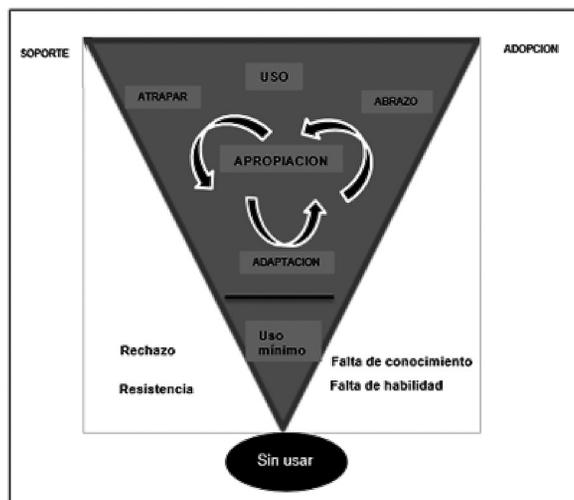


Figura 1. Conceptos propuestos para describir la relación entre los usuarios y la tecnología (Según Engelbert & Graeml, 2014).

apropiación y abrazando, en un proceso continuo participa activamente en la construcción de la tecnología en uso (Engelbert & Graeml, 2014).

Adaptación

De acuerdo a Mackay (2000), el término co-adaptación se utiliza para identificar la transformación de la interacción de los usuarios y las TI. Las personas adaptan la tecnología disponible para cumplir con sus objetivos y adaptarse para hacer el uso más eficiente de la tecnología.

Mediante el análisis de la co-adaptación entre los usuarios y la tecnología, como una respuesta a la sobrecarga cognitiva en el uso de la tecnología de información, los cambios implementados por los desarrolladores, que requieren un cambio en el comportamiento del usuario, se adaptaron por los usuarios para hacer que el nuevo sistema funcione de la misma manera que el anterior (Mackay, 2000).

Apropiación

La apropiación de los usuarios (en el proceso de estructuración) puede llevar a una tecnología de información diferente de la que habían previsto inicialmente los desarrolladores o los tomadores de decisiones de la organización (Engelbert, 2014).

En decir, la apropiación resultante no puede ser simplemente una parte de la finalidad prevista para

el uso de una tecnología, sino una combinación de uso con cualquier otro uso no previsto que se produzca durante la apropiación de la tecnología (Engelbert, 2014).

Para Chin *et al.* (1997) la apropiación de la tecnología advierte que algunas veces las acciones son menos visibles definiendo dos dimensiones, una objetiva y otra subjetiva. La dimensión objetiva está explícitamente relacionada con las formas correctas de uso de las tecnologías presentadas a los usuarios por los especialistas por medio de manuales o materiales de entrenamiento; en cambio la dimensión subjetiva en base a las informaciones de la tecnología el individuo interpreta de cómo utilizar la tecnología disponible de forma explícita o implícita (Chinet *et al.*, 1997, p. 345).

Según Griffith (1999), el usuario final puede crear algunos atributos o características sin la interferencia de los desarrolladores. Sun & Zhang (2006), en sus investigaciones han reconocido como un tema relevante la apropiación individual de las tecnologías avanzadas, donde Griffith (1999) ha establecido un vínculo entre las características tecnológicas y la toma de sentido del usuario individual.

En la Fig. 2 se presenta el modelo didáctico de cómo las características de la tecnología evolucionan, donde se puede apreciar explícitamente como se prevé la posibilidad de que algunas de las características sean apropiadas por los usuarios. En el modelo conceptual de Griffith (1999) se puede apreciar cómo el usuario se va apropiando de TI,

realizando las adecuaciones necesarias para su uso en sus actividades.

En el presente trabajo se propone aplicar los marcos teóricos de la Construcción Social de la Tecnología (SCOT), y la Teoría de la Estructuración Adaptativa (AST), para comprender en detalle la relación entre los usuarios y las tecnologías de información en una universidad paraguaya.

Los usuarios tienen sus propias percepciones y objetivos concernientes al uso de las tecnologías de información, que influyen en los resultados que se obtienen en la introducción de una tecnología de información en el entorno de la organización (Engelbert, 2014).

Por medio de este estudio, se analizará la relación entre los usuarios de la organización y la tecnología de información en la apropiación tecnológica, que actualmente constituye un paradigma en el área de gestión empresarial, que incide directamente en el resultado que desean las organizaciones con la inserción e inversión de la tecnología en sus procesos.

La cuestión es saber si una vez adoptado se adaptan quienes la utilizan como para incluirla y apropiarse como una herramienta de calidad más bien, o existe resistencia (Engelbert & Graeml, 2014).

Esto es de suma relevancia para comprender la forma en que las tecnologías se utilizan en un contexto de una organización específica. En este caso el escenario es un ambiente virtual de aprendizaje de una universidad de Paraguay, donde se analizan los cambios promovidos por los usuarios en la realización de sus tareas en la utilización de la tecnología.

Materiales y métodos

El presente trabajo se contextualiza a partir de las teorías constructivistas seleccionadas, Construcción Social de la Tecnología, y Teoría de la Estructuración Adaptativa (SCOT, AST) para comprender la relación entre los usuarios y la TI. Estas teorías proporcionan la base para un análisis y explicación del uso de la tecnología de información en un ambiente organizacional donde múltiples actores tienen diferentes percepciones de la utilidad, facilidad de uso

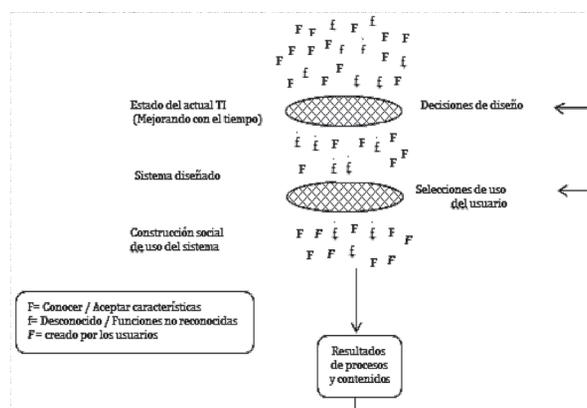


Figura 2. Modelo conceptual de la creación de la función de la tecnología (Según Griffith, 1999).

y el propósito de una tecnología (Engelbert, 2014).

Se aplica un estudio de caso teniendo en cuenta el interés en analizar profundamente la relación entre los usuarios y la TI, que va más allá del estudio del fenómeno de adopción y aceptación, que sería la apropiación tecnológica de la información. El diseño metodológico aplicado para realizar el estudio utilizando los conceptos de SCOT no se detalla claramente en la obra de sus defensores (Engelbert, 2014).

Los procedimientos presentados originalmente por Bijker y utilizados para preparar los casos ilustrativos que incluyó en su libro (Bijker, 1997) ofrecen sólo dos sugerencias: (i) identificar los actores "rodando la bola de nieve", y (ii) seguir estos actores a entender sus interpretaciones del fenómeno estudiado, que posteriormente se mencionara en la metodología respaldada por Sandoval (1996).

El estudio de caso escogido, el cual es el entorno de aprendizaje virtual que está en uso desde hace siete años, siendo el uso obligatorio del sistema en forma, cómo los profesores perciben la TI, así como las intenciones de sus desarrolladores, parecen estar cambiando con el tiempo.

Esta investigación tiene un enfoque cualitativo, que Sandoval (1996) describe como un abanico de formas de entender y conocer las realidades humanas. Por tanto, la investigación se basa en un estudio de caso, de tipo descriptivo, que según Tamayo (1999, p. 44) "busca únicamente describir situaciones o acontecimientos".

Las entrevistas se emplean en estudio de caso, como herramientas para recolectar datos cualitativos, cuando el problema de estudio no se puede observar o es muy difícil hacerlo por cuestiones éticas o complejidad (Hernández Sampieri *et al.*, 2014, p. 403).

Los principales participantes fueron 17 docentes entrevistados personalmente. Hubo 10 mujeres y 7 hombres, con un promedio de 12 años de experiencia en la docencia universitaria (rango de 5 a 25 años). El tiempo promedio en esta institución particular era de 9 años (rango de 3 a 25 años). Y la utilización de la plataforma virtual (Moodle) por los docentes en promedio de 5 años (rango de

2 a 7 años).

Todas las entrevistas se produjeron en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UNA. En las entrevistas está incluida la directora del departamento a distancia, coordinadores de las 4 carreras que ofrecen y el administrador de la plataforma.

Para identificar las características estructurales (reglas, recursos, capacidades, restricciones, nivel de sofisticación y grado de tolerancia) y el espíritu de la tecnología resultante, los datos fueron originalmente codificados utilizando las categorías propuestas por DeSanctis e Poole (1994).

El caso de adopción, aceptación y uso en un ambiente virtual de aprendizaje es particularmente interesante porque envuelve como usuarios a los profesores universitarios, que tienden a ser, en virtud de la formación y sus actividades profesionales, personas críticas y titulares de sus propias opiniones con respecto de cómo deben realizar su trabajo (Tabla 1), conforme a lo observado por Engelbert (2014).

Esta investigación es prometedora y podrá contribuir para los cambios de perspectivas de los estudios de adopción/aceptación de las TI, temas que están comprometidos a la comunidad académica (fenómeno de adopción y aceptación del TI) para que algo tan importante en cuanto al ciclo de la tecnología en la organización, y el uso que se hace en el día a día en la organización.

Se escoge el muestreo en cadena o bola de nieve como pertinente para la muestra poblacional de la investigación, tomando el delineamiento de la tesis de Engelbert (2014). Las entrevistas fueron grabadas y transcritas en su totalidad. La transcripción de las entrevistas, y los materiales de promoción utilizados por el desarrollador se codificaron utilizando NVivo 10 software para análisis cualitativo.

Resultados y discusión

El espíritu de la tecnología de información (TI) incluye las siguientes características: la metáfora del diseño, las características incorporadas, la naturaleza de la interfaz de usuario, la capacitación y la gestión de los materiales de apoyo, la declaración y

Tabla 1. Modelo de análisis de categorías relevantes (Según Engelbert, 2014).

Concepto	Definición
SCOT	
Grupo social relevante	Miembros de un grupo social relevante que comparten interpretaciones similares de una herramienta tecnológica (Pinch y Bijker, 1984; Bijker, 1997).
Flexibilidad interpretativa	Una herramienta tecnológica tiene numerosas interpretaciones, así como hay muchas herramientas hay interpretaciones, y cada grupo social tiene su propia interpretación (Pinch y Bijker, 1984).
Clausura y estabilización	Cuando dejan de existir múltiples interpretaciones, la flexibilidad interpretativa disminuye y el significado compartido sobre la herramienta tecnológica queda establecida (Bijker, 1997).
Contexto tecnológico	Contexto social y cognitivo de los elementos técnicos que guían o limitan los significados y comportamientos respecto de una herramienta tecnológica. Los actores tienen diferentes grados de inclusión (Bijker, 1997).
ASPECTOS COGNITIVOS	
Utilidad percibida	"El grado en que una persona cree que el uso de un determinado sistema podría mejorar su rendimiento de trabajo" (Davis, 1989, p. 320).
Facilidad de uso percibida	"El grado en que una persona cree que el uso de un determinado sistema estaría libre de esfuerzo" (Davis, 1989, p. 320).
Fidelidad de apropiación	"La medida en que el uso de los sistemas (estructura) es coherente con la intención de diseño original de los desarrolladores del sistema" (Chin, Gopal, & Salisbury, 1997, p. 345).
Percepción de uso del instrumento	"los objetivos previstos, o significado, que cada usuario asigna a la tecnología que utiliza" (DeSanctis & Poole, 1994, p. 130). Puede implicar la realización de tareas, actividades, comunicación, para administrar los procesos, para ejercer el poder o influencia etc.
ASPECTOS SOCIALES	
Influencia social	El grado en que un individuo percibe la importancia para otras personas que respecta de utilizar el nuevo sistema obligatorio (Venkatesh et al., 2003).
Obligatoriedad	Medida en que el sistema no es opcional. Brown et al. (2002, p. 292) consideran que es la "necesidad de completar su trabajo y la interdependencia del uso del sistema".
ASPECTOS TECNICOS (CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES)	
Restricción relativa	"El más restrictivo de la tecnología, la mayor limitación es el conjunto de posibles acciones que el usuario puede tomar; la menos restrictiva la tecnología, el más abierto es el conjunto de acciones posibles para aplicar las características estructurales" (DeSanctis & Poole, 1994, p. 126).
Nivel de sofisticación	El nivel de apoyo que ofrece el sistema para realizar una tarea (DeSanctis & Poole, 1994).
Grado de comprensibilidad	"Cuanto mayor sea el número y variedad de las funciones que ofrece a los usuarios el sistema será más completo" (DeSanctis & Poole, 1994, p. 126).
ACTITUDES DE APROPIACIÓN	
Movimientos de apropiación	Las formas que los usuarios eligen a apropiarse de una tecnología. Éstas pueden incluir: "(a) utilizar directamente las estructuras; (b) relacionar las estructuras a otras estructuras (tales como estructuras en la tarea o el medio ambiente); (c) restringir o interpretar las estructuras tales como están utilizadas; o (d) formular juicios acerca de las estructuras (como para afirmar o negar su utilidad)" (DeSanctis & Poole, 1994, p. 129).
ACTITUDES RESULTANTE DE LA APROPIACIÓN	
Comodidad	"La disposición en que los grupos están seguros y relajados en su uso de la tecnología" (DeSanctis & Poole, 1994, p. 130).
Respecto	"La disposición en que los grupos perciben la tecnología como siendo de valor para ellos en su trabajo" (DeSanctis & Poole, 1994, p. 130).
Desafío	"Los usuarios dispuestos a trabajar duro y sobresalir utilizando el sistema" (DeSanctis & Poole, 1994, p. 130).

Tabla 2. Metáfora de diseño.

Metáfora de diseño
1. La plataforma académica se podría describir como minimalista, sencilla, ligera, y compatible, muy intuitiva, fácil de usar por usuarios que tengan pocos o nada de conocimiento de informática. (E2)
2. El Moodle está hecho en base a la pedagogía social constructivista. (E2)
3. Es una plataforma libre y gratuita, la más utilizada. Muy amigable e intuitiva. La plataforma está muy bien diseñada. Hemos iniciado el trabajo hace como 6 años tal vez un poco más para habilitar la plataforma. (E8)
4. Empezamos a utilizar Moodle porque es una de las plataformas más utilizadas dentro de las gratuitas, porque es una plataforma libre, teníamos que elegir entre las plataformas libres. No había otra opción, ese es el motivo. El Moodle es muy amigable, muy sencillo de utilizar, no requiere grandes conocimientos previos. Por lo tanto, la estructura que maneja es muy intuitiva, donde entras ya puedes saber dónde estás tal o cual herramientas. Para mí la plataforma está muy bien diseñada y actualizada. Podrías consultar al administrador de la plataforma de la versión en la que estamos trabajando, que hemos modificado el año pasado, a una versión más nueva, porque la interface que maneja es bastante buena. (E8)

promoción de los objetivos y valores. En la Tabla 2 se puede observar el esquema de codificación para el "espíritu" de la tecnología de información

En la siguiente Tabla 3 se ofrece una breve descripción de los módulos que forman la plataforma

Tabla 3. Funciones incorporadas en la tecnología en uso.

Funciones incorporadas en la tecnología en uso
1. Las tareas dependen de cada materia o curso; los que más utilizó para las clases son: foro, que sirve de comunicación con los alumnos para aclarar un tema en duda, cuestionarios y ensayos. (E1)
2. Sistema escalable en cuanto a la cantidad de alumnos. Creación de cursos virtuales y entornos de aprendizaje virtuales. Complemento digital para cursos presenciales (<i>blended</i>). Posibilidad de diversos métodos de evaluación y calificación. Accesibilidad y compatibilidad desde cualquier navegador web, independiente del sistema operativo utilizado. (E2)

ser: la wiki, el blog o como se observa en la siguiente Tabla 4, debido a que reafirmando tres de los entrevistados que sus asignaturas son muy estáticas y rígidas como para implementar más herramientas

Tabla 4. Herramientas menos utilizadas según la asignatura.

Herramientas menos utilizadas según la asignatura
“Los trabajos colaborativos como wiki, foros, ensayos, cuestionario, utilizó lo que me sirve para la materia leída” (E4)
“Las tareas realizadas a través de la plataforma que hago son cuestionarios, foro, subir archivos” (E9)
“Las tareas que realizo son una resolución de ejercicios que deben escanear y alzan en la plataforma y otro es un cuestionario como actividad formativa. Ya son suficientes por la materia que doy.” (E13)

restantes de los entrevistados la denominan como plataforma de aprendizaje virtual, como puede verse en los fragmentos presentados en la Tabla 5.

académica.

Además, se pudo constatar que se agregaron nuevas palabras desde el entorno de Internet como un blog, wiki y web mail. Entre los entrevistados afirmaron que poco utilizan las herramientas como

interactivas.

La expresión más utilizada para definir la plataforma es la palabra 'herramienta'. Es citada por nueve de los entrevistados, mientras que los 8

Volveremos a la discusión de cómo los usuarios se doblan y adaptan las reglas y la tecnología de información para ajustarla a sus propios intereses,

Tabla 5. Denominación de la tecnología de información en uso (Moodle).

Tecnología de información denominada como	Herramienta	Plataforma virtual de aprendizaje
1. Es la herramienta principal, el medio por el cual se comunica el docente con los alumnos y se dan las clases. (E1)	1	-
2. La plataforma virtual de aprendizaje es un excelente medio de gestión de cursos virtuales. (E14)	-	1
3. Es una herramienta de trabajo que ya se utilizaba en las clases presenciales como apoyo y actualmente en la semipresencial como principal herramienta y el contacto con los alumnos, que cuenta con todas las utilidades, hoy veo su importancia. Antes veía como auxiliar y ahora como una herramienta principal. (E2)	1	-
4. El Moodle es una plataforma virtual de aprendizaje que sirve para dar clases. (E15)	-	1
5. Para utilizar como herramienta con fines educativos. (E3)	1	-
6. Es una plataforma virtual de aprendizaje. (E10)	-	1
7. Es una herramienta de gestión del aprendizaje. (E4)	1	-
8. Es buena la plataforma virtual de aprendizaje, muy intuitiva. (E17)	-	1
9. Es una excelente herramienta, también muy agradable. (E5)	1	-
10. La plataforma virtual de aprendizaje es para gestionar los cursos dirigidos a distancia. (E12)	-	1
11. Es una excelente herramienta depende de la administración de la plataforma. Sin didáctica no se puede organizar de la mejor manera. (E6)	1	-
12. Es una plataforma virtual de aprendizaje que se utiliza para las carreras a distancia. (E16)	-	1
13. Es una herramienta para realizar las carreras, se habilita las carreras de acuerdo con los objetivos académicos de cada carrera, las cuales ya son cuatro. (E8)	1	-
14. Es una herramienta de comunicación e información entre el docente y el alumno en la carrera a distancia. (E7)	1	-
15. Para poder comunicarme con los alumnos uso la plataforma virtual de aprendizaje. (E13)	-	1
16. Es una herramienta muy útil tanto para el docente como para el alumno para seguir estudiando. (E9)	1	-
17. La plataforma virtual de aprendizaje utilizó para realizar mis labores de tutor. (E11)	-	1
Totales (17 entrevistados)	9	8

más adelante. Como DeSanctis & Poole (1994, p. 130) señalaran: "Las características son diseñadas para promover el espíritu de la tecnología, pero son funcionalmente independientes y pueden ser

consignadas en formas que no son fieles al espíritu". En la Tabla 6 se tiene los usos de la TI, según las reglas establecidas por la organización y como los ajustan para apropiarse de la TI

Tabla 6. Apropiación de la TI según reglas de la organización.

Apropiación de la TI según reglas de la organización
Las tareas dependen de cada materia o curso. Lo que más se utilizó para las clases fue foro, que sirve de comunicación con los alumnos para aclarar un tema en duda, cuestionarios y ensayos. (E1)
Se puede compartir recursos auxiliares, vídeos, materiales que les ayude a la comprensión de las tareas del Moodle con trabajos colaborativos como wiki, foros, ensayos, cuestionario. Utilizó lo que me sirve para la materia leída. (E3)
Depende de qué tipo de actividades hace más fácil con el Moodle para realizar las actividades. Con algunas herramientas, por ejemplo, la wiki no me satisface completamente, y debo integrar otro como el Google drive. Depende de las habilidades tecnológicas de los estudiantes para poder hacer mejor sus tareas. (E7)
Algunos profesores utilizan rúbrica, yo no utilizo porque fue la etapa posterior de los que iniciamos, el año pasado se realizó un curso de Moodle avanzado. Entonces, los que participaron de este curso ya aplicaron las rúbricas, creo que el próximo año podre usar. (E8)
Requiere una atención más personalizada y más continúa del docente preguntando si existen dudas a través del foro. (E9)
Para las tareas que utilizó, primero realizó una descripción llamada guía didáctica en un archivo. Cada unidad tiene una orientación más específica. Luego usó cuestionarios, foro y wiki. (E11)
Las tareas que utilizó son alzar archivos, cuestionarios y foro para facilitar el intercambio de materiales. (E12)
Utilizó foro como forma de comunicación con los alumnos, wiki y cuestionarios. El docente pone los materiales referentes a la asignatura necesaria. (E13)
90% de las tareas que ofrece el Moodle utilizó en las clases. (E17)

En la Tabla 7 están las expectativas de la organización con el uso de la TI a partir de la percepción de los entrevistados.

Conclusiones

El estudio realizado en este trabajo sobre la relación de los usuarios con el uso de las TI adoptadas por la organización, en cómo se adaptan y cambian las

Tabla 7. Expectativas de la organización con el uso de la TI.

Expectativas de la organización con el uso de la TI
“La FaCEN por medio del departamento de educación a distancia ofrece los cursos gratuitos para la introducción a la plataforma Moodle y tutoría virtual. Una vez como tutor se dan las instrucciones de cómo se virtualiza un aula y se siguen los pasos.” (E1)
“La FaCEN promueve el uso del Moodle con la inserción de los docentes para ser tutores virtuales.” (E4)
”Capacitar a los docentes virtuales ofreciendo cursos como: introducción a la plataforma Moodle, Tutoría virtual; Moodle avanzado; Aplicaciones colaborativas en la nube, y otras actualizaciones para los que ya están usando la plataforma Moodle.” (E10)
“La FaCEN apoya al departamento a distancia para ofrecer los cursos gratuitos de introducción en la plataforma Moodle, el curso de tutoría virtual y que los profesores vayan usando en sus clases presenciales.” (E12)
“Con los cursos gratuitos que fomentan el uso del Moodle, al hacer el curso de introducción al Moodle les motiva a los docentes para utilizarlo.” (E15)
“La FaCEN a través del departamento a distancia ofrece capacitaciones gratuitas a los profesores para la su inserción en el uso del Moodle.” (E17)

tecnologías disponibles, se puede utilizar para analizar problemas de implementación y para mejorar los ciclos de desarrollo de TI implementados. Las iniciativas organizacionales relacionadas con la comunicación objetiva, la capacitación y el apoyo pueden dirigirse mejor para lograr los resultados deseados.

Para responder a los objetivos fijados en esta investigación fue necesario introducir los conceptos de aceptación y apropiación de la tecnología como base para recopilar datos cualitativos para analizar lo que sucede cuando los usuarios de la organización tienen que usar una TI para realizar sus tareas en un entorno obligatorio.

Entre los principales resultados lo que encontramos corrobora las numerosas posibilidades y la excesiva complejidad de los conceptos involucrados en esta relación entre usuarios y tecnología de información. Este estudio de caso analizado presentó situaciones en las que los conceptos relacionados con la aceptación habían cambiado con el tiempo y cualquier conclusión obtenida de los principales modelos aplicados para evaluar la aceptación sería limitada y provisional.

Así como Engelbert (2014) afirmó en su trabajo, los cambios realizados por los usuarios representan un conjunto de cambios mediante los cuales los usuarios cumplieron con el sistema 'tal cual', mientras se adhiere a otros, los adaptan, sustituyen componentes o los complementan, convirtiéndose en co-desarrolladores de sus propios "sistemas en uso".

Los datos recolectados mostraron que, cuando los usuarios se apropian de la TI, estos cambios en los usuarios se vieron forzados para construir una mejor solución para el sistema del usuario. Existe un efecto de fusión entre el usuario y TI donde los cambios se pueden aplicar a ambos para obtener mejores resultados, según lo evaluado por el usuario.

Para futuras investigaciones se recomienda que el trabajo realizado sea corroborado en otros contextos de diferentes culturas organizacionales ya sea una institución pública o privada con el marco teórico utilizado de SCOT y AST, para saber si

existen divergencias entre lo que hemos encontrado en esta investigación y lo que otras situaciones proporcionen.

Bibliografía

- Al-Natour, S. & Benbasat, I. (2009). The adoption and use of IT artifacts: A new interaction-centric model for the study of user-artifact relationships. *Journal of the Association for Information Systems*, 10(9): 661–685.
- Bijker, W.E. (1997). *Of bicycles, bakelites, and bulbs: toward a theory of sociotechnical change*. Cambridge: The MIT Press. 390 pp.
- Chin, W.W., Gopal, A., & Salisbury, W.D. (1997). Advancing the theory of adaptive structuration: the development of a scale to measure faithfulness of appropriation. *Information Systems Research*, 8(4): 342–367.
- DeSanctis, G. & Poole, M. (1994). Capturing the complexity in advanced technology use: adaptive structuration theory. *Organization Science*, 5(2): 121–147.
- Engelbert, R. (2014). *Information system in use: going beyond information technology acceptance*. (Tesis Doctoral). Curitiba: Universidade Positivo.
- Engelbert, R., & Graeml, A. R. (2014). IT acceptance: understanding the words which describe what happens between users and technology. Pp. 2961 – 2966, in AIS/ICIS Administrative Office (Ed.). *Proceedings of the XXth Americas Conference on Information Systems*. Savannah: Curran Associates. 4362 pp.
- Engelbert, R., & Graeml, A. R. (2017). An Information System in Use: Beyond IT Acceptance. *Latin American and Caribbean Journal of the AIS (RELCASI)*, 9(1)4: 1–17.
- Faraj, S., Kwon, D., & Watts, S. (2004). Contested artifact: technology sensemaking, actor networks, and the shaping of the Web browser. *Information Technology & People*, 17(2): 186–209.
- Griffith, T.L. (1999). Technology features as triggers for sensemaking. *The Academy of Man-*

- agement Review*, 24(3): 472–488.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. (6ª ed). México DF: Mc Graw Hill. xxxii + 600 pp.
- Hirschheim, R. (2007). Introduction to the special issue “Quo Vadis TAM – Issues and reflections on technology acceptance research”. *Journal of the Association for Information Systems*, 8(4): 203–205.
- Mackay, W. E. (2000). Responding to cognitive overload: co-adaptation between users and technology. *Intellectica*, 1(30): 177–193.
- Orlikowski, W.J. (2008). Using Technology and Constituting Structures: A Practice Lens for Studying Technology in Organizations. *Resources, co-evolution and artifacts*, 11(4): 404–428.
- Pinch, T.J., & Bijker, W.E. (1984). The social construction of facts and artefacts: or how the sociology of science and the sociology of technology might benefit each other. *Social Studies of Science*, 14(3): 339–441.
- Sandoval, C.A. (1996). *Investigación cualitativa*. Bogotá: ICFES, Asociación Colombiana de Universidades e Instituciones Universitarias Privadas. 433 pp.
- Sun, H. & Zhang, P. (2006). Adaptive IT use: conceptualization and measurement. Pp. 65–69, in Kemp, E., Phillips, C.B.L. & Wong, W. (Eds.). *Proceedings of the 2006 SIGHCI*. Sydney: Special Interest Group on Human Computer Interaction / Association for Information Systems / University of New South Wales. 85 pp.
- Tamayo, M.T. (1999). *El Proyecto de investigación*. (3ª Ed.). Santa Fe de Bogotá: ICFES / Arfo Editores. 237 pp.

Fitorremediación de contaminantes emergentes de origen farmacéutico en humedales flotantes**Phytoremediation of pharmaceutical emerging contaminants in floating wetlands**Giselle Mariza Duré¹, Leónida Medina García^{1,2}, Sergio Rodríguez Bonet², Francisco Ferreira³
, Pablo Heleno Sezerino⁴ & Tomás López Arias¹¹Grupo Wetlands Paraguay, Laboratorio de Biotecnología Ambiental, Departamento de Biotecnología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Paraguay.²Departamento de Investigación y Desarrollo, Organismo de Investigación y Asistencia Tecnológica, Instituto Nacional de Tecnología, Normalización y Metrología, Asunción, Paraguay.³Universidad Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Biotecnología, Laboratorio de Recursos Vegetales, San Lorenzo, Paraguay.⁴Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Centro Tecnológico, Universidad Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.Autor correspondiente: E-mail: giselle@rcfacen.una.py.

Resumen: Los contaminantes emergentes, también denominados microcontaminantes, son compuestos de distintos orígenes y naturaleza que durante mucho tiempo han sido ignorados debido a su baja concentración. La presencia de compuestos farmacéuticos en cuerpos de agua y sus efectos ecotoxicológicos se han convertido en un tema de interés mundial. El objetivo del trabajo aquí presentado fue evaluar la remoción del ibuprofeno y paracetamol desde un efluente doméstico mediante la macrófita acuática *Typha dominguensis* en sistemas de humedales flotantes a escala de mesocosmos. Los ejemplares de *T. dominguensis* fueron colectados de los humedales del Lago Ypacaraí, trasladadas y aclimatadas en el invernadero 30 días antes del inicio del experimento. Se diseñaron y construyeron los sistemas flotantes con el fin de que las raíces y rizomas permanezcan sumergidos. El ensayo se realizó desde un efluente doméstico con la adición de los fármacos en estudio a una concentración de 25 mg.L⁻¹. La constante de velocidad de decaimiento del ibuprofeno fue de K: 0,004 días⁻¹, y el t_{1/2} = 10,1 días⁻¹. Para el paracetamol fue de K: 0,106 días⁻¹, y el t_{1/2} = 6,5 días⁻¹, alcanzando porcentajes de remoción de 65,1% del ibuprofeno, 86,5 % del paracetamol, en el tratamiento empleado. El contenido de clorofila no se vio afectado por la exposición a los fármacos en estudio.

Palabras clave: contaminantes emergentes; humedales flotantes; *Typha dominguensis*; efluente doméstico, paracetamol, ibuprofeno.

Abstract: The emerging pollutants, or micropollutants, are compounds of different origin and nature that have been ignored for a long time due to their low concentration. The presence of pharmaceutical compounds in water bodies, and their ecotoxicological effects, became a topic of worldwide interest. The objective of this work was to evaluate the removal of ibuprofen and paracetamol from a domestic effluent by the aquatic macrophyte *Typha dominguensis* in floating wetland systems at the mesocosm scale. Specimens of *T. dominguensis* were collected from the Ypacaraí Lake wetlands, transferred and acclimatized in the greenhouse during 30 days before the start of the experiment. Floating systems were designed and built so that the roots and rhizomes remained submerged. The test was carried out from a domestic effluent with the addition of the study drugs at a concentration of 25 mg.L⁻¹. The decay rate constant of ibuprofen was K: 0.004 days⁻¹, and its t_{1/2} = 10.1 days⁻¹. For paracetamol was K: 0.106 days⁻¹, and t_{1/2} = 6.5 days⁻¹, reaching removal percentages of 65.1% for the ibuprofen, 86.5% for the paracetamol, during the treatment. The chlorophyll content was not affected by the exposure to the drugs under study.

Key words: emerging pollutants; Floating vegetation; *Typha dominguensis*; domestic effluent, paracetamol, ibuprofen.

Introducción

Los contaminantes emergentes también denominados microcontaminantes, son compuestos de distintos orígenes y naturaleza que durante mucho tiempo

han sido ignorados debido a su baja concentración en el orden de mg/L o ng/L (Barceló & López, 2012) Hasta hace muy poco no se habían considerado como perjudiciales y hasta el momento no se cuenta

Recibido: 26/07/2022 Aceptado: 25/11/2022

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>).

con normas regulatorias. Dentro de este grupo se encuentran actualmente los productos derivados de los domisanitarios y fármacos en general, sustancias químicas como pesticidas, productos de cuidado personal, plastificantes, hidrocarburos, hormonas y drogas ilícitas, muchos de ellos se comportan como disruptores endocrinos, provocando efectos negativos sobre la salud humana y el medio ambiente.

La presencia de compuestos farmacéuticos en cuerpos de agua y sus efectos ecotoxicológicos se han convertido en un tema de interés mundial. Se encuentran en el medio ambiente por la eliminación ineficiente en los procesos de tratamientos convencionales, primarios, secundarios y biológicos, empleados en las estaciones depuradoras de las aguas residuales y aún con los tratamientos terciarios generalmente más costoso y complejos, pueden no ser suficientes para la eliminación total de los microcontaminantes. La mayoría de los microcontaminantes no se metabolizan completamente después de la ingestión humana y como resultados de sus metabolitos y algunos compuestos originales se excretan y llegan a los sistemas de alcantarillado, y en alguna degradación del contaminante pueden generar producto con mayor toxicidad y persistencia que el propio precursor (Gilabert Belmonte, 2019; Hijosa Valsero *et al.*, 2019).

Los microcontaminantes orgánicos de origen farmacéuticos más estudiados son el ibuprofeno y el paracetamol y han sido seleccionados para la investigación debido a su alto consumo en todo el mundo y encontrados en ambientes acuáticos de acuerdo su persistencia, baja degradación y los posibles efectos en el ambiente (Zhang *et al.*, 2017). En la actualidad se han desarrollado diversas metodologías de

remediación entre ellas la fitorremediación y el empleo de humedales construidos que hace uso de los sistemas con macrófitas, llamados también filtros verdes o biofiltros, con el fin reducir la concentración o peligrosidad de contaminantes orgánicos e inorgánicos. La fitorremediación es una alternativa de remediación que propone la aplicación de humedales construidos, una ecotecnología para eliminar los contaminantes convencionales y también los productos farmacéuticos en general (Verlicchi & Zambello, 2014). En este contexto es relativamente nueva y los mecanismos que implican en la eliminación de contaminantes pueden estar clasificados por procesos bióticos (degradación microbiológica, biopelícula, absorción, desintoxicación de raíces y plantas) y procesos fisicoquímicos (evaporación, fotodegradación, oxidación, hidrólisis, retención o absorción de raíces en el lecho de grava). (Kurade *et al.*, 2021; Hijosa Valsero, *et al.* 2019).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la cinética de remoción del ibuprofeno, paracetamol y el contenido de clorofila desde un efluente doméstico mediante la macrófita acuática *Typha domingensis* en humedales flotantes a escala de mesocosmos y analizando los fármacos mediante cromatografía líquida de alta performance (HPLC).

Materiales y Métodos

Sitio de estudio

Los ejemplares de *T. domingensis* fueron colectados de los humedales del Lago Ypacaraí (Latitud 25°21.978' S; longitud 57°18.179' O). Las macrófitas fueron trasladadas y aclimatadas en el invernadero 30 días antes del inicio del experimento para su adaptación y reproducción. (Fig. 1)



Figura 1. Vista frontal del invernadero (izquierda) y aclimatación de ejemplares en condiciones de invernadero (centro y derecha).

Durante la aclimatación para el ensayo preliminar, se realizó el reemplazo gradual del agua de origen por el agua de grifo con nutrientes APHA Modificado (Peterson and Moody, 1997). En el ensayo final se realizó el mismo procedimiento con el reemplazo gradual del agua de origen por el efluente a tratar. El cual se obtuvo del registro sanitario de salida de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FACEN).

El montaje del experimento se realizó en el invernadero del Laboratorio de Biotecnología Ambiental de la FACEN.

Diseño Experimental

Se realizó un diseño en bloques completamente al azar, a una concentración de 25 mg.L⁻¹ de cada fármaco. Los controles positivos se realizaron con los contaminantes y sin plantas. Como control biológico se utilizaron las plantas sin los contaminantes presentes en el agua. (Fig. 2)

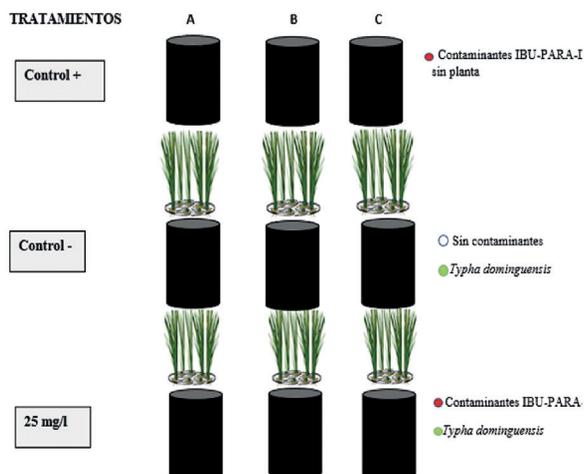


Figura 2. Representación esquemática del ensayo.

Compuestos farmacéuticos

Los compuestos comerciales del paracetamol, ibuprofeno fueron adquiridos de farmacias locales, en su presentación en tabletas con principios activos de 400 mg de ibuprofeno, paracetamol de 500 mg. Se pesaron 10 tabletas y se realizaron los cálculos de los pesos promedios del principio activo con

las concentraciones ensayadas, se trituraron para homogeneizar, luego se agregaron a cada unidad experimental correspondiente cantidad adecuada para tener 25 ml/L de cada fármaco.

Toma de muestras

El tiempo en las condiciones de exposición fue de 14 días. En cada unidad experimental se tomaron alícuotas de 10 mL de las aguas del tratamiento (Fig. 3) y controles en los siguientes tiempos: 0, 1, 2, 7, 10, 14 días de exposición, en frascos adecuados y refrigerados hasta el momento del análisis.

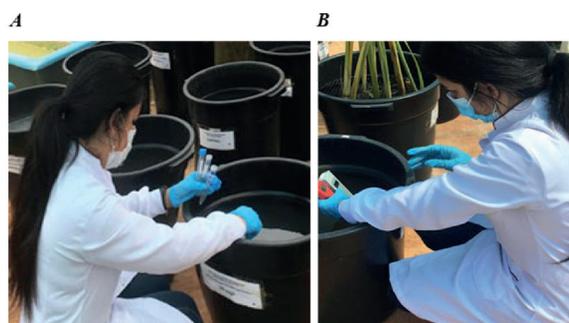


Figura 3. Labores en el invernadero. A) Toma de muestras en los tratamientos. B) Observaciones y mediciones in situ de algunos parámetros fisicoquímicos.

Ensayo de remoción de contaminantes emergentes en efluente a escala de mesocosmos

El experimento consistió en colocar 9 recipientes (60 L) con tres réplicas a una sola concentración final de cada fármaco, así como los controles en las mismas condiciones, con control biológico (efluente + macrófitas) y controles positivos (efluente + 25 mg.L⁻¹ de los contaminantes sin las macrófitas). Para proporcionar la flotabilidad de las macrófitas se diseñó y construyó un soporte con un marco de hierro (diámetro: 40 cm) y una red de PVC (diámetro: 20 mm), donde se dispusieron 7 plantas en cada recipiente (Fig. 4). El volumen total en cada unidad experimental fue de 40 litros de efluente proveniente de la FACEN, con la adición de los fármacos.

Análisis cromatográfico

Las alícuotas de muestras colectadas y refrigeradas



Figura 4. Montaje del ensayo en el invernadero.

fueron analizadas en el Departamento de Investigación y Desarrollo Instituto de Tecnología, Normalización y Metrología (INTN). Las muestras se filtraron a través de filtros de jeringa de poliamida de 0,45 μm y los análisis se realizaron por HPLC-UV (Fig. 5).



Figura 5. Lectura de las muestras y equipo de HPLC utilizados en la cuantificación de contaminantes emergentes. Laboratorio del Departamento de Investigación y desarrollo OIAT-INTN.

Para la selección de la longitud de onda del detector UV, se preparó una solución de un estándar de 25 mg/L de cada analito, realizando un barrido espectral UV-Vis en el rango de 200 a 400 nm, determinando la longitud de onda que puede aplicarse en común para ambos analitos.

Las muestras se leyeron a 230 nm por triplicado en las siguientes condiciones: columna C18, fase móvil, acetonitrilo y buffer de fosfato (1:1) a pH 6, detector UV-Vis a 230 nm, volumen de inyección 10 microlitro, velocidad del flujo 1 mL por minuto, temperatura a 40 °C.

Determinación de clorofila

Se realizaron determinaciones de contenido de clorofila en las macrófitas, se homogeneizaron 0,1 g de hoja del material vegetal fresco en 10ml de etanol absoluto. Se centrifugaron a aproximadamente 2500 rpm durante 5 min a 15 °C. La cuantificación

de la clorofila se realizó mediante lecturas espectrofotométricas a 664nm (Wintermans y de Mots 1965). Estos procedimientos se llevaron a cabo en laboratorio de Instrumental del Departamento de Química de FACEN (Fig. 6).

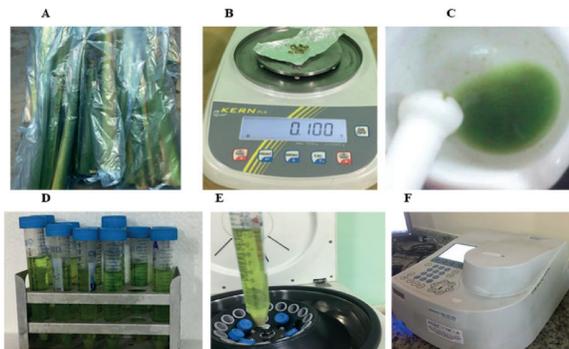


Figura 6. Determinación de clorofila para los tratamientos con *Typha domingensis*. A) Muestra en bruto. B) pesado. C) molienda. D) Extracción con etanol. E) Centrifugado. F) lecturas espectrofométrica.

Análisis de resultados

Para la evaluación de los resultados de los experimentos se realizó el análisis de la varianza ANOVA, Prueba T, a un nivel de confiabilidad de valor $P < 0.05$. Los resultados se analizaron con el paquete estadístico SPSS.

Resultados y Discusión

La *Typha domingensis* no mostró signo de fitotoxicidad en las condiciones de estudio para la mezcla de paracetamol e ibuprofeno. El ensayo de la cinética de remoción de los fármacos en las condiciones de ensayo y el sistema empleado muestra

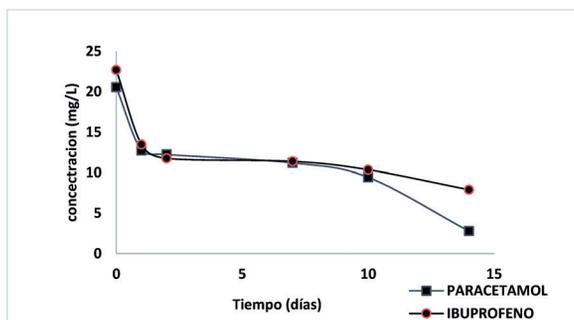


Figura 7. Variación de la concentración del paracetamol y el ibuprofeno en el tratamiento empleado.

que ambos fármacos presentan distintos órdenes de decaimiento de la concentración inicial. (Figura 7)

La mayor parte del decaimiento de la concentración ocurrió en los primeros tres días para el paracetamol con decaimiento exponencial, luego gradual, ajustándose mejor a un modelo cinético de primer orden con $R^2= 0,782$ con una constante de velocidad de decaimiento $K: 0,106 \text{ días}^{-1}$ y tiempo de vida media del analito $t_{1/2} = 6,5 \text{ días}^{-1}$, (Figura 8) en el caso del ibuprofeno, el decaimiento exponencial se observó en los primeros 2 días y luego un decaimiento gradual lento, ajustando relativamente mejor a un modelo de segundo orden con $R^2: 0,808$, constante de velocidad de decaimiento de la concentración $K: 0,004 \text{ días}^{-1}$ y tiempo de vida media del analito $t_{1/2} = 10,16 \text{ días}^{-1}$.

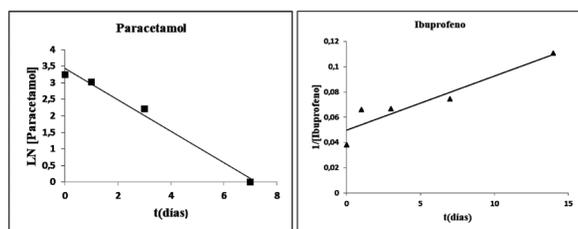


Figura 8. Ajuste de cinética del paracetamol y el ibuprofeno.

Como se observa en la Figura 9, las eficiencias de remoción para el compuesto del paracetamol fueron de 86,5 %, lo que se considera relativamente alto, 65,1 % de ibuprofeno, respectivamente, mientras que para el control fue de 7,2 % para el compuesto del paracetamol y 3,6 % de ibuprofeno, atribuyendo a la biodegradación como uno de los principales mecanismos de eliminación.

Los resultados obtenidos del análisis estadístico y el porcentaje de remoción de contaminantes se encontraron diferencias significativas sobre los fármacos estudiados $P < 0,05$. Al final del experimento se observó crecimiento de nuevos brotes y raíces, por lo que las plantas toleraron las condiciones del efluente y mostraron una tasa de crecimiento positiva. La remoción podría estar relacionados por acumulación de materia orgánica en la superficie de la planta y disponibilidad para los microorganismos. Según Lin *et al.* (2016) menciona que el ibuprofeno se elimina por biodegradación o absorción de la

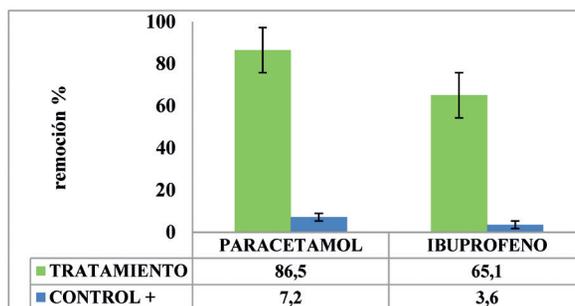


Figura 9. Eficiencia de remoción de los fármacos.

planta, y la eficiencia de eliminación depende en gran medida de la biomasa y los exudados de la planta y biopelículas formadas en sus superficies.

Según Matamoros *et al.*, (2012) la concentración inicial de ibuprofeno y la densidad de la biomasa de la planta podrían estar relacionados directamente en la eliminación través de la biodegradación atribuyendo al principal mecanismo y la absorción de la planta. Los autores también mencionan que el ibuprofeno es un compuesto biodegradable pero no así fotodegradable por la generación de exudados por las plantas y la actividad microbiana asociada al biofilm en la superficie de las plantas.

El acetaminofén, conocido como paracetamol, es un compuesto neutro, soluble con $\log K_{ow}$ de 0,46 y un pK_a de 9,4. Según Lin *et al.*, (2010), la biodegradación es uno de los principales mecanismos para la eliminación del paracetamol en humedales construidos. Vymazal *et al.*, (2017) observaron remoción del acetaminofén del 86% al 99% en sistemas CW plantados con *P. australis* y *P. australis* y *P. arundinacea*, indicando que la remoción esta correlacionado directamente con la temperatura de entrada del efluente.

Determinación de clorofila en macrófitas

Se realizó la determinación del contenido de clorofila en las macrófitas (Tabla 1), con el fin de observar si el desarrollo de las macrófitas se ve afectado por la presencia de los contaminantes en estudio, se obtuvieron los valores del contenido de clorofila tanto en los ejemplares del control expuestas sin la presencia de contaminantes, y en los tratamientos de las macrófitas expuestas a los contaminantes.

Tratamientos	Promedio (g Clorofila/100g de peso fresco)	P valor Prueba T
Control negativo	9,20	0,625
Tratamiento	9,90	0,650

Tabla 1. Concentración de Clorofila y P valor.

El análisis estadístico de los datos indica que la cantidad de clorofila entre la muestra evaluada del tratamiento con *Typha dominguensis* y el control negativo no poseen diferencias significativas ($P > 0,05$). La variable del contenido de clorofila no estaría relacionada con los efectos de los contaminantes en el tratamiento, puesto que a los 7 días del inicio del experimento, se observa cambios en la coloración de las hojas en el tratamiento y el control negativo, esta condición pueden estar atribuidas a la falta de nutrientes. (Fig. 10).

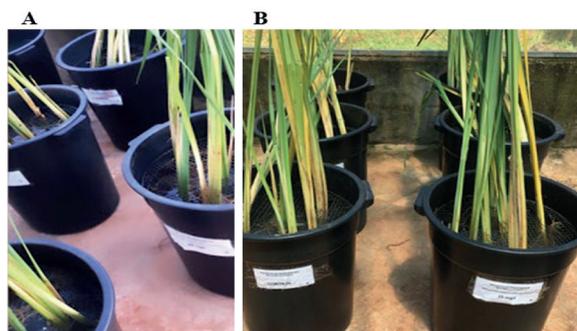


Figura 10. Tratamientos en humedal flotante (A) y control negativo (B) a los 7 días del inicio del experimento.

Sin embargo, se observó crecimiento de nuevos brotes y raíces, al final del experimento, por lo que las plantas toleraron las condiciones del efluente y mostraron una tasa de crecimiento positiva (Fig. 11)

Conclusiones

Los resultados obtenidos permiten concluir que los ejemplares colectados para adaptación y reproducción resultaron exitosos, donde los ensayos se realizaron con los nuevos ejemplares en condiciones de invernadero. Las eficiencias de remoción al final del ensayo fueron en un 86,5 % para el compuesto del paracetamol, 65,1 % de ibuprofeno.

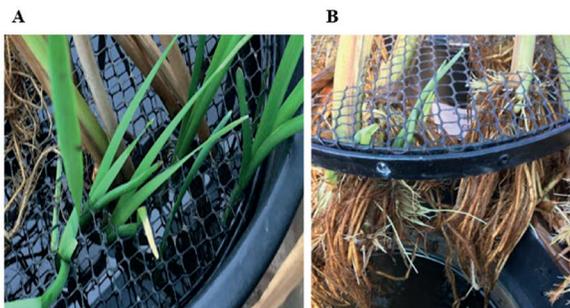


Figura 11. Crecimientos de nuevos brotes (A) y raíces (B) al final del experimento.

Las macrófitas mostraron tolerancia a las condiciones del ensayo lo que permitió demostrar una tasa de crecimiento positiva al final del experimento. El contenido de clorofila no se encontró diferencias significativas, por lo tanto, no se vio afectado a la exposición de los fármacos en el tratamiento empleado.

Agradecimientos

Al consejo Nacional de Ciencia y Tecnología Conacyt por el financiamiento de la Maestría. Instituto Nacional de Tecnología Normalización y Tecnología INTN por el desarrollo de la metodología analítica. A mis Orientadores, Profesionales y amigos que apoyaron y acompañaron el proyecto.

Literatura Citada

- Barceló, D., & López, M. J. (2008). *Contaminación y calidad química del agua: el problema de los contaminantes emergentes*. Panel Científico-Técnico de Seguimiento de la Política de Aguas. Sevilla: Fundación Nueva Cultura del Agua / Universidad de Sevilla / Ministerio de Medio Ambiente. 26 pp. [Consulted: 23.ii.2022]. <https://fnca.eu/phocadownload/P.CIENTIFICO/inf_contaminacion.pdf>.
- Ekowati, Y., Buttiglieri, G., Ferrero, G., Valle-Sistac, J., Diaz-Cruz M.S., Barceló, D. & Rodríguez-Roda, I. (2016). Occurrence of pharmaceuticals and UV filters in swimming pools and spas. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(14): 14431-14441.
- Hijosa-Valsero, M., Reyes-Contreras, C., Domín-

- guez, C., Bécáres, E., & Bayona, J.M. (2016). Behaviour of pharmaceuticals and personal care products in constructed wetland compartments: Influent, effluent, pore water, substrate and plant roots. *Chemosphere*, 145: 508–517.
- Kaur, R., Talan, A., Tiwari, B., Pilli, S., Sellamuthu, B. & Tyagi, R.D. (2020). Constructed wetlands for the removal of organic micropollutants. Pp. 87-140, in Varjani, S., Pandey, A. Tyagi, R.D. Ngo H.H. & Larroche, C. (Eds.). *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering: Emerging Organic Micropollutants*. Amsterdam: Elsevier BV. xxii + 565 pp.
- Lin, A.Y.C., Lin, C.A., Tung, H.H. & Chary, N.S. (2010). Potential for biodegradation and sorption of acetaminophen, caffeine, propranolol and acebutolol in lab-scale aqueous environments. *Journal of Hazardous Materials*, 183(1-3): 242–250.
- Li, Y., Zhu, G., Ng, W.J. & Tan, S.K. (2014). A review on removing pharmaceutical contaminants from wastewater by constructed wetlands: design, performance and mechanism. *Science of the Total Environment*, 468: 908–932.
- Lin, Y.L., & Li, B.K. (2016). Removal of pharmaceuticals and personal care products by *Eichhornia crassipes* and *Pistia stratiotes*. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 58: 318–323.
- Madera-Parra, C.A., Jiménez-B, E.M., Toro-Vélez, A.F., Lara-Borrero, J.A., Bedoya-Ríos, D.F., & Duque-Pardo, V. (2018). Estudio exploratorio de la presencia de microcontaminantes en el ciclo urbano del agua en Colombia: caso de estudio Santiago de Cali. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 34(3): 475–487.
- Matamoros, V. & Salvadó, V. (2012). Evaluation of the seasonal performance of a water reclamation pond-constructed wetland system for removing emerging contaminants. *Chemosphere*, 86(2): 111–117.
- Patiño, Y., Díaz, E. & Ordóñez, S. (2014). Microcontaminantes emergentes en aguas: tipos y sistemas de tratamiento. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 5(2): 1–20.
- Pavlineri, N., Tsihrintzis, N.T. & Tsihrintzis, V.A. (2017). Constructed Floating Wetlands: A review of research, design, operation and management aspects, and data meta-analysis. *Chemical Engineering Journal*, 308: 1120–1132.
- Vymazal, J., Březinová, T. D., Koželuh, M. & Kule, L. (2017). Occurrence and removal of pharmaceuticals in four full-scale constructed wetlands in the Czech Republic—the first year of monitoring. *Ecological Engineering*, 98: 354–364.
- Vymazal, J. (2011). Plants used in constructed wetlands with horizontal subsurface flow: a review. *Hydrobiologia*, 674(1): 133–156.
- Verlicchi, P. & Zambello, E. (2014). How efficient are constructed wetlands in removing pharmaceuticals from untreated and treated urban wastewaters? a review. *Science of the Total Environment*, 470-471: 1281–1306.
- Zhang, L., Lv, T., Zhang, Y., Stein, O.R., Arias, C.A., Brix, H. & Carvalho, P.N. (2017). Effects of constructed wetland design on ibuprofen removal—A mesocosm scale study. *Science of the total environment*, 609: 38–45.
- Zhang, L., Lyu, T., Zhang, Y., Button, M., Arias, C.A., Weber, K.P. & Carvalho, P.N. (2018). Impacts of design configuration and plants on the functionality of the microbial community of mesocosm-scale constructed wetlands treating ibuprofen. *Water Research*, 131: 228–238.

Presencia de *Aedes aegypti*, vector de virus dengue y su susceptibilidad al control químico, en áreas bajo influencia de asentamientos humanos precarios en el municipio de San Antonio, Central-Paraguay

Presence of *Aedes aegypti*, vector of dengue virus and its susceptibility to chemical control, in areas under influence of precarious human settlements in San Antonio municipality, Central-Paraguay

María Ferreira^{1,*}, German Gallego² & Javier Galeano³

¹Departamento de Medicina Tropical, Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Salud, Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Paraguay.

²Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia.

³Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Paraguay.

Autor correspondiente: maria_ferrer18@hotmail.es.

Resumen: La OMS ha señalado que las enfermedades de transmisión vectorial-ETV, engloban más de 17% de las enfermedades infecciosas en todo el mundo, entre ellas el dengue. El presente estudio se encuentra abocado en el Plan de Acción sobre entomología y control de vectores 2018-2023 de la OMS y OPS, respecto a la presencia del *Aedes aegypti* vector del virus dengue-DEN y su susceptibilidad al control químico, en áreas bajo influencia de asentamientos humanos precarios en el municipio de San Antonio, Central-Paraguay, altamente urbanizado. Un muestreo de campo a través de ovitrampas generó datos de criaderos de *Ae. aegypti* en áreas bajo influencia de asentamientos humanos precarios con índices de infestación larvaria por *Ae. aegypti* entre 8,6% y 9,5%, superando el valor tolerable < 1% estudiados entre 2018 y 2019. Mediante modelación por DIVAGIS, fueron determinadas las áreas de existencia de *Ae aegypti* en San Antonio y los distritos vecinos, en relación a las 19 variables bioclimáticas, siendo las variables de mayor influencia el intervalo de temperatura diurna promedio la isotermalidad, temperatura promedio del mes más frío y la precipitación del mes seco, que garantizan la presencia y desarrollo de este vector *Aedes aegypti*). Los Mapas generados fueron complementados con la presencia de asentamientos humanos e industrias como actividad antrópica insertadas en cuencas hidrográficas y vías fluviales importantes para la instalación del vector en domicilio y peridomicilio. La evaluación de la susceptibilidad/resistencia de poblaciones silvestres de *Ae. aegypti* colectado en San Antonio, a larvicida Temefos, mediante bioensayos en condiciones controladas de laboratorio, reveló que las poblaciones circulantes del vector *Aedes aegypti*, son susceptibles RR<3 al larvicida utilizado por los programas de control vectorial del Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social. Todo lo anteriormente expuesto, se encuentra enmarcado en el desarrollo de las metas de los objetivos de desarrollo sostenible, los cuales estipulan que, para el 2030, se debe poner fin a las enfermedades tropicales desatendidas y otras transmisibles por vectores, más específicamente en ODS 3 Salud y Bienestar. Igualmente se circunscribe con el ODS 11, el cual versa sobre ciudades y comunidades sostenibles, debido a que indaga aspectos relativos a la creciente urbanización en la zona de estudio, con varios desafíos, como la expansión urbana no planificada, sin servicios lo que hace que las ciudades sean más vulnerables a las enfermedades. El trabajo desarrollado sienta bases para futuros estudios de empoderamiento ciudadano y desarrollo de una adecuada gobernanza, frente al problema de salud urbana que constituye el DEN.

Palabras clave: *Aedes aegypti*, control vectorial, San Antonio Central – Paraguay, Asentamientos Humanos no planificados.

Abstract: WHO has reported that vector-borne diseases-VTDs account for more than 17% of infectious diseases worldwide, including dengue. The present study is addressed in the Action Plan on entomology and vector control 2018-2023 of the WHO and PAHO, regarding the presence of *Aedes aegypti* as vector dengue virus-DEN and its susceptibility to chemical control, in areas under the influence of precarious human settlements in the municipality of San Antonio, Central-Paraguay, highly urbanized. Field sampling through ovitraps generated data from *Ae aegypti* hatcheries in areas under the influence of precarious human settlements, with larval infestation index between 8.6% and 9.5%, exceeding the tolerable value < 1% between 2018 and 2019. Areas of the presence of *Ae aegypti* in San Antonio and neighboring districts were determined by DIVAGIS modeling, in

Recibido: 26/07/2022 Aceptado: 14/10/2022



relation to the 19 bioclimatic variables. The more determinant variables were the average of daily temperature, the isothermality, the average of temperature of the coldest month and precipitation of the driest month; all of them ensure the presence and development of *Ae. aegypti*. The resulting maps were complemented with the presence of human settlements and industries, as anthropic activity, inserted in watersheds and important waterways for the installation of the vector at home and peridomicile. The evaluation of the susceptibility/resistance to larvicide Temefos, of wild populations of *Ae. aegypti*, collected in San Antonio, by bioassays under controlled laboratory conditions, revealed that the circulating populations of this vector, are susceptible- $RR < 3$ -to this larvicide, highly used by vector control programs of the Ministry of Public Health and Social Welfare. All of the above is framed in the sustainable development goals, which stipulate that, by 2030, neglected tropical diseases and other vector-transmissible diseases must be ended, more specifically in SDG 3-Health and Wellness. It is also circumscribed in SDG 11, which deals with sustainable cities and communities, because it investigates aspects of increasing urbanization in the study area, with several challenges, such as unplanned urban expansion, without basic services, making cities more vulnerable to disease. The work developed provides a basis for future studies on citizen empowerment and the development of good governance in the face of the urban health problem that constitutes the CSP.

Key words: *Aedes aegypti*, Chemical control, San Antonio Central – Paraguay, precarious human settlements.

Introducción

Más de mil millones de personas en todo el mundo se ven afectadas o se encuentran en riesgo de padecer enfermedades tropicales desatendidas (ETD), especialmente por habitar en países de bajos ingresos, caracterizados por poseer viviendas de mala calidad y con servicios fundamentales escasos, tales como agua potable, saneamiento, higiene adecuada y acceso a la atención médica. (El Ágora, 2021)

El dengue es una arbovirosis, calificada como ETD, que afecta al humano, siendo una antroposis estricta de gran importancia en Salud Pública en el mundo, con especial influencia en los países tropicales y subtropicales, en los cuales además de las condiciones sociales de vulnerabilidad, ya descritas, se suman condiciones ambientales, altamente relacionadas con temperatura y humedad, que favorecen el desarrollo y la proliferación del insecto vector de virus dengue, el *Aedes aegypti* (Insecta, Culicidae). (Chiparelli y Schelotto, 1999)

El cambio climático, el manejo incontrolado de la fauna con riesgo de zoonosis emergentes y la interrupción de los servicios de salud debida a la pandemia de COVID-19 ha supuesto una carga adicional para condicionar la aparición de las ETD. (OMS, 2021)

En 2020, se registró la epidemia de dengue, de los últimos años en Paraguay; con una afectación sobre 4.255 personas y con la notificación de 85.290

casos sospechosos, 77 % de éstos en Asunción y Departamento Central (MSPyBs, 2020).

De acuerdo con datos recabados en el año 2018, (MSPyBs, 2018a) la localidad de San Antonio, al igual que otras del Departamento Central –Fernando de la Mora, Mariano Roque Alonso, Villa Elisa y Ñemby– (MSPyBs, 2018b) presentaron índices de infestación larvaria por *Ae. aegypti* entre 8,6% y 9,5%, superando el valor tolerable $< 1\%$ (Fig. 1). Los altos índices de infestación larvaria por este mosquito son favorecidos por las condiciones climáticas y las malas condiciones de saneamiento en los municipios.

El municipio de San Antonio, en el Departamento Central-Paraguay, es considerado portuario y pesquero, con una amplia frontera fluvial con el Río Paraguay lo que lo categoriza como un área de riesgo para la presencia del vector y la instalación del DEN, por sus características particulares (ADN digital, 2017).

Las campañas educativas por parte del Ministerio de Salud, dirigidas a la comunidad, unido a las campañas de control químico del vector, son determinantes en la problemática del DEN, sin embargo, estas campañas no son suficientes, ya que la experiencia del laboratorio de Entomología Médica del IICS-UNA y la de SENEPa, revelan que aún se mantienen índices de infestación larvaria elevados (criaderos de *Aedes aegypti*), en varias localidades

del departamento Central – Paraguay, esto se suma al ya referido costo que implica un enfermo de DEN en cuanto a costo personal por hospitalización, gastos de medicamentos y la deserción laboral temporal e inclusive afectación en este contexto a familiares laboralmente activos.

Aedes aegypti en zonas urbanas, donde localizan escenarios ecológicos notablemente diferentes para su cría. *Aedes* está constituido por más de 500 especies, siendo *Aedes aegypti* el más abundante en el hemisferio occidental (Alvarado, 2011). Se desarrolla en aguas limpias y estancadas; sin embargo, en varios países es común encontrarlas asociadas a los mismos criaderos compartiendo un gran número de recursos (Leyva *et al.*, 2012).

Los huevos de *Aedes aegypti* pueden resistir desecación y temperaturas extremas con sobrevivida de siete meses a un año o más (Nelson, 1986). Así temperatura y disponibilidad de nutrientes son cruciales y pueden verse alterados a favor o en contra en condiciones urbanas, en ambientes antropizados o inclusive por el cambio climático. Un elevado número de pupas, lugares de oviposición y elevada densidad de adultos dentro de los domicilios aumenta la probabilidad de transmisión del DENV entre humanos (Manrique *et al.*, 2014).

A través del control químico se pueden destruir los criaderos favorables para la oviposición, en los cuales se da el desarrollo de las etapas acuáticas. Este método depende de la participación comunitaria para su eficacia (UNICEF- Argentina, 2010).

Para el control del vector se han utilizado principalmente organoclorados, que inhiben los canales de calcio en las células del vector e inhiben la acetilcolinesterasa (Manjarres *et al.*, 2013).

El Temefos, es un organofosforado larvicida, de amplio uso, para el control de mosquitos en zonas endémicas de DEN, en la cuales es común que las personas almacenen agua en contenedores que sirven para la cría de *Ae. aegypti*. Este larvicida tiene baja toxicidad en mamíferos, poco olor, es barato y usualmente el agua tratada con este insecticida es para uso doméstico (INECC, 2004; Ranson *et al.*, 2010)

Temefos se encuentra dentro de la clasificación

de ingredientes activos de grado técnico poco peligrosos (clase III) presentes en plaguicidas (OMS, 2019) es un larvicida utilizado para el control de la fase larvaria y su uso implica el tratamiento focal en depósitos domésticos es muy eficaz e inocuo para los mamíferos y el hombre (OPS, 1997).

La resistencia a insecticidas es la habilidad de una población de insectos para tolerar dosis de insecticidas que serían letales para la mayoría de los individuos de una población normal de la misma especie (Nájera, *et al.*, 2001).

La resistencia en *Ae. aegypti*, como en otros insectos, envuelve principalmente dos tipos de mecanismos: el de tipo metabólico o enzimático, que consiste en la sobreproducción de enzimas detoxificativas que metabolizan y detoxifican el insecticida o lo sequestran, inhibiendo o previniendo que actúe sobre el sitio blanco (Hemingway *et al.*, 2004)

La técnica para detección de resistencia denominada OMS Dosis-Respuesta está basada en el uso de concentraciones fijas de un insecticida en un tiempo de exposición determinado, los resultados se reportan en porcentaje de mortalidad y/o efecto *knock-down* y se consigue mediante la exposición a una serie de concentraciones de un insecticida dado (o a una serie de tiempos a una concentración fija) y trazando el porcentaje de mortalidad contra la exposición, a fin de estimar las dosis requeridas para producir diversos niveles de mortalidad y detectar posible resistencia (Flores, 2014).

Al control vectorial se suma la gestión ambiental como procedimiento que reduce al mínimo la propagación vectorial y el contacto entre las personas y los vectores, a través de un manejo apropiado del ambiente y del entorno humano que favorece la instalación y cría de mosquitos (OMS & TDR, 2009). El control efectivo de criaderos de *Ae. aegypti* (envases desechables, llantas y barriles), junto al control químico, es la piedra angular de cualquier esfuerzo para prevenir el dengue y requiere de la participación social, la comunicación y educación en salud y el control químico y biológico (OPS, 1997).

El manejo ambiental tiene por objetivo prevenir y minimizar la propagación de vectores, así como

también la interacción humano-vector, mediante la destrucción, alteración, eliminación y reciclaje de recipientes poco útiles que sirven de mediadores de hábitats larvarios. Dichas acciones son el pilar fundamental para el control de vectores de dengue, y se suman a la necesidad imperiosa de mantener una elevada calidad de servicios básicos en los urbanismos y asentamientos humanos (OMS & TDR, 2009).

El mejoramiento de la infraestructura urbana y de los servicios para la reducción de hábitats de *Aedes*, comienza con la mejora en servicios de suministro de agua por medio de tuberías a las viviendas evitando en lo posible otros sistemas que no precisan de recipientes de almacenamiento (tanques, macetas, tambores, etc.) que sean potenciales criaderos de mosquitos). Sin embargo, hay ocasiones en las cuales guardar agua es imprescindible, por lo que se debe educar a la población en el hecho de que se deben proteger los tanques, baldes o tambores con tapas o una tela limpia o una tela mosquitera. Es determinante el cambio diario del agua de bebederos y depósitos (OMS & TDR, 2009; UNICEF-Argentina, 2010).

Los modelos de Distribución de Especies han permitido conocer la distribución de vectores en relación con el área geográfica que ocupan y con las condiciones ambientales adecuadas para su presencia, lo cual permite saber dónde están y donde podrían estar a futuro, si esas condiciones se mantienen. En el caso de los vectores de arbovirosis permite conocer cuales áreas son de riesgo epidemiológico. Algunos antecedentes de estas aplicaciones se han centrado estudios en insectos de los géneros *Haemagogus*, *Culex*, *Aedes*, vectores del virus de fiebre Amarilla, fiebre de Mayaro, Dengue y fiebre del Zika, entre otros. Los modelos de nicho apoyados en sistemas de información geográfica tales como DIVA GIS, que es un Sistema de Información Geográfica diseñado para analizar la presencia de especies a través de mapas de distribución geográfica de la misma, lo cual permite identificar áreas con clima similar en donde es posible que la especie que se desee estudiar, esté presente (Liria & Navarro, 2010; Plissock *et al.*,

2011; Baak-Baak *et al.*, 2017).

La literatura indica que factores sociales, demográficos y medioambientales influyen en la transmisión de los patógenos y en el aumento de su distribución geográfica, la reemergencia o la ampliación de las temporadas de transmisión. En particular, la urbanización no planificada, la ausencia de una red fiable de suministro de agua y la gestión inadecuada de los residuos sólidos y de las excretas pueden exponer una gran cantidad de habitantes de pueblos y ciudades al riesgo de sufrir enfermedades víricas transmitidas por mosquitos. (OMS & TDR, 2017).

El presente estudio se ha planteado realizar una evaluación de la susceptibilidad/resistencia de *Aedes*, en la localidad de San Antonio, del departamento Central-Paraguay, zona altamente urbanizada con condiciones reales para que se desarrolle DEN como antroponosis estricta en la localidad se hicieron abordajes metodológicos, con el fin de generar datos respecto a criaderos potenciales de *Ae. aegypti* y la modelación de su distribución geográfica real en áreas bajo influencia de asentamientos humanos precarios además de determinar la susceptibilidad de este vector al control químico con el larvicida Temefos de tal manera a brindar información y generar las bases para un compromiso sostenible con la entomología por parte de los gobiernos y comunidades locales y regionales basados en lo establecido en el Plan de Acción sobre entomología y control de vectores 2018-2023 (OMS & OPS, 2018).

Materiales y métodos

El diseño de la investigación corresponde a un diseño experimental, basado en el estudio temporal y espacial de la presencia del vector del DEN, *Aedes aegypti*, la modelación de su distribución geográfica real en áreas bajo influencia de asentamientos humanos precarios y la susceptibilidad de este vector al control químico de su población, en el municipio de San Antonio, el cual fue escogido por ser una localidad de alto riesgo para DEN, con un índice de infestación larvaria de 6,34 en el año 2018, superior al valor aceptable (MSPyBS, 2018a).

La determinación de la presencia de *Ae. aegypti* se realizó a través de muestreos por conveniencia, en los barrios Centro, Achucarro y San Francisco.

Para el estudio de susceptibilidad a insecticidas en las poblaciones colectadas de *Ae aegypti*, se realizó un estudio analítico experimental, con la aplicación de bioensayos tipo dosis – respuesta, en larvas de III estadio, de la F1 proveniente de los adultos colectados, las cuales fueron expuestas al larvicida Temefos (fosforotritionato de o,o,o,o' – tetrametil –o,o'-tio-di-p - fenileno. IUPAC) Fluka PESTANAL®) a fin de determinar concentraciones letales (CL50) y (CL70). La solución de Temefos fue obtenida mediante la dilución de un frasco de 250 mg del larvicida a partir del cual se preparó una solución madre de concentración 3000 mg/L diluido en etanol Pro-análisis, para luego realizar diluciones seriadas para los ensayos, de 3 mg/L, 6 mg/L y 9 mg/L sobre las larvas de la Filial 1 de *Aedes aegypti* de San Antonio y la cepa Rockefeller como cepa de referencia para el control. Los bioensayos se realizaron siguiendo las recomendaciones establecidas para ensayos de resistencia con larvas (OMS, 1981; OMS, 2005; Lima *et al.*, 2003).

Se realizó un Pretest para determinar rango de actividad del larvicida de prueba, el cual consistió en la exposición de 20 larvas (L3) de *Ae. aegypti*, transferidas a recipientes de 80 ml de agua con una dilución de 6 mg/L de larvicida Temefos. Posteriormente Se realizaron 2 ensayos cada uno con 10 concentraciones, de 4 réplicas por concentración, para determinar el rango de actividad de los insecticidas de prueba. Después de estimar la mortalidad de las larvas en este rango concentraciones, se determinaron las concentraciones que generan entre el 5% y 98% de mortalidad en 24h-48h. Los ensayos dosis respuesta con las poblaciones de *Ae aegypti* colectadas en San Antonio y cepa susceptible Rockefeller fueron usados para determinar resistencia con concentraciones delimitadas mediante pretest según (OMS,1981; OMS, 2005) y estandarizado por Laficave – IOC.

Posterior a las 24h de exposición de la cepa silvestre (San Antonio) y cepa susceptible (Rockefeller), frente a Temefos, se realizó la lectura de

mortalidad según criterios de la OMS, en ambientes controlados con registro de temperatura, humedad, fecha, del larvicida, población evaluada. Se realizó el registro larvas muertas y vivas en los casos en que el rango de mortalidad en el control fue del 5 al 20 %, se realizó la corrección de los índices de mortalidad de los tratamientos según la fórmula de Abbott (1925), a saber:

$$[\% \text{ de mortalidad test} - \% \text{ de mortalidad control negativo} / 100\% \text{ de mortalidad control negativo} \times 100].$$

La mortalidad de esta última se midió en rangos tolerables para la cepa control con correcciones por la fórmula de Abbott, 1925, para rangos > al 5% de mortalidad y los resultados de todas las repeticiones fueron agrupados y trasferidos a planillas Excel para obtener los valores de CL50 y CL70 los cuales fueron analizados Polo –PC análisis Probit software (Raymond, 1985). Para evaluar la resistencia al Temefos de la población silvestres de *Aedes aegypti* fueron calculados los factores de resistencia FR 50 y FR70, y comparados con los de la cepa de referencia, mediante la siguiente fórmula: $FR50 = CL50 \text{ Población de campo} / CL50 \text{ cepa susceptible (Rockefeller)}$. De la misma forma fue aplicado para $FR70 = CL70 \text{ Población de campo} / CL70 \text{ cepa susceptible (Rockefeller)}$.

Los valores FR mediante indicadores cuantitativos de resistencia, determinados de la siguiente forma: para $RR < 3$ se consideró estar frente a una población susceptible, para $RR > 3$ y < 5 se consideró estar frente a poblaciones de resistencia baja, $RR > 5$ y < 10 es indicativo de resistencia moderada, $RR > 10$ y < 20 indicativo de resistencia media y $RR > 20$ indicativo de poblaciones altamente resistentes (Mazzari y Georghiou, 1995; Campos y Andrade, 2003). Se utilizó Software GraphPad Prism 8 para la obtención de los gráficos.

La identificación, registro y georreferenciación de asentamientos humanos no planificados y de condición precaria en las cercanías a las áreas de muestreo de *Ae aegypti* fue de acuerdo con la data obtenida en el período de estudio de marzo a mayo del 2019.

El registro de la distribución geográfica de estos asentamientos se adiciona a los mapas de registro de presencia real de *Ae. aegypti*, estos últimos, en función las condicionantes bioclimáticas para la presencia del vector en la zona de estudio, a través de modelación con el software DIVA-GIS 7.3.0 de formato libre, para la generación de mapas ráster de distribución real. Las capas de datos ambientales utilizadas fueron las 19 variables de las disponibles en Global Climate Data–WorldClim, de amplia cobertura mundial en formato ráster, pero circunscritas a la geografía del Paraguay, con una resolución espacial de 1 km² en el Ecuador. Estas capas fueron las resultantes de la interpolación de datos de temperatura media (máximos y mínimos), precipitación mensual y datos de altitud, desde el año 1.950 hasta el 2.000 (Hijmans *et al.*, 2005).

Resultados y discusión

Los barrios en los cuales se registraron ovitrampas positivas, en los muestreos realizados, correspondieron a Achucharro y Barrio Centro o Pueblo con índices de infestación por *Ae. aegypti* entre 8,6% y 9,5%, superando el valor tolerable < 1% a respectivamente, indicativo de estar en estaban zona de riesgo de brote epidémico de arbovirosis (Dengue, Zika y/o Chikungunya), por la presencia de índices de infestación larvaria superiores al 1%. (MSPyBs, 2018b) (Fig. 1).

La determinación de la presencia de *Ae. aegypti*

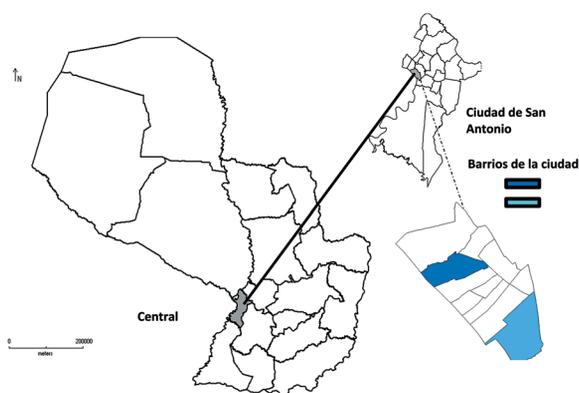


Figura 1. Localización de barrios con ovitrampas positivas para huevos de *Aedes aegypti*. Municipio de San Antonio – Dpto. Central.

y los registros LIRA, en los barrios estudiados, fortalece el conocimiento fundamental para la prevención del DEN a fin de evitar e interrumpir los brotes epidémicos y frenar a las ETD, lo que está en consonancia con ODS 3 Salud y Bienestar; Meta 3. (PNUD, 2015).

La identificación y geoposicionamiento a través de DIVA GIS, permitió ver el registro de *Ae. aegypti*, en varios barrios endémicos para el DEN del Municipio de San Antonio. Las áreas señaladas en color sepia son áreas de idoneidad para la presencia del vector (área cuadrática de alta influencia, percentil 20-25), en la cual podría aparecer el vector, aun cuando no se haya registrado para el momento del estudio (Fig. 2) (Hijmans *et al.*, 2005). Mediante DIVA GIS, se pudo determinar que estas áreas de influencia tuvieron una distancia máxima desde el centro del cuadrante a puntos de vértice del de hasta 4,2 km (cuadrados en sepia), lo que indicaría que las áreas de influencia podrían extenderse hacia Villa Elisa (noroeste) y Ñemby (noreste), en los cuales también se han registrado casos de dengue entre 2019 y 2020.

Para la zona sur estas áreas de influencia (cuadrados sepia) se extenderían por el noreste hasta Ñemby y para el sureste oeste hacia Ypané (aun cuando este distrito posee pocos registros de LIRA).

De acuerdo con Olano (2016), zonas endémicas caracterizadas por diferentes cambios climáticos y ambientales pueden desencadenar aumento de la distribución y proliferación de *Aedes aegypti* y en consecuencia extender la transmisión hacia nuevos nichos

Según el Centro para el Control y Promoción de Enfermedades [CDC], (2015) otros factores adicionales relacionados con la transmisión del virus dengue, hacen referencia a que es preciso que más allá de la presencia del virus en la región, es necesario la existencia de individuos de la población susceptibles, que no sean inmunes al virus, así como el estrecho contacto entre el vector con los humanos infectados, constituyendo así la genuina antroponosis DEN. Si bien el modelo empleado no logra llegar a conocer la influencia de estas altera-

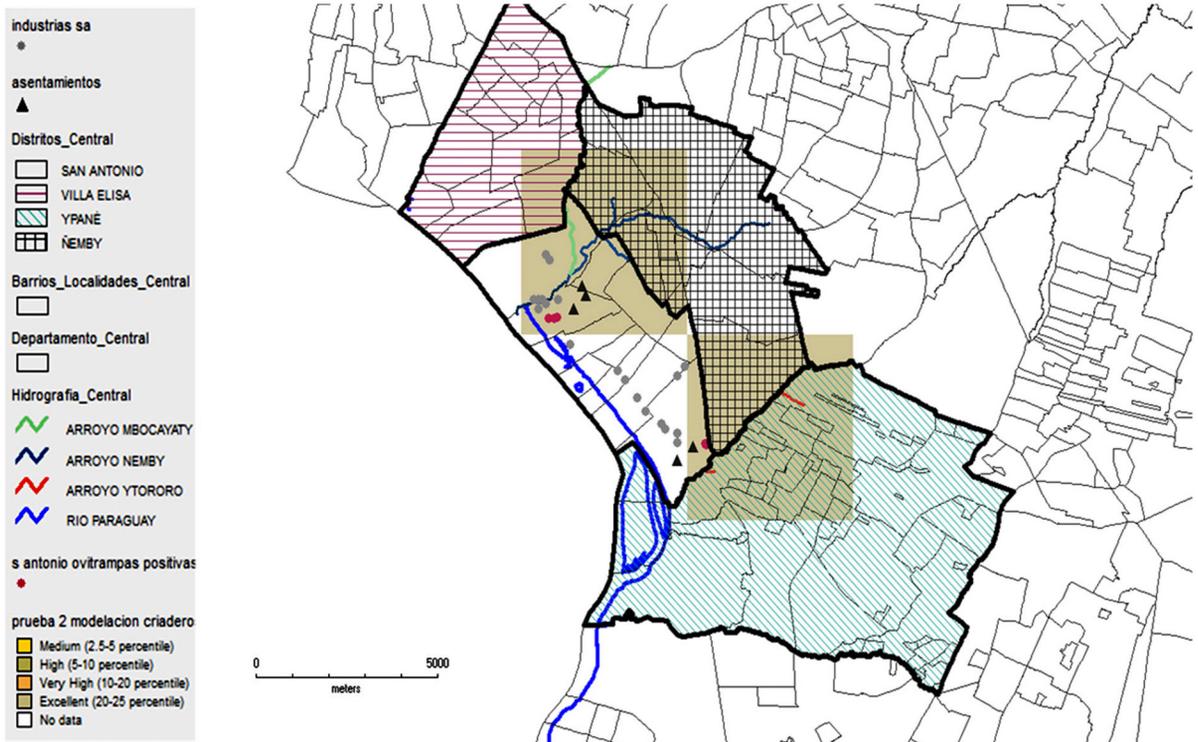


Figura 2. Modelo de distribución de *Aedes aegypti* y elementos bióticos y abióticos reales, con áreas de influencia en función de variables bioclimáticas, con destaque de las áreas de actividad a antrópica (asentamientos e industrias) y áreas de presencias hidrográficas, en el Municipio de San Antonio, Central-Paraguay 2019-2020 (DIVA GIS software). El área de influencia está señalada en color sepia.

ciones, se abre como perspectiva a investigar en intervenciones futuras.

El registro geoespacial usando el algoritmo del software DIVA GIS, también permitió modelar la distribución de industrias establecidas (ícono gris), áreas de conglomerados sociales delimitadas en la zona norte y sur del municipio en conjunto con áreas de asentamientos humanos no planificados (triángulo negro), entre los meses de marzo a mayo del 2019

Vale destacar que todos estos elementos, fueron mapeados sin la intervención de las variables bioclimáticas del algoritmo debido a que no forman parte única de la biota cuyos ciclos de vida estarían directamente asociado a estas variables, pero si pudiese condicionar su existencia en el área la presencia y sostenibilidad del elemento biótico estudiado como es *Aedes aegypti*.

En cuanto a la hidrología, el mapa obtenido so-

bre el área de estudio propicia para el desarrollo de *Aedes aegypti*, corroboró la alta influencia hídrica en la región, siendo la primera y más importante la del Río Paraguay, y en relación con los arroyos, uno de los más importantes es el arroyo Guazú y el arroyo Ytororó.

La influencia del río Paraguay sobre San Antonio, hace de este municipio un gran receptor de “containers” con mercancía provenientes de diferentes zonas del mundo, las cuales se saben podrían constituir un riesgo por el transporte de elementos biológicos, incluyendo huevos de insectos. A lo expuesto se suma que San Antonio, tiene un aumento creciente de las industrias que se han instalado y siguen haciéndolo en su territorio.

Otros problemas ambientales que se suman a los recursos hídricos son los efectos de la erosión provocada por la deforestación de las cuencas, la introducción de pesticidas, la contaminación por

desechos domésticos e industriales (Fundación Moisés Bertoni, 2001), todo ello influencia en la instalación de las ETV.

La urbanización está vinculada al proceso de industrialización del siglo pasado y las ciudades son el hábitat de las sociedades contemporáneas en América Latina y el Caribe. Este proceso con sus oportunidades y desafíos determina el presente y el futuro del desarrollo sostenible de los países de la región (CEPAL, 2017).

La acción territorial es un complejo proceso de construcción del desarrollo en el cual intervienen la acción pública, la privada y la colectiva. Como lo demuestra la experiencia latinoamericana, los municipios son actores de creciente importancia en la dinámica de construcción del desarrollo local. Sin embargo, las formas de actuación de los municipios no son iguales (Sili, 2019).

La presencia de asentamientos humanos, (Techo Paraguay, 2016), georreferenciada en el presente estudio, implica existencia de condiciones críticas de hacinamiento, de un sistema de recolección de basura deficiente, entre otros aspectos relacionados a la provisión de servicios básicos que según OPS (2010), constituye una condición para el aumento de la frecuencia del DEN.

Este escenario en el que confluyen diversos factores varios de ellos ligados a las actividades de los seres humanos forman parte de la problemática que implica el dengue y otras enfermedades transmitidas por vectores.

Un manejo inapropiado de los residuos tiene sus implicancias en la aparición de nuevos casos de DEN, debido a que los recipientes constituyen depósitos de agua que resultan ser indispensables para el desarrollo del mosquito y en consecuencia la proliferación del virus a través del vector (Guzmán *et al.*, 2006).

En cuanto a los estudios de susceptibilidad del 100% de las ovitrampas instaladas y recuperadas, se obtuvo un total de 33/66 (50%) paletas positivas para huevos de *Ae. aegypti* con un total de 362 huevos contabilizados en el distrito de San Antonio.

La colecta de huevos resultó efectiva, con un número de huevos suficiente para establecer colo-

nias parentales y la filial 1 de la población silvestres de *Ae. aegypti* de San Antonio, en un periodo de 2 meses de mantenimiento, bajo condiciones controladas en el laboratorio. Estas larvas fueron utilizadas para generar bioensayos en paralelo con la cepa de referencia Rockefeller,

La susceptibilidad de poblaciones naturales de *aegypti* procedente de San Antonio, visualizada en los valores de concentración letal CL50 y CL70, de los individuos y la razón de resistencia RR, respectivamente RR50 y RR70 al larvicida organofosforado Temefos se recogen en la Tabla 1.

En más detalle, se brindan datos referentes a RR, calculada para las concentraciones letales que eliminaron el 50 y el 70 % (CL50 y CL70), habiéndose obtenido una CL50 = 0.00554 y una CL70=0.00821, lo cual reveló una razón de resistencia a insecticida, menor a 3 ($RR < 3$), indicativo de que la población de *Ae.* resultó sensible a Temefos de acuerdo con los criterios establecidos por Mazzari y Georghiou (1995) y Campos y Andrade (2003) (Tabla 1).

Resultados similares se han detectado en otros estudios realizados con poblaciones de *Ae. aegypti* colectados en Villa Elisa RR50: 2,1 y San Lorenzo RR50: 1,4. (Ferreira *et al.*, 2020)

El uso de Temefos para el control químico del *Ae. aegypti* en la localidad de San Antonio, constituye actualmente un recurso capaz de contrarrestar al vector, aun cuando otras condiciones socio demográficas y bio-ambientales como las descritas y analizadas, favorezcan su presencia y colonización.

Poblaciones de *Ae. aegypti* de otras regiones del Paraguay, como Ciudad del Este y Asunción, ya han demostrado resistencia incipiente $RR > 3$ y < 5 al larvicida Temefos, esto se podría atribuir al uso sistemático que se hace de este compuesto químico, por un periodo prolongado de tiempo. (Ferreira *et al.*, 2016); ya se conoce que el uso del Temefos para el control químico de larvas de mosquitos, por largos periodos de tiempo (más de 30 años), genera resistencia en *Ae. aegypti* (Bisset *et al.*, 2004).

La resistencia no se debe contrarrestar usando una mayor cantidad de plaguicidas, sino usándolos de manera más racional. Cuando un plaguicida

Tabla 1. Nivel de susceptibilidad y/o resistencia al larvicida Temefos en larvas de *Aedes aegypti* en la localidad de San Antonio, Dpto. Central – Paraguay, año 2018-2019.

Región / Localidad - Departamento	Año colecta de material biológico	Población	Filial	CL50 mg/L	IC 95%	RR50	CL70 mg/L	IC 95%	RR70	pendiente recta probit log
Referencia	-	Rockefeller	-	0.00423	0,00406 -0,00442	-				4.584.697
Región Oriental/ San Antonio -Dpto. Central	2019	San Antonio	1	0,00554	0,00525 - 0,00581	RR50 : 1.309 RR<3 población susceptible	0,00821	0,00791-0,00853	RR70:1,94 RR<3 población susceptible	3.061.207

pierde eficacia, evidenciada en sobrevivencia a una dosis que era mortal, se piensa en la presencia de poblaciones de vectores que poseen genes de resistencia. Lo ideal es que se use un plaguicida que sea efectivo y que no comparta ningún mecanismo de resistencia importante con el plaguicida inefectivo (Bisset, 2002).

Entre los factores que influyen en la selección y evolución en el tiempo de la resistencia, en poblaciones de campo, está la naturaleza química del plaguicida y la frecuencia y aplicación de este (Bisset, 2002).

En lo que respecta a estudios en poblaciones de *Ae. aegypti* provenientes de países limítrofes con Paraguay, el realizado por Bisset *et al.* (2014), con larvas de *Ae. aegypti* de las cepas Buenos Aires y Misiones, las cuales mostraron susceptibilidad a los organofosforados Temefos y Fenitrotión, con valores de factor de resistencia (FR50) menores a 5, de acuerdo con los criterios de Mazzari y Georghiou (1995).

En otro estudio de monitoreo de resistencia a Temefos en cepas de *Ae. aegypti* de Clorinda e Iguazú (Argentina) se evidenció resistencia incipiente a Temefos, con valores de FR50 mayores a 3 (Seccacini *et al.*, 2008; Llinás *et al.*, 2010)

De acuerdo con un estudio reciente para determinar susceptibilidad de *Ae. aegypti* al insecticida Temefos realizado en municipios del Brasil estado

de Paraná que limita con Paraguay se detectó resistencia a Temefos en las poblaciones del vector en los municipios de Foz de Iguazú, Paranaíba, Maringá, Iporã y Jacarezinho, en cambio el municipio de Cambé presenta una incipiente alteración de la susceptibilidad. (Duque *et al.*, 2015)

En el presente estudio observamos que las poblaciones de *Ae. aegypti* de la localidad de San Antonio, sometidas a pruebas de resistencia con Temefos, evidenciaron susceptibilidad, es decir la población evaluada presenta valores que están por debajo de lo requerido para considerar resistencia incipiente inclusive (FR50 mayores a 3), (Seccacini *et al.*, 2008; Llinás *et al.*, 2010), esto implicaría la posibilidad de seguir utilizando este compuesto para el control vectorial en la medida de las necesidades y en forma racional, sin embargo se debe plantear a corto plazo hacer otros estudios con poblaciones del vector provenientes de ciudades aledañas a esta localidad y en este sentido deberíamos apuntar a los municipios considerados áreas de idoneidad para la presencia de *Aedes aegypti* en el Departamento Central (Lambaré, Ñemby, Ypané, Areguá, Villeta y Nueva Italia).

El asentamiento precario se puede considerar una unidad de análisis dentro del sector informal de las ciudades, enmarcada por una situación irregular en cuanto al dominio del suelo, las cuales han venido conformando áreas constituidas a través de

diversas estrategias de ocupación del territorio. Se caracterizan por presentar diferentes grados de precariedad, hacinamiento y, por ende, con déficit en el acceso a los servicios básicos (Techo Paraguay, 2016).

En la ciudad de San Antonio no se tiene claro desde cuando se establecieron los asentamientos, actualmente existen 55 de ellos, los cuales albergan a 3529 familias, habitando en 2912 viviendas (Techo Paraguay, 2016) lo cual representa un desafío para las autoridades a nivel local y regional., en cuanto a las necesidades referentes a saneamiento ambiental y servicios básicos, que demanda esta población satélite, en ambientes poco propicios para el desarrollo pleno y saludable de las familias.

Uno de los elementos a destacar, es cómo esta proporción familias/viviendas son el marco de áreas de hacinamiento humano para San Antonio, en donde 1 de cada 4 habitantes de esta ciudad viven en estos asentamientos.

Como se observa en la Fig. 3 los asentamientos que poseen un mayor número de familias instaladas corresponden a La Amistad (400 familias), San Roque 1 (228 familias) y Renacer (221 familias). En relación con la cantidad de viviendas/ asentamientos. Los asentamientos con mayor número de viviendas son San Roque 1 (228 viviendas), Renacer (215 viviendas) y San Roque 4 (130 viviendas)

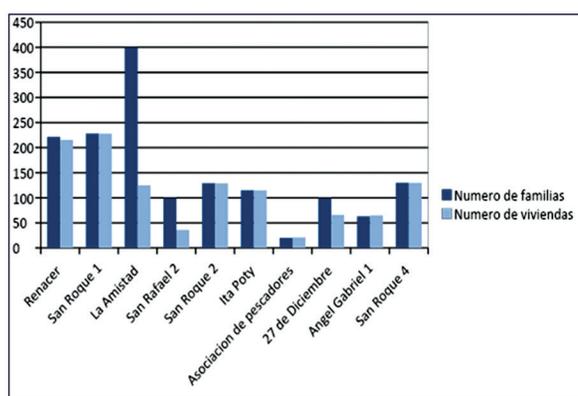


Figura 3. Asentamientos más poblados de la ciudad de San Antonio Departamento Central- Paraguay. Gráfico interpretado a partir de la Fuente: Relevamiento de Asentamientos Precarios. Área Metropolitana de Asunción 2015. Techo Paraguay /secretaría técnica de planificación del desarrollo económico y social. [Elabado a partir de datos de Techo Paraguay /STP 2015].

(Techo Paraguay, 2016) esto pareciera indicar que las familias viven hacinadas, con todo lo que ello implicaría en cuanto a salubridad.

Las familias en los asentamientos de la ciudad están en situación de vulnerabilidad, lo cual debe ser considerado en la planificación de estrategias educativas y sanitarias para la prevención de enfermedades.

La vivienda adecuada es un derecho humano y su ausencia afecta negativamente la equidad e inclusión urbana, la salud, la seguridad y las oportunidades de subsistencia (ONU, 2019). Por lo expuesto anteriormente, se puede decir que los habitantes que viven en condiciones de hacinamiento en gran medida están siendo vulnerados en sus derechos.

La proporción de la población urbana que vive en barrios marginales, en todo el mundo, disminuyó en un 20% entre 2000 y 2014 (del 28% al 23%). Sin embargo, en el año 2018 esta tendencia positiva se invirtió y la proporción aumentó al 23,5% (ONU, 2019).

Se infiere que el aumento de la cantidad de habitantes de barrios marginales es el resultado de la urbanización no planificada y el crecimiento de la población, lo que supera el ritmo de la construcción de viviendas acondicionadas en lo mínimo y asequibles. Entre los principales desafíos que actualmente enfrenta la gestión urbana en América Latina y el Caribe, se cuentan los profundos cambios que ha experimentado su composición demográfica, el impacto de la urbanización sobre la salud de sus habitantes y su entorno, las relaciones entre los espacios urbanos y rurales y el rol preponderante que cumplen las ciudades en la creación de riqueza (CEPAL, 2017).

Cuando los urbanismos, se construyen en forma planificada en las grandes ciudades, dan soporte a las actividades económicas, permitiendo grados crecientes de especialización y rentabilidad, ayudando a superar la pobreza y a alcanzar los objetivos de desarrollo (CEPAL, 2017).

De acuerdo con (Canese *et al.*, 2019) el municipio de San Antonio ha venido presentando un proceso amplio y dinámico de urbanización no planificada, basada en asentamientos, similar a otros

municipios circunvecinos. Los autores mencionan la elevada densidad poblacional de estos asentamientos, situando a San Antonio, Ñemby, Lambaré y Villa Elisa, como distritos con mayor densidad poblacional que presentan asentamientos precarios.

El crecimiento económico y la urbanización son dos procesos estrechamente ligados. La urbanización, con sus implicaciones económicas, sociales, y ambientales, derivadas de lo que es en realidad una profunda transformación de los patrones de producción, distribución y consumo, da cuenta de un tránsito desde el sistema social agrícola (actividades primarias) al industrial (sustentado en actividades secundarias) los cuales derivan hacia un sistema fundamentado en el capital financiero y los servicios (CEPAL, 2017).

A lo expuesto no escapa la necesidad de aumentar las inversiones para garantizar viviendas asequibles y adecuadas para todos para el año 2030 (ONU, 2019).

Sin embargo, la experiencia internacional ha demostrado que, si no se aborda de manera adecuada el problema de vivienda, este mismo proceso puede hacer crecer los problemas ambientales, sociales y económicos, como son la pobreza, la inequidad, la inseguridad, la informalidad y el hábitat precario. Así algunos tipos de urbanismos constituirían a largo plazo una amenaza al desarrollo sostenible (CEPAL, 2017).

Según datos recopilados entre los años 2010 y 2018 en todo el mundo, 2 mil millones de personas no contaban con servicios de recolección de residuos y 3 mil millones de personas no tenían acceso a instalaciones de eliminación controlada de desechos.

El problema continuará aumentando a medida que crezca la urbanización, los niveles de ingresos aumenten y las economías se orienten más hacia los consumidores (ONU, 2019).

La urbanización acelerada está resultando en un aumento de habitantes en barrios pobres, infraestructura y servicios sobrecargados como la disponibilidad final de residuos y sistemas de agua, saneamiento y transporte lo cual está generando el crecimiento urbano y un aumento de la contamina-

ción del aire (ONU, 2015)

La metas planteadas para lograr el objetivo ODS 11 Ciudades y comunidades sostenibles que pretende asegurar el acceso de todas las personas a viviendas y servicios básicos adecuadas, seguros y accesibles implica la urbanización sostenible y la capacidad de planificación y la gestión participativa integrada y sostenible de los asentamientos humanos en todos los países y fundamentalmente reducir en forma significativa el número de muertes causadas por desastres relacionadas al agua y de personas afectadas por ellos.

El Dengue y otras enfermedades transmitidas por el vector *Aedes aegypti* está ligado a la presencia de agua y residuos y estas condiciones están dadas en gran parte de los asentamientos precarios donde prevalecen las condiciones de hacinamiento sumado a esto la población asentada no dispone de todos los servicios básicos lo cual lo hace un sitio favorable para la trasmisión de la enfermedad.

El análisis de los datos realizados de los asentamientos en el municipio de San Antonio brinda la posibilidad de estimar aspectos relevantes que son trascendentales en la propagación de la enfermedad del dengue por las condiciones de riesgo observadas y a su vez brinda una perspectiva que pudiera ser útil al momento de establecer nuevas propuestas de investigación en el ámbito socio ambiental y sanitario.

Conclusión

El estudio demuestra la presencia activa del vector *Aedes aegypti* en el Municipio de San Antonio – Departamento Central, Paraguay y corrobora que la localidad constituye una región bioindicadora de riesgo, pues posee condiciones climatológicas tales como intervalo de temperatura diurna promedio, isotermalidad, temperatura promedio del mes más frío y la precipitación del mes seco, que garantizan la presencia y desarrollo de este vector (modelación de nichos DIVAGIS).

A la presencia del vector, se suman los resultados que revelan que San Antonio, constituye un área con una gran proliferación de asentamientos no planificados que ponen al límite todos los servicios

públicos, entiéndase, agua, manejo de residuos sólidos, atención en salud entre otros. Todo ello constituye elementos de riesgo y factores propicios para el mantenimiento de las enfermedades transmitidas por el vector *Aedes aegypti*.

Mediante el uso de algoritmos DIVA empleados en el presente trabajo no solo se pudo identificar a San Antonio como área de riesgo para la instalación y cría del vector, con condiciones sociodemográficas y ambientales favorables, sino que además se reconocieron áreas potenciales de riesgo en las que existen condiciones bioclimáticas comparables que también podrían constituir zonas de riesgo potencial a ser vigiladas tales como Ypané, Ñemby, Villa Elisa, Lambaré, Villeta, Nueva Italia y Areguá la mayoría corresponden a localidades colindantes con San Antonio.

Mediante los bioensayos ejecutados y cuyos resultados se han demostrado en el presente estudio, se logró inferir que a pesar de que las poblaciones circulantes del vector *Aedes aegypti*, son susceptibles a los insecticidas de mayor uso, las mismas siguen manteniéndose en el tiempo. Aspectos como la alta influencia de entornos fluviales de este bioma litoral compartido con el bioma Ñeembucú, con gran número de humedales subterráneos, refuerzan el mantenimiento de ciclos de vida de *Aedes aegypti*, aun cuando se disponga de herramientas de control químico, certeras. El análisis de las ODSs relativos Salud, Urbanismo que han sido evaluadas como contexto para los escenarios derivados del presente trabajo, constituirán herramientas para sugerir lineamientos y guiar la formación de talento humano a fin de detectar, prevenir y responder a brotes de dengue actuales y futuros.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología -CONACYT- por la beca otorgada para el desarrollo del proyecto de investigación elaborado en el marco de la Maestría de Desarrollo Local Sostenible y a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales -FACEN – UNA- por su compromiso institucional y por el acompañamiento durante este proceso de formación.

Literatura citada

- ADN Político. (2017). Ciudad de San Antonio, portuaria, pesquera e industrial, de aniversario. *ADN Político*, 23.iv.2017. [Consulted: 30.iii.2022]. <<https://www.adndigital.com.py/ciudad-de-san-antonio-portuaria-pesquera-e-industrial-de-aniversario/>>.
- Alvarado, B.A. (2011). Determinación de la actividad larvicida de seis extractos y aceites de plantas del género *Lippia* nativas de Guatemala, contra *Aedes aegypti* y *Anopheles albimanus* vectores transmisores del dengue y el paludismo respectivamente. (Tesis de licenciatura). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. 61 pp.
- Bisset, J.A. (2002). Uso correcto de insecticidas: control de la resistencia. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 54(3): 202–219.
- Bisset, J.A., Rodríguez, M.M., Fernández, D. & Pérez, O. (2004). Estado de la resistencia a insecticidas y mecanismos de resistencia en larvas del municipio Playa, colectadas durante la etapa intensiva contra el *Aedes aegypti* en Ciudad de La Habana. 2001–2002 *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 56: 61–66.
- Bisset, J.A., Esteban, R., Rodríguez, M.M., Ricardo, Y., Hurtado, D. & Fuentes, I. (2014). Evaluación de la resistencia a insecticidas en *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) de Argentina. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 66(3): 360–369.
- Campos, J., Andrade, C.F. (2003). Larval susceptibility of *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus* populations to chemical insecticides. *Revista de Saúde Pública*, 37: 1–7.
- Centro para el control y prevención de enfermedades. (2015). *Dengue*. Atlanta: Centro Nacional de Enfermedades Infecciosas Zoonóticas y Emergentes. [Consulted: 15.iii.2022]. <<https://www.cdc.gov/dengue/es/index.html>>.
- CEPAL, (2017). *Acerca de Asentamientos Humanos*. Comisión Económica para América Latina de las Naciones Unidas. [Consulted: 13.iv.2022]. <<https://www.cepal.org/es/>>.

- [temas/asentamientos-humanos/acerca-asentamientos-humanos>](#).
- Chiparelli, H. & Schelotto, F. (1999). *Dengue, una enfermedad emergente muy cerca de nuestro país*. Infecto: Sitio para la Formación Médica. [Consulted: 10.xi.2021]. <<http://www.infecto.edu.uy/espanol/revisiointemas/tema10/den6290.htm>>.
- Canese, M.I., Vuyk, C.M., Sagüi, N.J., Ibarra, G.A., Pignata, R.M., Velázquez, N.A., Villalba, G.R., Laterra, D.F., Allende, J.A., Godoy, P.P. & Duré, V. (2019). Urbanización popular en la ciudad de Asunción, Paraguay. *Revista INVI*, 34(95): 9–42.
- Duque, J.E.D., Silva, A.M., Fantinatti, E.C.S. & Navarro-Silva, M.A. (2015). Resistance of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) to temephos in Paraná State, Brazil. *Revista Colombiana de Entomología*, 41(2): 205–211.
- El Ágora. (2021). *Agua limpia para acabar con las enfermedades tropicales en 2030*. El Ágora, Diario del Agua, 12.v.2021. [Consulted: 15.iii.2022]. <<https://www.elagoradiario.com/agua/agua-y-salud/agua-limpia-acabar-enfermedades-tropicales-2030/>>.
- Ferreira, M., Días, L.S., Rodovalho, C.M., Lima, J.B.P. & González Britez, N. (2016). Perfil de susceptibilidad a Temefos en poblaciones de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) de Ciudad del Este - Alto Paraná, Paraguay. *Memorias del Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Salud*, 14(2): 98–105.
- Ferreira, M.C., Rodríguez, C.C., Dias, L. & González, N.E. (2019). Susceptibilidad al larvicida temefos de poblaciones de *Aedes aegypti* de dos localidades del departamento Central-Paraguay. *Revista Paraguaya de Epidemiología*, Supl. i.2020(Memorias de la X Muestra Nacional de Epidemiología): 10.
- Flores, A.E. (2014). Detección de resistencia a insecticidas en mosquitos con énfasis en *Aedes aegypti*. *Artrópodos y Salud*, 1(2): 21–36.
- Guzmán, M., García, G. & Kouri, G. (2006). El dengue y el dengue hemorrágico: prioridades de investigación. *Revista Panameña de Salud Pública*, 19(3): 204–215.
- Hijmans, R., Cameron, S., Parra, J., Jones, P. & Jarvis, A. (2005). Very high-resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25(15):1965–1978.
- INECC. (2004). *Temefos*. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático del Gobierno de México. [Consulted: 15.iii.2022]. <<http://www2.inecc.gob.mx/sistemas/plaguicidas/pdf/temefos.pdf>>. 2 pp.
- Leyva, M., Marquetti, M., & Montada, D. (2012). Scielo. Obtenido de Segregación de nicho de *Aedes aegypti* y *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) en condiciones de laboratorio. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 64(2): 206–211.
- Llinás, G.A., Seccacini, E., Gardenal, C.N. & Licastro, S. (2010). Current resistance status to temephos in *Aedes aegypti* from different regions of Argentina. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 105: 113–116.
- Manjarres-Suarez, A. & Olivero-Verbel, J. (2013). Chemical control of *Aedes aegypti*: a historical perspective. *Revista Costarricense de Salud Pública*, 22: 68–75.
- Manrique-Saide, P., Coleman, P., McCall, P.J., Lenhart, A., Vazquez-Prokopec, G. & Davies, C. R. (2014). Multi-scale analysis of the associations among egg, larval and pupal surveys and the presence and abundance of adult female *Aedes aegypti* (*Stegomyia aegypti*) in the city of Merida, Mexico. *Medical and Veterinary Entomology*, 28: 264–272.
- Mazzari, M.B. & Georghiou, G.P. (1995). Characterization of resistance to organophosphate, carbamate, and pyrethroid insecticides in field populations of *Aedes aegypti* from Venezuela. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 11(3): 315 – 322.
- MSPyBS. (2018a). *Asunción y Central con índices de infestación 7 veces mayor a lo recomendado*. Departamento de Prensa del Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social, 2.xi.2018. [Consulted: 14.iii.2022]. <<https://>

- www.mspbs.gov.py/portal/16556/asuncion-y-central-con-indices-de-infestacion-7-vec-es-mayor-a-lo-recomendado.html>.
- MSPyBS. (2018b). *Varias ciudades de Central en riesgo de brote de Dengue*. Departamento de Prensa del Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social, 5.xi.2018. [Consulted: 14.iii.2022]. <<https://www.mspbs.gov.py/portal/16581/varias-ciudades-de-central-en-riesgo-de-brote-de-dengue.html>>.
- MSPyBS. (2020). *Epidemia del Dengue desacelera cantidad de notificaciones semanales*. Departamento de Prensa del Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social, 14.ii.2020. [Consulted: 14.iii.2022]. <<https://www.mspbs.gov.py/portal/20415/epidemia-del-dengue-desacelera-cantidad-de-notificaciones-semanales.html>>.
- ONU. (2015). *Objetivo 11: Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles*. Objetivos de Desarrollo Sostenible. New York: Organización de las Naciones Unidas. [Consulted: 5.iv.2022]. <<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>>.
- ONU. (2019). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, 2019*. New York: Organización de las Naciones Unidas. 60 pp.
- PNUD. (2015). *Objetivo 3: Salud y bienestar*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. [Consulted: 5.iv.2022]. <<https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals#salud-bienestar>>.
- Najera, J.A. & Zaim, M. (2001). Malaria Vector Control - Insecticides for Indoor Residual Spraying. *Dengue Bulletin*, 25: 126.
- Liria, J. & Navarro, J.C. (2010). Modelo de nicho ecológico en *Haemagogus Williston* (Diptera: Culicidae), vectores del virus de la fiebre amarilla. *Revista Biomédica*, 21: 149–161.
- Nelson, M.J. (1986). *Aedes Aegypti: biología y ecología*. Washington DC: Organización Panamericana de la Salud. 50 pp.
- Olano, V. (2016). *Aedes aegypti* en el área rural: implicaciones en salud pública. *Biomédica*, 36(2):169–173.
- OMS. (1981). *Instructions for determining the susceptibility or resistance of mosquito larvae to insecticides*. WHO/VBC/81.807. Geneva: World Health Organization. 6 pp.
- OMS. (2005). *Guidelines for laboratory and field testing of mosquito larvicides*. WHO/CDS/WHOPEP/GCDPP/2005.13. Geneva: World Health Organization. 39 pp.
- OMS & TDR. (2009). *Dengue: Guías para el Diagnóstico, Tratamiento, Prevención y Control*. Geneva / San José / La Paz: World Health Organization / Programa Especial para la Investigación y la Capacitación de Enfermedades Tropicales. xiii + 152.
- OMS & TDR (2017). *Global Vector Control Response 2017–2030*. World Health Organization / Programa Especial para la Investigación y la Capacitación de Enfermedades Tropicales. Paris / Geneve: World Health Organization / Programa Especial para la Investigación y la Capacitación de Enfermedades Tropicales. ix + 51 pp.
- OMS. (2019). *Clasificación recomendada por la OMS de los plaguicidas por el peligro que presentan y directrices para la clasificación de 2019*. Ginebra: World Health Organization. 99 pp.
- OMS & OPS. (2018). *Plan de Acción sobre Entomología y Control de Vectores 2018-2023*. CE162/17, Rev. 1. 162° Sesión del Comité Ejecutivo de la Organización Panamericana de la Salud. Washington D.C: Organización Panamericana de la Salud. 27 pp.
- OMS. (2021). *Enfermedades tropicales desatendidas*. Ginebra: World Health Organization. [Consulted: 5.iv.2022]. <<https://www.who.int/es/news-room/questions-and-answers/item/neglected-tropical-diseases>>.
- OPS. (1997). *Plan continental de ampliación e intensificación del combate al Aedes aegypti*. OPS/HCP/HCT/90/97. Caracas: Organización Panamericana de la Salud. 10 pp.
- Plissock, P. & Fuentes-Castillo, F. (2011). Mod-

- elación de la distribución de especies y ecosistemas en el tiempo y en el espacio: una revisión de las nuevas herramientas y enfoques disponibles. *Revista de Geografía Norte Grande*, 48: 61–79.
- Ranson, H., Burhani, J., Lumjuan, N. & Black IV, W.C. (2010). Insecticide resistance in dengue vectors. *TropIKA.net*, 1(1)3:1–12.
- Seccacini, E., Lucia, A., Zerba, E., Licastro, S. & Masuh, H. (2008). *Aedes aegypti* resistance to Temephos in Argentina. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 24: 608–609.
- Sili, M., (2019). Estilos y lógicas de acción territorial. La experiencia reciente de los municipios del Paraguay. *Revista de Administração Pública*, 53(5): 917–941.
- Techo Paraguay. (2016). *Relevamiento de Asentamientos precarios área metropolitana de Asunción, 2015*. Asunción: Techo Paraguay / Secretaría Técnica de Planificación del desarrollo económico y social. 159 pp.
- UNICEF. (2010). *Participación social en la prevención del dengue: guía para el promotor*. (2ª Ed.). Buenos Aires: UNICEF Argentina. 87 pp.

Mycobiota associated with yerba mate sold in Paraguay**Micobiota asociada con yerba mate comercializada en Paraguay**

Laura Mendoza^{1,2}, Inocencia Peralta³,
Gabriela Ulke³, Laura Gonzalez³, Claudia Avalos³, Francisco Ferreira³,
Laura Piris⁴, Cristhian Grabowski³, Alicia Benitez^{5,6}, Fernando Pizarro⁷, Susana Sanchez³,
Cinthia Cazal³, Juliana Moura Mendes³, Man Mohan Kohli⁸, Danilo Fernández Ríos³ &
Andrea Alejandra Arrua^{3,*}

¹Universidad San Carlos, Alfredo Seiferheld 4889, Asunción, Paraguay

²Investigación para el Desarrollo, Tte. Iro Cayetano Rivarola 7277, Asunción, Paraguay.

³Universidad Nacional de Asunción. Campus de la UNA, General Patricio Escobar esq. Escuela Agrícola Mariscal López. San Lorenzo, Paraguay.

⁴Instituto Nacional de Alimentación y Nutrición, Itapúa y Santísima Trinidad, Asunción, Paraguay.

⁵Universidad del Pacifico, Avenida San Martín, 961, Asunción, Paraguay.

⁶Universidad Autónoma de Asunción, Jejuí 667, Asunción, Paraguay.

⁷Av. Libertador Bernardo O'Higgins 1058, Santiago de Chile.

⁸Cámara Paraguaya de Exportadores y Comercializadores de Cereales y Oleaginosas. Brasília nro. 840. Asunción, Paraguay.

*Autor correspondiente: andrea.arrua@cemit.una.py; arrua@facen.una.py.

Resumen: La yerba mate (*Ilex paraguariensis*) es una hierba ampliamente consumida que se originó en Paraguay, pero que crece en la región entre el sur de Brasil, el norte de Argentina, Paraguay y Uruguay. Se informa que la planta posee múltiples propiedades medicinales que hacen que la yerba mate sea popular para el consumo en esta región. Actualmente también se considera un producto nutracéutico y un alimento funcional que es consumido en diferentes países del mundo. En medicina popular, se ha reportado científicamente que posee múltiples propiedades. Treinta y nueve marcas de muestras de yerba mate se analizaron mediante placas de dilución en serie y se incubaron a 25°C durante 5 días se determinó la incidencia fúngica. De las 39 muestras analizadas, el 15,4% estuvieron libres de la presencia de hongos y levaduras. El 84,6% restante presentó contaminación con incidencias variables de *Aspergillus*. Se observó la presencia de *Aspergillus* secciones *nigri*, *flavi*, *circumdati*, *fumigati*, *wentii*, *usti*, *versicolor* y *Emericella nidulans*, siendo la prevalente *Aspergillus* sección *nigri*, representando el 65,3%. Teniendo en cuenta los riesgos a la salud asociados con estos hongos, es importante considerar la formulación de regulaciones con respecto al tamaño de las partículas y la presencia de ocratoxinas y aflatoxinas en los productos comerciales de yerba mate.

Palabras claves: hierbas, hongos, inocuidad, riesgo, seguridad alimentaria.

Abstract: Yerba mate (*Ilex paraguariensis*) is a widely consumed herb which originated in Paraguay but grows widely in the region between Southern Brazil, Northern Argentina, Paraguay, and Uruguay. The plant is reported to possess multiple medicinal properties which makes yerba mate popular for consumption as tea in this region. It is also being considered as a nutraceutical product and a functional food consumed in different countries around the world. In popular medicine, and it has been scientifically reported to possess multiple properties. Thirty-nine brands of yerba mate samples were analyzed by serial dilution plates. and incubated at 25 ° C for 5 days. Based on their morphological characteristics, the fungal incidence and the number of colonies forming units were determined. Of the 39 samples analyzed, 15.4% were free from the presence of fungi and yeasts. The remaining 84.6% of the samples were contaminated with variable contents of the fungi *Aspergillus*. The presence of *Aspergillus* sections *nigri*, *flavi*, *circumdati*, *fumigati*, *wentii*, *usti*, *versicolor* and *Emericella nidulans* was observed the most prevalent among them was *Aspergillus* section *nigri*, representing 65.3%. Considering the health risks associated with these fungi, it is important to consider formulating regulations regarding the particle size and the presence of ochratoxins and aflatoxins in commercial yerba mate products.

Keywords: innocuity, food safety, fungi, herbal, risk.

Recibido: 05/05/2022 Aceptado: 06/09/2022



Introduction

Yerba mate (*Ilex paraguariensis*) is a plant native to South America, specifically from the region between Southern Brazil, Northern Argentina, Paraguay, and Uruguay (Marcowicz *et al.*, 2007). Is one of the products which is deeply rooted in Paraguayan culture. Its aqueous extract is consumed in a massive way in different forms such as: mate (hot water), tereré (with cold water) or cocido (hot infusion of toasted yerba) (Jerke *et al.*, 2009; Pérez Paiva *et al.*, 2013).

In popular medicine, it is recommend to trait arthritis, headache, rheumatism, hemorrhoids, obesity, fatigue, slow digestion, and liver disorders among other health problems (Bastos *et al.*, 2005). Yerba mate has been reported to possess multiple properties, such as vasodilatory effects, reducing cholesterol and triglyceride (Stein *et al.*, 2005), preventing DNA damage (Mohadjerani & Roodgar, 2016), antimutagenic and radioprotective effects (Bracesco *et al.*, 2018), antidiabetic effects (Heck & De Mejia, 2007; Rocha *et al.*, 2018), prevention of the senescence of retinal cells and mobilization of the cellular pathways (Tate *et al.*, 2020), antioxidant and antimicrobial effects (Kungel *et al.*, 2018), preservation of the cardiovascular health (Cardozo Junior & Morand, 2016), anti-obesity effects (Gambero & Ribeiro, 2015; Kim *et al.*, 2015; Uecker *et al.*, 2019), prevention of liver redox imbalance, high triglycerides and microsteatosis (de Oliveira *et al.*, 2018), among others. It is also an excellent source of polyphenols such as caffeic and chlorogenic acids (Tate *et al.*, 2020).

Yerba mate is a plant rich in vitamins and produces a feeling of well-being, vigor, and intellectual lucidity, based on the presence of the alkaloid matein. It is diuretic and digestive product with laxative properties (Jerke *et al.*, 2009; Riachi & De Maria, 2017). All these held benefits have made yerba mate a popular product, being considered as a nutraceutical and a functional (Alkhatib *et al.*, 2017; Kujawska, 2018; Riachi & De Maria, 2017) currently consumed in different countries around the world (Alkhatib & Atcheson, 2017).

During its process, the herb undergoes changes in temperature changes and storage periods for aging to improve its flavor. This period can vary from 2 months to 1 year or more, which favors the development of filamentous fungi in the final product (Silva *et al.*, 2019). The Paraguayan regulations establish a limit of $1,8 \times 10^2$ CFU/g of total fungi and yeasts for processed yerba mate (Instituto Nacional de Tecnología Normalización y Metrología, 2007). Several species of filamentous fungi have been reported in yerba mate, among them *Aspergillus* of the Sections *Nigri* and *Flavi* (Jerke *et al.*, 2009; Pérez Paiva *et al.*, 2013; Silva *et al.*, 2019), which are potential producers of mycotoxins.

Considering its beneficial effects, yerba mate has become a popular product around the world (Alkhatib *et al.*, 2017; Alkhatib & Atcheson, 2017), and an increase in its consumption has been seen. Therefore, it is necessary to have a quality control on the commercial products to ensure their safety. The aim of this work was to evaluate the content of fungi and yeasts in the commercial brands of yerba mate being sold in Paraguay.

Materials y Methods

Sample collection

39 brands (1 kg packages) of yerba mate elaborated (*Ilex paraguariensis*), all products with RSPA (sanitary food product registration) and RE (establishment registration) in force from the National Institute of Food and Nutrition, INAN. Each package, acquired in supermarkets of the country was considered as a unit of analysis.

Fungal analysis for colony forming units

Samples were analyzed by serial dilution plates. A 25 g subsample of each sample was diluted in 225 mL of sterile distilled water. An aliquot of 0.1 ml was spread on Potato Dextrose Agar (PDA) (90 × 15 mm plates) and incubated at 25 °C for 5 days. The number of colony forming units (CFU) and fungal incidence were determined based on morphological characteristics (Pitt & Hocking, 2009).

Table 1. Colony Forming Units for gram (CFU/g) in Yerba Mate samples, considering the crop management system (conventional and organic).

Management	n (samples)	Minimum CFU/g	Maximum CFU/g	Median CFU/g
Conventional	35	0	3.0×10^4	6.0×10^2
Organic	4	0	4.0×10^3	1.0×10^1

Fungal analysis for isolation of *Aspergillus*

Samples were analyzed by serial dilution plates. A 25 g subsample of each sample was diluted in 225 mL of sterile distilled water. An aliquot of 0.1 mL was spread 90 × 15 mm plates with MAAS, (selective medium for isolation of *Aspergillus* from soil) (5 g of peptone, 1 g of potassium hypophosphite, 30 g of sodium chloride, 10 g of glucose, 0.5 g of magnesium sulfate heptahydrate, 20 g of agar and 1000 mL of distilled water) (Dhingra, OD; Sinclair, 1995; Klich, 2002) and incubated at 25 °C for 5 days. The number of colony forming units (CFU) and fungal incidence was determined based on morphological characteristics (Barnett & Hunter, 1972; Pitt & Hocking, 2009).

Subsequently, each colony was purified, and monospore cultures were performed using serial dilutions. The fungi were seeded on PDA (90 × 15 mm plates) and incubated at 25 °C for 5 days. Those who presented characteristics of belonging to the genus *Aspergillus* were identified using a taxonomic key (Raper *et al.*, 1965).

For the analysis, aspects related to the geographical origin of the samples, brand, grain size, handling (conventional and organic) were considered. Maximum, minimum, and median values and were calculated.

Results

A total of 39 yerba mate brands marketed in Paraguay were examined for the presence of fungal contamination. Two thirds (26) of the samples declared conventional processing while the remaining one third (13) were promoted as organic. In terms of granulometry, 74.3% declared intermediate grinding, 12.8% coarse grinding, 10.3% of fine grinding and 2.5% with stick.

Of the total sample analyzed, 15.4% (n=6), were

found to be free from the presence of fungi and yeasts. The remaining 84.6% (n=33) of the samples were found to be positive for fungal contamination and the fungal load per sample ranged from 2×10^1 CFU/g to 3.2×10^4 CFU/g.

Almost 40% of the positive samples (n=33) were found to have contamination values over 1.8×10^3 CFU/g, which are higher than the Paraguayan regulations. In Paraguay, in a study, 22 brands of elaborated yerba mate, it was determined that 10 brands exceeded the limits established by the national regulations 8×10^3 CFU/g (Pérez Paiva *et al.*, 2013).

Our study revealed that 54.5% (n=18) of the positive samples exhibited contamination levels below 1.0×10^3 CFU/g. Of these samples, 93.4% were processed conventionally, while 6.6 % were organic. With regards to granulometry, 88.9% declared intermediate grinding, 11.1% of fine grinding, and 5.5% of coarse and stick grinding, respectively. Regarding of 27.3% (n=9) of the samples showed levels, between 1.0×10^3 and 9.0×10^3 CFU/g; 11.1% were organic and 88.9% conventional, in other hand granulometry, 22.2% suffered coarse grinding and 88.8% intermediate grinding (Table 1).

Six samples (18.2%), all from different manufacturers, exceeded the contamination limit (1.0×10^4 CFU/g) by the World Health Organization (WHO, 2007).

Considering the geographical origin, the highest levels of contamination were found in brands produced in the departments of Itapúa and Guairá, where the maximum values of CFU/g were 3×10^4 and 2×10^4 respectively (Table 2).

With respect to granulometry, fine grinding leads to the highest level of contamination, 3.2×10^4 CFU/g with a median of 6.8×10^2 CFU/g, followed

Table 2. Colony Forming Units per gram (CFU/g) in yerba mate samples considering the geographic origin (place of planting).

Geographic Origin	n (samples)	Minimum CFU/g	Maximum CFU/g	Median CFU/g
Alto Paraná	3	0	4.0×10^3	3.0×10^2
Guairá	12	0	2×10^4	5.5×10^2
Itapúa	21	0	3×10^4	9.0×10^2
Misiones	2	80	1.0×10^2	9.0×10^2
Central	1	0	0	0

by intermediate grinding with 2.2×10^4 CFU/g and a median of 6.1×10^2 CFU/g; Coarse grinding, led to a maximum of 7.1×10^3 CFU/g and a median of 1.6×10^2 CFU/g and the product with stick, with a maximum of 8.0×10^1 CFU/g (Table 3).

Presence of *Aspergillus*

The 89.7% of the samples presented variable levels of contamination with fungi of the genus *Aspergillus*. The presence of *Aspergillus* Section *Nigri*, *Flavi*, *Circumdati*, *Fumigati*, *Wentii*, *Usti*, *Versicolor* and *Emericella nidulans* was determined.

Aspergillus Section *Nigri* was prevalent, representing 65.3%, followed by *Aspergillus* Section *Flavi* with 26.9%. These two groups represented 92.2% of the isolated colonies. The other 7.8% were represented by *Aspergillus* Section *Fumigati* (2.9%), *Versicolor* (2.4%), *Circumdati* (1.4%), *Wentii* (0.4%), *Emericella nidulans* (0.5%), and *Usti* (0.1%).

Discussion

Yerba mate undergoes extensive processing before it is ready to be packaged including selection of

the leaves, blanching and drying, the final product is extremely dehydrated, and for these, impairs the growth of pathogenic organisms but fungal species, are ubiquitous in the environment and may easily contaminate yerba mate leaves during storage or manipulation (Vieira *et al.*, 2010).

A study done in Brazil in 2010 reported substantial growths of fungi in the range of 0.1×10^1 to 4.9×10^2 CFU/g in 7 of the 8 brands analyzed. Also in Brazil, in 2019, 33.3% (n=15) of the samples studied exhibited contamination levels below 1.0×10^3 CFU/g; 60.1% showed intermediate contamination levels between 1.0×10^3 and 9.0×10^3 CFU/g, and two samples exceeded the contamination limit (1×10^4 CFU/g). In both studies, the levels of contamination detected are higher than those obtained in our study, where 6 brands did not present any type of microbiological contaminant. In Argentina, an analysis of 36 samples of different brands from establishments of the provinces of Misiones, Corrientes, and Buenos Aires determined that on average the fungal count was 6.1×10^3 CFU/g (Jerke *et al.*, 2009), with the highest incidence of molds (89%) than yeasts, higher than that obtained in our study of 5×10^3

Table 3. Colony Forming Units per gram (CFU/g) in yerba mate samples considering the Granulometry.

Granulometry	n (samples)	Minimum CFU/g	Maximum CFU/g	Median CFU/g
Fine grinding	4	1.1×10^2	3.2×10^4	6.8×10^2
Intermediate grinding	29	0	2.2×10^4	6.1×10^2
Coarse grinding	5	0	7.1×10^3	1.6×10^2
With stick	1	8.0×10^1	8.0×10^1	8.0×10^1

CFU/g. Besides evaluating different brands, this study also considered other important aspects such as: handling, geographical origin of the products, and the granulometry of the grinding.

Considering product management, the highest levels of contamination were found in brands produced under conventional process, with the maximum CFU value being 3.0×10^4 CFU/g, and a median of 6×10^2 CFU/g. On other hand, organic management demonstrated much lower contamination, the higher level being 4.0×10^3 CFU/g and the median 1.0×10^1 CFU/g (Table 1).

In soils with organic management, there is a greater heterogeneity of the microbiome when compared to soils with conventional management, this could help control pathogens during cultivation and decrease the initial inoculum present in yerba mate (Lupatini *et al.*, 2017).

In Paraguay, to be able to label a product as organic, it must be demonstrated to have some type of certification that indicates its organic management, although there is no specific certification that is mandatory. The definition of "organic yerba mate" is not standardized or regulated in current system (Instituto Nacional de Tecnología Normalización y Metrología, 2007: Norma Paraguaya NP 35 001 93 [C.D.U. 633]: Yerba Mate Elaborada, Requisitos Generales).

In sense of geographic results, Itapúa and Guairá are the Departments with the highest yerba mate production in the country in terms of cultivated area and productivity (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2018). The higher level of contamination can probably be related to the high volumes of product handled in these departments 73,000 and 20,000 tons respectively, compared to Alto Paraná with 6,500 tons and Misiones with 52 tons.

With respect to granulometry, fine grinding leads, the existence of a correlation between the content of molds and yeasts and the size of the Yerba mate particles could not be determined due to the small size of the sample. However, the present data allows us to believe that a fine grinding of the product increases the chances of contamination

compared to a coarse grinding. (Silva *et al.*, 2019; Vieira *et al.*, 2010).

In the sense of *Aspergillus* presence, a study from 2013 including 22 commercial brands of elaborated yerba mate commercialized in Paraguay determined the presence of *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Pullularia sp.* *Penicillium sp.* and *Cladosporium sp.* (Perez Paiva *et al.*, 2013). In Argentina, where 36 samples of processed yerba mate were analyzed, it was determined that the incidence of the *Aspergillus* genus was 86%. In Brazil, 8 brands of yerba, it was determined that *Aspergillus niger* and *Aspergillus fumigatus* were the prevalent fungi (Vieira *et al.*, 2010). At 2019 also in Brazil was reported as prevalent with 76.5% to *Aspergillus* Section *Nigri* followed by *Aspergillus* Section *Flavi* with 1.6% (Silva *et al.*, 2019). In Argentina, 36 samples of yerba mate processed, 1215 strains corresponded to *Aspergillus* Section *Nigri*, these being the prevalent fungi (Castrillo *et al.*, 2013). All these results are like those obtained in our study, thus corroborating the importance of this fungal group as a contaminant of yerba mate. The occurrence of fungi belonging to *Aspergillus* Section *Nigri* and Section *Flavi* in yerba mate demands more attention due to the risk of mycotoxin production (Silva *et al.*, 2019).

A concerning issue that arise during the development of this work was the unevenness of the labeling of the commercial product. In the various labels, terms such as selected, premium, organic, natural herb medium grinding or fine grinding were found, however none of these definitions are found in current regulations.

This situation is worrying from the point of view of the quality and safety of the products; since there is no legal definition about the different parameters, the final product is therefore highly heterogeneous.

It is important to analyze and consider in the future regulations regarding yerba mate the particle size of the herb and the contents of mycotoxins present in these products.

In yerba mate, high fungal counts may indicate a failure during processing or a recontamination

at some stage of storage, transportation or marketing, due to an increase in moisture content (Silva *et al.*, 2019).

Conclusion

Based on the results obtained, we conclude that yerba mate is a favorable substrate for the growth of fungi and yeasts; therefore, periodic microbiological control is essential. Regarding the presence of fungi of the genus *Aspergillus*, their importance should be considered due to their potential for mycotoxin production. In our work of 39 samples tested, 84.6% (n=33) were positive for fungal contamination and 39.4% presented values higher than 1.8×10^3 CFU/g, above the limits established by Paraguayan regulations. *Aspergillus* Section *Nigri* was the prevalent group 65.3%, followed by *Aspergillus* Section *Flavi* with 26.8%.

Acknowledgements

This research was funded by Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología – CONACYT, grant number PINV 14-031

Literature

- Alkhatib, A. & Atcheson, R. (2017). Yerba Maté (*Ilex paraguariensis*) metabolic, satiety, and mood state effects at rest and during prolonged exercise. *Nutrients*, 9(8)882: 1–15.
- Alkhatib, A., Tsang, C., Tiss, A., Baborun, T., Arefanian, H., Barake, R., Khadir, A., & Tuomilehto, J. (2017). Functional Foods and Lifestyle Approaches for Diabetes Prevention and Management. *Nutrients*, 9(12)1310: 1–18.
- Barnett, H.L. & Hunter, B.B. (1972). *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*. (3rd Ed.). Minneapolis: Burgess Publishing. 241 pp.
- Bastos, D.H.M., Fornari, A.C., De Queiroz, Y.S., Soares, R.A.M., & Torres, E.A.F.S. (2005). The chlorogenic acid and caffeine content of yerba maté (*Ilex paraguariensis*) beverages. *Acta Farmaceutica Bonaerense*, 24(1): 91–95.
- Bracesco, N., Sosa, V., Blanc, L., Contreras, V., Candreva, E.C., Salvo, V.A., Hocart, S., Mechoso, B. & Nunes, E. (2018). Analysis of radioprotection and antimutagenic effects of *Ilex paraguariensis* infusion and its component rutin. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 51(9): 1–8.
- Cardozo Junior, E. L., & Morand, C. (2016). Interest of mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) as a new natural functional food to preserve human cardiovascular health - A review. *Journal of Functional Foods*, 21: 440–454.
- Castrillo, M.L., Horianski, M.A., & Jerke, G. (2013). Aislamiento de cepas de *Aspergillus* sección *nigri* en la yerba mate comercializada en Posadas (Misiones, Argentina) y evaluación de su potencial ocratoxigénico. *Revista Argentina de Microbiología*, 45(2): 110–113.
- de Oliveira, E., Lima, N.S., Conceição, E.P.S., Peixoto-Silva, N., Moura, E.G. & Lisboa, P.C. (2018). Treatment with *Ilex paraguariensis* (yerba mate) aqueous solution prevents hepatic redox imbalance, elevated triglycerides, and microsteatosis in overweight adult rats that were precociously weaned. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 51(6)e7342: 1–10.
- Dhingra, O.D. & Sinclair, J. (1995). *Basic plant pathology methods*. (2nd Ed.). Boca Ratón: CRC Press. 448 pp.
- Gambero, A. & Ribeiro, M.L. (2015). The positive effects of yerba maté (*Ilex paraguariensis*) in obesity. *Nutrients*, 7(2): 730–750.
- Heck, C.I. & De Mejía, E.G. (2007). Yerba mate tea (*Ilex paraguariensis*): A comprehensive review on chemistry, health implications, and technological considerations. *Journal of Food Science*, 72(9): R138–R151.
- Instituto Nacional de Tecnología Normalización y Metrología. (2007). Normas obligatorias y reglamentarias. INTN. [Consulted: 27.iv.2021]. <<https://portal.intn.gov.py/index.php/organismos/organismo-nacional-de-normalizacion/citn/normas-obligatorias-y-reglamentarias>>.

- Jerke, G., Horiński, M. & Salvatierra, K. (2009). Evaluación de géneros micotoxigénicos en yerba mate elaborada. *Revista de Ciencia y Tecnología*, 11(12): 41–45.
- Kim, S.Y., Oh, M.R., Kim, M.G., Chae, H.J., & Chae, S.W. (2015). Anti-obesity effects of Yerba Mate (*Ilex paraguariensis*): A randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 15(1): 1–8.
- Klich, M.A. (2002). *Identification of common Aspergillus species*. Washington DC: American Society for Microbiology. 116 pp.
- Kujawska, M. (2018). Yerba mate (*Ilex paraguariensis*) beverage: nutraceutical ingredient or conveyor for the intake of medicinal plants? evidence from paraguayan folk medicine. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2018(6849317): 1–17.
- Kungel, P.T.A.N., Correa, V.G., Corrêa, R.C.G., Peralta, R.A., Soković, M., Calhelha, R.C., Bracht, A., Ferreira, I.C.F.R., & Peralta, R.M. (2018). Antioxidant and antimicrobial activities of a purified polysaccharide from yerba mate (*Ilex paraguariensis*). *International Journal of Biological Macromolecules*, 114(2017): 1161–1167.
- Lupatini, M., Korthals, G.W., de Hollander, M., Janssens, T.K.S. & Kuramae, E.E. (2017). Soil microbiome is more heterogeneous in organic than in conventional farming system. *Frontiers in Microbiology*, 7: 1–13.
- Marcowicz, D., Moura, D., Ruth, L., Patrícia, D.O. & Marcelo, L. (2007). Yerba mate: pharmacological properties, research and biotechnology. *Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology*, 1: 37–46.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2018). *Serie Histórica de cultivo Yerba Mate*. [Consulted: 25.iii.2021]. <<http://www.mag.gov.py/datos/index-yerba-mate-super.html#listado%23arriba>>.
- Mohadjerani, M. & Roodgar, M.V. (2016). In-vitro evaluation of protective effects on DNA damage and antioxidative activities of *Ilex spinigera* Loes. extracts. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 15(1): 283–292.
- Pérez Paiva, J., Piriris Morales, L., Ulke Mayans, G., Mendoza de Arbo, L. & Sánchez Bernal, S. (2013). Evaluación del Perfil Micológico de la Yerba Mate durante el proceso productivo y producto final en establecimientos yerbateros. Paraguay 2012. *Revista de Salud Pública del Paraguay*, 3(1): 8–13.
- Pitt, J.I., & Hocking, A.D. (2009). *Fungi and Food Spoilage*. New York: Springer. xvi + 520 pp.
- Raper, K.B. & Fennell, D.I. (1965). *The Genus Aspergillus*. Baltimore: Williams and Wilkins. xii + 686 pp.
- Riachi, L.G. & De Maria, C.A.B. (2017). Yerba mate: An overview of physiological effects in humans. *Journal of Functional Foods*, 38: 308–320.
- Rocha, D.S., Casagrande, L., Model, J.F.A., dos Santos, J. T., Hoefel, A.L., & Kucharski, L.C. (2018). Effect of yerba mate (*Ilex paraguariensis*) extract on the metabolism of diabetic rats. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 105: 370–376.
- Silva, J.J., Puel, O., Lorber, S., Ferranti, L.S., Ortiz, L.F., Taniwaki, M.H., Iamanaka, B.T. & Fungaro, M.H.P. (2019). Occurrence and diversity of *Aspergillus* in commercial yerba mate elaborated for the Brazilian beverage ‘chimarrão’. *Food Research International*, 121: 940–946.
- Stein, F.L.P., Schmidt, B., Furlong, E.B., Soares, L.A.S., Soares, M.C.F., Vaz, M.R.C. & Baisch, A.L.M. (2005). Vascular Responses to Extractable Fractions of *Ilex paraguariensis* in Rats Fed Standard and High-Cholesterol Diets. *Biological Research For Nursing*, 7(2), 146–156.
- Tate, P.S., Marazita, M.C., Marquioni-Ramella, M.D. & Suburo, A.M. (2020). *Ilex paraguariensis* extracts and its polyphenols prevent oxidative damage and senescence of human retinal pigment epithelium cells. *Journal of Functional Foods*, 67(April)103833: 1–10.
- Uecker, J.N., Schneider, J.P., Cerqueira, J.H.,

- Rincón, J.A.A., Campos, F.T., Schneider, A., Barros, C.C., Andrezza, R., Jaskulski, I.B. & Pieniz, S. (2019). *Ilex paraguariensis* extract prevents body weight gain in rats fed a high-fat diet. *Food Science and Technology*, 39(3), 620–626.
- Vieira, N.O., Peres, A., Aquino, V.R., & Pasqualotto, A.C. (2010b). Drinking yerba mate infusion: a potential risk factor for invasive fungal diseases? *Transplant Infectious Disease*, 12(6): 565–569.
- WHO. (2007). Quality control methods for medicinal plant materials. Geneva: World Health Organization. 122 pp.

Nuevos paradigmas ecológicos: adaptación y validación de la escala para su uso en la población local de deportistas de Paraguay

New ecological paradigms: adaptation and validation of the scale to be used with the local Paraguayan athlete population

Agatha Bóveda Aguirre^{1,*}  & Luisa Delgado² 

¹Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Biología.

²Universidad de Chile, Facultad de Ciencias.

*Autor correspondiente: agathaboag@gmail.com.

Resumen: Se presentan los resultados obtenidos a través de una versión en español de la escala New Ecological Paradigms (NEP scale) con la participación de 281 deportistas de áreas urbanas (AU), áreas semiurbanas (ASU) y áreas naturales (AN) del Paraguay. Se realizaron entrevistas exploratorias, validación del test, análisis de fiabilidad, análisis descriptivos y factoriales de los ítems de la escala. Los resultados muestran una puntuación aceptable para el test de fiabilidad (Alfa de Cronbach 0.749) y puntuaciones buenas para las pruebas de esfericidad y adecuación del muestreo (0.823 y < 0.001). Mediante el análisis de los componentes principales se describen 2 factores que juntos explican casi el 50% de la varianza y corresponden a las dimensiones de Ecocentrismo y Antropocentrismo.

Palabras clave: escala NEP, conductas ambientales, preocupación por el ambiente, actividades en áreas naturales, componentes principales, psicología ambiental

Summary: The results obtained through a Spanish version of the New Ecological Paradigms scale with the participation of 281 athletes from urban areas (AU), semiurban areas (ASU) and natural areas (AN) of Paraguay are presented. Exploratory interviews were carried out, a reliability analysis, descriptive and factorial analysis of the items of the scale. The results obtained an acceptable score for the reliability test (Cronbach 0.749) and good scores for the tests of sphericity and sampling adequacy (0.823 and < 0.001). By analyzing the principal components, 2 factors can explain together almost 50% of the variance, these factors correspond to the Ecocentric and Anthropocentric dimensions.

Keywords: NEP scale, ecological behaviors, concern for the environment, activities in natural areas, main components, environmental psychology

Introducción

Ante la necesidad de ampliar el conocimiento sobre la dimensión humana en conservación de la biodiversidad, en las últimas décadas se vienen estudiando aspectos de las conductas pro ambientales (CPAs) humanas. Una de ellas es la preocupación personal o individual por el medio ambiente también conocida como “conciencia ambiental” (CA) (Vozmediano & Guillén, 2005).

La CA de un individuo podría considerarse un componente de la CPA. En este concepto intervinen diversos factores psicosociales por lo que identificar las acciones, actitudes y aptitudes individuales, es el paso previo para explicar, predecir e intervenir en el cambio de estas conductas del ser humano hacia el ambiente o conductas proambien-

tales (CPA) (San Juan *et al.*, 2001).

El estudio de CA es complejo, pues este incluye el conocimiento cognitivo, el conocimiento aprendido y la valoración de la naturaleza no obstante, el mismo constituye apenas un componente dentro de las CPAs, esto significa que un alto grado de CA no se traduce necesariamente en acciones que contribuyen a la conservación del medio ambiente (Mejía Madero, 2020) pero identificar estos constructos contribuye a planificar acciones que promuevan las conductas deseadas.

Uno de los factores que viene siendo estudiado desde hace décadas como factor que afecta la CA es el contacto con las áreas naturales (AN) (e.g. parques naturales, bosques naturales) a través de prácticas recreativas (Berns & Simpson, 2009;

Recibido: 07/02/2022 Aceptado: 06/09/2022



Bjerke *et al.*, 2006; Dunlap & Hefferman, 1975; Geisler *et al.*, 1977; Theodori *et al.*, 1998).

Ralph Buckley (2006) en una guía a la literatura de las investigaciones sobre deportes de aventura, a nivel de turismo y competencia, menciona que los principales temas de investigación en el área fueron a nivel psicológico se enfocan en las razones por las que los participantes se enganchan a estas actividades (Buckley, 2006) pero no se mencionan estudios psicométricos de la CA.

La escala de los nuevos paradigmas ecológicos (escala NEP) es una medida de una visión pro ecológica del mundo se usa extensivamente en educación ambiental, recreación y actividades al aire libre y otras áreas donde se cree que puede haber diferencias entre las actitudes ambientales que pueden ser explicadas por el componente de esta escala (Anderson, 2012).

Los resultados obtenidos a partir de la escala NEP permiten explorar y profundizar en la estructura de las percepciones del ser humano hacia la naturaleza (Dunlap *et al.*, 2000). Los términos para referirse a la participación humana en cuestiones ambientales ha ido cambiando a lo largo del tiempo de ser considerada la sociedad civil a ser considerados actores sociales, este último término refleja un mayor grado de participación convirtiendo a la población en la figura clave para la gobernanza de los sistemas ecológicos (Pérez-Orellana *et al.*, 2019).

Este trabajo busca adaptar al contexto local y a un público en especial una herramienta utilizada para comprender uno de los aspectos de las conductas ecológicas responsables y la percepción subyacente a estas CPAs y de conservación del ambiente, adaptando la escala de de Nuevos Paradigmas Ecológicos para su uso en la práctica de deportes en Áreas Naturales de Paraguay.

En general los temas relacionados a la dimensión humana de la conservación y en especial el tema de este trabajo no cuentan con antecedentes locales por lo que sus resultados constituyen, más que un aporte, un puntapié inicial para una nueva línea de investigación en conservación ambiental.

Un enfoque integrador e interdisciplinario de estos aspectos de la conservación es la escala de

los Nuevos Paradigmas Ambientales (NEP scale) que fue publicada en *The Journal of Environmental Education* por Riley E. Dunlap and K. D. Van Liere en 1978, desde entonces esta se convirtió en el método más utilizado para medir la CA en el mundo y se ha aplicado en cientos de investigaciones que exploran las diferencias en el grado de CA en la población (Dunlap & Van Liere, 2008).

Los resultados de la escala tienen varias aplicaciones prácticas, es posible correlacionar por ejemplo los puntajes obtenidos en la escala NEP con actitudes pro-ambientales como la disposición o voluntad de pagar por la expansión de la energía renovable como fue positivamente correlacionado en un estudio de la población griega recientemente (Ntanos *et al.*, 2019). En términos prácticos este tipo de información es muy útil para crear un programa que trabaje directamente la CA para lograr endosamiento de políticas favorables a los objetivos de los planes de manejo de las áreas naturales y a mejoras en la educación formal e informal.

Varios estudios que utilizan la escala NEP tienen como objetivo adaptar y aportar evidencias para validar la escala NEP así como se analiza este instrumento a través de los análisis exploratorios y de consistencia interna para obtener versiones revisadas y adecuadas lingüísticamente y se recomienda hacer esfuerzos conjuntos para validar instrumentos de medición de alta calidad sobre las preocupaciones ambientales que sean comparables a nivel internacional (Wang & Sun, 2021).

Tanto los estudios que prueban las diferencias entre grupos así como los que exploran la validación y adaptación de la escala son de uso extendido en el mundo y la mayor parte de las veces se combinan ambos objetivos. Nistor (2012) describe cómo la escala NEP ya ha sido utilizada en investigaciones de diferentes escalas por ejemplo para hacer comparaciones a nivel continental en Europa. Otros, como Geisler (1977) exploraba la relación entre el contacto con la naturaleza mediante actividades recreativas y la CA, en ese entonces sin la herramienta de la escala NEP concluía que como mucho se puede decir que formas particulares de recreación al aire libre llevan a CPAs específicas en tiempos y

lugares específicos.

Otros estudios revelan que programas que insertan a los participantes a un contacto directo con la naturaleza en sus estados más naturales revelaron sentir una transformación personal que la conectan con el deseo de querer hacer algo para proteger la naturaleza (D'amato & Krasny, 2011). Además los mismos participantes de este estudio revelaron haber elevado sus estándares de comportamiento medioambiental luego de haber participado de estos programas.

De la gran cantidad de investigaciones que utilizan la escala NEP para explorar las tendencias de la CPA en practicantes de distintas actividades al aire libre muchas revelan una estrecha relación entre ambas, así como existen otras que cuestionan ya sea la capacidad del test de encontrar estas relaciones, así como proponen seguir profundizando en la manera correcta de utilizarlo, los contextos y los casos en los que puede ser útil.

Materiales y métodos

El trabajo se basó en análisis exploratorios, descriptivos a través de entrevistas presenciales, así como cuestionarios de Google Forms enviados por correo electrónico o mensajes de Whatsapp a través del link a un público seleccionado de manera directa.

Las poblaciones del muestreo son deportistas que tienen contacto con áreas naturales a través de entrenamientos y competencias. El universo de participantes fueron los deportistas amateur activos en los últimos dos años según un sondeo realizado a organizadores y entrenadores del área metropolitana que son referentes en estos deportes. Se seleccionaron a aquellos que activamente participan en competencias o entrenamientos. Una vez obtenidos esos datos, se calculó el tamaño de la muestra representativa con el programa EpiInfo versión 7.2.4.0 usando 95% de confianza, 5% de margen de error aceptable.

El análisis exploratorio inicial es recomendado cuando no se cuentan con antecedentes locales o en la población de estudio (Hernández Sampieri *et al.*, 2014) por lo que se realizaron entrevistas a

deportistas y organizadores de eventos deportivos en áreas naturales para definir términos relacionados a estas actividades y corroborar si constituyen un público bien definido. Específicamente se enviaron cuestionarios con preguntas relacionadas al ambiente y entorno del deporte y su crecimiento a nivel nacional. En la etapa exploratoria el muestreo se realizó a través del envío de formularios de Google a personas y organizaciones conocidas y seleccionadas para el objetivo de este trabajo.

Anterior a la aplicación del instrumento de medición (test escala NEP), se realizaron entrevistas a un grupo reducido de 29 corredores un día antes de que inicien una carrera de expedición y contestaron preguntas relacionadas al deporte que practican en áreas naturales y sus percepciones sobre la naturaleza. Las respuestas obtenidas se analizaron para evaluar si este podría ser un grupo con visiones y percepciones particulares sobre el medio ambiente y si era plausible llevar a cabo esta investigación en esta población.

Se envió el cuestionario de pretest a una población de 35 participantes para probar el vocabulario consultando también la opinión de los participantes sobre los ítems del test y sobre la extensión del mismo.

La escala enviada está formada por 16 ítems, con una escala de puntuación Likert de 5 puntos, a partir de los cuales se miden las creencias de los individuos acerca del ser humano y su habilidad para alterar el equilibrio de la naturaleza, de la existencia de límites al crecimiento de las sociedades, del derecho de los seres humanos para gobernar la naturaleza, de la idea de que los humanos son una excepción a las leyes de la naturaleza y de la posibilidad de que se produzca una crisis ecológica debida al cambio climático (Vozmediano y Guillén, 2005).

Con los resultados obtenidos de este pretest se realizó un análisis de consistencia interna y fiabilidad utilizando el test de Alfa Cronbach en el software SPSS.

En base a los resultados de la etapa exploratoria se adaptaron los ítems del test de acuerdo a las sugerencias y resultados obtenidos a partir del

pretest. Para esto se reformularon las oraciones que contenían términos que podrían ser malinterpretados según los participantes del pretest. Para evitar inconsistencias se prestó atención en revisar y mejorar el instrumento revisando las palabras positivas y negativas que podrían estar influenciando la estructura factorial del test (ROSA *et al.*, 2018) ya que existe evidencia reciente de que los ítems negativos tienen menor precisión que los ítems positivos (Zhu & Lu, 2017)

Se aplicó el test mediante formularios en línea que fueron enviados a grupos cerrados de participantes de los deportes de aventura, trail y deportes urbanos. La medición de la CA se realizó a partir de la previa adaptación y verificación de la escala revisada de los nuevos paradigmas ecológicos (NEP) de Dunlap *et al.* (2000) que previamente obtuvo un valor α Cronbach de 0,7 considerado aceptable.

Se utilizó el programa IBM SPSS Statistics 28.0.0.0 para Windows para realizar las siguientes pruebas:

1. Prueba de fiabilidad de Alfa Cronbach.
2. Pruebas Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) de adecuación de muestreo y de esfericidad de Barlett.
3. Se realizó el análisis factorial exploratorio (AFE) de la escala para establecer la estructura de las variables y los factores subyacentes que componen esta escala y las variables intrínsecas a ser analizadas. Para maximizar la carga de los factores se aplicó la rotación ortogonal Varimax.
4. Análisis de los componentes principales para determinar las dimensiones descritas por estos factores y se les otorgó los nombres correspondientes a cada factor.

Resultados y discusión

Respuestas de los análisis exploratorios a corredores

Las respuestas obtenidas de los cuestionarios y entrevistas de la etapa exploratoria permitieron

categorizar a los participantes según los ambientes donde se llevan a cabo sus actividades. En general, las actividades de aventura (outdoors en inglés) en la naturaleza, incluye una serie de actividades físicas al aire libre, de entrenamiento o de competencia, de apreciación o de consumo o simplemente de recreación y educación. Al traducir literalmente el término al español representa simplemente actividades al aire libre, aunque las mismas no siempre sean deportivas o representan algún contacto con la naturaleza (e. g. correr por las calles dentro de la ciudad, andar en bicicleta dentro de los centros urbanos)

Por otro lado, las AN pueden constituir entornos los que tienen suficiente contacto con la naturaleza como ser un bosque sitios, arroyos, ríos y donde el contacto con la urbanización sea mínimo. En el mejor de los casos esta área natural puede constituir un parque, los parques pueden ser de recreación urbana como el jardín botánico y otros parques propiamente dichos así como puede ser un parque nacional fuera de la ciudad. En ambos casos el espectador o usuario no percibe con sus sentidos la urbanización o que se encuentra dentro de un área urbana, sino que se siente rodeado de naturaleza. Así, todos los parques naturales son AN pero no todas las AN necesariamente constituyen un parque ya que su escala y grado de protección y cuidado pueden ser menores.

Dentro de las actividades o deportes en AN encontramos las que se llevan a cabo en parques naturales cercanos o dentro de las ciudades y que comprenden un medio de contacto íntimo con la naturaleza por parte de los practicantes. Por otro lado, las actividades que se llevan a cabo en áreas naturales distantes de las ciudades, ya sea en reservas, parques, bosques, ríos, lagunas y otros paisajes a través de un esfuerzo físico intenso y duradero permite a los practicantes un contacto y una experiencia todavía más profunda dentro de estas áreas.

Todos los participantes de las entrevistas exploratorias previas a este estudio mostraron un interés muy especial hacia la naturaleza. Para todas las preguntas, las respuestas variaron entre cierta indi-

¿Crees que las carreras de expedición podrían sostenerse en ambientes más urbanos? ¿Serían iguales?

29 respuestas



Figura 1. Gráfico de porcentaje de respuestas a la pregunta 3 del cuestionario donde se observa casi que casi el 60% piensa que el contacto con la naturaleza es la identidad de este deporte.

ferencia a una gran motivación hacia el entorno en el cual transcurren las competencias. Sin embargo, las respuestas que demuestran mayor interés de parte de los participantes hacia la naturaleza dieron indicios suficientes de que esta población podría ser estudiada a nivel de componentes psicométricos para buscar comprender si esta actividad constituye un factor que influye en las CPAs o de preocupación por el medio ambiente.

De las preguntas de la entrevista a los participantes de una carrera de expedición de alrededor de 300 km durante cinco días dentro de áreas naturales del territorio paraguayo de cómo los deportes de aventura conectan se obtuvieron respuestas cómo:

“La conexión impresionante con la naturaleza hace que el cuerpo siga superando etapas, y los lugares que se nos permiten acceder es una locura, bellísimos.”

“Conexión con la naturaleza y la humanidad”

“A través de cada lago, cada cerro, cada pradera, cada tramo recorrido, entrando y pasando por lugares por los cuales nunca entraríamos si no fuera por este deporte, sin duda es una experiencia que deja a uno sin palabras”

Se observa (Fig. 1) que más de la mitad de los participantes perciben y piensan que el contacto con la naturaleza es la identidad del deporte que practican mientras que otro porcentaje piensa que

los deportes que practican no podrían sostenerse en ambientes urbanos porque ningún ambiente se compara al desafío y emociones que representan la naturaleza.

En entrevistas a los organizadores de estas actividades, las respuestas muestran las modalidades de las prácticas llevadas a cabo en cada uno de estos ambientes se describen en el diagrama de la Figura 2. De acuerdo a los resultados todos los participantes tienen algún grado de contacto con ambientes naturales y además se pudieron clasificar estos ambientes en: urbano, semiurbano, y de áreas naturales.

Pretest y consulta sobre los ítems de la escala

Toda la población del pretest respondió mediante la escala Likert, a los 16 ítems del test original.

A 10 de ellos les pareció que el Test era fácil de responder mientras que para dos de ellos resultó ser difícil. Éstos últimos especificaron que algunas preguntas dejaban una interpretación muy abierta por ejemplo las que tratan sobre el límite de la población así como la frase que incluye el término “tienen derecho” resulta ser un poco controversial según sus opiniones.

Considerar el contexto, es más que importante en sistemas complejos socioambientales, debido a ello es necesario adecuar las preguntas

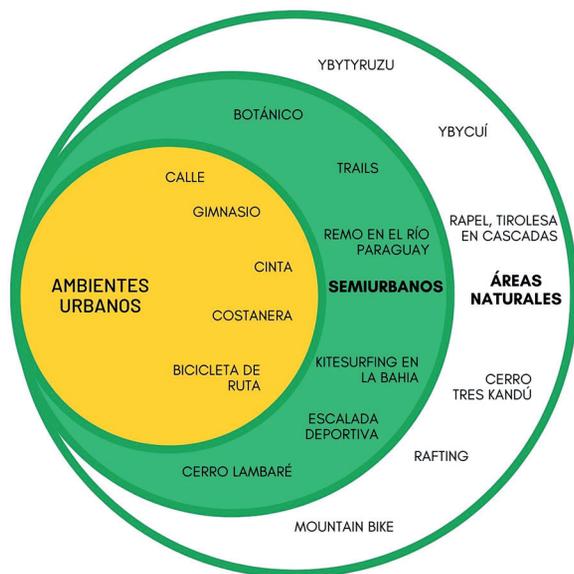


Figura 2. Ambientes y actividades de los 3 diferentes grupos de muestreo. Los ambientes urbanos están restringidos a locaciones que perciben poca naturaleza, los ambientes semiurbanos combinan ambientes urbanos y otros que contengan cierto grado de contacto con la naturaleza mientras que los deportes de áreas naturales incluye a los dos anteriores sumando áreas 100% naturales donde el espectador o usuario logra 100% de contacto con la naturaleza.

propuestas por el investigador (Delgado *et al.*, 2019). El análisis del pretest del instrumento en esta investigación fue una forma de disminuir los sesgos del investigador y adecuar el instrumento a una escala local.

Debido a la percepción de las personas y su relación con su entorno, es de esperarse, que algunos términos íntimamente relacionados con el concepto de las afirmaciones de cada ítem del instrumento, resulten interpretaciones completamente opuestas en grupos de personas y que no respondan directamente al ambiente deportivo que se analiza en este trabajo.

Cuestionados sobre la facilidad de interpretar la terminología expresada en las afirmaciones de cada ítem, 2 participantes respondieron que los términos “ingenio humano”, “habilidades humanas especiales”, “derecho existir”, “modificar el ambiente” podrían ser mal interpretados.

Al total de las respuestas obtenidas en el test

se aplicó la prueba de fiabilidad de alfa Cronbach y se obtuvo un valor de 0,8.

Aspectos sociodemográficos

Se obtuvieron 281 respuestas para el formulario enviado que incluía preguntas cerradas sobre aspectos sociodemográficos así como una sección dedicada a los 16 ítems del test. Del total de respuestas obtenidas, 191 respuestas son de Asunción y Central, el restante de las respuestas corresponden a ciudades de las demás regiones del país y ninguna respuesta del exterior.

En cuanto a nivel de educación 248 son universitarios y los restantes tienen al menos nivel secundario. La actividad económica es profesional del sector público o privado en casi 50% y el otro 50% realizan trabajos técnicos o prestan servicios. Es posible, en este caso afirmar, la propuesta de Maslow (1954) y su pirámide de necesidades básicas, él propone que existe una jerarquía de necesidades del ser humano desde las básicas hasta las superiores, esta pirámide postula que para suplir las necesidades superiores es totalmente necesario suplir en primer lugar las más básicas (fisiológicas, seguridad, sociales, la estima) y en nivel superior la autorrealización, asociada a la valoración y conciencia ambiental hacia la naturaleza (Santacoloma, 2011).

Prueba de fiabilidad de Alfa Cronbach

El total de respuestas obtenidas a través de Google Forms fueron exportadas directamente a una planilla de datos la cual fue cargada al programa SPSS. Se realizaron los ajustes necesarios en la matriz de datos para analizar su fiabilidad, se obtuvo un valor aceptable de 0.749 para el test de alfa Cronbach para los 16 ítems analizados de la escala (Tabla 1).

Pruebas Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) de adecuación de muestreo y de esfericidad de Barlett

El instrumento utilizado en este estudio resultó lográ ser validado según los resultados obtenidos. Los valores obtenidos tanto para el alfa Cronbach

Tabla 1. Valores Alfa de Cronbach con valores de fiabilidad obtenidos del total de los tests aplicados que demuestra una fiabilidad aceptable para llevar adelante la aplicación y el análisis del test.

Estadísticas de fiabilidad		
Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N de elementos
.749	.766	16

como para la prueba de KMO y Barlett resultaron favorables para continuar con la siguiente etapa de este trabajo (Tabla 1 y Tabla 2) y próximos a los valores obtenidos en varios estudios similares (Moyano-Díaz & Palomo-Vélez, 2014; Harraway *et al.*, 2012;) aunque los valores de significancia obtenidos podrían mejorarse quizás aplicando técnicas de muestreo probabilísticas.

Análisis factorial exploratorio (AFE) y rotación ortogonal Varimax

La herramienta creada por Dunlap y Van Liere es ampliamente utilizada a nivel mundial, está concebida para medir un único constructo, aunque las investigaciones demuestran que es recomendable confirmar su estructura mediante un análisis factorial para definir si la escala mide en cada caso una única variable o varias (Vozmediano Y Guillén, 2005).

Teniendo esto en cuenta, se realizaron los análisis de componentes internos correspondientes ya que nos interesa saber si existen dimensiones intrínsecas a la CA de los deportistas.

Tabla 2. Prueba de KMO y esfericidad de Barlett con ambos valores aceptables aprueba la consistencia interna de los ítems para hacer el análisis factorial.

Prueba de KMO y Bartlett		
Medida de Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo		.823
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox. Chi-cuadrado	1347.915
	gl	120
	Sig.	<.001

Tabla 3. Matriz de componentes principales a partir de la rotación Varimax con normalización de Kaiser que agrupa los ítems en 3 factores principales.

	Componente		
	1	2	3
Item9	.802	.013	-.069
Item8	.787	-.035	-.042
Item4	.780	.071	.055
Item15	.763	.005	-.131
Item11	.734	.049	-.176
Item13	.702	-.012	.111
Item3	.661	.069	.108
Item14	.475	.006	.198
Item12	-.007	.718	.070
Item10	-.104	.710	.033
Item16	.067	.691	.116
Item7	.149	.685	.125
Item6	-.003	.158	.747
Item5	-.125	.199	.694
Item2	.373	-.217	.456
Item1	.027	.383	.428

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.

a. La rotación ha convergido en 5 iteraciones.

Los valores obtenidos durante el análisis factorial muestran claramente las dos principales tendencias que fueron descritas muy temprano en la utilización de este instrumento y se corresponden a los componentes ecocentrista y el antropocentrista (se explica más abajo la diferencia) como se observa en la Tabla 3 y quedan muy claros en la Fig. 3 en el gráfico de sedimentación donde estos 2 componentes tienen los mayores autovalores.

Un tercer componente sedimenta muy próximo a 1, el mismo ya fue descrito anteriormente y corresponde a la conciencia del límite de los

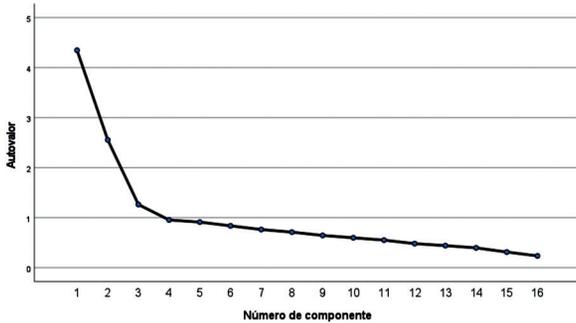


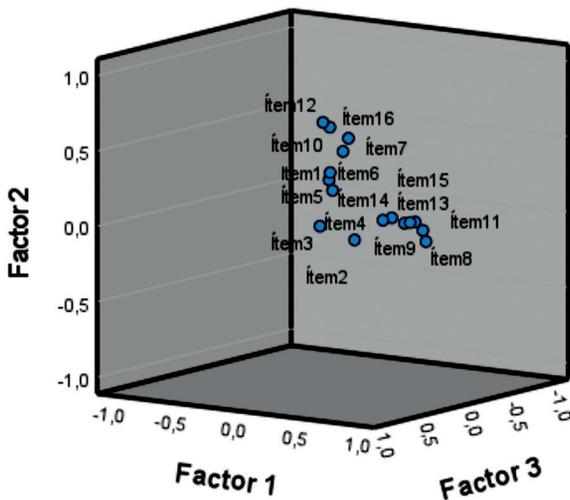
Figura 3. Gráfico de sedimentación donde se observan los autovalores superiores a 1 en la pendiente mientras que los demás valores sedimentan por debajo de ese valor a partir del codo. Todos los componentes residuales por debajo del codo explican juntos el 50% de la varianza mientras el mismo valor es explicado por los 3 componentes principales.

recursos aunque en este caso sólo 2 ítems que lo componen son consistentes para este componente y los otros 2 deberían ser descartados en futuras aplicaciones del test.

Análisis teórico de los componentes principales

Los ítems ubicados según sus cargas dentro de los diferentes factores (Fig. 4) fueron analizados según su contenido y comparando con estudios anteriores, luego fueron clasificados de la siguiente manera:

Figura 4. Gráfico de componentes con factores rotados con magnitud y dirección de la agrupación de los ítems en 3 factores.



Factor 1 - Ecocentrismo: Corresponden a los ítems que otorgan mayor valor a elementos ambientales tales como la conservación de la naturaleza por encima de los intereses de los seres humanos. Este componente se basa en un enfoque sistémico, considera que los seres humanos deben usar el medio ambiente teniendo en cuenta su integridad en todos sus aspectos (Aroudo Mota & Bursztyn, 2013).

Factor 2 - Antropocentrismo: Son los ítems de la escala que anteponen los intereses de los seres humanos por encima de la conservación ambiental. Considera al hombre como el componente más importante del entorno, como si el ambiente fuese creado para satisfacerlo. Se trata de un enfoque simplista donde los recursos naturales representan productos para el mercado (Aroudo Mota & Bursztyn, 2013).

Factor 3 - Ítems no relacionados Agrupa a dos ítems que tratan directa y explícitamente sobre la noción de que existe un máximo recursos que pueden ser utilizados en beneficio del hombre sin causar una catástrofe ambiental así como otros dos que no tienen relación con los anteriores.

Análisis de los resultados del test

Es plausible pensar que en general en Paraguay se puedan seguir endosando creencias ya resueltas en el resto del mundo ya que se constatan diferencias entre la CA de países de primer mundo y tercer mundo (Hadege, 2020).

Sin embargo, los resultados obtenidos en el análisis factorial del pretest y del test reflejan el significado teórico operativo de las dimensiones comunes de los ítems que ya han sido revisados en otras investigaciones. Los factores de antropocentrismo y ecocentrismo han sido descritos en varios trabajos anteriores y se corroboran en los resultados de este trabajo (Moyano-Díaz & Palomo-Vélez, 2014; Dunlap *et al.*, 2000; Gomera Martínez *et al.*, 2012).

Además, de la aplicación del test a este público se obtuvieron resultados que al ser analizados mostraron que la población investigada tiene altos puntajes para el componente ecocéntrico así como

obtuvieron bajos puntajes para los ítems antropocéntrico lo cual reafirma la consistencia del test y refleja un alto grado de conciencia ambiental medido a través de la escala NEP.

Conclusiones

El análisis factorial se llevó a cabo como exploratorio teniendo en cuenta que:

1. Las variables utilizadas corresponden a los ítems originales formulados en los años 70, mucho tiempo y muchos eventos han pasado y los temas ambientales fueron cambiando por lo que la escala se fue adaptando a temas más actuales en los países donde se vienen utilizando desde hace décadas. En el caso de Paraguay estos temas a los que se refieren los ítems de la escala original aún podrían ser actuales en nuestro contexto y nuestras coyunturas locales.

2. Este tipo de exploración no ha sido llevado a cabo en Paraguay, la realidad local y las particularidades de nuestros constructos psicológicos podrían arrojar factores muy diferentes o inclusive no arrojar consistencia alguna para los ítems de la escala.

En el análisis del test el ítem 14 se obtuvo un valor bajo para la rotación Varimax así como para la matriz anti imagen por lo que puede considerarse su eliminación para posteriores aplicaciones de este test.

De esta manera se puede reafirmar que el test constituye un instrumento útil ya que no solo los valores de fiabilidad fueron aceptables sino que las variables internas del instrumento se corresponden con aquellas esperadas según trabajos anteriores. Se podría considerar que el análisis factorial entonces es confirmatorio.

Desde la clasificación de las actividades al aire libre, pasando por la definición de una terminología adecuada y la caracterización de estas actividades, llegando a describir específicamente las percepciones del grupo de deportistas de aventura y expedición hacia la naturaleza, este trabajo trae datos e información para iniciar una línea de investigación que tiene potencial para ser explorada en la conservación de áreas protegidas y áreas urbanas.

Es importante resaltar que se obtuvo evidencia

sobre las propiedades psicométricas de la escala NEP para la población estudiada. Una versión reducida eliminando los ítems 14 y 1 puede ser aplicada en futuros estudios en otras poblaciones locales. Este instrumento puede ser además adaptado al idioma guaraní para ser aplicado en el interior del país. Los ítems de la escala pueden reflejar situaciones específicas que tengan que ver con la realidad ecológica actual como ser las problemáticas de la deforestación, la mala gestión de residuos, la basura como criaderos de mosquitos, la sequías y eventos naturales que son consecuencia de las actividades productivas del país.

Los resultados de instrumentos validados y adaptados correctamente como recomendado en este trabajo pueden ser utilizados para conocer la conciencia ambiental de poblaciones directamente vinculadas a través del uso de estas áreas con fines recreativos.

Agradecimientos

A mis hijos Rayco y Ámbar por inspirarme en cada momento. A la Prof. Dra. Andrea Weiler, de la Universidad Nacional de Asunción, quien fue mi profesora ya durante la carrera de grado y luego de esta maestría, por sus enseñanzas pero sobre todo por su ejemplo. A la Prof. Dra. Luisa E. Delgado, orientadora de esta tesis, por el apoyo y la comprensión que ha tenido conmigo a lo largo de todo el proceso. Y a todas aquellas personas que de una u otra manera, colaboraron o participaron en la realización de esta investigación, hago extensivo mi más sincero agradecimiento.

Literatura citada

- Anderson, M. (2012). New Ecological Paradigm (NEP) scale. Pp. 260–262, in *Berkshire Encyclopedia of Sustainability*, 6: Measurements, indicators, and research methods for sustainability. Great Barrington: The Berkshire Publishing Group. 406 pp.
- Aroudo Mota, J. & Bursztyn, M. (2013). O valor da natureza como apoio à decisão pública. *Revista Paranaense de Desenvolvimento*, 34(125): 39–56.

- Berns, G. & Simpson, S. (2009). Outdoor recreation participation and environmental concern: a research summary. *Journal of Experiential Education*, 32: 79–91.
- Bjerke, T., Thrane, C. & Kleiven, J. (2006). Outdoor recreation interests and environmental attitudes in Norway. *Managing Leisure*, 11: 116–128.
- Buckley, R.C. (2006). Adventure tourism research: a guide to the literature. *Tourism Recreation Research*, 31(2): 75–83.
- D'amato, L.G. & Krasny, M.E. (2011). Outdoor adventure education: applying transformative learning theory to understanding instrumental learning and personal growth in environmental education. *The Journal of Environmental Education*, 42(4): 237–254.
- Dunlap, R. (2008). The new environmental paradigm scale: from marginality to worldwide use. *The Journal of Environmental Education*, 40(1): 3–18.
- Dunlap, R. & Hefferman, R. (1975). Outdoor recreation and environmental concern: an empirical examination. *Rural Sociology*, 40(1): 18–30.
- Dunlap, R.E., Van Liere, K.D., Mertig, A.G. & Emmet Jones, R. (2000). Measuring endorsement of the new ecological paradigm: a revised NEP scale. *Journal of Social Issues*, 56(3): 425–442.
- Geisler, C.C., Martinson, O.B. & Wilkening, E.A. (1977). Outdoor recreation and environmental concern: a restudy. *Rural Sociology*, 42(2): 241–249.
- Gomera Martínez, A., Villamandos De La Torre, F. & Vaquero Abellán, M. (2012). Medición y categorización de la conciencia ambiental del alumnado universitario: contribución del alumnado a su fortalecimiento. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 16(2): 193–212.
- Hadege, N. H. (2020). *Investigating Ecological beliefs of newcomers and Locals in Sweden using the NEP scale*. Master Dissertation. Karlstad: Karlstad University. 35 pp.
- Hernández Sampieri, R., Baptista-Lucio, M.D.P. & Fernández-Collado, C. (2014). *Metodología de la investigación*. 6ª Ed. México DF: McGraw Hill / Interamericana Editores. xxxii + 600 pp.
- Mejía Madero, B.A. (2020). Relación entre la conciencia ambiental y el comportamiento ecológico. *Centro Sur Social Science Journal*, 4(2): 74–85.
- Moyano-Díaz, E. & Palomo-Vélez, G. (2014). Propiedades Psicométricas de la Escala Nuevo Paradigma Ecológico (NEP-R) en Población Chilena. *Psico*, 45(3): 415–423.
- Nistor, L. (2012). The New Environmental Paradigm (NEP) in Romania. Some Empirical Findings. *Sociologie Românească*, 10(4): 75–98.
- Ntanos, S., Kyriakopoulos, G., Skordoulis, M., Chalikias, M., & Arabatzis, G. (2019). An Application of the New Environmental Paradigm (NEP) Scale in a Greek Context. *Energies*, 12(2)239: 1–18.
- Pérez-Orellana, D.C., Villalón Cueto, A., De Ríos, R., Velázquez-Mendoza, C., Torres-Gómez, M., Quiñónez-Guerrero, D., Delgado, L.E., Caro-Vera, J. & Caprioli, F. (2019). Social actors and participation in environmental issues in Latin America. Pp. 33-51, in Delgado, L.E. & Marín, V.H. (Eds.). *Social-ecological systems of Latin America: complexities and challenges*. Cham: Springer Nature Switzerland AG. xiii + 453 pp.
- Rosa, C.D., Collado, S. & Cabcieri Profice, C. (2018). Measuring Brazilians' environmental attitudes: a systematic review and empirical analysis of the NEP scale. *Current Psychology*, 40: 1298–1309.
- San Juan, C., Rodríguez, B. & Vergara, A. (2001). Human Habitats XXI. *Monografías Socio-Ambientales*, 25. Barcelona: Universidad de Barcelona.
- Santacoloma, A.M. (2011). Abraham Maslow Jerarquía de las Necesidades. Fundación Konrad Lorenz.

- Theodori, G.L., Luloff, A.E. & Willits, F. (1998). The Association of Outdoor Recreation and Environmental Concern: reexamining the Dunlap-Heffernan thesis. *Rural Sociology*, 63: 94-108.
- Von Liere, K.D. & Noe, F.P. (1981). Outdoor Recreation and Environmental Attitudes: Further Examination of the Dunlap-Heffernan Thesis. *Rural Sociology*, 46(3): 505-513.
- Vozmediano Sanz, L. & San Juan Guillén, C. (2005). Escala Nuevo Paradigma Ecológico: propiedades psicométricas con una muestra española obtenida a través de Internet. *Medio Ambiente y Comportamiento Humano*, 6(1): 37-49.
- Wang, X. & Sun, Y. (2021). Theoretical Exploration of the New Environmental Paradigm Scale in China. *2021 International Conference on Tourism, Economy and Environmental Sustainability*, 251(1)02078: 1 - 4.
- Zhu, A.L.O.O.P., & Lu C. (2017, Diciembre). Re-evaluation of the New Ecological Paradigm scale using item response theory. *Journal of Environmental Psychology*, 54: 79-90.

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

<https://www.facen.una.py/es/reportes-cientificos/>

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

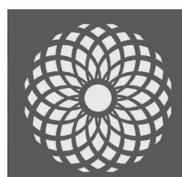
Dr. José Seguinot
Universidad de Puerto Rico - Puerto Rico

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 2	Julio-Diciembre de 2022	ISSN 2078-399X (versión impresa) ISSN 2222-145X (versión online)
-------------------	------------------------	------------------	----------------------------	---



REPORTES CIENTÍFICOS

D E L A F A C E N

ISSN 2078-399X (impreso)

ISSN 2222-145X (online)

Volumen 13

Número 2

2022

Análisis de Datos Conteo con enfoque modelado: Cantidad de dolencias musculoesqueléticas y factores asociados en profesionales de enfermería

Caracterización del haz del laser He-Ne con el interferómetro de Michelson y el programa tracker

Estudio comparativo por métodos de clasificación para el análisis del desempleo en los departamentos de la región oriental del Paraguay

Correlación estratigráfica de los pozos Anita-1, Carmen-1 y modelado de la subcuenca del Pirity de Paraguay

Antonia Felicia Benítez Duarte & Alexandre Reis Graeml

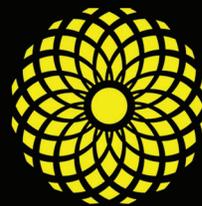
Apropiación tecnológica: estudio de caso de la relación entre el usuario y TI en FACEN-UNA

Fitorremediación de contaminantes emergentes de origen farmacéutico en humedales flotantes

Presencia de *Aedes aegypti*, vector de virus dengue y su susceptibilidad al control químico, en áreas bajo influencia de asentamientos humanos precarios en el municipio de San Antonio, Central-Paraguay

Mycobiota associated with yerba mate sold in Paraguay

Nuevos paradigmas ecológicos: adaptación y validación de la escala para su uso en la población local de deportistas de Paraguay



FACEN

Facultad de Ciencias
Exactas y Naturales

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