



# REPORTES CIENTÍFICOS

D E L A F A C E N

ISSN 2078-399X (impreso)

ISSN 2222-145X (online)

Volumen 12

Número 2

2021

Enriquecimiento de una bebida vegetal a base de Nuez de Macadamia (*Macadamia tetraphylla*) con omega-3 y probióticos.

---

Validación de un método de cuantificación de etanol utilizando el reactivo permanganato de potasio.

---

Algoritmo Deutsch-Jozsa: una mirada al poder de la computación cuántica.

---

Dosimetría biológica con los tests del Cometa y Micronúcleo en pacientes con hipertiroidismo grave, adenoma toxico y enfermedad de Plummer tratados con I131.

---

Presencia de Contaminantes Microbiológicos en Batas de Laboratorio de Técnicos de un Centro de Investigación.

---

Geología de los complejos alcalino-carbonatíticos, noreste de Paraguay Oriental.

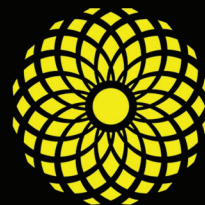
---

Nuevos registros y primera aproximación a la riqueza de peces de las aguas interiores de la Reserva Natural Yacyretá.

---

Tres nuevos registros de Lamiinae (Coleoptera: Cerambycidae) para la fauna paraguaya.

---



**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](http://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](mailto:reportescientificos@gmail.com)

### Dirección web

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

---

### Editor en Jefe

Prof. Dr. Fernando José Méndez Gaona, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales  
Universidad Nacional de Asunción

### Comité Editorial Nacional

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

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

Dra. Celeste Vega  
Centro para el Desarrollo de Investigación Científica

Dra. Miriam Rolon  
Centro para el Desarrollo de Investigación Científica

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

### Comité Editorial Internacional

Dr. Robert Owen  
Texas Tech University - Estados Unidos

Dra. Ana Honfi  
Universidad Nacional de Misiones - Argentina

Dr. Julio Daviña  
Universidad Nacional de Misiones - Argentina

Dr. Nicolás Niveiro  
Universidad Nacional del Nordeste - Argentina

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

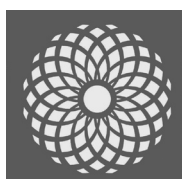
Dr. José Seguinot  
Universidad de Puerto Rico - Puerto Rico

Dr. Ángel Vara Vela  
Universidad de São Paulo - Brasil

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

Dr. Víctor Velázquez  
Universidad de São Paulo - Brasil

Dr. Sebastián Simondi  
Universidad Nacional de Cuyo - Argentina



# FACEN

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales  
Universidad Nacional de Asunción

Rep. cient. FACEN	San Lorenzo (Paraguay)	Vol. 12, Nº 2	Julio-Diciembre de 2021	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. 12, Nº 2	Julio - Diciembre de 2021	ISSN 2078-399X (versión impresa) ISSN 2222-145X (versión online)
-------------------	------------------------	------------------	------------------------------	---

### ARTÍCULOS ORIGINALES



- 63-73 **Sandra Alvarez Trinidad & Daniela Lamas.** Enriquecimiento de una bebida vegetal a base de Nuez de Macadamia (*Macadamia tetraphylla*) con omega-3 y probióticos.
- 74-82 **José Escurra, Diego Nosedá & Francisco Ferreira.** Validación de un método de cuantificación de etanol utilizando el reactivo permanganato de potasio.
- 83-87 **Rodney Franco.** Algoritmo Deutsch-Jozsa: una mirada al poder de la computación cuántica.
- 88-95 **Fredy J. Gómez, Deidamia Franco, Virginia Fernández Peralta, Jaime Segovia, Francisco Cabañas Duarte, Mark A. Jara Ruiz, Jessica M. Jara Ruiz, Elías D. Jara Ruiz, Miguel Duarte & Jorge Antonio Jara Yorg.** Dosimetría biológica con los tests del Cometa y Micronúcleo en pacientes con hipertiroidismo grave, adenoma tóxico y enfermedad de Plummer tratados con  $I^{131}$ .
- 96-103 **Ingrid Micaela Barua Stock, Magdalena Sarmiento, Yadira Parra González, Gilberto Antonio Benítez Rodas, Christian Arce, Danilo Fernández Ríos, & Andrea Alejandra Arrúa.** Presencia de Contaminantes Microbiológicos en Batas de Laboratorio de Técnicos de un Centro de Investigación.
- 104-109 **Narciso Cubas Villalba, Néstor Damián Salinas Franco & Diego Adán López.** Geología de los complejos alcalino-carbonatíticos, noreste de Paraguay Oriental.
- 110-116 **Ignacio Avila-Torres, Mariel Moreno & Fernando Cubilla.** Nuevos registros y primera aproximación a la riqueza de peces de las aguas interiores de la Reserva Natural Yacyretá.
- 117-120 **Fernando Cubilla, Carlos Aguilar Julio, Bolívar R. Garcete-Barrett & Ignacio Avila Torres.** Tres nuevos registros de Lamiinae (Coleoptera: Cerambycidae) para la fauna paraguaya.





## Enriquecimiento de una bebida vegetal a base de Nuez de Macadamia (*Macadamia tetraphylla*) con omega-3 y probióticos

### Enrichment of a vegetable drink based on Macadamia Nut (*Macadamia tetraphylla*) with omega-3 and probiotics

Sandra Alvarez Trinidad<sup>1,2,5</sup>  & Daniela Lamas<sup>3,4</sup> 

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, FACEN - Universidad Nacional de Asunción, UNA, Asunción-Paraguay.

<sup>2</sup>Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Asunción-Paraguay

<sup>3</sup>Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC), CONICET- Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas UNMDP. Mar del Plata-Argentina

<sup>4</sup>Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero. Mar del Plata-Argentina

<sup>5</sup>Autor correspondiente: [sayabiotec@gmail.com](mailto:sayabiotec@gmail.com)

**Resumen:** El consumo de alimentos funcionales que contribuyen benéficamente con la salud humana es un tema relevante de actualidad, las bebidas vegetales constituyen una nueva alternativa de gran aceptación por parte de los consumidores. Sin embargo, estos productos tienden a ser bajos en ciertos nutrientes como ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs). La nuez de macadamia, es un cultivo de gran interés a nivel industrial debido a sus propiedades beneficiosas para la salud, sin embargo, no presentan cantidades detectables de PUFAs de la serie eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA). Estos ácidos grasos se destacan por los notables beneficios de su consumo sobre la salud humana y su principal fuente son los aceites de pescado. Además de eso, el uso de probióticos ha aumentado notablemente en la industria de los alimentos, ya que estos consiguen obtener efectos beneficiosos para la mejora en la salud de la población en general y es de gran importancia que lleguen vivos al intestino en un número adecuado, por lo cual utilizarlos en forma de capsulas es una solución para que las bacterias lleguen vivas en el proceso de digestión. El objetivo del presente trabajo fue desarrollar bebidas vegetales enriquecidas en ácidos grasos Omega-3 provenientes de aceite de hígado de raya, en forma de capsulas y emulsiones y probióticos en forma de capsulas, logrando obtener productos estables y de buen aspecto, con un contenido nutricional importante a nivel proteico y contenido de ácidos grasos.

**Palabras clave:** Nuez de macadamia, omega-3, alimentos funcionales, probióticos, bebidas vegetales.

**Abstract:** The consumption of functional foods that contribute beneficially to human health is a relevant topic at the present time, vegetable drinks constitute a new alternative that is widely accepted by consumers. However, these products tend to be low in certain nutrients like polyunsaturated fatty acids (PUFAs). The macadamia nut is a crop of great interest at an industrial level due to its beneficial properties for health, however, it does not present detectable amounts of PUFAs of the eicosapentaenoic (EPA) and docosahexaenoic (DHA) series. These fatty acids stand out for the remarkable benefits of their consumption on human health and their main source is fish oils. In addition to that, the use of probiotics has increased notably in the food industry, since these manage to obtain beneficial effects for the improvement in the health of the general population and it is of great importance that they reach the intestine alive in an adequate number. Therefore, using them in capsule form is a solution for the bacteria to arrive alive in the digestion process. The objective of the present work was to develop vegetable drinks enriched in Omega-3 fatty acids from ray liver oil, in the form of capsules and emulsions and probiotics in the form of capsules, achieving stable and good-looking products, with nutritional content important at the protein level and fatty acid content.

**Keywords:** Macadamia nut, omega-3, functional foods, probiotics, vegetable drinks.

## Introducción

Las denominadas leches vegetales, o mejor llamadas bebidas vegetales, están en el centro de atención gracias a sus características de ser libres de lactosa y colesterol, que se encuadra correctamente con

la demanda actual de productos alimenticios saludables o enriquecidos. Sin embargo, hay poca información disponible sobre este tipo de bebidas provenientes de otros frutos secos o semillas. Sobre la información obtenida por Bernat (2014), las bebi-

Recibido: 15/03/2021 Aceptado: 16/08/2021



das vegetales y sus derivados tienen excelentes propiedades nutricionales que les proporcionan un alto potencial y una expectativa de mercado positiva. Sin embargo, se deben investigar las condiciones óptimas de procesamiento para cada materia prima o la aplicación de nuevas tecnologías para mejorar la calidad de los productos. Además, según Comarella (2012), la creciente búsqueda de alimentos que no solo satisfagan las necesidades básicas, sino que también realicen otras funciones beneficiosas para la salud, impulsa a la investigación dirigida al desarrollo de nuevas tecnologías capaces de agregar valor nutricional a los alimentos, sin causar pérdidas en la calidad sensorial y así, proporcionar un producto seguro para el consumidor y con una generación mínima de residuos perjudiciales para el medio ambiente.

Existen investigaciones donde se demuestra la posibilidad de desarrollar una bebida vegetal a base de Nuez de macadamia (*Macadamia tetraphylla*) cuyo cultivo en Paraguay es relativamente reciente y cuya demanda va en aumento a nivel mundial, avalada por los beneficios a la salud asociados al consumo frecuente de sus frutos atribuidos a sus propiedades nutricionales, saludables y sensoriales. Se ha informado, además, que la nuez exhibe una mayor capacidad antioxidante que cualquier otra nuez (Arranz *et al.*, 2008). Estas nueces se consumen asadas, fritas, saladas, como coberturas de caramelos y helados (De Toledo Piza *et al.*, 2014). También se utilizan como ingredientes en galletas y tortas, y la extracción de sus aceites es en gran parte destinada a la industria cosmética y farmacéutica (Mundo *et al.*, 2010).

Al señalar la importancia de desarrollar alimentos funcionales, existen varios compuestos que son utilizados en la actualidad para enriquecer o fortificar alimentos, ya sea fibra, Calcio, Hierro, Vitamina E, Omega 3, 6 y 9, Probióticos, entre otros. El presente trabajo se centra en la incorporación de ácidos grasos de la serie Omega-3 y probiótico, en este caso, de la cepa utilizada y previamente comprobada para su uso como probiótico es *Lactobacillus rhamnosus*. Los ácidos grasos poliinsaturados PUFAs principalmente el ácido eicosapentaenoico

(EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA), han sido exhaustivamente estudiados por los notables beneficios de su consumo sobre la salud humana. Los ácidos grasos ejercen muchas funciones de vital importancia en el organismo: intervienen en el control y regulación la coagulación sanguínea, la respuesta inflamatoria, la regulación de la temperatura del cuerpo, el funcionamiento normal del cerebro, la salud de la piel, uñas y cabello. Se ha demostrado que el consumo de grandes cantidades de omega-3 aumenta considerablemente el tiempo de coagulación de la sangre, lo cual explica por qué en comunidades que consumen muchos alimentos con Omega-3, la incidencia de enfermedades cardiovasculares es sumamente baja. Algunas experiencias sugieren que el consumo de Omega-3 tiene efectos benéficos sobre el cerebro y también existen estudios que sugieren que el consumo de Omega 3, durante del embarazo puede tener una buena influencia en el feto (Ilbay Yupa, 2014).

Los probióticos son alimentos funcionales que se caracterizan por contener microorganismos vivos. El yogur y otros derivados lácteos fermentados, son los principales representantes de este grupo al que también pertenecen algunos vegetales y productos cárnicos fermentados (Silveira *et al.*, 2003). La palabra "Probiótico" es un término de origen griego que significa "a favor de la vida". Este término se utiliza para definir a aquellos microorganismos, ya sean bacterias o levaduras, que sobreviven al paso por el tracto gastrointestinal y que producen un efecto beneficioso sobre una o varias funciones del organismo, proporcionando un mejor estado de salud y bienestar y/o reduciendo el riesgo de enfermedad. Estos microorganismos vivos, están incorporados especialmente en productos lácteos, también se pueden encontrar en otro tipo de alimentos fermentados como, por ejemplo, verduras encurtidas, embutidos o té etc. Sin embargo, existen otros productos comercializados que también incluyen probióticos en su composición, como son determinados complementos o suplementos alimenticios en los que el probiótico no está contenido en un alimento convencional, sino que está encapsulado (Gómez *et al.*, 2004).

Los efectos positivos de los probióticos dependen de la cepa bacteriana que se utiliza, de la existencia de un tipo o más cepas de bacterias y de su interacción, del tipo de producto en el que se incluyen, del tiempo de consumo del producto, de la genética propia del individuo, de la existencia o no de una patología, y de la dosis suministrada (Gómez *et al.*, 2005). *Lactobacillus rhamnosus*, es uno de los microorganismos probióticos mejor estudiados clínicamente. Esta cepa es capaz de adherirse a la mucosa intestinal humana y persistir allí durante más de una semana después de ser ingerida oralmente por adultos sanos. También es capaz de formar biopelículas *in vitro* sobre una superficie abiótica (poliestireno), una característica fuertemente influenciada por el medio de cultivo utilizado y las condiciones asociadas con el entorno gastrointestinal, como pH bajo, alta osmolaridad o la presencia de bilis (Salas *et al.*, 2016).

Existe una tercera generación de productos probióticos definidos como microorganismos encapsulados o microencapsulados con una sola matriz polimérica, utilizando polímeros sintéticos, semisintéticos o naturales. La encapsulación se define como el proceso fisicoquímico o mecánico para atrapar sustancias en un determinado material y producir partículas con diámetros del orden de nanómetros a milímetros. El propósito de la encapsulación no es solo proteger los probióticos de ambientes externos sino también lograr su liberación en el sitio objetivo en una condición metabólicamente activa (en especial en el tracto intestinal) (Burgain *et al.*, 2011).

Actualmente en el mercado, no existen bebidas vegetales a base de este fruto de forma industrializada. La bebida de nuez, generalmente se produce en presencia de estabilizadores para una mejor homogeneización y su consumo va en aumento debido a sus propiedades nutricionales y funcionales. Los productos de nueces más populares son en su forma tostada, sin embargo, la dificultad en el consumo de esta modalidad, es debido a la dificultad de eliminar la cáscara (Chen *et al.*, 2014). Por lo tanto, las bebidas vegetales constituyen una buena alternativa para el consumo de estos frutos o sus proteínas,

generalmente la bebida de nuez se obtiene dejando en remojo los frutos, moliendo las nueces tostadas sin cáscara y posteriormente filtrándolas (proceso general). Se ha encontrado que la leche de nuez se separa en tres fracciones (flotante, sobrenadante y precipitado) dentro de un breve período de tiempo (aproximadamente 30 min). Se considera que este comportamiento se correlaciona con el gran tamaño de los cuerpos de aceite de nuez y la pobre solubilidad acuosa de la proteína de estos frutos (Gallier *et al.*, 2013) y que se soluciona con el agregado de estabilizantes en la formulación.

En presente trabajo se centra en la formulación de una bebida vegetal a base de nuez de macadamia, enriquecimiento con omega-3 en forma de capsulas y emulsión, y enriquecimiento con probióticos encapsulados.

### Materiales y Métodos

Se utilizó un lote de frutos secos de la variedad HAES 344 obtenidos de una empresa comercial de la ciudad de San Joaquín departamento de Caaguazú – Paraguay. El aceite de pescado proveniente de hígados de raya refinado fue provisto por la empresa Omega Sur S.A. de la ciudad de Mar del Plata, cuyo contenido en EPA y DHA es 9,56 y 29,13% respectivamente. La cepa probiótica utilizada fue proveída por el Departamento de Biotecnología de la Facultad de ciencias exactas y naturales *Lactobacillus rhamnosus*.

Para la elaboración de capsulas se utilizó Cloruro de Calcio, Goma Xantica y Alginato de Sodio; para las bebidas se utilizó Sorbato de potasio, saborizante de Chocolate y CMC adquiridos de un local comercial especializado en alimentos, mientras que para la elaboración de las galletitas se utilizó: Avena, Aceite de Girasol y Stevia, obtenidos también de un local comercial especializado. Todos los reactivos poseían grado alimenticio.

**Caracterización de la materia prima:** se separaron 3 lotes de semillas, conteniendo 10 semillas cada una, observados en la Figura 1, fueron pesadas en balanza analítica para calcular su peso promedio. También se trabajó con 3 lotes de semillas para la longitud transversal a medición milimétrica.



**Figura 1.** Caracterización de la materia prima realizado en el INIDEP – Mar del Plata.

La humedad se cuantificó mediante desecación en estufa a temperatura de 105°C hasta peso constante (AOAC, 952.08; 1990). Las cenizas se determinaron por calcinación en mufla a 550°C de temperatura, hasta la obtención de cenizas blancas y peso constante (AOAC, 938.08; 1990). Las proteínas se determinaron por el método Kjeldahl usando el factor de conversión 5,7 (AOAC, 24.027; 1984). Se realizó la determinación de Grasas por el método de Randall (AOAC, 1990) y los lípidos fueron extraídos y cuantificados por el método de Bligh y Dyer (1959). El contenido de hidratos de carbono se calculó por diferencia. Además, se estudió un método de extracción con metanol: isopropanol, como una modificación del método de Mereles *et al.*, (2015), a fin de evaluar la posible diferencia de los ácidos grasos obtenidos con esta metodología.

El perfil de ácidos grasos se llevó a cabo median-

te metilación alcalina en frío de los mismos y posterior cromatografía gaseosa (ISO 12966-2:2011). Se utilizó un equipo Shimadzu® GC-2010 acoplado a un espectrómetro de masas GCMS-QP2010 plus, equipado con inyector Split/Splitless e inyector automático AOC-20i, se utilizó una columna capilar Supelco® Omegawax 320 (30m x 0,32mm x 0,25 µm) y Split 100:1.

**Elaboración y formulación de las bebidas vegetales:** Los frutos de nuez fueron seleccionados y desinfectados. Luego se procedió a elaborar la bebida, de acuerdo al protocolo descrito por Salvá Ruiza (2017), para bebidas a base de almendras, del cual se realizaron algunas modificaciones.

Se dejaron en remojo 200g de los frutos durante 3hs y 4hs a temperatura ambiente, en proporción 1:2 y 1:4 (100gr de frutos y 200 – 400ml de agua), en total se elaboran 4 tipos de bebidas. Al culminar los tiempos de remojo, se escurrieron los frutos hidratados enjuagando con agua destilada. Se realizó la cocción de los frutos en un nuevo lote agua destilada, para inactivar compuestos tóxicos que dan un mal sabor a las bebidas, por 15min a 100°C, en el momento que entra en ebullición, estos compuestos tóxicos se eliminan en forma de espuma, luego se desecha el agua amarga. Una vez cocidos los frutos, se procedió a la realización de las bebidas, moliendo los mismos en una licuadora de uso doméstico con la misma proporción de agua, 1:2 y 1:4. Luego se procedió a filtrar la bebida obtenida. El proceso de filtración se realizó con un filtro de tela.

Una vez obtenido el filtrado, se procedió al agregado de los aditivos como el conservante, emulsio-

**Tabla 1:** Formulación de las bebidas a base de nuez de macadamia con distintos de tiempo de remojo y proporción de agua, 1:2 y 1:4 de proporción de agua, por 3hs y 4hs. L1: Bebidas primer lote, N1: nuez primer lote, Subíndices a, b, c y d corresponde al código individual de cada formulación.

Muestras	Bebida	Stevia	CMC	Conservante	Omega-3	Probiótico	Saborizante
L1N1a	97,5	0,5	0,1	0,1	0,5 caps.	0,15	1
L1N1b	97,5	0,5	0,1	0,1	0,5 emul.	0,15	1
L1N1c	98	0,5	0,1	0,03	0	0	1
L1N1d	99	0	0,1	0,03	0,5 caps.	0,15	0
Blanco	100	0	0	0	0	0	0



nante y saborizante con las proporciones detalladas en la Tabla 1, los códigos L1N1, corresponden a L

de leche, y N de nuez de macadamia el número 1 indica que es el primer lote, y el blanco no contiene los aditivos. En el caso de la bebida de nuez se utilizó, Sorbato de potasio como conservante, CMC como emulsionante y saborizante de chocolate. Luego se procedió a la pasteurización de las bebidas, entre 70-80°C durante 20min. Finalmente se dejó enfriar a temperatura ambiente y se procedió al enriquecimiento con las capsulas y emulsión de Omega-3 y las capsulas con los probióticos. Esto se realizó después de la pasteurización debido a que el aceite de pescado puede llegar a oxidarse a altas temperaturas y perder sus propiedades y las cepas bacterianas pueden no resistir ese proceso. En la Figura 2 se puede observar el proceso de cocción, licuado y filtrado de las bebidas vegetales y el envasado de las mismas, y en la Figura 3 el flujograma de elaboración de las bebidas vegetales.



Figura 2. Proceso de elaboración de las bebidas de nuez de macadamia.

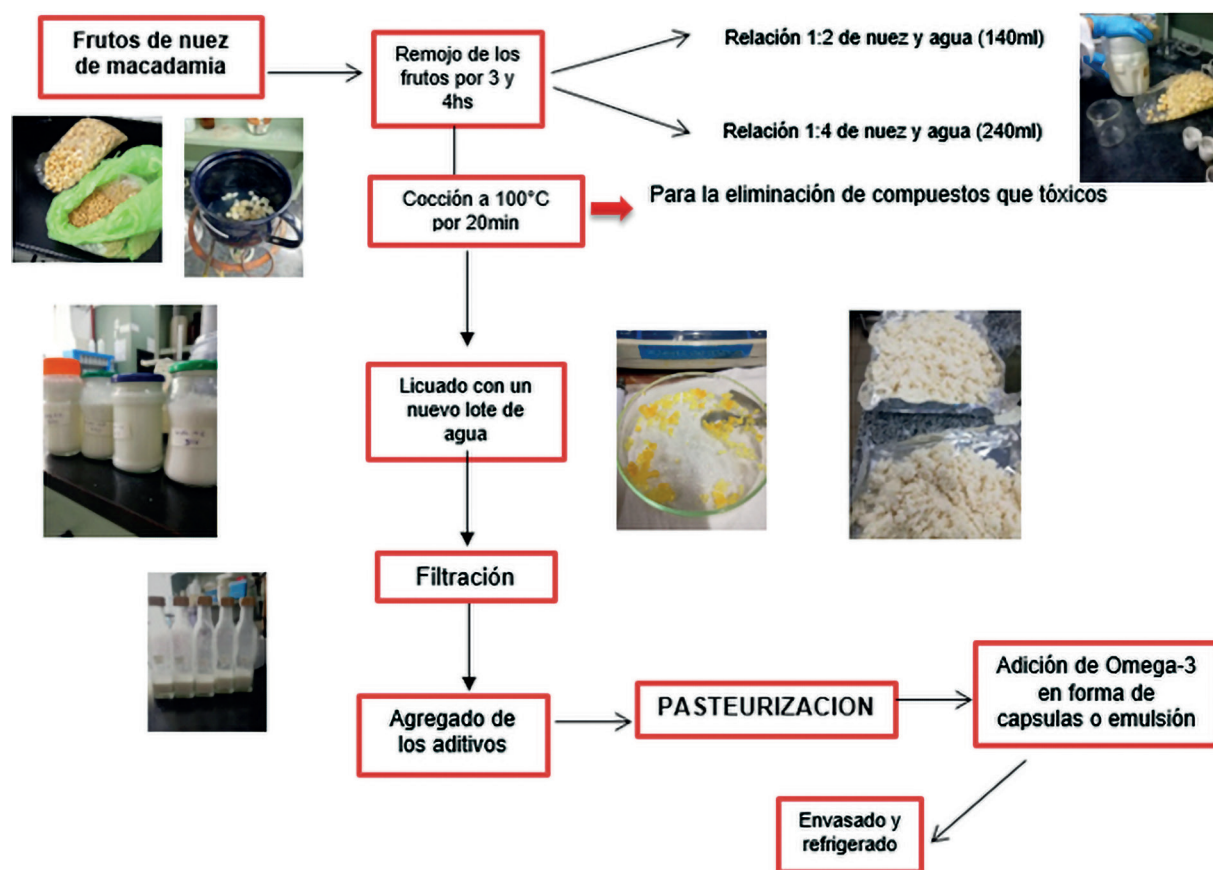


Figura 3. Flujo de elaboración de bebidas a base de nuez de macadamia.

Enriquecimiento de una bebida vegetal a base de Nuez de Macadamia

**Tabla 2:** Composición del análisis proximal de los frutos de nuez de macadamia, primer lote.

Muestra	%Humedad	%Cenizas	%Proteínas	%Grasas	%H.C
Nuez	2,03	1,02	7,1	65,6	24,34

En la Tabla 1 se observan los datos en porcentaje de aditivos utilizados en las formulaciones de las bebidas vegetales.

**Análisis Sensorial:** La intensidad percibida de las bebidas, fue analizada por 22 panelistas no entrenados (hombres y mujeres, de 25 a 65 años de edad). Los panelistas fueron instruidos previamente en los descriptores utilizados en este estudio. Se evaluó el color, aroma, sabor y textura de las 4 leches formuladas a fin de conseguir un perfil sensorial del producto. Se analizaron las leches a remojo de 3 hs en proporción 1:4 debido al mayor rendimiento. A continuación, se elaboraron dos análisis discriminatorios y de preferencia entre leches enriquecidas con capsulas y emulsiones.

El análisis se realizó el día 7 post-elaboración. Suponiendo que este producto tiene una vida útil de 30 días, el período corresponde con la primera mitad de ese período. Por último, se desarrolló un cuestionario de aceptación de compra del producto

**Análisis fisicoquímico:** Los índices físicos químicos determinados para analizar las bebidas fueron: humedad y contenido de material volátil mediante el método de la estufa de vacío, (AOCS Ja 2a-46, 2009), densidad relativa determinada utilizando un picnómetro calibrado a 20°C, índice de acidez mediante la técnica oficial (AOCS Ca 5a - 40, 2009), y contenido de proteínas por el método de Sorensen-Walker, utilizando un factor conversión de 2,24.

### Resultados y Discusión

Ambos lotes de nueces de macadamia fueron evaluados respecto del tamaño de fruto, obteniéndose valores que variaron en el rango de 2,17- 2,22 g/

nuez de peso promedio mientras que el diámetro fue de 1,56 cm para el lote 1, y 1,58 cm para el lote 2.

Los análisis proximales de los frutos del presente trabajo se describen en las Tablas 2 y 3. De acuerdo con la USDA (2009) los contenidos de humedad, cenizas, proteínas, lípidos y azúcar en las nueces de macadamia varían entre 1,4 – 2,1; 1,1 – 1,2; 7,9 – 8,4; 66,2 – 75,8 y 1,4 – 4,6%, respectivamente. La humedad, es coincidente con el rango de 1,7- 2,6% establecido por Monaghan (2008) para nueces de macadamia, y los datos reportados por USDA (2009). Las cenizas establecidas entre aproximadamente el 1 a 1,5% son coincidentes con datos reportados por otros autores (Monaghan, 2008).

Respecto del contenido proteico, los valores obtenidos para ambos lotes se encontraron en el rango de 7 al 9% aproximadamente. Estos datos están de acuerdo con algunos reportes de trabajos previos. Las muestras analizadas en el presente estudio mostraron diferencias significativas en el contenido de lípidos entre lotes, el porcentaje obtenido está dentro del rango del 60 – 75 %. Los valores de Carbohidratos obtenidos van del 7,95-11,89 %.

### Elaboración y formulaciones de las bebidas:

Las bebidas de nuez fueron obtenidas a través de la molienda de los frutos, tras su maceración. Después del licuado y filtración, se evaluó la homogeneidad de la bebida realizando un análisis cualitativo y visual de separación de fases en 10 ml de bebida obtenida. Se ha encontrado que las leches de nueces de otras variedades se separan en tres fracciones (flotante, sobrenadante y precipitado) dentro de un breve período de tiempo de aproximadamente 30 minutos. Se considera que este comportamiento se correlaciona con el gran tamaño de los cuerpos de aceite presentes en la nuez (Gallier *et al.*, 2013)

**Tabla 3:** Composición del análisis proximal de los frutos de nuez de macadamia, segundo lote.

Muestra	%Humedad	%Cenizas	%Proteínas	%Grasas	%H.C
Lote 2	1,21	1,47	8,82	73,52	12,06

y la pobre solubilidad acuosa de la proteína (especialmente la glutelina). Las bebidas elaboradas mostraban comportamiento homogéneo (contenían CMC en la formulación), visualizándose trazas de residuos en las formulaciones 1:2. Las bebidas formuladas en relación sustrato: agua 1:2 y 1:4, no presentaron diferencias significativas respecto del proceso para la obtención del producto. Sin

embargo, el rendimiento obtenido con la relación 1:4 fue mayor con respecto al rendimiento en 1:2, siendo 566ml y 400ml respectivamente, por cada 100 g de materia prima.

#### Perfil lipídico de las Nueces de Macadamia:

El perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica nuez, se presenta en la Tabla 4 donde puede observar que el contenido de ácido oleico es el más

**Tabla 4:** Perfil lipídico del aceite de nuez de macadamia.

Ácido Graso	Lote 1		Lote 2	
	Media	SD	Media	SD
14:0 MIRISTICO	0,43	0,01	0,3	0,21
15:0 PENTADECANOICO	0	0		0
16:0 PALMITICO	7,91	0,12	8,34	0,37
17:0 HEPTADECANOICO	0,1	0,05	0,12	0,05
18:0 ESTEARICO	4,81	0,23	4,2	0,25
20:0 ARAQUIDICO	3,29	0,11	3,12	0,47
22:0 BEHENICO	1,01	0,06	0,91	0,06
<b>Σ</b>	<b>17,55</b>	<b>0,58</b>	<b>16,99</b>	<b>1,41</b>
16:1 PALMITOLEICO	17,53	0,97	17,82	0,37
17:1 10-HEPTADECENOICO	0	0	0	0,02
18:1n9c+t OLEICO	49,94	1,13	50,08	1,3
20:1 11-EICOSENOICO	1,58	0,21	1,54	0,24
22:1n9 ERUCICO	0	0	0	0
<b>Σ</b>	<b>69,05</b>	<b>2,31</b>	<b>69,44</b>	<b>1,93</b>
18:2n6c LINOLEICO	5,93	0,35	6,64	0,2
18:3n6 g-LINOLENICO	0,23	0	0,28	0,04
18:3n3 LINOLENICO	2,68	0	2,39	0,17
20:2 11,14-EICOSADIENOICO	0	0	0	0
20:3n6 EICOSATRIENOICO	0,75	0,02	0,51	0,01
20:4n6 ARAQUIDONICO	3,81	0,03	3,75	0,13
20:5n3 EPA	0	0	0	0
22:6n3 DHA	0	0	0	0
<b>Σ</b>	<b>13,4</b>	<b>0,4</b>	<b>13,57</b>	<b>0,55</b>
<b>Total</b>	<b>100</b>		<b>100</b>	

alto. Estos resultados son ligeramente superiores con respecto a lo obtenido en otros reportes. Dentro de los ácidos grasos, se destaca el contenido de ácido palmítico seguido del esteárico. Los ácidos grasos monoinsaturados (MUFAs) fueron los preponderantes logrando valores cercanos al 70%, destacándose el contenido de oleico y palmitoleico.

**Caracterización fisicoquímica de las Bebidas de Nuez de Macadamia:** Las Tablas 5 y 6 resumen los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados en las distintas formulaciones desarrolladas. El mayor contenido porcentual de cada bebida corresponde a la humedad, que van del 77 – 95%. Los valores de densidad se encontraron en el rango de 0,98-1,04 g/ml. El pH se encuentra en el rango

de 5,60-6,06. La acidez de todas las formulaciones analizadas mostró valores dentro del rango de 0,014 - 0,02% de ácido oleico. El porcentaje de proteínas arrojó valores dentro del rango de 0,78- 3,5 g% para las distintas formulaciones.

**Análisis sensorial de las bebidas de Nuez de Macadamia:** La aceptación de los consumidores de las bebidas y galletitas de nuez de macadamia, fueron evaluadas por un grupo de 22 catadores que completaron un cuestionario de 4 parámetros basado en un cuestionario de 9 niveles escala hedónica para cada pregunta y la predisposición de compra, la calidad sensorial se evaluó calificando su calidad general y predisposición de compra. De acuerdo con los puntajes sensoriales totales, todas las muestras exhibieron características sensoriales

**Tabla 5:** Composición fisicoquímica de las bebidas de nuez de macadamia, Primer Lote.

Código	Humedad (%)	Densidad (g/ml)	pH	Acidez (%)	Proteínas (%)
1:2, 2h					
L1N1a	89,89	0,98	5,6	0,017	1,12
L1N1b	90,6	1,02	5,8	0,017	1,12
L1N1c	90	1,03	5,6	0,014	1,12
Blanco	89,9	1,01	5,6	0,017	1,12
1:2, 3h					
L2N1a	87,82	1,00	6,06	0,011	1,12
L2N1b	89,36	0,99	5,70	0,017	1,12
L2N1c	77,69	0,99	6,00	0,017	0,78
Blanco	87,66	0,99	6,00	0,011	0,90
1:4, 2h					
L1N1a	90,45	1,01	5,9	0,02	1,12
L1N1b	88,56	0,98	6,0	0,02	0,90
L1N1c	90,00	1,01	5,7	0,016	0,78
Blanco	94,16	1,00	5,5	0,015	1,12
1:4, 3h					
L2N1a	88,00	1,01	5,8	0,016	1,12
L2N1b	92,7	1,04	6,05	0,018	1,12
L2N1c	88,48	1,01	6,0	0,017	1,12
Blanco	89,8	1,01	5,9	0,015	0,78

**Tabla 6:** Composición físico química de las bebidas de nuez de macadamia, Segundo Lote.

Código	Humedad (%)	Densidad (g/ml)	pH	Acidez (%)	Proteínas (%)
1:2, 2h					
L1N2a	93,34	0,98	6,21	0,08	2,38
L1N2b	94,32	0,97	6,46	0,03	2,38
L1N2c	92,24	0,97	6,51	0,07	2,15
Blanco	92	0,98	6,31	0,05	2,38
1:2, 3h					
L2N2a	92,22	0,99	6,21	0,07	1,85
L2N2b	91,68	0,97	6,5	0,06	3,18
L2N2c	91,79	0,98	6,6	0,05	2,38
Blanco	91,89	0,97	6,46	0,01	2,65
1:4, 2h					
L1N2a	92,26	0,96	6,2	0,07	1,85
L1N2b	97,89	0,97	5,45	0,06	0,90
L1N2c	89,45	0,97	6,21	0,09	5,3
Blanco	93,32	0,97	6,21	0,08	2,65
1:4, 3h					
L2N2a	87,91	0,96	6,24	0,065	2,12
L2N2b	98,43	0,97	6,25	0,09	3,18
L2N2c	88,11	0,95	6,41	0,1	2,65
Blanco	87,18	0,98	6,43	0,08	2,91

aceptables. En cuanto al sabor y color, no hubo diferencias estadísticas entre las formulaciones de bebidas. Solo algunos panelistas percibieron el olor a chocolates en la formula adicionada. No se percibió olor a pescado. La Tabla 7 muestra los valores obtenidos para las bebidas de nuez. Las bebidas con emulsión de Omega-3 no arrojaron, en general apreciaciones negativas en cuanto al

sabor ni al aspecto. En cuanto al color, blanco amarronado resultó el de mayor aceptación en la escala hedónica de 6 y 7, que no se muestra en la tabla, debido a que solo se demuestran las de mayor valor en la escala. Se mostraron diferencias significativas entre los valores de aceptación del producto, obteniéndose la bebida con código L2N1b la más aceptada.

**Tabla 7:** Evaluación sensorial de las bebidas de nuez del primer lote.

MUESTRA	Sabor	Aroma	Color	Aceptación
L2N1a	20	20	1	12
L2N1b	20	20	2	18
L2N1c	19	18	2	15
L2N1d	18	17	2	13
BLANCO	19	15	1	12

### Conclusión

Se ha logrado una bebida vegetal uniforme, con un alto contenido nutricional y de buena aceptación por el público. Su composición fisicoquímica muestra que el contenido de proteínas es similar al de bebidas equivalentes, como las de almendras, esto debido a que no existen trabajos anteriores que hayan desarrollado bebidas de nuez de macadamia, que hayan sido reportados.

Con este estudio se ha logrado desarrollar una formulación de bebidas vegetales enriquecida con omega-3 y probiótico, siendo la elegida aquella que tiene mayor cantidad de agua en previo remojo de 3 h (1:4). Con el residuo logrado en el filtrado de la elaboración de bebidas, se desarrolló una harina de nuez (okara de nuez de macadamia), con la cual se elaboraron snacks.

De esta manera, los resultados sugieren trabajar en la optimización de la producción de estos productos para un desarrollo viable y así lograr productos nutricionalmente valorable y aceptable por el consumidor, utilizando insumos regionales y subproductos de distintos sectores industriales.

### Contribución de los autores

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

### Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

### Bibliografía

- AOAC. (1990). *Official Methods Of Analysis*. 15th Ed. Arlington: Association of Official Analytical Chemists. 1298 pp.
- AOCS. (2009). *Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society*. Champaign: AOCS Press. 54 pp.
- Arranz, S., Perez, J.J. & Saura, C.F. (2008). Antioxidant capacity of walnut (*Juglans regia* L.): contribution of oil and defatted matter. *European Food Research and Technology*, 227: 425–431.
- Bernat, N., Chafer, M., Chiralt, A. & Gonzalez, M.C. (2014). Vegetable milks and their fermented derivative products. *International Journal of Food Studies*, 3(1): 93–124.
- Bligh, E.G. & Dyer, W.J. (1959). A rapid method for total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37(8): 911–917.
- Burgain, J., Gaiani, C., Linder, M. & Scher, J. (2011). Encapsulation of probiotic living cells: from laboratory scale to industrial applications. *Journal of Food Engineering*, 104(4): 467–493.
- Comarella, C.G., Sautter, C.K., Ebert, L.C. & Penna, N.G. (2012). Polifenóis totais e avaliação sensorial de suco de uvas Isabel tratadas com ultrassom. *Brazilian Journal of Food Technology*, 15(spec.): 69–73.
- Chen, Y., Lu, Y., Yu, A., Kong, X. & Hua, Y. (2014). Stable Mixed Beverage is Produced from Walnut Milk and Raw Soymilk by Homogenization with Subsequent Heating. *Food Science and Technology Research*, 20(3): 583–591.
- De Toledo Piza, P.L.B. & Massaharu, L.M. (2014). Cultivo da macadâmia no Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 36(1): 39–45.
- Gallier, S., Tate, H., & Singh, H. (2013). In vitro gastric and intestinal digestion of a walnut oil body dispersion. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(2): 410–417.
- Gómez, C.J. (2004). *Obtención de Microorganismos Probióticos en un Medio no Láctico*. Tesis de Ingeniería. Bogotá: Universidad de los Andes. xvi + 151 pp.
- Ilbay Yupa, G.C. (2014). *Efecto de diferentes grasas con Omega 3 en la elaboración de una bebida hidratante a partir del suero de leche*. Tesis de Ingeniería. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. x + 126 + 42 pp.
- Mereles, L. & Ferro, E. (2015). Características físicas, composición centesimal y contenido de minerales en frutos de *Macadamia integrifolia* Maiden & Betche, cosechados en el departamento de Cordillera, Paraguay. *Rojasiana*, 14(1): 55–68.

- Mundo, M.N. & Nogueira N.R. (2010). O mercado da noz macadâmia e a agricultura familiar. *Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, (30): 1–10.
- Monaghan, E.K., Kshirsagar, H.H. & Venkatachalam, M. (2008). Chemical composition of edible nut seeds and its implications in human health. Pp. 11–36, in Alasalvar, C. & Shahidi, F. (Eds.). *Tree Nuts: Composition, Phytochemicals, and Health Effects*. Boca Raton: CRC Press. xii + 326 pp.
- Salas, J.M., Ilabaca, A., Vega, M., & García, A. (2016). Biofilm forming *Lactobacillus*: new challenges for the development of probiotics. *Microorganisms*, 4(35): 1–14.
- Salvá Ruiza, R.B., & Fetta, V. X. (2017). Desarrollo de una bebida a partir de almendras dulces (*Prunus dulcis*). *Revista de Investigaciones de la Universidad le Cordon Bleu*, 4(2), 5–20.
- Silveira, R.M.B., Megías, S.M. & Baena, B.M. (2003). Alimentos funcionales y nutrición óptima. ¿cerca o lejos? *Revista Española de Salud Pública*, 77(3): 317–331.

## Validación de un método de cuantificación de etanol utilizando el reactivo permanganato de potasio

### Validation of an ethanol quantification method using the potassium permanganate reagent

José Ecurra<sup>1,3</sup>, Diego Nosedá<sup>2</sup> & Francisco Ferreira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Investigadores Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Asunción.

<sup>2</sup>Investigador de la Universidad Nacional de San Martín, Buenos Aires, Argentina.

<sup>3</sup>Autor correspondiente: [jose.escurra@hotmail.com](mailto:jose.escurra@hotmail.com).

**Resumen:** La determinación de la concentración de etanol es un paso esencial en los procesos de fermentación, debido a que, dependiendo del progreso del mismo, dependen pasos específicos en la optimización del proceso. Se han desarrollado muchas técnicas para este fin, pero son demandantes en costo y tiempo. El método de permanganato de potasio es una opción rápida, eficiente y de bajo costo que permitirá seguir el progreso de la producción de etanol. En este trabajo se realizó la validación de este método de cuantificación de etanol aplicando los ensayos de Linealidad, Precisión y Veracidad. Para los primeros dos ensayos se prepararon estándares de glucosa y etanol, los cuales se sometieron a la reacción con DNS y Permanganato de potasio respectivamente. Para el ensayo de Veracidad se adicionó una concentración conocida de etanol al medio YPD y se sometió a un pretratamiento seguido de los ensayos con DNS y Permanganato de Potasio. Los resultados obtenidos indican que este método arroja resultados certeros y confiables, convirtiéndolo en una alternativa viable para la determinación de la concentración de etanol durante un proceso fermentativo.

**Palabras clave:** *alcoholimetría, colorimetría, fermentación industrial, permanganato de potasio.*

**Abstract:** The determination of the ethanol concentration is an essential step in the fermentation processes, because depending on the progress of the fermentation process, they depend on specific steps in the optimization of the process. The potassium permanganate method is a quick, efficient and low-cost option that will allow monitoring the progress of ethanol production. In this work, the validation of this method of quantification of ethanol was carried out applying the Linearity, Precision and Veracity tests. For the first two trials glucose and ethanol standards were prepared, which were subjected to the reaction with DNS and potassium permanganate respectively. For the Veracity test, a known ethanol concentration was added to the YPD medium and pre-treated followed by DNS and Potassium Permanganate tests. The results indicate that this method yields accurate and reliable results, making it a viable alternative for the determination of ethanol concentration during a fermentation process.

**Key words:** *alcoholometry, colorimetry, industrial fermentation, potassium permanganate.*

### Introducción

Existen dos parámetros importantes a tener en cuenta durante el proceso de fermentación industrial para la producción de vino, cerveza y bioetanol (Dasari *et al.*, 2011; Morales *et al.*, 2015) Estos proveen información sobre la del proceso de fermentación, los cuales son importantes para la optimización para mejorar el rendimiento y la calidad de los productos (Zhang *et al.*, 2019).

Es importante determinar el incremento de etanol a lo largo de la fermentación. Para este fin han sido desarrollados varios métodos, entre los que se encuentran: las diferentes técnicas cromatográficas,

incluyendo cromatografías de gases, cromatografía de gases-espectrometría de masas, cromatografía líquida cuya principal desventaja es la utilización de equipos de costo elevado, consumen mucho tiempo y no pueden ser utilizadas para monitorear el progreso de la fermentación (García-Martínez *et al.*, 2011; Li *et al.*, 2009; Zhang *et al.*, 2015)

También se encuentran los métodos gravimétricos, que requieren la destilación como paso previo a la cuantificación, siendo el volumen mínimo de destilación 100 ml del cultivo fermentativo, asimismo, consume mucho tiempo impidiendo que la cuantificación de etanol sea de alto rendimiento. Junto con

Recibido: 31/06/2021      Aceptado: 16/08/2021





los métodos mencionados anteriormente, se han desarrollado métodos químicos, los cuales están basados en los cambios colorimétricos, que son causados por la reacción de reactivos específicos con el etanol. Entre estos métodos se encuentran el método de dicromato de potasio. A pesar de la ventaja que presenta este método de cuantificación, presenta algunos problemas que están haciendo que su uso sea dejado de lado (Nascimento *et al.*, 2008; Neves *et al.*, 2015; Zhang *et al.* 2013).

El primer problema consiste en que el dicromato es altamente carcinógeno debido al Cr (VI). El segundo, la presencia de los azúcares reductores y otros subproductos en el caldo de fermentación, interfieren en la determinación de la concentración de etanol con dicromato de potasio. Zhang *et al.*, 2019, desarrolló un método de cuantificación de etanol en el caldo de fermentación utilizando el reactivo permanganato de potasio, con la ventaja de que este reactivo evita el problema de interferencia debido a la presencia de los azúcares reductores y otros compuestos orgánicos (Cabañero *et al.* 2010; Li *et al.*, 2013).

En este trabajo se realizó una validación del método de cuantificación de etanol propuesta por Zhang *et al.*, 2019, con modificaciones, realizando los ensayos de linealidad, precisión y veracidad (Latimer, 2012; Duffau *et al.*, 2010; Morillas, 2016), para utilizarlo en métodos de cuantificación de etanol en laboratorio.

## Materiales y métodos

### Preparación de soluciones y reactivos

**Reactivo de DNS:** En 26,2 ml de NaOH 2M se disolvió lentamente 18,5 g de tartrato de sodio y potasio en agitación constante. Asimismo, se disolvieron 0,5 g de fenol cristalino y 0,5 g de sulfito de sodio. Se agregó agua destilada hasta completar 60 ml. Se agregaron lentamente 0,63 g de ácido 3,5 dinitrosalicílico y se dejó en agitación *overnight* a 70 rpm. Luego de conseguir la disolución total, se llevó a 100 ml de volumen en un matraz aforado. Se filtró con papel de filtro cualitativo y se refrigeró hasta su uso.

**Permanganato de potasio:** La preparación del

reactivo de permanganato de potasio se realizó de la siguiente manera: se pesaron 0,395 g de permanganato de potasio y 10 g de tetraborato de sodio y se disolvieron en 250 ml de ácido sulfúrico concentrado, se enfrió a temperatura ambiente y se llevó a volumen de 1000 ml.

### Soluciones estándares

Para el ensayo con el reactivo de DNS se prepararon por duplicado soluciones estándar de glucosa a partir de una solución madre de dextrosa anhidra (Anedra lote 28910-1) de 1 g/L, obteniendo las siguientes concentraciones de trabajo: 0,0625 g/L, 0,125 g/L, 0,25 g/L, 0,5 g/L y 1 g/L. También se preparó una solución testigo de glucosa de 0,4 g/L, utilizando Dextrosa anhidra, PANREAC Química S. A. Como blanco se empleó una mezcla de agua destilada con el reactivo de DNS para los estándares, para las muestras en medio YPD se utilizó como blanco una matriz YP (Extracto de levadura 10 g/L, Peptona de carne 20 g/L).

Asimismo para el ensayo con permanganato de potasio se prepararon soluciones estándar de etanol y glucosa. Para realizar una curva de calibración se prepararon por duplicado soluciones estándar de glucosa a partir de una solución *stock* de 0,125 g/L de dextrosa anhidra (Anedra lote 28910-1), realizando diluciones seriadas para obtener las siguientes concentraciones de trabajo: 0,0625 g/L, 0,0312 g/L, 0,0156 g/L, 0,0078 g/L, 0,0039 g/L, 0,00195 g/L. Asimismo se preparó por duplicado un testigo de 0,04 g/L de glucosa utilizando dextrosa anhidra (PANREAC Química S. A). Además, para realizar una curva de calibración se prepararon por duplicado soluciones de etanol estándar a partir de una solución *stock* de 0,0625 ml/L de etanol absoluto (Merck, lote 1.00983.1000) realizando diluciones seriadas para obtener las siguientes concentraciones de trabajo: 0,0625 ml/L, 0,0312 ml/L, 0,0156 ml/L, 0,0078 ml/L, 0,0039 ml/L, 0,0019 ml/L. Además, se preparó por duplicado una solución testigo de 0,025 ml/L de etanol utilizando etanol absoluto (Cicarelli Laboratorios, Lote 64714). Como blanco de las soluciones estándares se utilizó agua destilada y

para las muestras en YPD se utilizó como blanco una matriz YP (Extracto de levadura 10 g/L, Pepetona de carne 20 g/L).

### ***Pretratamiento de las muestras***

Para el ensayo de veracidad, se preparó por duplicado, medio YPD con una concentración conocida de etanol (4,76 ml etanol/L). Se tomó una alícuota de cada medio y se centrifugaron a 13800 rpm y 4°C, durante 5 min. Luego se recuperaron los sobrenadantes y se mezclaron con ácido tricloroacético (TCA) en una relación 1:1, manteniendo la mezcla a temperatura ambiente por 5 min. Luego, las mezclas se centrifugaron a 13800 rpm y 4°C, durante 5 min, se recuperaron los sobrenadantes y se mezclaron con 1/5 volumen de Bromuro de hexadeciltrimetilamonio (CTAB, por sus siglas en inglés). Las mezclas se incubaron en un termobloque a 65°C durante 10 min, se centrifugaron a 13800 rpm y 4°C por 10 min y se recuperaron los sobrenadantes, denominándolos muestras pretratadas. A partir de estas muestras pretratadas se procedió a realizar las reacciones con DNS y con permanganato de potasio para la cuantificación de etanol.

### ***Ensayo con el reactivo de DNS***

La reacción de determinación de la concentración de azúcares reductores se realizó de la siguiente manera: en sendos tubos de ensayo de vidrio se adicionó 300 µl de las soluciones preparadas (estándares, testigos, blancos y muestras) y 900 µl del reactivo de DNS. Luego los tubos se incubaron a 100°C durante 10 min y se enfriaron en hielo. Se realizó la medición de la absorbancia por espectrofotometría a 550 nm. Se construyó la curva de calibración a partir de los valores obtenidos con las soluciones estándar para la posterior determinación de la concentración de azúcares reductores en las muestras.

### ***Ensayo con el reactivo permanganato de potasio***

La reacción de cuantificación de etanol se realizó de la siguiente manera: En tubos de ensayo de vidrio se adicionaron 0,6 ml de las soluciones preparadas

(estándares, testigos, blancos, muestras) y 0,6 ml del reactivo de permanganato de potasio. Se determinó la absorbancia inicial a 526 nm (absorbancia antes de la reacción) de las soluciones preparadas (estándares, testigos, blancos y muestras) por espectrofotometría. Seguidamente, las mezclas se incubaron a 40°C por 90 min en un baño termostático. Luego se enfriaron hasta alcanzar temperatura ambiente y se determinó la absorbancia final a 526 nm (absorbancia después de la reacción). Se construyó la curva de calibración a partir de los valores obtenidos con las soluciones estándar para la posterior determinación de la concentración de etanol en las muestras.

### ***Cálculo de la concentración de etanol***

A continuación, se describen los pasos para realizar el cálculo de la concentración de etanol:

- 1: Se realizó la sustracción de los valores de absorbancia de las muestras medidas a 526 nm antes y después de la reacción de oxidación con el reactivo de permanganato de potasio. Los valores finales de absorbancia a 526 nm de las muestras se denominan "A".
- 2: la concentración de azúcares reductores presentes en las muestras se calcula reemplazando el valor de absorbancia a 550 nm de las muestras en la ecuación de la recta de la curva de calibración obtenida a partir de la reacción del reactivo de DNS con las soluciones estándares de glucosa.
- 3: Una vez cuantificada la concentración de azúcares reductores en la muestra, se extrapola el valor de concentración de azúcares reductores de las muestras en la curva de calibración obtenida a partir de la reacción del permanganato de potasio con las soluciones estándares de glucosa, con el fin de obtener el valor de absorbancia de los azúcares reductores a 526 nm. A este valor se lo denominamos "B".

- 4: La absorbancia a 526 nm correspondiente al etanol presente en la muestra se calcula realizando la sustracción  $A - B$ .
- 5: La concentración de etanol en las muestras se calcula introduciendo el valor resultante de absorbancia a 526 nm correspondiente al etanol ( $A - B$ ), en la ecuación de la recta de la curva de calibración obtenida a partir de la reacción del permanganato de potasio con las soluciones estándares de etanol.

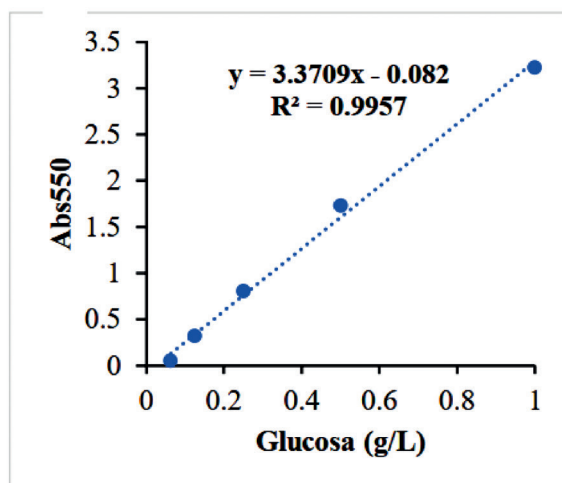
## Resultados

### Ensayo con el reactivo DNS

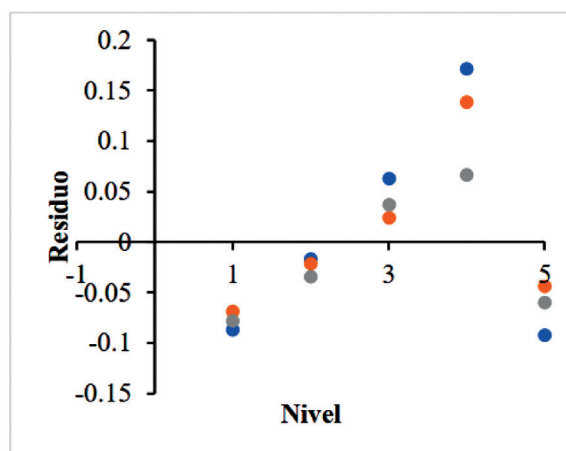
Aplicando el ensayo de Linealidad al método de cuantificación de azúcares reductores se obtuvo la curva de calibración a partir de 5 concentraciones diferentes de la solución *stock*, evaluadas por duplicado. La ecuación de la recta obtenida mediante un ajuste lineal fue  $y = 3,3709x - 0,082$  con un valor de  $R^2$  igual a 0,9957 (Figura 1 A), por lo que se infiere que el ensayo se ajusta correctamente al modelo lineal ( $R^2$  mayor o igual a 0,995) en el rango de los valores de absorbancia de trabajo. Asimismo, se calculó para las réplicas de cada nivel analizado el valor residual construyendo el gráfico de distribución de residuos (Figura 1 B), en el cual no se observa tendencia de los residuos a través del cambio de concentración del analito.

Asimismo, por medio del ensayo de Precisión se analizaron 20 réplicas de un testigo de glucosa (0,4 g/L), obteniendo como promedio de las mediciones un valor de 0,41 g/L de glucosa con un desvío estándar de 0,01 y un RSD% de 3,07%. Con estos resultados se construyó el gráfico de control de valor medio para otorgar validez a cada ensayo realizado (Figura 2). Como se observa en dicho gráfico todos los valores obtenidos a lo largo del trabajo se ubicaron dentro de la región normal esperada, es decir entre el límite de alarma inferior (LAI) y el límite de alarma superior (LAS), lo cual indica que los resultados de los ensayos realizados fueron confiables.

A



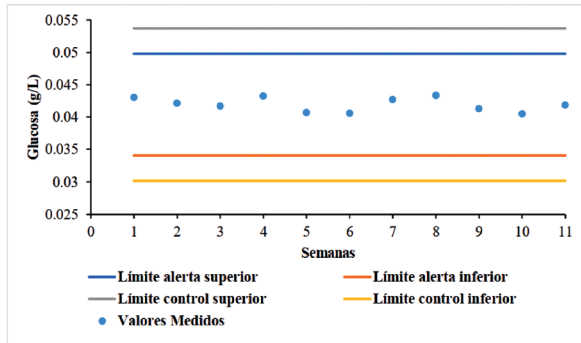
B



**Figura 1.** Ensayo de Linealidad aplicado a la reacción con el reactivo de DNS del método de cuantificación de etanol. **A)** Curva de calibración obtenida a partir del ensayo de Linealidad aplicado al método de cuantificación de azúcares reductores del método de cuantificación de etanol. A la curva se le aplicó un ajuste lineal obteniendo la ecuación de la recta  $y = 3,37095x - 0,082$  con un  $R^2 = 0,9961$ . **B)** Gráfico de distribución de los residuos para las réplicas de cada nivel.

### Reacción de oxidación total de los estándares glucosa con el reactivo permanganato de potasio

Aplicando el ensayo de Linealidad a la reacción de oxidación de las soluciones estándares de glucosa con el reactivo de permanganato de potasio, se obtuvo la curva de calibración a partir de 5 concentraciones diferentes de la solución

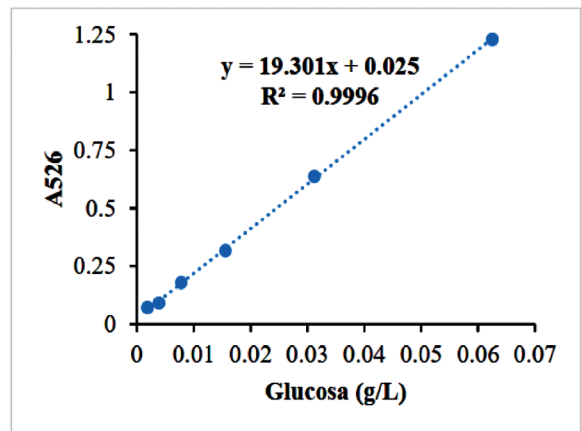


**Figura 2.** Gráfico de control de valor medio correspondiente al ensayo de la reacción de los estándares glucosa con el reactivo de permanganato de potasio del método de cuantificación de etanol. En el gráfico se indican los resultados a partir del análisis de la muestra control (solución testigo de glucosa de 0,04 g/L) para cada semana en que se realizó el ensayo de la reacción de los estándares glucosa con el reactivo de permanganato de potasio del método de cuantificación de etanol.

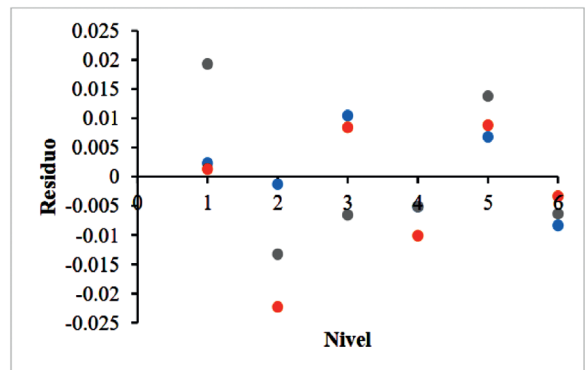
stock evaluadas por duplicado. La ecuación de la recta obtenida mediante un ajuste lineal fue  $y = 19,301x + 0,025$  con un valor de  $R^2$  igual a 0,9996 (Figura 3 A), por lo que se infiere que el ensayo se ajusta correctamente al modelo lineal ( $R^2$  mayor o igual a 0,995) en el rango de los valores de absorbancia de trabajo. Asimismo, se calculó para las réplicas de cada nivel analizado el valor residual construyendo el gráfico de distribución de residuos (Figura 3 B), en el cual no se observa tendencia de los residuos a través del cambio de concentración del analito.

Asimismo, por medio del ensayo de Precisión se analizaron 20 réplicas de un testigo de glucosa (0,04 g/L), obteniendo como promedio de las mediciones un valor de 0,042 g/L de glucosa con un desvío estándar de 0,001 y un RSD% de 2.56%. Con estos resultados se construyó el gráfico de control de valor medio para otorgar validez a cada ensayo realizado (Figura 4). Como se observa en dicho gráfico todos los valores obtenidos a lo largo del trabajo se ubicaron dentro de la región normal esperada, es decir entre el límite de alarma inferior (LAI) y el límite de alarma superior (LAS), lo cual indica que los resultados de los ensayos realizados fueron confiables.

A



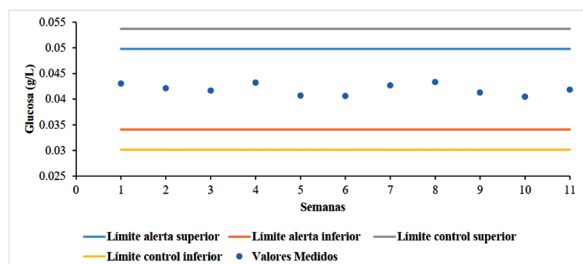
B



**Figura 3.** Ensayo de Linealidad aplicado a la reacción de oxidación de las soluciones estándar de glucosa con el reactivo de permanganato de potasio del método de cuantificación de etanol. **A)** Curva de calibración obtenida a partir del ensayo de Linealidad aplicado a la reacción de glucosa con el reactivo de permanganato de potasio del método de cuantificación de etanol. A la curva se le aplicó un ajuste lineal obteniendo la ecuación de la recta  $y = 19,301x + 0,025$  con un  $R^2 = 0,9996$ . **B)** Gráfico de distribución de los residuos para las réplicas de cada nivel.

### **Reacción de oxidación total de los estándares etanol con el reactivo permanganato de potasio**

Aplicando el ensayo de Linealidad a la reacción de oxidación de las soluciones estándares de etanol con el reactivo de permanganato de potasio se obtuvo la curva de calibración a partir de 5 concentraciones diferentes de la solución *stock*, evaluadas por duplicado. La ecuación de la recta obtenida mediante un ajuste lineal fue  $y = 14,89x$

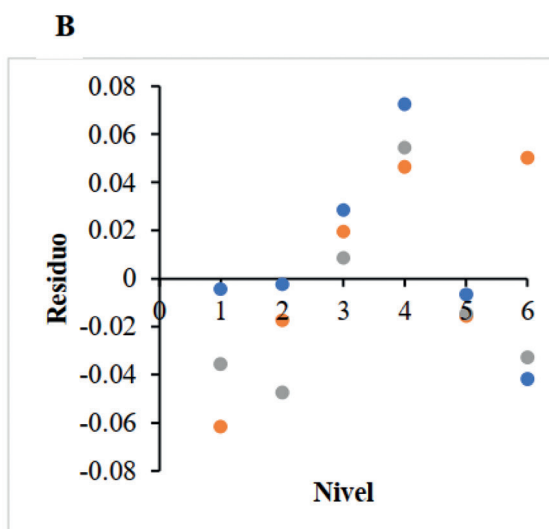
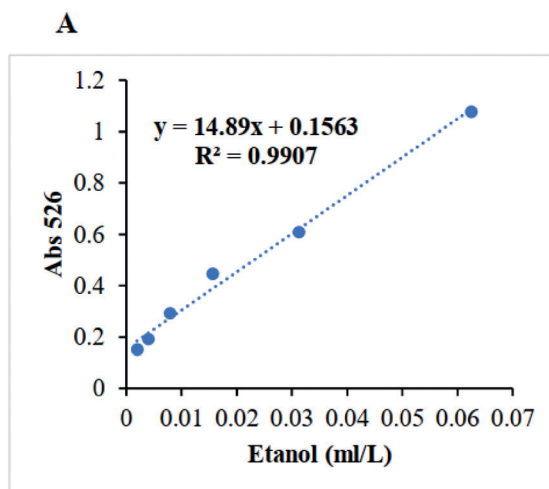


**Figura 4.** Gráfico de control de valor medio correspondiente al ensayo de la reacción de los estándares glucosa con el reactivo de permanganato de potasio del método de cuantificación de etanol. En el gráfico se indican los resultados a partir del análisis de la muestra control (solución testigo de glucosa de 0,04 g/L) para cada semana en que se realizó el ensayo de la reacción de los estándares glucosa con el reactivo de permanganato de potasio del método de cuantificación de etanol.

+ 0,1563 con un valor de  $R^2$  igual a 0,9907 (Figura 5 A), por lo que se infiere que el ensayo se ajusta correctamente al modelo lineal ( $R^2$  mayor o igual a 0,995) en el rango de los valores de absorbancia de trabajo. Asimismo, se calculó para las réplicas de cada nivel analizado el valor residual construyendo el gráfico de distribución de residuos (Figura 5 B), en el cual no se observa tendencia de los residuos a través del cambio de concentración del analito.

Asimismo, por medio del ensayo de Precisión se analizaron 20 réplicas de un testigo de etanol (0,025 ml/L), obteniendo como promedio de las mediciones un valor de 0,023 ml/L de etanol con un desvío estándar de 0,001 y un RSD% de 5,04%. Con estos resultados se construyó el gráfico de control de valor medio para otorgar validez a cada ensayo realizado (Figura 6). Como se observa en dicho gráfico todos los valores obtenidos a lo largo del trabajo se ubicaron dentro de la región normal esperada, es decir entre el límite de alarma inferior (LAI) y el límite de alarma superior (LAS), lo cual indica que los resultados de los ensayos realizados fueron confiables.

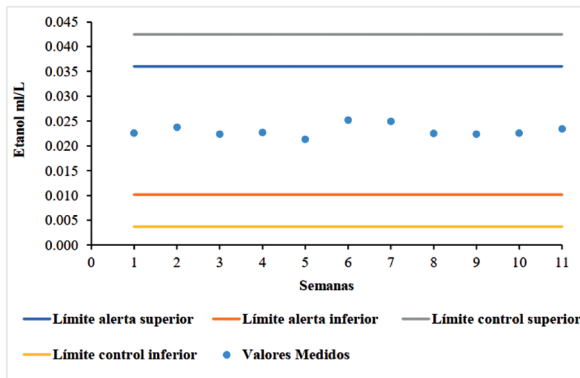
Para el ensayo de veracidad del método de cuantificación de etanol se realizó por duplicado un análisis de la técnica en medio complejo YPD con un valor teórico de etanol en las muestras de 4,76 ml etanol/L. Se logró determinar que el porcentaje de recuperación del testigo de etanol preparado en medio complejo YPD fue 99,76%. Así, se obtuvo



**Figura 5.** Ensayo de Linealidad aplicado a la reacción de oxidación de las soluciones estándar de etanol con el reactivo de permanganato de potasio. **A)** Curva de calibración obtenida a partir del ensayo de Linealidad aplicado a la reacción de etanol con el reactivo de permanganato de potasio del método de cuantificación de etanol. A la curva se le aplicó un ajuste lineal obteniendo la ecuación de la recta  $y = 14,89x + 0,1563$  con un  $R^2 = 0,9907$ . **B)** Gráfico de distribución de los residuos para las réplicas de cada nivel.

un valor de recuperación del analito en la matriz dentro del rango esperado, lo que sugiere que el método de cuantificación de etanol no presenta sesgo significativo.

En la Tabla 1 se presenta un resumen de los resultados obtenidos en la validación del método



**Figura 6.** Gráfico de control de valor medio correspondiente al ensayo de la reacción de los estándares etanol con el reactivo de permanganato de potasio del método de cuantificación de etanol. En el gráfico se indican los resultados a partir del análisis de la muestra control (solución testigo de etanol de 0,025 ml/L) para cada semana en que se realizó el ensayo de la reacción de los estándares etanol con el reactivo de permanganato de potasio del método de cuantificación de etanol.

de cuantificación de etanol utilizando el reactivo de permanganato de potasio, como también los rangos de aceptación para cada ensayo.

### Discusión

Se ha realizado el ensayo de validación del método de cuantificación de etanol propuesto por Zhang *et al.*, 2019, con modificaciones, aplicando los ensayos de Linealidad, Precisión y Veracidad. Para el ensayo de Linealidad se analizó por triplicado cinco concentraciones diferentes de cada solución estándar, y se estableció un valor de rango de aceptación un coeficiente de correlación ( $R^2$ ) superior o igual a 0,995. Como se observa en la Tabla 1, tanto el ensayo de reacción con DNS, como el de la reacción de los estándares glucosa con permanganato de potasio (Figuras 1 y 3), se encuentran dentro del rango de aceptación, presentando un  $R^2$

de 0,9957 y 0,9996 respectivamente, asimismo, en sus respectivos gráficos de distribución se observa que los ensayos presentan distribución aleatoria en sus residuos, lo que indica que no hay tendencia en los resultados obtenidos por los mismos.

En el ensayo de Linealidad de la reacción de los estándares etanol con el reactivo permanganato de potasio se observa que el valor de  $R^2$  es de 0,9907 (Figura 1 A), inferior al rango de aceptación, esta diferencia puede deberse a que el reactivo de permanganato de potasio se oxida rápidamente con el etanol, por lo que no se obtuvo un valor similar o superior al 0,995. No obstante en los demás ensayos de validación, este método se encontró dentro de los rangos de aceptación, lo que indica que el resultado obtenido es certero y confiable. Asimismo, se observa que los residuos presentan distribución aleatoria (Figura 1 B), lo que indica que los resultados obtenidos no presentan tendencia.

En los ensayos de precisión, se observa que las tres reacciones del método de cuantificación se encuentran en el rango de aceptación, así como también, puede observarse en las respectivas gráficas de control que los valores obtenidos en este ensayo se encuentran dentro de los límites de alarma superior e inferior (Figuras 2, 4, y 6). Finalmente en el ensayo de veracidad, se obtuvo que el valor de concentración de etanol fue de 99,76%, encontrándose dentro del rango de aceptación para este ensayo. El ensayo de veracidad se realizó aplicando los tres ensayos en simultáneo, tal y como se haría en un proceso de fermentación.

Con los datos obtenidos, se infiere que el método de cuantificación de etanol con el reactivo de permanganato de potasio brinda resultados certeros y confiables para la determinación de la concentra-

**Tabla 1.** Resultados de los ensayos de validación del método de cuantificación de etanol.

Ensayo	Cuantificación de Etanol		
	Ensayo con DNS	Glucosa con Permanganato	Etanol con permanganato
Linealidad ( $R^2 \geq 0,995$ )	0,9957	0,9996	0,9907
Precisión (RSD% < 5%)	3,07%	2,56%	5,04%
Veracidad (95% < Recuperación < 105%)	99,76%		

ción de etanol durante el proceso de fermentación, siendo una de sus ventajas que al utilizar pequeños volúmenes de muestra, y no requerir procedimientos demandantes en costo y tiempo, permite evaluar la evolución del proceso de fermentación.

### Conclusión

Se ha realizado la validación del método de cuantificación de etanol propuesto por Zhang *et al.*, 2019, con modificaciones, aplicando los ensayos de Linealidad, Precisión y Veracidad. Los valores obtenidos indican que los resultados obtenidos por el mismo son certeros y confiables, lo que permitiría su utilización en la determinación de la concentración de etanol durante el proceso de fermentación alcohólica, ya sea en la producción de bebidas alcohólicas, como en la producción de biocombustibles como el bioetanol y/o el biobutanol, así como también en cultivos de microorganismos fermentadores como bacterias, hongos y levaduras.

### Agradecimientos

Agradecemos principalmente al CONACyT por la financiación del proyecto de tesis de José Escurra, llevado a cabo en el Departamento de Biotecnología de la FACEN-UNA.

El autor principal también agradece a su madre por guiarle al amor a la ciencia desde pequeño y de manera muy especial agradece, con amor incondicional por siempre, a Esmilce Apuril por su apoyo en todos sus proyectos y metas científicas.

### Contribución de los autores

El presente trabajo es resultado parcial del proyecto de tesis de Maestría en Biotecnología Industrial, realizado por José Escurra. Diego Nosedá dio tutoría y orientación al autor principal durante la elaboración de la tesis. Francisco Ferreira dio orientación y apoyo en procedimientos químicos y experimentales.

### Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

### Bibliografía

- Latimer, G.W. (Ed.). (2012). *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 19th edition. Gaithersburg: AOAC International. 3612 pp.
- Cabañero, A.I., Recio, J.L. & Ruperez, M. (2010). Simultaneous stable carbon isotopic analysis of wine glycerol and ethanol by liquid chromatography coupled to isotope ratio mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food chemistry*, 58(2): 722–728.
- Dasari, S. & Kölling, R. (2011). Cytosolic localization of acetoacetyl synthase Ilv2 and its impact on diacetyl formation during beer fermentation. *Applied and environmental microbiology*, 77(3): 727–731.
- Duffau, B., Rojas, F., Guerrero, I., Roa, L., Rodríguez, L., Soto, M. & Sandoval, S. (2010). Validación de métodos y determinación de la incertidumbre de la medición: Aspectos generales sobre la validación de métodos. *Guías Técnicas del Instituto de Salud Pública de Chile*, 1: 1–66.
- García-Martínez, T., Bellincontro, A., Peinado, R.A., Mauricio, J.C., Mencarelli, F. & Moreno, J.J. (2011). Discrimination of sweet wines partially fermented by two osmo-ethanol-tolerant yeasts by gas chromatographic analysis and electronic nose. *Food chemistry*, 127(3): 1391–1396.
- Li, H., Chai, X.S., Deng, Y., Zhan, H. & Fu, S. (2009). Rapid determination of ethanol in fermentation liquor by full evaporation headspace gas chromatography. *Journal of Chromatography A*, 1216(1): 169–172.
- Li, X., Jia, G., Cao, Y., Zhang, J., Wang, L. & Sun, H. (2013). Simultaneous determination of delta13C values of glycerol and ethanol in wine by liquid chromatography coupled with isotope ratio mass spectrometry. *Se Pu = Chinese journal of chromatography*, 31(12): 1201–1205.
- Morales, P., Rojas, V., Quirós, M. & Gonzalez, R. (2015). The impact of oxygen on the final alcohol content of wine fermented by a mi-

- zed starter culture. *Applied microbiology and biotechnology*, 99(9): 3993–4003.
- Nascimento, E.S., Cardoso, D.R. & Franco, D.W. (2008). Quantitative ester analysis in cachaça and distilled spirits by gas chromatography–mass spectrometry (GC–MS). *Journal of agricultural and food chemistry*, 56(14): 5488–5493.
- Neves, L.A., Rodrigues, J.M., Daroda, R.J., Silva, P.R., Ferreira, A.A., Aranda, D.A., Eberlin, M.N. & Fasciotti, M. (2015). The influence of different referencing methods on the accuracy of  $\delta^{13}\text{C}$  value measurement of ethanol fuel by gas chromatography/combustion/isotope ratio mass spectrometry. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 29(21): 1938–1946.
- Zhang, C.Y., Lin, N.B., Chai, X.S. & Barnes, D.G. (2015). A rapid method for simultaneously determining ethanol and methanol content in wines by full evaporation headspace gas chromatography. *Food chemistry*, 183: 169–172.
- Zhang, P., Chen, C., Shen, Y., Ding, T., Ma, D., Hua, Z. & Sun, D. (2013). Starch saccharification and fermentation of uncooked sweet potato roots for fuel ethanol production. *Bioresource technology*, 128: 835–838.
- Zhang, P., Hai, H., Sun, D., Yuan, W., Liu, W., Ding, R. & Chen, C. (2019). A high throughput method for total alcohol determination in fermentation broths. *BMC biotechnology*, 19(30): 1–8.



## Algoritmo Deutsch-Jozsa: una mirada al poder de la computación cuántica

### Deutsch-Jozsa Algorithm: a look at the power of quantum computing

Rodney Franco\* 

\*Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Física. Email: francorodney03@gmail.com

**Resumen:** El paralelismo que caracteriza a los algoritmos cuánticos los dota de la asombrosa capacidad de procesar información de manera exponencial con unos pocos cubits. El algoritmo Deutsch-Jozsa es un ejemplo de esta capacidad. Presentamos un análisis sobre el funcionamiento de dicho algoritmo y una implementación del mismo utilizando Qiskit de IBM.

**Palabras clave:** *computación cuántica, paralelismo, cubit.*

**Abstract:** The parallelism that characterizes quantum algorithms endows them with the amazing ability to process information exponentially with a few qubits. The Deutsch Jozsa algorithm is an example of this ability. We present an analysis of how this algorithm works and its implementation using IBM's Qiskit.

**Key words:** *quantum computing, parallelism, qubit.*

### Introduction

Existen diversos algoritmos cuánticos en áreas como la criptografía, búsqueda y optimización, simulación de sistemas cuánticos y resolución de sistemas de ecuaciones lineales (Montanaro, 2016). Entre esos problemas existe uno que consiste en lo siguiente: dada una función binaria, y asumiendo que la misma puede ser únicamente constante o balanceada, distinguir cada caso. Un computador clásico debe evaluar la función  $2^{n-1} + 1$  veces, para una función con  $n$  bits de entrada, con el fin de llevar a cabo esta tarea.

El algoritmo Deutsch-Jozsa es el algoritmo cuántico que resuelve el problema planteado. Este algoritmo se ha simulado (Chuang, Vandersypen, Zhou, Leung, & Lloyd, 1998), y se han obtenido resultados en un solo paso, en lugar de una cantidad exponencial de pasos. Dicho algoritmo no posee muchas aplicaciones, aunque ha sido utilizado en el contexto de lenguajes formales (Batty, Casaccino, Duncan, Rees, & Severini, 2008).

Se presenta el algoritmo de Deutsch-Jozsa para tener una visión del poder de cómputo que tiene la computación cuántica, este poder de cómputo se basa en el paralelismo, el cual se caracteriza por el crecimiento exponencial, en relación al número de cubits, de la capacidad de realizar operaciones de manera simultánea.

El circuito que implementa el algoritmo Deutsch-Jozsa se esquematiza en la Figura 1. Se define el estado inicial como sigue:

$$|\psi_0\rangle = |0\rangle^{\otimes n} |1\rangle \quad (1)$$

Al introducir el estado (1) en el circuito de la Figura 1 el mismo realiza las operaciones indicadas y se obtiene el estado final (Nielsen & Chuang, 2002):

$$|\psi_3\rangle = \sum \sum \frac{(-1)^{x \cdot z + f(x)} |z\rangle}{2^n} \left( \frac{|0\rangle - |1\rangle}{\sqrt{2}} \right) \quad (2)$$

Después de pasar por el circuito de la Figura 1, los primeros  $n$  cubits son medidos. Al estado resultante luego de la medición lo denominaremos  $|\psi_4\rangle$ .

La forma que presenta la ecuación (2) nos permite diferenciar fácilmente entre una función balanceada y una constante.

Para implementar los algoritmos cuánticos, IBM permite el acceso a su computador cuántico, o simuladores del mismo, de manera online. Qiskit (Qiskit Development Team, 2020) es un framework de código abierto para diseñar circuitos cuánticos y ejecutarlos en simuladores y computadores cuánticos reales creada por IBM y está basado en Python. Constituye una herramienta muy potente y accesible

Recibido: 31/03/2021 Aceptado: 16/08/2021



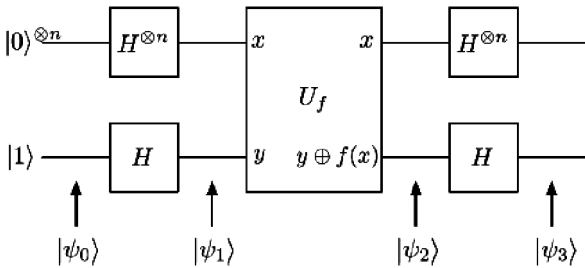


Figura 1. Circuito que implementa el algoritmo Deutsch-Jozsa.

para ejecutar algoritmos cuánticos.

Se realiza un análisis de la ecuación (2) atendiendo principalmente a la manera en la cual la misma es capaz de realizar la tarea planteada. Con esto en mente, se plantea un ejemplo con dos cubits, se espera que el mismo facilite la comprensión del procedimiento que sigue el algoritmo Deutsch-Jozsa. Para finalizar se ejecuta el algoritmo para 3 cubits en la plataforma IBM Quantum Experience con la ayuda de Qiskit.

**Notación**

Las variables  $x$  y  $z$ , en la ecuación (2), representan las distintas combinaciones de ceros y unos posibles. Por ejemplo: dado el estado  $|0010\rangle$  de 4 cubits, tenemos los siguientes valores:

$$\begin{aligned} Z_0 &= 0, & Z_1 &= 1, \\ Z_2 &= 0, & Z_3 &= 0, \end{aligned}$$

entonces, una  $z$  posible puede ser:

$$Z = (z_3, z_2, z_1, z_0) = (0, 0, 1, 0)$$

y el estado al que hacemos referencia será  $|Z\rangle = |z_3 z_2 z_1 z_0\rangle = |0010\rangle$  para ese valor específico de  $z$ . La misma notación se utiliza para la variable  $x$ .

Cabe destacar que al escribir  $x \cdot z$  se entenderá lo siguiente:

$$x \cdot z = \sum_i x_i \cdot z_i$$

**Análisis**

Al analizar los posibles resultados post-medi-

ción, contemplamos los siguientes casos:

**a) Todos los bits medidos son cero:**

En este caso, se tiene que la amplitud de  $|0\rangle^{\otimes n}$  es:

$$\sum_x \frac{(-1)^{f(x)}}{2^n}$$

En caso de que la función sea constante, esta amplitud será 1 o  $-1$  dependiendo del valor constante que tome  $f(x)$ . Es fácil notar que cuando todos los bits medidos son cero, la función no puede ser balanceada, ya que eso haría que la amplitud fuera cero, lo cual es impensado para un estado válido (su norma debe ser unitaria).

**b) Al menos un bit es distinto de cero:**

En el caso en el que al menos un bit resulte ser 1, cabe el análisis de las dos únicas situaciones posibles: que la función sea balanceada o que la función sea constante. En caso de que la función sea balanceada no hay mucho que decir, ya que con el análisis anterior queda claro que la única manera de que la función sea balanceada es medir al menos un bit distinto de cero, pudiendo ser cualquier combinación con cualquier cantidad de unos el resultado de la medición. En cambio, al pensar en la posibilidad de que la función sea constante, actualmente no tenemos suficientes argumentos para asegurar que esta no es una posibilidad válida. Para demostrar que la función no puede ser constante en el caso de medir al menos un uno, analizamos más a fondo la ecuación (2).

Tomaremos el numerador de los  $n$  primeros cubits de la ecuación (2). La sumatoria sobre  $x$ , en el caso de que la función sea constante, se desarrolla como sigue:

$$\begin{aligned} (-1)^{f(x)} \sum_x [1 + (-1)^{z_0} + (-1)^{z_1} + (-1)^{z_0+z_1} + (-1)^{z_2} + (-1)^{z_2+z_0} + \dots \\ + (-1)^{z_2+z_1} + (-1)^{z_0+z_1+z_2+\dots+z_n}] |1\rangle \end{aligned}$$

Cada combinación de  $z$  da  $2^n$  términos en cada término de arriba. Así tenemos en total  $2^n$  términos después de desarrollar ambas sumatorias.

Posterior a la medición, la cantidad de términos que se mantienen disminuye nuevamente a  $2^n$ , y se obtiene la siguiente suma:

$$(-1)^{f(x)} \sum_z [1 + (-1)^{z_0} + (-1)^{z_1} + (-1)^{z_0+z_1} + (-1)^{z_2} + (-1)^{z_2+z_0} + \dots + (-1)^{z_2+z_1} + (-1)^{z_0+z_1+z_2+\dots+z_n}] |z_0 z_1 z_2 \dots z_n\rangle$$

En la suma de arriba, se observa que la suma de los  $z_i$  dependen de las anteriores en todo momento. Por lo tanto, si tomamos  $z_0 = 0$  y  $z_1 = 0$  esto implicará que todos los demás valores de  $z_i$  son cero, este caso ya se ha analizado, y la única manera de avanzar en el análisis es decir que  $z_0 = 1$  esto dará que  $(-1)^{z_0} = -1$  y la suma de arriba jamás alcanzara el valor  $2^n$ , por lo tanto,  $|\psi_4\rangle$  no será un estado válido después de la medición, así que la única conclusión posible, al medir una cantidad distinta de cero de unos, será que la función es balanceada.

### Ejemplo con 2 cubits

Suponiendo que introducimos dos cubits al circuito, es decir  $n = 2$ , podemos reemplazar todos los posibles valores de  $x$  en el numerador de los primeros dos cubits de la expresión (2), y obtendremos:

$$\sum_z (-1)^{0.z_0+0.z_1+f(00)} + (-1)^{0.z_0+1.z_1+f(01)} + \dots + (-1)^{1.z_0+0.z_1+f(10)} + (-1)^{1.z_0+1.z_1+f(11)} |z\rangle$$

$$= \sum_z (-1)^{f(00)} + (-1)^{z_1+f(01)} + (-1)^{z_0+f(10)} + (-1)^{z_0+z_1+f(11)} |z\rangle$$

Si la función es constante podemos definir  $f \equiv f(ij)$  y escribimos

$$\sum_x \sum_z (-1)^{x.z+f(x)} |z\rangle = (-1)^f \sum_z [1 + (-1)^{z_1} + (-1)^{z_0} + (-1)^{z_0+z_1}] |z\rangle$$

Reemplazando los distintos valores de  $z$  obtenemos:

$$\sum_x \sum_z (-1)^{x.z+f(x)} |z\rangle = (-1)^f [1 + (-1)^0 + (-1)^0 + (-1)^0 |00\rangle + [1 + (-1)^1 + (-1)^0 + (-1)^1] |01\rangle + [1 + (-1)^0 + (-1)^1 + (-1)^1] |10\rangle + [1 + (-1)^1 + (-1)^2] |11\rangle$$

Se observa que al medir y obtener un estado distinto de  $|00\rangle$  el coeficiente que acompaña al mismo será, en todos los casos, menor que 4 en valor absoluto, por lo tanto, no representara un estado válido, y por ese motivo jamás se medirá un estado distinto al  $|00\rangle$  cuando la función sea constante.

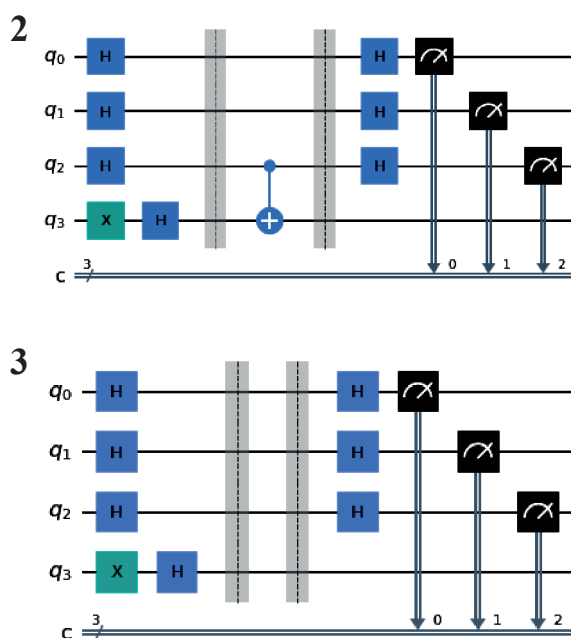
En resumen, si después de la medición obtenemos el estado  $|0\rangle^{\otimes n}$ , entonces podemos asegurar

que la función es constante. Si, en cambio, obtenemos cualquier otro estado, podemos asegurar que la función es balanceada.

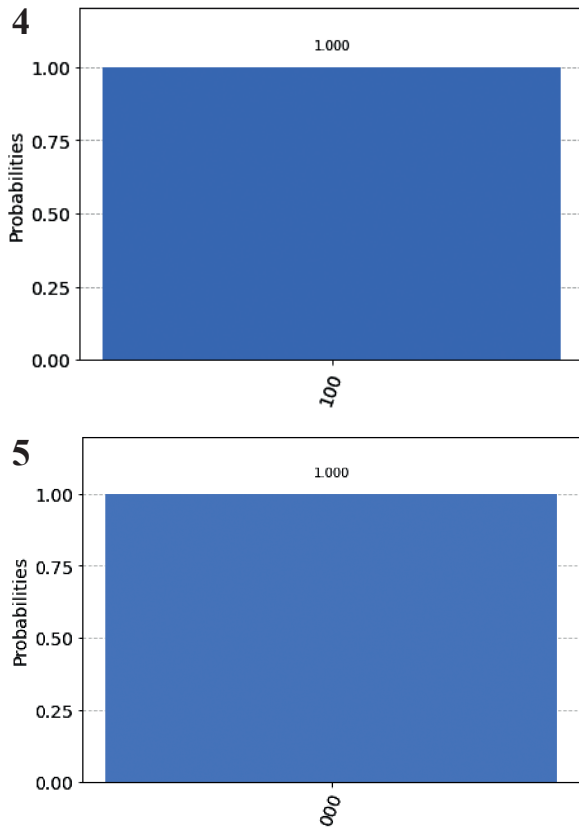
### Implementación del algoritmo con Qiskit

Implementaremos dos circuitos en la plataforma de IBM utilizando Qiskit. El primer circuito evaluará una función balanceada, y el segundo una función constante. El circuito creado tendrá cuatro cubits de entrada, los tres primeros serán los medidos según indica el algoritmo.

Para implementar los circuitos con las respectivas funciones que nos atañen, y debido a que todas las entradas están inicializadas en el cubit  $|0\rangle$ , aplicamos una compuerta  $X$  al último cubit, de esta forma hacemos que el cubit de entrada sea  $|0001\rangle$ . Una vez realizado esto, podemos crear los dos circuitos para cada caso. Los circuitos creados con Qiskit se presentan en la Figura 2 para una función balanceada y Figura 3 para una función constante.



Figuras 2-3. Circuitos creados con Qiskit. 2) Para una función balanceada. 3) Para una función constante.



**Figuras 4-5.** Resultados obtenidos de los circuitos creados con Qiskit. 4) Para una función balanceada. 5) Para una función constante.

En cada caso se realiza la medición de los tres primeros cubits una sola vez. Los resultados obtenidos de los circuitos de Figura 2 y Figura 3 son los representados en la Figura 4 y Figura 5 respectivamente.

Al medir una sola vez los primeros tres cubits del circuito 2 el resultado es 100, como se mide al menos un uno, el algoritmo Deutsch-Jozsa nos dice que la función evaluada es balanceada. En cambio, para el circuito 3 notamos que el resultado de la medición es 000, es decir, todos los bits obtenidos son cero, y podemos concluir que la función es constante.

Cabe recalcar que los resultados se han obtenido realizando la medición una sola vez, lo cual demuestra la enorme ventaja de este algoritmo sobre el método clásico.

## Conclusión

El algoritmo Deutsch-Jozsa es una muestra, bastante clara, del poder que tiene la computación cuántica gracias al “paralelismo”. Una acabada comprensión del funcionamiento del mismo da rienda suelta a la imaginación y nos hace pensar en la posibilidad de la implementación de otros algoritmos cuánticos para realizar tareas mucho más relevantes que la simple discriminación entre dos tipos de funciones bien definidas, podrían servir como ejemplos el algoritmo de Grover, el cual es un algoritmo de búsqueda; el algoritmo de Shor, el cual permite encontrar los factores de un número de forma muy eficiente, entre otros.

Qiskit, por su parte, es una herramienta bastante útil para introducirse al mundo de la computación cuántica, y no queda nada más que esperar a ver todo lo que este tipo de iniciativas puede aportar, tanto en el campo de la ciencia como en la industria. El paralelismo que caracteriza a la computación cuántica es la clave de ese poder, el cual aún no ha sido totalmente aprovechado.

## Conflictos de interés

El autor declara no tener conflictos de interés.

## Referencias

- Batty, M., Casaccino, A., Duncan, A.J., Rees, S. & Severini, S. (2008). An application of the deutsch-jozsa algorithm to formal languages and the word problem in groups. Pp. 57–69, in Kawano, Y. & Mosca, M. (Eds.). *Theory of quantum computation, communication, and cryptography*. vii + 118 pp.
- Chuang, I.L., Vandersypen, L.M., Zhou, X., Leung, D.W. & Lloyd, S. (1998). Experimental realization of a quantum algorithm. *Nature*, 393(6681): 143–146.
- Montanaro, A. (2016). Quantum algorithms: an overview. *NPJ Quantum Information*, 2(15023): 1–8.
- Nielsen, M. A. & Chuang, I. (2002). *Quantum*

*computation and quantum information*. New York: Cambridge University Press. xxxii + 676 pp.

Qiskit Development Team. (2020). *Qiskit 0.29.0*. Program and documentation. [Consulted: 19.viii.2020]. <<https://qiskit.org>>.

## Dosimetría biológica con los tests del Cometa y Micronúcleo en pacientes con hipertiroidismo grave, adenoma toxico y enfermedad de Plummer tratados con $I^{131}$

### Biological dosimetry with the Comet and Micronucleus tests in patients with serious hyperthyroidism, toxic adenoma and Plummer disease treated with $I^{131}$

Fredy J. Gómez<sup>1,6</sup>, Deidamia Franco<sup>5</sup>, Virginia Fernández Peralta<sup>1</sup>, Jaime Segovia<sup>5</sup>, Francisco Cabañas Duarte<sup>1</sup>, Mark A. Jara Ruiz<sup>2</sup>, Jessica M. Jara Ruiz<sup>3</sup>, Elías D. Jara Ruiz<sup>4</sup>, Miguel Duarte<sup>3</sup> & Jorge Antonio Jara Yorg<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FACEN-UNA).

<sup>2</sup>Universidad de Miami, Jackson Memorial Hospital, USA.

<sup>3</sup>Centro de Diagnóstico y Tratamiento Nuclear (CEDIN).

<sup>4</sup>Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Médicas (FCM-UNA).

<sup>5</sup>Universidad católica de Asunción, Facultad de Ciencias de la Salud (UCA).

<sup>6</sup>Autor correspondiente: [fjgrance@yahoo.com](mailto:fjgrance@yahoo.com).

**Resumen:** La terapia de Iodo radioactivo  $I^{131}$  es un procedimiento de Medicina Nuclear utilizado para tratamiento de pacientes con hipertiroidismo nodular o difuso y en el cáncer diferenciado de tiroides (CDT) en estadios metastásico. El hipertiroidismo de Graves difuso y sus variedades nodulares requieren dosis diferenciadas. En el presente trabajo se buscó determinar las dosis absorbidas de  $I^{131}$  involucradas en el tratamiento de hipertiroidismo, utilizando métodos de dosimetría física con el formalismo MIRD que protocoliza la dosimetría de imágenes conjugadas en Medicina Nuclear, comparadas con el test del cometa y micronúcleos con lo cual establecimos la factibilidad y sensibilidad de los test a las dosis de radiación involucradas. Se ha podido determinar que el porcentaje de ADN en la cola del cometa resulta ser un buen indicador de la capacidad de absorción  $I^{131}$  en la glándula tiroidea, que a medida que disminuya la concentración en sangre, se pudo demostrar mayor reparación del daño y puede utilizarse como referencia en nuevos estudios epidemiológicos como indicador de progresión del tratamiento, también se ha demostrado la capacidad de reparación del ADN permite que dosis de radiaciones tan extremas puedan tener una acción terapéutica y se pueda distribuir en un periodo de 50 a 100 días dentro del organismo, permitiendo observar el nivel de daño en la molécula de ADN por medio del test del cometa.

**Palabras Clave:** Hipertiroidismo, Dosimetría, Iodoterapia, Test del Cometa

**Abstract:** Radioactive Iodine  $I^{131}$  therapy is a Nuclear Medicine procedure used to treat patients with diffuse or nodular hyperthyroidism and in differentiated thyroid cancer (DTC) in metastatic stages. Diffuse Graves' hyperthyroidism and its nodular varieties require differentiated doses. In the present work, we sought to determine the absorbed doses of  $I^{131}$  involved in the treatment of hyperthyroidism, using physical dosimetry methods with the MIRD formalism that protocolizes the conjugate image dosimetry in Nuclear Medicine, compared with the comet and micronucleus test, with which We established the feasibility and sensitivity of the tests to the radiation doses involved. It has been possible to determine that the percentage of DNA in the comet's tail turns out to be a good indicator of the  $I^{131}$  absorption capacity in the thyroid gland, which as the concentration in blood decreases, greater repair of the damage could be demonstrated and can be used As a reference in new epidemiological studies as an indicator of treatment progression, the DNA repair capacity has also been demonstrated, allowing such extreme radiation doses to have a therapeutic action and can be distributed within a period of 50 to 100 days within the body. , allowing to observe the level of damage in the DNA molecule through the comet test.

**Key words:** Hyperthyroidism, Dosimetry, Iodotherapy, Comet Test

### Introducción

La terapia de Iodo radioactivo  $I^{131}$  es un procedimiento de Medicina Nuclear utilizado para el hipertiroidismo nodular o difuso y el cáncer diferenciado de tiroides (CDT). El  $I^{131}$  es absorbido en el

estómago pasando al torrente sanguíneo y captado por la glándula tiroidea, donde destruye células de la glándula enferma o el remanente tiroideo post tiroidectomía en el Carcinoma diferenciado de Tiroides (Berg *et al.*, 1996).

Recibido: 27/07/2021      Aceptado: 16/08/2021



Es muy importante el seguimiento del tratamiento de esta enfermedad, debido a la gran recurrencia de este tipo de patología en el país, cuya causa se cree es el exceso de yodo en la sal que elevan los anticuerpos antitiroideos, por lo que esta terapia con  $I^{131}$  consigue la remisión de aproximadamente el 90% de los pacientes con enfermedad de Graves. El hipertiroidismo de Graves difuso y sus variedades nodulares (Multinodular, nódulo frío y micro nodular) requieren dosis diferenciadas.

En el presente trabajo se buscó determinar las dosis absorbidas de  $I^{131}$  involucradas en el tratamiento de hipertiroidismo, utilizando métodos de dosimetría física mediante el formalismo MIRD con la técnica de dosimetría de imágenes conjugadas en la terapia del hipertiroidismo con  $I^{131}$ , comparadas con el test del cometa y micronúcleos con lo cual establecimos la factibilidad y sensibilidad de los test a las dosis de radiación involucradas. En tal sentido los test elegidos cumplieron el criterio de: la obtención de la muestra está relativamente cerca de la mayor concentración del  $I^{131}$  en el órgano, debido a que la tiroides se encuentran cerca de la mucosa bucal y el radiofármaco se distribuye en la sangre antes y después de ser metabolizada por la tiroides, se estima que las pruebas del micronúcleo con células epiteliales de la mucosa bucal y linfocitos en sangres son buenos indicadores de las dosis distribuidas en dichos compartimientos orgánicos, con una especificidad de 0.25 Gy a 5 Gy, y el test del cometa con una especificidad de 0,5 Gy a 1 Gy (Autoridad Regulatoria Nuclear, 1998).

Una diferencia fundamental en este trabajo es que no es posible utilizar una curva dosis-respuesta debido a que no tenemos una fuente radiactiva de referencia para el  $I^{131}$  que simule las condiciones del paciente tratado con  $I^{131}$ .

Las condiciones del paciente cambian según: las variables biológicas, el estadio de la enfermedad, el tratamiento realizado previamente y las condiciones físicas como la actividad suministrada. Los modelos físicos son limitados, pero resuelven una parte de la variabilidad de los datos estableciendo modelos de áreas biológicas como el trato gastroin-

testinal, el tracto respiratorio y el circulatorio, lo cual se estableció en el ICRP 23 "Referents Man" (Snyder *et al.*, 1975).

Debido a la complejidad y las distintas variables involucradas en el tratamiento, la estimación de la dosis de radiación absorbida y biológicamente dañina es determinada por diversos métodos para obtener la exactitud requerida.

En la clínica médica la dosimetría para prescribir la cantidad de  $I^{131}$  a suministrar, estaba basada enteramente en datos clínicos como la fórmula de Marinelli 404 (Marinelli, 1948) y solos con el advenir de la ecografía se midió el volumen de las tiroides con un método empírico, y se determinó de esa manera la actividad a suministrar, sin embargo las dosis de radiación (derivado de dicha estimación) para el grupo etario de mujeres en edad de procrear puede ocasionar complicaciones para el embarazo, como elevar por un tiempo el anticuerpo anti-peroxidasa (ATPO) para el embarazo descendiendo posteriormente pudiendo tardar hasta 5 años.

Por tal motivo y de modo a implementar una dosimetría clínica personalizada, se propone las aplicaciones de los test del cometa y de micronúcleo en conjunto con la dosimetría física, con lo cual la dosis de radiación terapéutica sin complicaciones puede determinarse. De esta manera estimamos mediante el monitoreo biológico el daño citogenético ocasionado por las dosis de radiación impartidas a los pacientes tratados con yodo radioactivo en un centro de medicina Nuclear comparándolo con la dosis estimada mediante métodos físicos conocido como metodología MIRD (Siegel *et al.*, 1999) y luego relacionarlos con los resultados de las pruebas genotóxicas en pacientes tratados con  $I^{131}$  en una clínica de Medicina Nuclear

Una manera de corroborar la hipótesis es realizar una dosimetría física *In vivo* (Heribert Hänscheid, *et al.*, 2013), postratamiento con el monitoreo de la tasa de dosis a los pacientes tratados por Hipertiroidismo. En tal sentido se estableció los márgenes de aplicabilidad de cada técnica para la estimación de las dosis y la factibilidad de establecer un protocolo

del test del cometa conjuntamente con la dosimetría física, implementando un sistema dosimétrico que ayudaría a establecer la dosis impartida a los órganos en riesgo en el tratamiento de Hipertiroidismo, disminuyendo el riesgo de una sobreexposición mediante la optimización del tratamiento, además de ser un indicador de buena práctica.

La especificidad del test del cometa con una especificidad de 0,5 Gy a 1 Gy se le reconoce como una técnica útil para identificar los individuos más expuestos en casos de accidentes, sin embargo, se ha demostrado que es útil en el rango de dosis terapéuticas.

### Material y métodos

Se realizó un estudio de corte transversal comparativo y correlacional. La población de estudio fue de cincuenta (50) pacientes que accedieron voluntariamente a formar parte del estudio. Se estableció un grupo control en los dos tipos de ensayos, tanto del test del cometa como en el test del micronúcleo, en especial esta población de grupo control fueron personas que habían sido irradiadas y que cumplían con los criterios relacionados a la metodología de muestreo de los dos indicadores biológicos.

Las muestras se tomaron in situ, transportadas, refrigeradas y protegidas de la luz al laboratorio para su procesamiento. Para las medidas de tasa de dosis a un metro se utilizó una planilla Excel que contendrán los datos de actividad suministrada, tasa de dosis a un metro, medidas de contaminación, y fechas de muestreo para un mismo paciente.

En cuanto a la dosis absorbida en las tiroides esta se determina mediante el muestreo de las imágenes conjugadas y los datos procesados para la determinación de las dosis serán puesto en una planilla Excel, junto con los datos de porcentaje de captación de las tiroides, las actividades suministradas en mCi, identificación de los pacientes, y los datos dosimétricos necesarios para el cálculo, se aplicó la protección radiológica necesarias y los valores calculados fueron correlacionados con los datos obtenidos mediante la aplicación de los test de Micronúcleos y del Cometa.

Cada muestreo duró una semana y dos días, en

intervalos de 6 h, 12 h, 24 h, 72 h y 144 h, sin embargo, la práctica de la clínica no permitió realizar el muestreo con intervalos iguales en todos los casos. Para el muestreo biológico se realizó entre diferentes tiempos, el primero antes de incorporar el  $I^{131}$  al paciente, el segundo muestreo al tercer día después de la incorporación y el tercer muestreo al último día del intervalo preestablecido en el cronograma de muestreo de una campaña particular, el muestreo de los cincuenta pacientes duró 8 meses.

Las imágenes fueron obtenidas una posteroanterior y otra anteroposterior en cada día de muestreo, con las cuales se realizaron sus procesamientos, para luego de la calibración del sistema SPECT determinar el número de cuentas en cada imagen de tiroides adquirida por día de muestreo y paciente.

La Dosimetría Física y el monitoreo de tiroides se realizó mediciones a cincuenta pacientes, durante el tratamiento y seguimiento por cinco días, usando el detector Berthold – Contamination And Survey Monitor LB124, a 1 m de la tiroides del paciente, en posición sentada. La Dosimetría con imagen Conjugada con el método de dosimetría física para lo cual fue necesaria la calibración del sistema de adquisición de imagen y la determinación de parámetros temporales tales como el tiempo de residencia, y datos clínicos como el volumen de las tiroides antes del tratamiento.

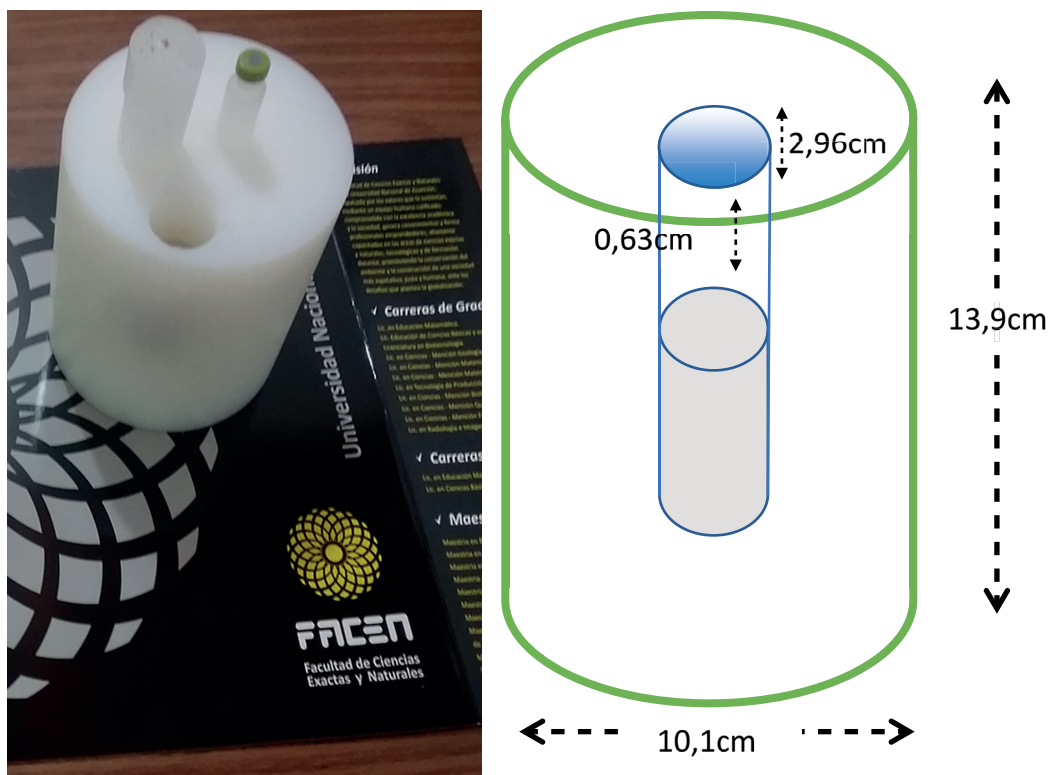
Para la calibración del conjunto SPECT-Colimador pin-hole, se construyó una fantoma (maniquí) de metacrilato-teflón, con las dimensiones mostrada en la Figura 1 y se evaluó la Protección Radiológica necesaria para operar el equipo de modo a introducir la fuente radiactiva con una actividad medida y conocida de  $I^{131}$ , durante el menor tiempo posible con la mayor seguridad, para que el vial con el  $I^{131}$  no caiga.

### Resultados y discusión

#### Test del Cometa

Se observa en el test del cometa que el índice de daño celular evidenciado por el porcentaje de ADN en la "cola del cometa" es mayor en la muestra obtenida en la segunda toma que en la primera,





**Figura 1:** Dimensiones y maniquí construido en el proyecto, para calibrar el sistema SPECT.

en esta etapa del muestreo las dosis en el paciente disminuyen según el periodo efectivo del  $I^{131}$ , esto sucede para el 38% de los pacientes.

También pudimos notar que en el 30 % de los pacientes el daño disminuye (longitud de la cola del cometa) en la segunda y tercera toma de muestra, a medida que disminuye la dosis caso contrario al párrafo anterior, lo cual hace suponer un cierto grado de reparación del daño.

En el 22 % de los pacientes el porcentaje de ADN en la cola del cometa como indicador de daño aumenta en la tercera toma de muestra, es decir al final del tratamiento. El 10 % no sufre variaciones el nivel de daño basal.

Esto se puede evidenciar mediante la Tabla 1 que muestra el porcentaje de daño en el ADN y representa el resumen de los datos adquiridos de nuestra base de datos, en esta tabla se puede notar que no hay una relación directa con la actividad suministrada, cuando graficamos %ADN en cada muestra en relación con la actividad. Sin embargo,

si normalizamos el porcentaje de daño con las Dosis y graficamos esto en función de la actividad suministrada podemos obtener un indicador de progreso del tratamiento.

La Figura 2 muestra la se puede observar que la actividad suministrada no fue menor a 10 mCi y la máxima actividad suministrada de  $I^{131}$  fue de 26, 1 mCi, un aspecto muy importante para la dosimetría Biológica es que la media poblacional de la experiencia, muestra menor valor del daño normalizados a las tasas de dosis emitidas por los pacientes en la primera muestra que en las últimas muestras, es decir existe una relación exponencial negativa con el transcurso del tiempo.

### Test del Micronúcleo

La evaluación genotóxica realizada por medio del test de micronúcleos y de la variación de anomalías nucleares (cigoma) en células exfoliadas de la mucosa bucal, demostró una baja frecuencia de micronúcleos para los tres tiempos de muestreo.

**Tabla 1:** Valores de actividad suministrada y % de daño al ADN para cada muestra.

Código	Actividad Suministrada	%DNA 1	%DNA 2	%DNA 3
202006V-1	13,7	60,03	67,75	53,31
212006V-1	20	52,36	65,6	51,39
222006N-1	19,8	80,11	67,53	61,84
231807V-1	11	71,82	66,61	75,68
241807V-1	25,5	66,97	76,95	49,77
252208V-1	23,1	65,35	62,43	63,41
262208N-1	18,4	52,66	67,75	64,98
271909V-1	19,9	80,11	73,93	51,39
281909V-1	17,3	69,82	76,95	75,2
291909V-1	24,4	66,97	61,12	74,79
302109G-1	24,3	72,84	52,19	49,77
312109G-1	24,9	72,57	66,03	73,34
322109A-1	20,6	77,53	60,6	61,43
(332410V-1)	21,7	65,32	84,81	65,79
(342111V-1)	24,6	79,09	70,46	69,68

Mientras que las evidencias de apoptosis y/o necrosis como la cariólisis y cariorrexis mostraron un aumento a casi el triple durante el segundo muestreo y una disminución de estos valores para la tercera toma de muestra. En 2000 células analizadas por cada paciente para cada una de las dosis terapéuticas suministradas, aproximadamente el 70 % de los pacientes analizados mostraron este patrón de frecuencias para las anomalías nucleares analizadas. Al mismo tiempo el resto de la población muestra un aumento de cariólisis y/o cariorrexis en la segunda radiación y en la tercera. Esta situación podría deberse a la cantidad de yodo absorbido por la tiroides, pudiéndose inferir a priori de los datos analizados que, a menor captación de yodo, se tiene una mayor presencia de yodo circulante.

Por lo que la frecuencia de micronúcleos es baja debido a que el patrón de proliferación celular en este tipo de tejido epitelial, requieren 21 días para que las células mutadas lleguen a la superficie descamable del epitelio. Siendo las células más diferenciadas y componentes de este epitelio las

más agredidas por las radiaciones, manifestando la sensibilidad con la variación de la frecuencia de cariólisis y cariorrexis.

Los resultados se pueden observar en las Figuras 3a y 3b, en donde se puede notar que el indicador biológico del test del micronúcleo tiene una frecuencia baja en relación a los otros indicadores apoptóticos.

### Dosimetría Física

Respecto de la dosimetría física y del monitoreo de radiación se pudo observar que la curva de retención del  $I^{131}$  sigue la misma tendencia que la curva del monitoreo in-situ, con lo cual se corrobora la cinética de transferencia del radiofármaco en los compartimientos biológicos como la sangre, las glándulas tiroideas y las excretas.

Se observado que existe buena correspondencia entre los valores dosis absorbida estimados mediante el software: Thyroid  $I^{131}$ , Uptake estimation in Graves' disease y la aproximación sugerida en este proyecto, además comparándola con las tablas de

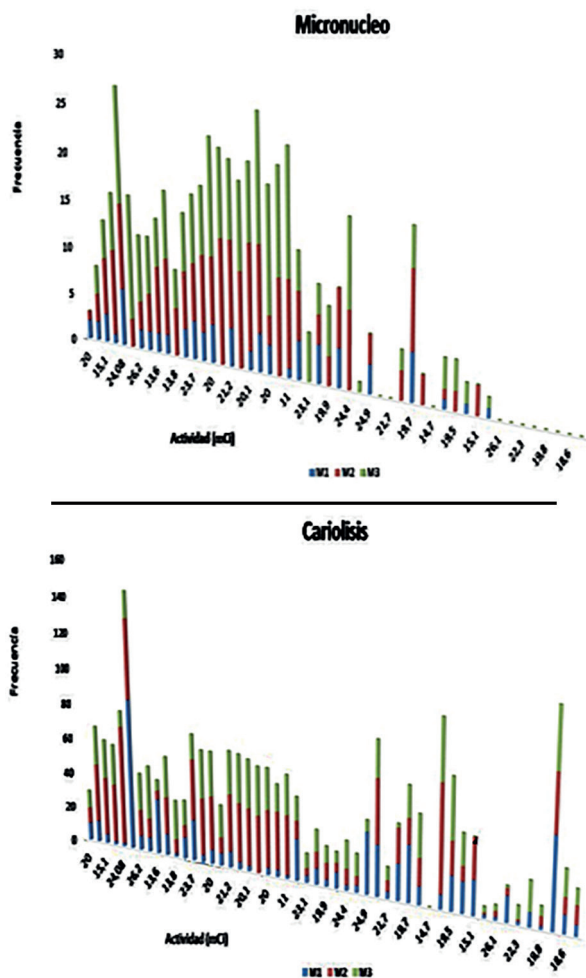


Figura 2: Grafico del %ADN normalizado por la tasa de dosis en función de la actividad suministrada.

cálculo de la Sociedad Española de Física Médica, la correlación es positiva, se debe notar que en algunos casos la desviación es muy grande, lo cual se debería a la individualidad del tratamiento y el consumo de drogas antitiroideas. Como se puede observar en la Figura 4.

**Correlación entre los Test Biológicos y la dosimetría Física.**

Los datos del test de micronúcleos muestran la poca sensibilidad al cambio de las dosis en las tiroides, tampoco muestra cambio respecto la Actividad (mCi), llegando a tener valores de frecuencia mayores cuando menor es la

actividad suministrada, tampoco estos valores son significativos en relación al número de células muestreadas (2000 células) y los valores relativamente más altos de otros indicadores citogenéticos.

Debido al párrafo anterior se considera que el test de micronúcleo en la **mucosa bucal** no es específico para relacionarlo con las dosis de radiación en las glándulas tiroideas.

En el caso del Test del cometa se ha observado que la variabilidad del daño demostrado por la longitud de la “cola del cometa” no es una función de la Actividad(mCi) suministrada al paciente, sin embargo, si es posible relacionar la variación del daño genético con las tasas de dosis medidas en el

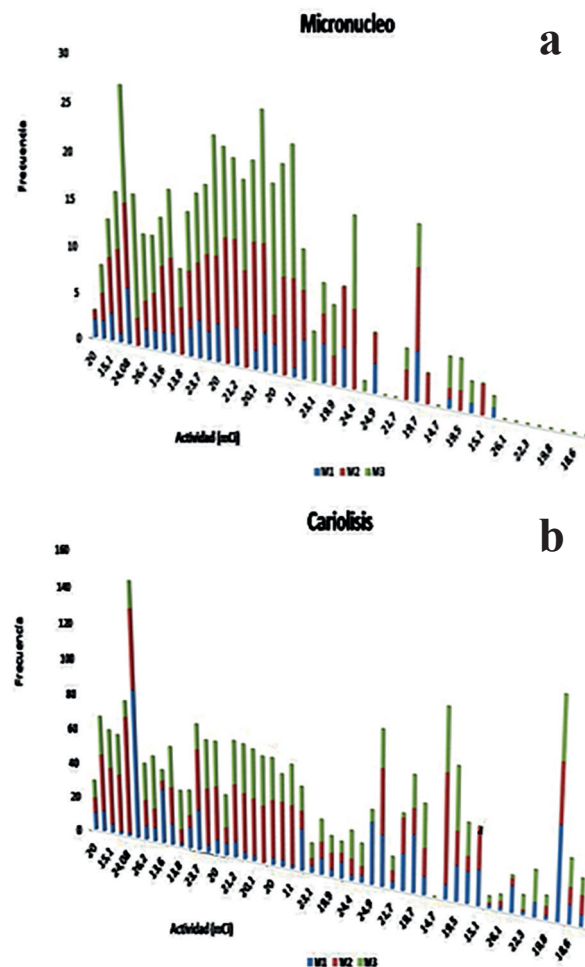
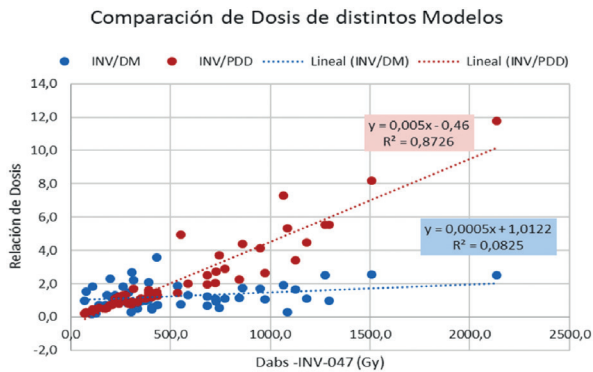


Figura 3: a) frecuencia de Micronúcleos y b) frecuencia de caríolis.

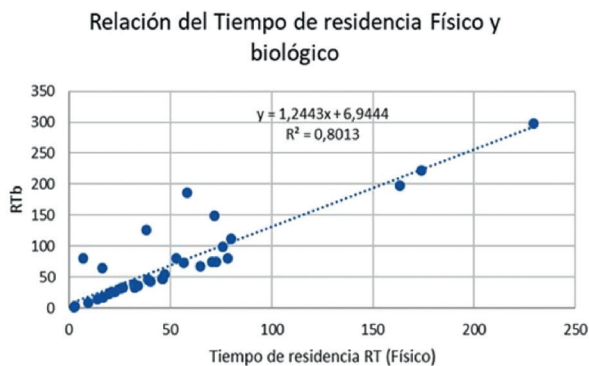


**Figura 4:** Datos comparativos de las tres estimaciones de dosis absorbida por la tiroides.

paciente en los días de muestreo de los linfocitos de sangre periférica.

El hecho de encontrar variación mensurable en el test del Cometa al transcurrir el tiempo y por ende al reducirse la radiactividad en la tiroides del paciente resulta en un indicador más atractivo que el test de micronúcleo.

Al comparar el coeficiente de decaimiento del daño del ADN en función del tiempo, con el periodo de descarga del  $I^{131}$  de las tiroides, obtenemos una correlación del 80% con lo cual se considera dicha magnitud como una posible corrección del cálculo físico de la misma magnitud expresada como el inverso de las horas de descarga, esto se muestra en la Figura 5.



**Figura 5:** Gráfica de correlación entre el valor medido con el test del cometa y los valores de dosis estimados con el método de las imágenes conjugadas.

### Conclusiones

En vista de los resultados observados y el estado del arte internacional respecto a los objetivos del proyecto se puede mencionar que se ha demostrado que el rango de sensibilidad del test de micronúcleo en especial en la mucosa bucal es menor que el grado de sensibilidad genotóxica del test del cometa.

El test del micronúcleo en la mucosa bucal, no específico de daño genético por radiación debido especialmente a tres factores teóricos, en primer lugar, el tiempo de permanencia y la concentración del yodo radiactivo en las glándulas salivales y la tiroides es menor, segundo las emisiones de partículas beta y su interacción entregan toda su energía en algunos milímetros, lo que haría que las capas basales de la células de la mucosa bucal sean irradiadas mucho menos que los linfocitos de sangre periférica en contacto o que hayan incorporado yodo radiactivo. Lo anterior se pudo notar por la constante de carga y descarga en los distintos compartimientos especificados en la bibliografía (Dunstana *et al.*, 2015). Una opción posiblemente de mayor sensibilidad se encuentre verificando el test del micronúcleo no en la mucosa bucal sino en linfocitos de sangre periférica.

En cuanto al Test del Cometa se ha encontrado mayor sensibilidad debido al aumento de Iodo en sangre, como consecuencia a la baja absorción de Iodo por las tiroides por lo que puede ser un indicador del progreso y perspectiva terapéutica de la enfermedad, lo cual estaría causando mayor índice de daño en el ADN, en las células de los pacientes, no así cuando las glándulas absorben mayor cantidad de Iodo, y este disminuye en sangre produciendo una disminución de % de daño en el ADN muestreado por el Test del cometa.

Por otra parte se ha demostrado la capacidad de reparación del ADN que permite que dosis de radiación tan extremas pueda tener una acción terapéutica y se pueda distribuir en un periodo de 50 a 100 días dentro del organismo, permitiendo de esta manera el nivel de daño en la molécula de ADN disminuya a medida que pasa el tiempo y la dosis vaya disminuyendo en el sistema, esto fue evidenciado por la dosimetría física al evaluar el %

de incorporación de actividad en función del tiempo de muestreo y con ello se llega a verificar las dosis absorbida por la glándula tiroides.

En conclusión, el porcentaje de ADN en la cola del cometa resulta ser un buen indicador de la capacidad de absorción de yodo  $^{131}$  en la tiroides, que a medida que disminuya la concentración en sangre, mayor daño en la molécula podrá encontrarse y puede utilizarse como referencia en nuevos estudios epidemiológicos como buen indicador de tratamiento con esta modalidad.

En cuanto a las estimaciones de las dosis de radiación en las tiroides se ha demostrado la aplicabilidad de dicha dosimetría y se debe enfatizar que esta actividad y su metodología es la primera vez realizada en el país originando la posibilidad de aplicarlo tanto para mejorar la calidad del tratamiento sino también para establecer criterios de protección Radiológica y registros en el ámbito de las regulaciones.

### Contribución de los autores

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

### Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

### Literatura citada

Berg, G., Michanek, A., Holmberg, E. & Fink, M. (1996). Iodine-  $^{131}$  treatment of hyperthyroidism: significance of effective half-life measurements. *Journal Of Nuclear*

*Medicine*, 37(2): 228–232.

Autoridad Regulatoria Nuclear. (1998). *Curso de post-gradó en protección radiológica y seguridad nuclear*. Volumen 1. Buenos Aires: Autoridad Regulatoria Nuclear.

Snyder, W., Cook, M., Nasset, E., Karhausen, L., Parry Howells, G. & Tipton, I. (Eds.). (1975). Report of the task group on reference man. *Reports of the International Commission on Radiological Protection*, 23, 1–500.

Marinelli, L. (1949). Dosage determination in the use of radioactive isotopes. *Journal of Clinical Investigation*, 28(6)1: 1271–128.

Siegel, J., Thomas, S., & Stubbs, J. (1999). MIRD pamphlet no. 16: techniques for quantitative radiopharmaceutical biodistribution data acquisition and analysis for use in human radiation dose estimates. *Journal of Nuclear Medicine*, 40(2): 37–60.

Hänscheid, H., Canzi, C., Eschner, W., Flux, G., Luster, M., Strigari, L. & Lassmann, M. (2013). EANM Dosimetry Committee series on standard operational procedures for pre-therapeutic dosimetry II: dosimetry prior to radioiodine therapy of benign thyroid diseases. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, 40(7): 1126–1134.

Dunstana, M. R., Brill, A., Zanzonico, P., Vicini, P., Moroz, B., Kwon, D. & Simon, S. (2015). Organ Dose Estimates for Hyperthyroid Patients Treated with  $^{131}$ I: An Update of the Thyrotoxicosis Follow-Up Study. *Radiation Research*, 184(6): 595-610.

## Presencia de Contaminantes Microbiológicos en Batas de Laboratorio de Técnicos de un Centro de Investigación

### Presence of Microbiological Contaminants in Lab Coats of Technicians from a Research Center

Ingrid Micaela Barua Stock<sup>1</sup>, Magdalena Sarmiento<sup>1</sup>, Yadira Parra González<sup>1</sup>, Gilberto Antonio Benítez Rodas<sup>1,2</sup>, Christian Arce<sup>1</sup>, Danilo Fernández Ríos<sup>1</sup> & Andrea Alejandra Arrúa<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Biotecnología. San Lorenzo, Paraguay.

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Asunción Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas, Dirección General de Investigación Científica y Tecnológica. San Lorenzo, Paraguay.

<sup>3</sup>Autor correspondiente: [andrea.arrua@cemit.una.py](mailto:andrea.arrua@cemit.una.py); [arrua@facen.una.py](mailto:arrua@facen.una.py).

**Resumen:** La bata de laboratorio es un elemento de protección para las personas que trabajan en salud e investigación que los separa de agentes contaminantes. Sin embargo, si se utiliza inadecuadamente, puede ser una fuente de contaminación microbiológica. Este estudio se llevó a cabo para determinar la carga microbiana de bacterias, hongos y levaduras presentes en las batas de los técnicos de un centro de investigación de la Universidad Nacional de Asunción. Se realizó una encuesta a 12 personas que trabajan en ese centro y se tomaron muestras de los bolsillos, el antebrazo y la parte baja de la espalda de sus batas para el recuento de colonias con un contador de colonias manual. El estudio reveló que el mayor promedio de unidades formadoras de colonias a las 48 h se dio en el rango etario de 50 años. En cuanto al lugar en donde guardan las batas, el 67% de los participantes indicó que la dejan colgada en el perchero del laboratorio, 17% en su automóvil, 8% en el armario de su hogar y 8% en su cartera, siendo la mediana de UFC en las batas guardadas en auto de 84, la mayor. En conclusión, las batas de los técnicos están muy contaminadas y las prácticas adecuadas de mantenimiento y manipulación se deben aplicar para minimizar la contaminación.

**Palabras clave:** bata, microbiológico, técnicos, centro de investigación.

**Abstract:** The lab coat is a protective element for people who work in health and research that separates them from pollutants. However, if used improperly, it can be a source of microbiological contamination. This study was carried out to determine the microbial load of bacteria, fungi and yeasts present in the coats of the technicians of a research center of the National University of Asunción. Twelve people working at the center were surveyed and samples were taken from the pockets, forearm, and lower back of their gowns for colony counting with a manual colony counter. The study revealed that the highest average number of colony-forming units at 48 h occurred in the 50-year age range. Regarding the place where they keep their gowns, 67% of the participants indicated that they leave them hanging on the laboratory coat rack, 17% in their car, 8% in their home closet and 8% in their purse, being the median CFU in car stowed gowns of 84, the highest. In conclusion, technician coats are heavily contaminated and proper maintenance and handling practices must be applied to minimize contamination.

**Keywords:** white coat, microbiological, technicians, research center.

## Introducción

El uso del chaleco o bata es común entre los profesionales que trabajan en los laboratorios y esto las torna como potenciales vehículos para la transmisión de microorganismos (Margarido *et al.*, 2014). Es así que la bata de los técnicos e investigadores es la primera barrera entre el personal y el agente infeccioso y/o contaminante (L. AL-Hussainin, 2016).

En los laboratorios de investigación y servicios, las actividades suelen realizarse en diferentes ambientes como laboratorios, oficinas, aulas, de modo que el investigador y su personal se encuentran

en exposición constante, con el riesgo de contraer una infección ocupacional (Morelos Ramírez *et al.*, 2014).

El uso de batas por parte de los profesionales de diferentes áreas como salud, biología, farmacia, alimentos, microbiología y otras y los científicos es una práctica extendida, pero cuándo, dónde y cómo las usamos y lavamos varían entre las personas e incluso entre las diferentes instituciones. Pese a los protocolos de seguridad establecidos, es muy común ver que los usuarios de estas prendas las llevan puestas fuera del área de los laboratorios,

Recibido: 16/08/2021    Aceptado: 07/09/2021



como por ejemplo en comedores, sanitarios, supermercados, incluso en la calle (Michigan State University, 2003).

También es común que los lugares en donde se guardan las batas sean en los vehículos o sobre una silla en los laboratorios. Todos estos son factores importantes que incrementan las posibilidades de dispersar todo tipo de microorganismos tanto patógenos como no patógenos en distintas áreas (Qaday *et al.*, 2015). Los contaminantes biológicos pueden incluir a diversos tipos de microorganismos como bacterias, hongos, levaduras, virus, algas, protozoos, invertebrados (Abatenh *et al.*, 2018).

Con el objetivo de determinar la carga microbiana de bacterias, hongos y levaduras presentes en batas de laboratorio de pasantes, analistas e investigadores de un centro de investigación de la Universidad Nacional de Asunción se realizó el presente estudio.

### Materiales y Métodos

Se desarrolló un estudio descriptivo de corte transversal con muestreo aleatorio. Primeramente, se realizó un cuestionario anónimo con 13 preguntas a un total de 12 personas incluyendo 8 analistas, 2 investigadores y 2 estudiantes que se encontraban realizando pasantía en los laboratorios del centro de investigación del estudio. Las preguntas incluyeron datos acerca de la edad, género, y formación académica. Además, se consultaron cuestiones relacionadas a periodos y formas de lavado de la bata, lugares de utilización y guardado de la bata, y si es de uso personal o compartido.

Se recolectaron en total 36 muestras, las cuales fueron tomadas en 3 diferentes puntos de la bata de laboratorio: dentro de un bolsillo, en el antebrazo y en la parte baja de la espalda en el caso de las batas con mangas largas; para las batas con mangas cortas y la chomba, los puntos fueron: ambos bolsillos y la parte baja de la espalda.

Se utilizaron placas RODAC para recuento de colonias con medio de cultivo Triptona de Soja Agar (TSA). Cada placa fue codificada y numerada indicando la fecha de toma de muestras. Dos placas utilizadas como control fueron expuestas al ambi-

ente por dos minutos. Posteriormente las placas fueron incubadas a  $25 \pm 2$  °C por 48 horas, luego de las cuales se realizó el conteo de unidades formadoras de colonias (UFC) mediante un contador de colonias manual. Seguidamente, los datos fueron registrados en una planilla Excel. Los resultados obtenidos tanto de los cuestionarios como de las UFC fueron analizados con estadística descriptiva.

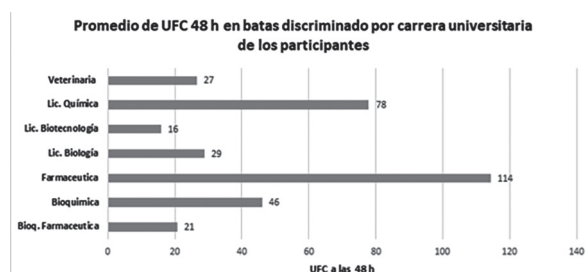
### Resultados

Las edades de los participantes oscilaron entre 22 y 50 años. El promedio de UFC en batas de laboratorio por intervalos de edad fue: 37 UFC entre 20 y 25 años, 29 UFC entre 30 y 35 años, 80 UFC entre 36 y 40 años, 114 UFC 50 años. El mayor número de UFC a las 48 h se dio en el participante de 50 años, seguido de las batas de los participantes de entre 36 a 40 años.

En cuanto al género de los participantes, siete personas de género femenino y cinco de género masculino participaron de este estudio. La media de UFC en las participantes de género femenino fue de 48, mientras que en los participantes de género masculino fue de 68.

En cuanto a la cantidad de UFC en función al nivel académico, participaron personas con carreras de grado (ocho), maestría (dos) y doctorado (dos). En el caso de los participantes con carreras de grado la media de UFC fue de 47, mientras que los participantes con grados de maestría presentaron una media de 121 UFC y aquellos con doctorado una media de 29 UFC.

En relación con la profesión de los participantes, los resultados se resumen en la Figura 1.



**Figura 1.** Promedio de UFC a las 48 h en batas de laboratorio discriminado por carrera universitaria de los participantes.

**Tabla 1.** Periodicidad del lavado, tiempo transcurrido desde el último lavado y método de lavado empleado.

Periodicidad del lavado	Tiempo transcurrido desde el último lavado	Método de lavado
Semanalmente	15 días	Cepillo con jabón + hipoclorito al 3% + lavadora
Semanalmente	5 días	Hipoclorito + jabón + lavadora
Semanalmente	10 días	Jabón líquido + lavadora
Cada dos semanas	2 meses	Jabón en polvo + lavadora
Semanalmente	3 días	Jabón en polvo + lavadora
Semestralmente	7 días	Jabón líquido + lavadora
Semanalmente	7 días	Remojo en salmuera + lavadora + jabón
Semanalmente	5 días	Jabón en polvo + lavadora a 90 °C por 2 horas
Cada 3 días	5 días	Agua + jabón a mano
Diariamente	7 días	Remojo en jabón por 24 horas + a mano
Semanalmente	4 días	Hipoclorito + agua + jabón a mano
Semanalmente	4 días	Remojo en jabón + a mano

En cuanto a la función de los participantes en el laboratorio de investigación, se categorizaron en 3 grupos principales: Pasantes (2 personas) ambos con formación a nivel de grado, Analistas (8 personas), 2 personas con formación de maestría y 6 personas con formación a nivel de grado académico e Investigadores (2 personas), ambos con nivel de doctorado. En las batas de pasantes se observó una media de 31 UFC, en las de analistas 69 UFC, y en las de investigadores 29 UFC.

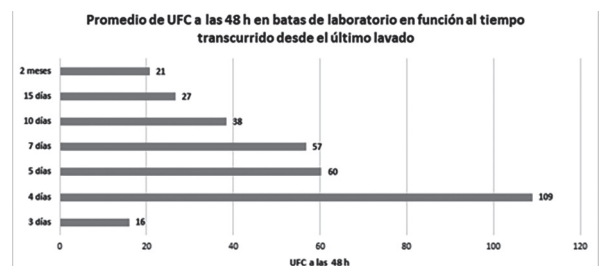
En cuanto a la periodicidad del lavado, el 75 % de los participantes indicó que lava sus batas semanalmente, manifestando que llevaban a su casa la bata los viernes al terminar la jornada laboral y la traían nuevamente los lunes, luego del lavado. Mientras que una persona (8,33 %) lo hacía cada dos semanas, otro (8,33 %) lavaba su bata cada tres días y un tercero (8,33 %) indicó que la lava diariamente. Sin embargo, al consultar sobre el tiempo transcurrido desde el último lavado de las batas no se encontró coincidencia con la respuesta anterior, como se puede visualizar en la Tabla 1. Los participantes declararon emplear el lavado en lavadora a temperatura ambiente con jabón en

polvo y líquido (cinco personas), en cuanto que tres personas indicaron el empleo de lavado a mano.

Dos aspectos interesantes fueron el de la cantidad de UFC en función del periodo de tiempo transcurrido desde el último lavado y el método de lavado. Ambos resultados se visualizan en las Figuras 2 y 3.

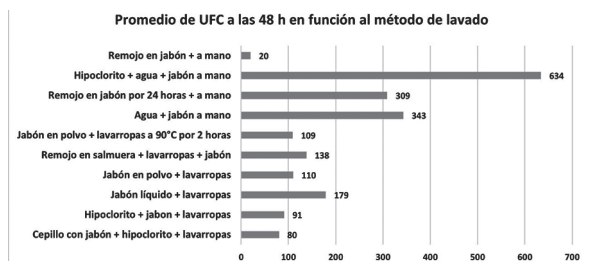
Los participantes en algunos casos mencionaron no recordar exactamente cuándo lavaron por última vez sus batas, o bien indicaron sentirse avergonzados del posible resultado del grado de contaminación de sus batas.

Si se agrupa de acuerdo con el sistema de lavado



**Figura 2.** Promedio de UFC a las 48 h en batas de laboratorio en función del tiempo transcurrido desde el último lavado.





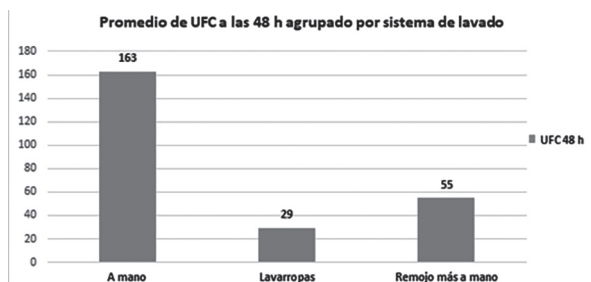
**Figura 3.** Promedio de UFC a las 48 h en batas de laboratorio en función del método de lavado.

utilizado por los participantes se puede visualizar que aquellos que utilizan lavadora en comparación a lavado a mano indican una menor cantidad de UFC a las 48 h en sus batas (Figura 4).

Diez de los 12 participantes indicaron además que el lavado de las batas lo realizan sin mezclarlas con el resto de la ropa del hogar, en un lavado por separado y siete indicaron que planchan sus batas, más bien por una cuestión estética que de limpieza.

Todos los participantes indicaron que su bata es personal y no la comparten, sin embargo, mencionaron que en los laboratorios existen batas de uso común que pueden utilizar en caso de olvidar la suya, y que por lo general estas batas se lavan a fin de año, en diciembre, si alguien las lleva a lavar. En relación con el guardado de la bata, el 67 % indicó que la deja colgada en el perchero del laboratorio, en un área separada, en las oficinas anexas a los mismos, 17 % en su automóvil, 8 % en el armario de su hogar y 8 % en su cartera. La mediana de las UFC en relación al lugar de guardado fue la siguiente: armario del hogar 70 UFC, auto 84 UFC, cartera 6 UFC, y laboratorio 21 UFC.

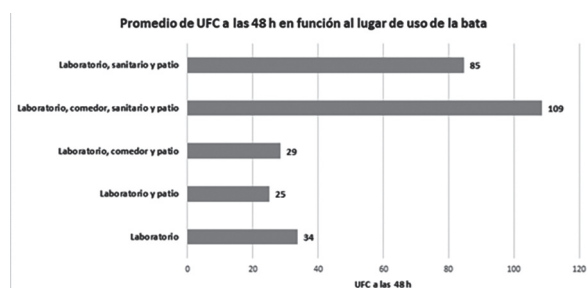
En cuanto al tipo de bata, 10 participantes



**Figura 4.** Promedio de UFC a las 48 h en batas de laboratorio en función al sistema de lavado.

utilizan bata con mangas largas, sin goma en el puño, uno con manga corta y uno utiliza “chomba o pijama quirúrgico” constituido por un pantalón y camisa mangas cortas con cuello en v. En el centro de investigación donde se realizó el estudio es obligatorio el uso de batas con mangas largas e inclusive éstas han sido proveídas de manera gratuita a todo el personal. En cuanto a la composición, dos atuendos se indicaron como 100 % poliéster, seis atuendos como 100 % algodón y cuatro atuendos como mezcla de algodón y poliéster, sin embargo, como el dato no pudo ser verificado puesto que las batas no contaban con las respectivas etiquetas, este parámetro no fue objeto de estudio en este trabajo.

En cuanto al promedio de UFC en relación con el lugar de uso de las batas, aquellos que indicaron que iban al sanitario con sus batas presentaron los



**Figura 5.** Promedio UFC a las 48 h en batas de laboratorio en relación al lugar de uso de la bata.

valores más altos a las 48 h, como se visualiza en la Figura 5.

## Discusión

El uso de la bata “representa una forma de distinción en una parte del personal” tanto dentro como fuera de su ambiente de trabajo, sin embargo, este es un equipo de protección de la vestimenta particular del personal de laboratorio (Morelos Ramírez *et al.*, 2014).

Las batas de laboratorio deben tener mangas largas y cubrir hasta las rodillas, y ser confeccionadas con un tejido mezcla de algodón y lino, o algodón y poliéster, lo que permite lavarlas a alta temperatura y hacer que sea fácil visualizar si está limpia o no (Latifah AL-Hussainin, 2016). En el caso de este

estudio, el 50% de los participantes utiliza batas 100 % de algodón, esto se debe a que este centro de investigación provee a sus funcionarios de este tipo de material.

En este trabajo, en base a los resultados obtenido se puede visualizar que aquellas personas que utilizan sus batas fuera del laboratorio, especialmente las que llevan a los sanitarios tienen una mayor cantidad de contaminantes biológicos presentes en las mismas coincidiendo con reportes de otros autores (Morelos Ramírez *et al.*, 2014). Otro punto importante es que, como norma de bioseguridad, se recomienda el uso de la bata en áreas específicas y que no es recomendable su uso fuera de las instalaciones de los laboratorios (Michigan State University, 2003).

En trabajos similares, pero realizados en ambientes hospitalarios ha sido frecuente la presencia tanto de hongos como bacterias que podrían causar enfermedades en seres humanos, constituyéndose las batas como una fuente de inóculo y dispersión de patógenos (Akanbi *et al.*, 2017; AlSalman *et al.*, 2019; Brandão *et al.*, 2017; Gouda *et al.*, 2017).

En hospitales, se ha podido determinar que la menor contaminación en las batas se ha encontrado en médicos senior, al compararlos con médicos residentes y enfermeras, y que esto podría deberse a que poseen un contacto menor con los pacientes en comparación con los otros grupos (AlSalman *et al.*, 2019), sin embargo en el laboratorio de investigación en estudio esta circunstancia no se da, ya que los pasantes, analistas e investigadores que trabajan en el mismo solo tienen contacto entre ellos y no con otras posibles fuentes de contaminación.

Un estudio realizado en ambientes hospitalarios y que incluyó a 103 médicos que trabajaban en un consultorio, 69 médicos residentes y 33 funcionarios, reveló que el 77,7 % de las batas estaban contaminadas con *Staphylococcus aureus* (45,1 %), *Staphylococcus epidermidis* (26,2%), *Klebsiella pneumoniae* (22,6 %), *Pseudomonas aeruginosa* (3,7 %) y *Enterococcus faecalis* (2,4 %).

Las batas de los médicos residentes de género masculino estaban más contaminadas que las de las mujeres médicas residentes, donde las batas de los

hombres participantes de este estudio presentaron una mayor cantidad de UFC presentes en comparación con las de las mujeres (Akanbi *et al.*, 2017). Similares resultados a los obtenidos en nuestro trabajo fueron obtenidos por Kumar y colaboradores, que estudiaron batas de personal médico (n=120) en Kolhapur, India. Estos autores reportaron que el 75,5% de las batas del personal masculino y 72,2 % de las batas de personal femenino presentaron niveles variables de contaminantes microbiológicos (Kumar *et al.*, 2020).

En un estudio realizado en Etiopía se determinó que el 61 % de las batas de los trabajadores sanitarios estaban contaminadas por microorganismos (Gouda *et al.*, 2017). Los autores mencionaron diferencias significativas en los niveles de contaminación en relación a la frecuencia de lavado de batas por médico ( $P < 0,05$ ), indicando que en los participantes que lavaban su bata diariamente el nivel de contaminación fue de 6,2 %, en comparación con aquellas personas que lavaban sus batas cada dos a tres días (48,8 %) y cuatro a siete días (43,8 %) (Akanbi *et al.*, 2017). En nuestro estudio, el 100 % de las batas analizadas y el 67 % de los participantes indicó lavar sus batas semanalmente. La bata que según el dueño había sido lavada hacía tres días presentó la menor cantidad de UFC.

En aquellos que lavaban sus batas una vez a la semana, la contaminación fue del 50 %, en aquellos que lavaban sus batas más de una vez a la semana la contaminación fue del 64,8 % en media; en cuanto al lugar de utilización de las batas, aquellos que las utilizaban fuera del ambiente hospitalario presentaron niveles de contaminación de hasta el 82,9 % en comparación con las que solo las utilizaban en el hospital con un 50 % (Kumar *et al.*, 2020). Se ha mencionado que para disminuir la contaminación microbiológica cruzada es recomendable cambiar esta prenda cada tercer día y no usar la misma bata en áreas de trabajo diferentes, además se menciona que el pico de conteo de colonias bacterianas es alcanzado al sexto día de uso de la bata (Morelos Ramírez *et al.*, 2014). En nuestro trabajo los niveles más altos de UFC se obtuvieron en las batas de las personas que mencionaron llevarlas a los sanitarios.

Ha sido demostrado que los microorganismos pueden sobrevivir entre 10 y 98 días en tejidos que se utilizan para confeccionar estas batas, que incluyen algodón, algodón y poliéster, o materiales de poliéster (Robati *et al.*, 2013).

En un estudio realizado en Italia con 14 batas 100% algodón, se compararon métodos de lavado de batas de trabajadores de salud que comparó el lavado industrial versus el lavado doméstico con diferentes métodos, y con un periodo de uso de cinco a siete días, se empleó lavado con detergente doméstico y cuatro programas distintos de lavado de una lavadora nueva para uso doméstico, en particular, cuatro batas a 40 °C durante 40 min y cuatro batas a 90 °C durante 60 min y se comparó con el lavado industrial en hospital, con un prelavado de 15 min con detergente e hipoclorito de sodio, lavado y desinfección (15 min a 60 °C con detergente y desinfectante), centrifugado (10 min) y neutralización (suavizante y ácido acético por 5 min). Los autores concluyeron que el lavado doméstico resulta inefectivo al compararlo con el lavado industrial (Chiereghin *et al.*, 2020). En nuestro estudio, a pesar de que ninguna bata pasó por un proceso de lavado industrial, los resultados obtenidos demostraron que las batas lavadas a máquina presentaron niveles de contaminación menores a las lavadas a mano en media.

Otro estudio, realizado en India en 2019 para un total de 40 muestras determinó que las batas de hospital de las enfermeras se encontraban contaminadas aún después del lavado doméstico, la reducción bacteriana posterior a este lavado fue 76 % en batas de poliéster y 81 % en batas mezcla de algodón y poliéster. Casi el 20 % de los contaminantes quedaron retenidos en el abrigo después del lavado, lo que indica que las enfermeras, de hecho, son portadoras de infecciones potencialmente dañinas tanto en el hospital y sus hogares y un hecho similar podría darse con patógenos presentes en las batas de los pasantes, analistas e investigadores del centro de investigación donde realizamos nuestro trabajo (Gupta *et al.*, 2019).

Las prácticas adecuadas de limpieza y manipulación de las batas son precauciones que se deben

tomar para minimizar el grado de contaminación microbiana y para prevenir la contaminación cruzada en los laboratorios de investigación y servicios (Akanbi *et al.*, 2017).

En un estudio realizado en el año 2013 con batas de estudiantes 50 estudiantes de grado y postgrado de medicina, se determinó que, aunque los sujetos percibieron que sus batas estaban limpias, incluso sin manchas, 41 eran conscientes de que las batas podrían actuar como un modo de transmisión de los organismos patógenos del hospital. Los datos de las prácticas de lavado de los estudiantes revelaron que la mayoría de los estudiantes habían lavado sus batas blancas en la última semana (71%). A pesar de esto, la contaminación fue alta (62% - 78%), independientemente del intervalo de tiempo desde el último lavado (Robati *et al.*, 2013).

Un aspecto fundamental son las actitudes de las personas en relación a la limpieza de sus batas y las prácticas de manejo de éstas; tener más de una bata para el trabajo, el lavado constante evitando el uso durante un largo período de tiempo permitirá la disminución de la cantidad de contaminantes microbiológicos en ellas (Akanbi *et al.*, 2017).

Algunas de las recomendaciones comunes a seguir para reducir el nivel de contaminación de las batas de laboratorio son la compra anual de la bata y poseer dos o más batas de material adecuado, y esto debe ser obligatorio como parte de la política institucional de la Universidad; establecer protocolos de limpieza de las batas y entrenar al personal en el uso de estos. Se debe alentar a los usuarios de batas a que laven sus batas semanalmente, de ser posible por lo menos dos veces a la semana. Este trabajo proporciona evidencia microbiológica para apoyar la exclusión de batas de las áreas no propias de los laboratorios como el patio, comedor y sobre todo los sanitarios y que es necesario el cumplimiento de los protocolos de higiene de manos entre todos los trabajadores ya que el incumplimiento aumenta la contaminación de las batas (Robati *et al.*, 2013).

### Conclusión

Este estudio sugiere que las batas de los pasantes, analistas e investigadores se encuentran frecuent-

emente contaminadas y son capaces de albergar microorganismos. También indica la necesidad de tomar precauciones para reducir el grado de contaminación en el entorno de trabajo.

### Contribución de los autores

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

### Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

### Literatura citada

- Abatenh, E., Gizaw, B. & Tsegaye, Z. (2018). Contamination in a Microbiological Laboratory. *International Journal of Research Studies in Biosciences*, 6(4): 7–13.
- Akanbi, A.A.A., Kareem, T., Adedoja, A., Nyamnge, A., Muhammed, M.B.U., Abdulkareem, K. & Atata, R.F. (2017). Bacterial contamination of medical doctors' white coats as contributing factor to hospital acquired infections. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(1): 185–194.
- AL-Hussainin, L. (2016). Definition of dangerous microbes contaminated white coats for students of health colleges and science. *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*, 24(2): 645–652.
- AlSalman, J.M., AlAlwan, Y.N., Rajab, M.R. & Saeed, N.K. (2019). Bugs on Cuffs and Pockets: A Cross-sectional Study of the Contamination of Healthcare Personnel Attire at Salmaniya Medical Complex. *International Arabic Journal of Antimicrobial Agents*, 9(1)2: 1–8.
- Brandão, B.B., Porto, J.C.S., Filho, C.A.M., Oliveira, M.C.L., Monte, T.L., Moura, L.K.B., Salmito, I.D.M.N., Ribeiro, I.P. & Mobin, M. (2017). Fungal contamination in white medical coats of dentistry professionals. *International Archives of Medicine*, 10(147): 1–5.
- Chiereghin, A., Felici, S., Gibertoni, D., Foschi, C., Turello, G., Piccirilli, G., Gabrielli, L., Clerici, P., Landini, M.P. & Lazzarotto, T. (2020). Microbial Contamination of Medical Staff Clothing During Patient Care Activities: Performance of Decontamination of Domestic Versus Industrial Laundering Procedures. *Current Microbiology*, 77: 1159–1166.
- Gouda, N.S., Sultan, A.M., Eldegl, H. & Seliem, W. (2017). Bacterial contamination of white coats and hands of healthcare workers at Mansoura university children's hospital, Mansoura-Egypt. *African Journal of Clinical and Experimental Microbiology*, 19(1): 18–23.
- Gupta, P., Bairagi, N. & Gupta, D. (2019). *Functional textiles and clothing*. In *functional textiles and clothing*. Singapore: Springer Nature. xi + 463 pp.
- Kumar, P.A., Chougale, R.A. & Sinduri, I. (2020). Bacterial Contamination of White Coats among Medical Personnel- A Cross Sectional Study in Kolhapur, India. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 14(2): 1405–1411.
- Margarido, C., Auxiliador, Villas Boas, T. Monteiro, Mota, V. Siqueira, da Silva, C. Karin. M. & Poveda, V.B. (2014). Microbial contamination of cuffs lab coats during health care. *Revista Brasileira de Enfermagem*, 67(1): 127–132.
- Environmental Health & Safety. (2003). *Personal Protective Equipment Guidelines*. East Lansing: Michigan State University. 39 pp. [Consultado: 5.v.2021] <[https://ehs.msu.edu/\\_assets/docs/ppe/msu-ppe-manual.pdf](https://ehs.msu.edu/_assets/docs/ppe/msu-ppe-manual.pdf)>.
- Morelos Ramírez, R., Ramírez Pérez, M., Sánchez Dorantes, G., Chavarín Rivera, C. & Meléndez-Herrada, E. (2014). El trabajador de la salud y el riesgo de enfermedades infecciosas adquiridas. *Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM*, 57(4): 34–42.
- Qaday, J., Sariko, M., Mwakyoma, A., Kifaro, E., Mosha, D., Tarimo, R., Nyombi, B. & Shao, E. (2015). Bacterial Contamination of Medical Doctors and Students White Coats

at Kilimanjaro Christian Medical Centre,  
Moshi, Tanzania. *International Journal of  
Bacteriology*, 2015(507890): 1–5.  
Robati, R., Farokhi, M. M., Jaber, F. M. & Hash-

emi, S. A. (2013). Effect of white coats  
on spread of nosocomial infection. *Euro-  
pean Journal of Experimental Biology*, 3(3):  
156–159.

**Geología de los complejos alcalino-carbonatíticos, noreste de Paraguay Oriental****Geology of the alkaline-carbonatitic complexes, northeast of Eastern Paraguay**Narciso Cubas Villalba<sup>1,2</sup> , Néstor Damián Salinas Franco<sup>1</sup>  & Diego Adán López<sup>1</sup> <sup>1</sup>Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Geología.<sup>2</sup>Autor correspondiente: [ncubas@facen.una.py](mailto:ncubas@facen.una.py).

**Resumen:** Los complejos alcalino-carbonatíticos de los cerros Chiriguelo y Sarambí, forman estructuras circulares bien definidas, con diámetro entre 5 a 7 km, distan unos 25 y 68 Km respectivamente, hacia el Oeste de Pedro Juan Caballero, Región Noreste del Paraguay Oriental. Estos complejos ígneos alcalino-carbonatítico pertenecen a la Provincia Alcalina del Amambay de edad Mesozoica, que intruyeron a las unidades más antiguas que van desde el basamento cristalino de edad Precámbrica hasta el Carbonífero Superior; estas unidades a la vez fueron levantados y expuesto en las periferias de la intrusión formando su anillo externo, donde afloran las rocas metamórficas del basamento cristalino y los sedimentos Paleozoicos.

Litológicamente las rocas ígneas silicáticas son piroxenita micáceas que se encuentra ocupando la porción central de la estructura circular, circundada por sienita alcalina, sienita nefelínica, traquitas, fonolitas y diques de lamprófidos, que a su vez fueron intruidas por carbonatita transgresiva clasificadas como sovita, silicocarbonatita, ferrocronatita y rodbergita; la intrusión de magma de naturaleza carbonatítica, a su vez ha producido intensa fenitización de rocas circundantes de las rocas Precámbricas y Paleozoicas. En la porción central de la estructura anular se localizan los cuerpos carbonatíticos que actualmente se encuentran fuertemente meteorizadas, con importante desarrollo de suelo arcilloso descalcificado que normalmente contiene concentraciones anómalas de minerales asociados como son los de Elementos de Tierras Raras (ETR), estroncianita, pirocloro, apatito, magnetita y barita.

**Palabras clave:** Chiriguelo, Saramabí, magmatismo alcalino-carbonatítico, fenita, graben, Provincia Alcalina.

**Abstract:** The alkaline-carbonatite complexes of the Chiriguelo and Sarambí hills form well-defined circular structures, with a diameter between 5 and 7 km, about 25 and 68 km respectively, to the west of Pedro Juan Caballero, Northeast of Eastern Paraguay. These alkaline-carbonatite igneous complexes belong to the Alkaline Province of the Amambay of Mesozoic age, which intruded the oldest units that range from the crystalline basement of Precambrian age to the Upper Carboniferous; these units at the same time were raised and exposed in the peripheries of the intrusion forming their outer ring, where the metamorphic rocks of the crystalline basement and the Paleozoic sediments emerge.

Lithologically, the igneous silicates rocks are micaceous pyroxenite that is occupying the central portion of the circular structure, surrounded by alkaline syenite, nepheline syenite, trachytes, phonolites and lamprophyres dikes, which in turn were intruded by transgressive carbonatite classified as sovitite, silicocarbonatite, ferrocronatite and rodbergite; the intrusion of magma of carbonatitic nature, in turn has produced intense fenitization of surrounding of the Precambrian and Paleozoic rocks. In the central portion of the annular structure, the carbonatite bodies that are currently heavily weathered are located, with significant development of decalcified clay soil that normally contains anomalous concentrations of associated minerals such as the Rare Earths Elements (REE), strontium, pyrochlore, apatite, magnetite and barite.

**Keywords:** Chiriguelo, Saramabí, alkaline-carbonatitic magmatism, fenite, graben, Alkaline Province.

**Introducción**

El Departamento de Amambay está localizado en el extremo NE del Paraguay Oriental, limita al Norte y al Noreste con el Brasil. La geología en esta región está conformada básicamente por rocas metamórficas del Precámbrico, además de unida-

des estratigráficas de la cuenca del Paraná con las formaciones Aquidabán, Misiones y Alto Paraná, intruidas por magmatismo alcalino-carbonatítico de edad Mesozoica, que constituye el límite Occidental de la Cuenca. El complejo alcalino de Chiriguelo es una intrusión ígnea de afinidad alcalina.

Recibido: 26/07/2019 Aceptado: 17/08/2021



lino-carbonatítica, que se encuentra distante a 25 Km al Oeste de Pedro Juan Caballero, al costado de la Ruta N° 5. Tiene una estructura anular típica y está situado en la intersección de lineamientos estructurales de dirección NE-SW y NW-SE (Fig. 1). El complejo alcalino-carbonatítico del Cerro Sarambí, es otra intrusión situado a unos 68 Km al Oeste de Pedro Juan Caballero, localizado en el límite de los Departamentos de Concepción y

Amambay, es también una anular con cerca de 7 km de diámetro.

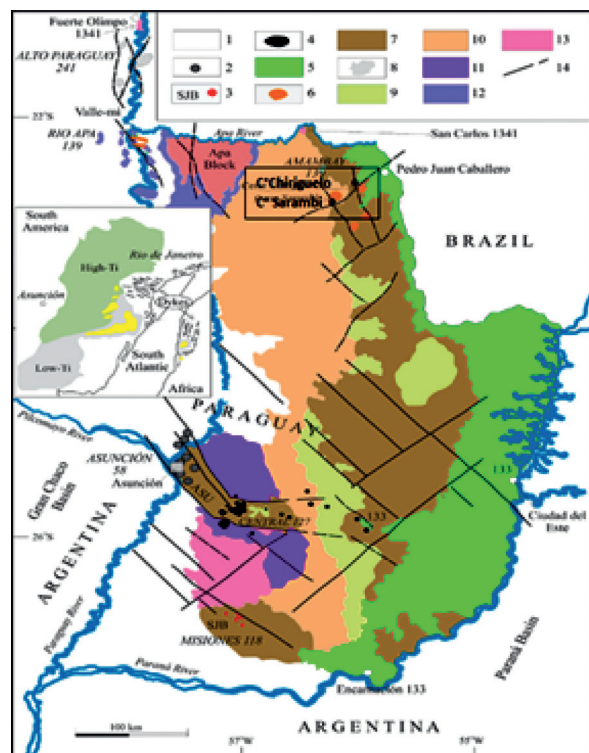
## Resultados y discusión

### Geología de los complejos alcalino-carbonatíticos

En la provincia de Amambay la actividad magmática formó principalmente los complejos de carbonatos alcalinos anulares de los cerros Chiriguelo y Sarambí. Las rocas ígneas están constituidas por piroxenitas, sienitas alcalinas, diques de traquitas y fonolitas y fenitas. Las determinaciones de edades varían entre según los autores 119-126 Ma (Eby & Mariano, 1986),  $128 \pm 5$  Ma (Mariano & Druecker, 1985) 135-142 Ma (Almeida, 1983); la determinación de edad más reciente por método  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  es de 139 Ma, (Comin-Chiaramonti y Gomes, 2005); esta edad es muy similar a la de los complejos alcalinos de Velasco en Bolivia. La provincia de Amambay se encuentra dentro del dominio del Arco Ponta Porã, una estructura de dirección NE-SW que fue identificada por Thomas & Associates (1976) y entre dos depresiones sobresalientes, una hacia el NW y la otra hacia el SE de Pedro Juan Caballero. Estas depresiones probablemente representan cuencas sedimentarias, y el bloque levantado del Arco Ponta Porã (Velázquez et al, 1998b; Comin-Chiaramonti et al, 1999). El control tectónico de las intrusiones alcalinas de la Provincia de Amambay por el Arco de Ponta Porã, como lo propusieron Livieres y Quade (1987).

La geología del complejo se presenta bastante variada, desde rocas Precámbricas hasta depósitos Cuaternarios. El Precámbrico se presenta con rocas metamórfica con deformaciones intensas, constituida por esquistos micáceos, esquistos de clorita, esquistos talco-clorita y cuarcita (Alcover Netto, 1997). La depresión central del Cerro Sarambí está constituida por una intrusión ígnea compuesta por piroxenita y sienita alcalina y traquita que intruyó a las rocas metamórficas de edad Precámbrica. Descripción y clasificación petrográfica más detallada de las rocas metamórficas que bordea a las intrusiones alcalinas-carbonatíticas es aún muy escasa;

**Figura 1.** Mapa Geológico del Paraguay Oriental, adaptado de Comin-Chiaramonti et al, (1999). **1)** Sedimentos Cuaternario. **2)** Rocas alcalinas sódicas Terciarias. **3)** Rocas alcalinas sódicas del Cretácico Superior (Provincia de Misiones, San Juan Bautista, SJB). **4)** Rocas alcalinas potásicas Cretácico Inferior (rift de Asunción-Sapucaí-Villarrica). **5)** Basaltos toleíticos del Cretácico Inferior (Formación Alto Paraná). **6)** Rocas alcalinas-Carbonatíticas. **7)** Rocas sedimentarias del Triásico-Jurásico (Formación Misiones). **8)** Rocas alcalinas Permo-triásicas (Provincia de Alto Paraguay). **9)** Rocas sedimentarias Pérmicas (Grupo Independencia). **10)** Rocas sedimentarias Carboníferas (Formaciones Aquadabán y Coronel Oviedo). **11)** Rocas sedimentarias Ordovícico-silúricas (Grupos Caacupé e Itacurubí). **12)** Calizas Cambro-Ordovícica (Grupo Itacupumí). **13)** Basamento cristalino (Rio Apa y Rio Tebicuary) Complejos metamórficos, rocas metasedimentarias de bajo grado e intrusiones ígneas ácidas. **14)** Fallas principales.



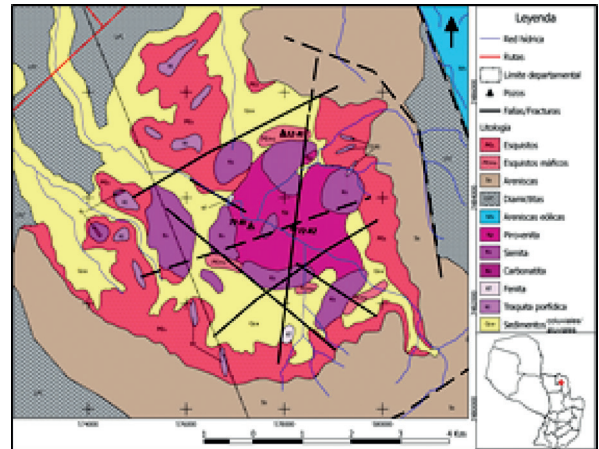
solamente se tiene una clasificación macroscópica. Estos Complejos fue explorado activamente entre los años 1979-1982 por la compañía de exploración mineral The Anschutz Corp. (Fig. 2) en la búsqueda de minerales atípicos asociados a rocas carbonatíticas como: Niobio, Uranio, Tierras Raras. Además, en el área se realizaron otras investigaciones como el Proyecto Aquidabán (1972), Premoli y Velázquez (1981) y el grupo de investigación del magmatismo alcalino de la Universidad de São Paulo (Comin-Chiaramonti y De Barros Gomes, 1996-2017).

### Aspectos litológicos

Los complejos alcalinos-carbonatíticos de Chiriguelo y Sarambí, formas estructuras circulares bien marcadas donde las litologías más antiguas, constituyen a la vez las rocas de caja que fueron levantadas y verticalizadas; algunas de ellas fueron afectadas por fenómenos metasomáticos (fenitización). La unidad más antigua sería parte del basamento cristalino y está constituida de rocas metamórficas foliadas compuesta por esquistos de cuarzo y mica, esquistos verdes conteniendo cuarzo, muscovita y clorita. Las rocas metamórficas atribuidas al basamento cristalino, se tratan de esquistos micáceos y esquistos máficos (TAC, 1981).

El 52-RI es un pozo perforado en el año 1981 por The Anschutz Corp., con corona de diamante, dentro de la estructura anular del cerro Sarambí, alcanzó una profundidad total de 227m; en este pozo desde los primeros 10 m de profundidad, se encontró rocas metamórficas foliadas clasificadas como esquistos máficos bandeados; la misma está constituida principalmente de cuarzo, biotita y clorita asociadas con feldespato potásico, granate y magnetita. La roca presenta coloración verdoso oscura a negra en partes intercalada con bandas de color gris claro, con fuerte inclinación compuesta principalmente por cuarzo en forma de bandas de segregación y capas masivas granoblásticas; además ocurren capas intercaladas de color negro ricas en magnetita de unos 10 cm de espesor.

Las otras unidades son rocas sedimentarias clásticas pertenecientes a los depósitos de relleno de la cuenca del Paraná, compuesto de areniscas



**Figura 2.** Mapa geológico del área del cerro Sarambí. (Modificado de The Anschutz Corp., 1981).

sacaroidales de edad Silúrica-Devónica, seguida por una serie heterogéneas de areniscas, siltitas y diamictitas correspondiente a la Formación Aquidabán de edad Carbonífero Superior y finalmente completa la serie las areniscas eólicas de la Formación Misiones (Livieres, 1987). Las rocas basálticas toleíticas de la Formación Alto Paraná de edad Cretácica (Melfi, 1967), se encuentran más hacia el Este y cubre parcialmente a la intrusión del cerro Chiriguelo.

El complejo Chiriguelo se compone en su mayor parte de rocas ígneas silicáticas, desde las variedades ultramáficas representada por piroxenita y las de mayor diferenciación con las intrusivas alcalinas intermedias compuesta por sienitas alcalinas, sienitas con nefelina, traquitas porfiríticas con marcada estructura fluidal y fonolitas como términos hipobasales y efusivos respectivamente. También ocurren brecha constituida por una mezcla de xenolitos de rocas metamórficas, rocas feníticas y carbonatíticas envueltos en una matriz limonítica muy fina (Censi, et al, 1989).

Las rocas carbonatíticas ocurren principalmente como sovita masivas donde predomina la calcita > 90%; como accesorios comunes ocurren biotita, barita, cuarzo, apatito, hematita, magnetita y ortoclasa (Livieres, 1987). Censi et al, (1989) definieron cuatro estadios de carbonatitas, denominando como estadio C-1 a la sovita masiva, C-2 alvilita



con textura aplítica, ligeramente fluidal conteniendo como accesorios de cuarzo, flogopita, hematita y sulfuros; C-3 ferrocarbonatita compuesta por calcita con inclusiones de opacos y asociados con goetita y limonita, además de apatito, sanidina y flogopita como accesorio, C-4 vetas de calcita formada por recristalización de calcita preexistente por fluidos hidrotermales-tardimagnéticos con cuarzo, barita y pirocloro como accesorios.

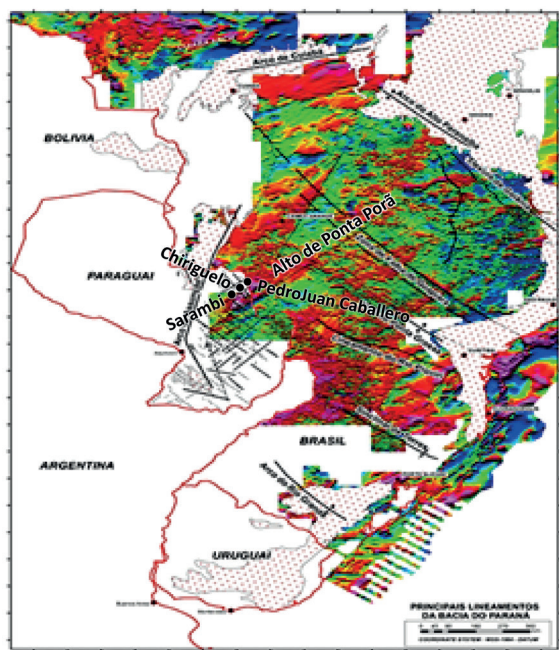
El área de ocurrencia de la estructura circular donde se encuentra la intrusión alcalina-carbonatítica se caracterizan por presentar profundos y extensos mantos de intemperización, características de estos tipos de rocas, que son usualmente cubiertas por capas de laterita que pueden alcanzar los 300 m de espesor. Los suelos se originan principalmente de la alteración de rocas piroxeníticas (ultramáficas) y de disolución de carbonatos de las carbonatitas.

### Aspectos tectónicos

Los complejos alcalinos en la zona norte de Paraguay, y en la frontera con Brasil (Estado de Mato Grosso do Sul), se colocaron a lo largo de la faja Paraguay-Araguaia, una sutura Neoproterozoica



**Figura 3.** Ubicación de las intrusiones alcalino-carbonatíticas en el contexto del Bloque Paranapanema y la Faja Paraguai-Araguaia (Extraído de Ramos *et al.*, 2010).



**Figura 4.** Mapa aeromagnético de la cuenca del Paraná con los principales lineamientos en el área Ponta Porã y Pedro Juan Caballero (Paraguay Oriental). (Modificado de Schaller & Correa, 2013).

entre el extremo sur del cratón amazónico y el bloque Paranapanema (Fig. 3).

A excepción de las rocas las alcalinas de la Provincia Alcalina Alto Paraguay, que más están relacionadas con el Cratón amazónico, las colocaciones de las otras intrusiones alcalinas están claramente controladas por régimen tectónico extensional que generó fallas y grabens de orientaciones NW-SE y NE-SE durante el Mesozoico como respuesta a las tectónicas extensionales NE-SW activas hasta el Terciario Superior (De Graff *et al.*, 1981; Livieres & Quade, 1987). Los estudios geológicos han distinguido dos conjuntos de fallas principales: uno antiguo con dirección NE-SW, que contiene el Arco Ponta Porã con tendencia N35°E como la característica tectónica más importante que controla el emplazamiento de magma alcalino en la región noreste, es decir, el área de Amambay (Livieres & Quade 1987); y un conjunto más joven, con dirección NW-SE, heredado del basamento precámbrico, que se encuentra el graben Asunción-Sapucai-Villarrica (Fig. 4), que se extiende hasta más de 100

km de largo, es el rasgo tectónico más destacado de la región Central del Paraguay Oriental.

En la mayoría de los casos, el emplazamiento del magmatismo alcalino-carbonatítico está controlado por rasgos tectónicos antiguos, que se reactivaron en el Mesozoico, y están relacionados principalmente a estructuras regionales tales como arcos, lineamientos y rift. Riccomini et al, (2005) postula que las fallas litosféricas profundas desempeñaron un papel importante en el contexto tectónico que controla estas ocurrencias de las alcalinas-carbonatíticas.

Los complejos alcalino-carbonatítico cerro Chiriguelo y cerro Sarambí de Amambay, en la región noreste de Paraguay, están relacionados tectónicamente con el Alto de Ponta Porã de dirección NE-SW, o Arco de Porã (Livieres & Quade 1987, Comin-Chiaramonti et al, 1999).

### Potencial en mineralización de los Complejos Alcalino-Carbonatíticos (Chiriguelo y Sarambí)

**Uranio:** análisis petrográfico de la carbonatita confirma la presencia de Uranio-pirocloro en sovita; además es probable la presencia de otros elementos radiactivos como Torio. Esta roca es la que presenta mayor lectura radiométrica en el área.

**Niobio:** se encuentra minerales de niobio en diques que corta a sovita de la parte central del complejo. Los diques contienen Estroncio-pirocloro hasta 70%, asociado con zonas de alta radiactividad. Dicho mineral está asociado con apatito, biotita, calcita y óxido de Fe.

**Elementos de Tierras Raras (ETR):** La concentración de REE liviana en suelos de la parte central de la estructura circular es muy alta Cerio: 1.3% y Lantano: 1.1%. La carbonatita fresca contiene Cerio: 0.2% y Lantano: 0.1%. El suelo proveniente de la alteración de la carbonatita esta enriquecida en tierras raras por lixiviación. Además, se encuentran en el manto de alteración otros minerales como monacita y estroncianita. En la zona de mineralización con REE el scintillometro registra valores hasta 17.000 cps (cuenta por segundo); el *background* normal es de 500 cps.

**Fosfato P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:** Dos tipos de mineralización fos-

fática ocurren en Chiriguelo: en silicocarbonatita 2.5%, en rodbergita 6.4 % y del tipo supergénico en el manto de alteración 9.40%. La concentración en el supergénico varía de acuerdo a los tipos de rocas parcialmente alteradas y al suelo derivado

**Bario:** La Barita es un importante mineral presente en la carbonatita de Chiriguelo. La cantidad de Ba varía entre 10.3 a 32.8 %. Algunos diques de sovita contiene Celestina y fluorita.

### Conclusiones

La Provincia alcalina de Amambay contiene a los complejos alcalino-carbonatítico de Chiriguelo, Sarambí. Estos complejos intruyeron a las rocas del basamento Precámbrico y de los estratos sedimentarios paleozoicos y mesozoicos superiores y produjeron abombamiento producto de la inyección forzada del magma carbonatítico con alto contenido de gases produce descarga explosiva hacia la superficie, originando un cráter, que fueron rellenadas también con roca de caja circundante.

El complejo Chiriguelo, es esencialmente de forma circular, que en su porción periférica está cubierta por rocas metamórficas Precámbricas compuesto por esquistos de mica que están bordeados por rocas sedimentarias ortocuarcitas Silúrico-Devónicas (?) y las siltiitas, areniscas y diamictitas Carboníferas hacia la porción más externa. En la porción central del complejo tiene un núcleo de carbonatita rico en calcita (sovita) que es atravesada por rodbergita y carbonatita transgresiva tardía.

El Cerro Sarambí, está compuesta principalmente de piroxenita micácea, asociada en menor proporción con sienita alcalina y sienita nefelínica. Estas rocas están atravesadas por diques de traquita y fonolita alcalina y venas delgadas de carbonato que contiene como accesorio apatito, magnetita y fenitas masivas.

Las intrusiones alcalinas carbonatíticas se produjeron a través de fracturas tensionales profundas, en áreas de *rifting* continental. El estilo estructural está dominado por el Alto de Ponta Porã de dirección NE-SW. Las intrusiones pueden representar el brazo fallido de un punto triple generada por pluma del manto.

### Contribución de los autores

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

### Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

### Literatura citada

- Alcover Netto, A. (1997). *Contribuição ao Conhecimento sobre o Complexo Alcalino-Carbonatítico de Chiriguélo (Paraguai Oriental). Aspectos geoquímicos e de alteração intempêrica*. Tesis Doctotal. São Paulo: Instituto de Geociências-Universidade de São Paulo. xvii + 256 pp.
- Almeida, F.F.M. (1983). Relações tectônicas da rochas alcalinas Mesozoicas da região meridional da Plataforma Sul-americana. *Revista Brasileira de Geociências*, 13(3): 139–158.
- Castillo, A.M.V. (1986). *Reavaliação da Geologia do Paraguai Oriental*. Tesis Doctotal. São Paulo: Instituto de Geociências-Universidade de São Paulo. x + 141 pp. + 1 map.
- Censi, P., Comin-Chiaramonti, P., Demarchi, G., Longinell, A & Orué, D. (1989). Geochemistry and C-O isotopes of the Chiriguélo carbonatite, northeastern Paraguay. *Journal of South America Earth Sciences*, 2(3): 295–303.
- Comin-Chiaramonti, P. & Gomes, C.B. (eds.). (1996). *Alkaline magmatism in central-eastern Paraguay. Relationships with coeval magmatism in Brazil*. São Paulo: EDUSP. 464 pp.
- Proyecto Aquidabán. (1975). *Cuenca del Plata: estudio para su planificación y desarrollo: República del Paraguay: región nororiental*. Washington, DC: Secretaría General de la Organización de Estados Americanos. xix + 197 pp.
- Eby, N.G. & Mariano, A.N. (1992). Geology and Geochronology of Carbonatites Peripheral to the Parana Basin, Brazil-Paraguay. *Journal of South American Earth Sciences*, 6(3): 207–216,
- Mariano, A.N. & Druecker, M.D. (1985). Alkaline igneous rocks and carbonatites of Paraguay. *Geological Societies of America Abstracts with Programs*, 17: 166.
- Melfi, A.J. (1967). Potassium-argon age for core samples of basalt rocks from Southern Brazil. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 31: 1079–1089.
- Premoli, C. & Velazquez, J.C. (1981). Preliminary reconnaissance for uranium in Paraguay. Pp. 373–394 in International Atomic Energy Agency (ed.). *Uranium Deposits in Latin America: Geology and Exploration: proceedings of a regional advisory group meeting organized by the International Atomic Energy Agency and Held in Lima, Peru, from 4 to 8 December 1978*. Vienna: International Atomic Energy Agency Division of Scientific and Technical Information. 626 pp.
- Ramos, V.A., Vujovich, G., Martino, R., Otamendi, J. (2010). Pampia: a large Cratonic block missing in the Rodinia supercontinent. *Journal Geodynamics*, 50(3): 243–255.
- Sanders Jr, G.F. & Druecker, M. (1981). *Status Report Alkaline Complex of Cerro Sarambí*. Informe. Denver: The Anschutz Corp.
- Schaller, H.Y. & Correa, E.L. (2013). *Cuenca del Paraná Paraguay Oriental: Estratigrafía y Potencial Petrolero*. SABRE Internacional de Energía - Semana del Geólogo. San Lorenzo: FACEN-UNA.
- Velázquez, V.F., Riccomini, C., Gomes, C.B., Figueredo, L.B. & Figueredo, C. (1998). Relações tectônicas do magmatismo alcalino do Paraguai Oriental. *Revista do Instituto Geológico*, 19(1-2): 43–49.

## Nuevos registros y primera aproximación a la riqueza de peces de las aguas interiores de la Reserva Natural Yacyretá

### New records and first approach of fish richness in the inland waters of the Yacyretá Nature Reserve

Ignacio Avila-Torres<sup>1,4</sup>, Mariel Moreno<sup>2</sup> & Fernando Cubilla<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Asunción, FACEN, Departamento de Biología, Profesor adjunto del Área Zoología.

<sup>2</sup>Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible, Dirección de Vida Silvestre, Departamento de Fauna.

<sup>3</sup>Universidad Nacional de Asunción, FACEN, Departamento de Biología, Colección Zoológica CZFACEN

<sup>4</sup>Autor correspondiente: [riavilat@facen.una.py](mailto:riavilat@facen.una.py).

**Resumen:** La Reserva Natural Yacyretá (RNY) se encuentra ubicada en el extremo Sur del Paraguay, al oeste de la traza de la represa Yacyretá, abarcando aproximadamente 8.481 hectáreas. Presenta lagunas de origen artificial de agua permanente, producto del retiro de material térreo para la construcción de la Represa Binacional Yacyretá sobre el río Paraná. El objetivo fue relevar la fauna íctica presente en las aguas interiores de la RNY. El estudio se realizó en tres estaciones de muestreo en aguas internas de la RNY desarrollándose una sola campaña pesquera, durante los días 16 al 18 de setiembre de 2017. Se colectaron 11 especies, resultando 8 nuevos registros para la RNY, *Corydoras undulatus*, *Hyphessobrycon eques*, *Astyanax bimaculatus*, *Curimatopsis myersi*, *Pirulina australis*, *Hoplerythrinus unitaniatus*, *Rivulus punctatus* y *Letacara dorsigera*.

**Palabras clave:** Ictiología, región Neotropical, lagunas artificiales, Isla Yacyretá, Paraguay.

**Abstract:** The Yacyretá Nature Reserve (YNR) is located in the extreme south of Paraguay, to the west of the Yacyretá dam, covering approximately 8,481 hectares. It has lagoons of artificial origin of permanent water, as a result of the removal of earth material for the construction of the Yacyretá Binational Dam on the Paraná River. The objective was to survey the fish fauna present in the inland waters of the YNR. The study was carried out in three sampling stations in internal waters of the YNR developing a single fishing campaign, during the days 16 to 18 September 2017. Eleven species were collected, resulting in 8 new records for the YNR, *Corydoras undulatus*, *Hyphessobrycon eques*, *Astyanax bimaculatus*, *Curimatopsis myersi*, *Pirulina australis*, *Hoplerythrinus unitaniatus*, *Rivulus punctatus* y *Letacara dorsigera*.

**Key words:** Ichthyology, Neotropical region, artificial lagoons, Yacyretá Island, Paraguay.

## Introducción

La Reserva Natural Yacyretá (RNY) se encuentra en la Isla Yacyretá, que está ubicada en el extremo Sur del Paraguay, al oeste de la traza de la represa Yacyretá (Figura 1), abarcando 6.300 hectáreas (Fundación Moises Bertoni, 1999).

La Isla Yacyretá está conformada por depósitos originados por aluviones recientes que se remontan al periodo Cuaternario, con menos de dos millones de años de antigüedad. (Fulfaro, 1995), presenta un tenue relieve casi inexistente, presentando un típico paisaje aluvional de llanura, las ondulaciones no sobrepasan los 70 msnm. Estos depósitos aluvionales están presentes a lo largo de los valles de

los mayores ríos, en este caso el Paraná, invariablemente caracterizados por los esteros permanentes o estacionales (Eckel et al., 1959).

Las aguas de la RNY pertenece a la cuenca fluvial del río Paraná, según (Albert et al., 2011; López & Miquelarena, 2005), el área de estudio pertenece a la ecorregión fluvial denominada Eje Potámico Subtropical, conocido también como la ecorregión Bajo Paraná (Abell et al., 2008; Koerber et al., 2017). La ecorregión del Bajo Paraná se caracteriza por poseer una riqueza muy alta, mayor a 300 especies, solo superada en Sudamérica por la cuenca Amazónica, así mismo, posee un índice de endemidad medio, con unas 46 especies en-

Recibido: 04/08/2021 Aceptado: 06/10/2021





**Figura 1.** Sitio de colecta en el Paraguay, encerrado en un círculo naranja. **Círculo amarillo)** Estación 1: ( $27^{\circ}26'33.34''S$  -  $56^{\circ}45'11.55''W$ ). **Círculo rojo)** Estación 2 ( $27^{\circ}25'00.1''S$  -  $56^{\circ}42'44.3''W$ ). **Círculo azul)** Estación 3 ( $27^{\circ}25'00.1''S$  -  $56^{\circ}42'44.3''W$ ).

démicas (Albert et al., 2011). La Reserva Natural Yacyretá presenta lagunas de origen artificial de agua permanente, producto del retiro de material terreo para la construcción de la Represa Yacyretá sobre el río Paraná.

El valor de las especies ícticas neotropicales se fundamenta tanto en aspectos ecológicos como económicos (Baigún et al., 2003), sin embargo, a pesar de que la RNY fue creada en 1994, la literatura no presenta antecedentes de estudios ícticos específicamente en los cuerpos de agua interiores de la reserva natural, no obstante, se reportan estudios en cuerpos de agua interiores de localidades cercanas como el inventario de la fauna ictícola de la laguna natural Camba Cué, de la isla Apipé Grande (Iwaszkiw et al., 2010), en donde reportan 55 especies ícticas, así como, el relevamiento de la riqueza y análisis de la diversidad de peces en ambientes asociados al río Paraná en zonas rio abajo

de la represa de Yacyretá (Scipioni et al., 2016), en el cual encontraron 173 especies en lagunas y arroyos de 4 localidades

El presente trabajo se hizo con el objetivo de relevar la fauna íctica presente en las aguas interiores de la RNY.

### Metodología

El estudio se realizó en tres estaciones de muestreo en aguas internas de la RNY, administrada por la Entidad Binacional Yacyretá (Figura 1). Se desarrolló una sola campaña pesquera, durante los días 16 al 18 de setiembre de 2017.

Los puntos de colectas fueron denominados “Estaciones”, los cuales fueron asignados al azar, Estación 1 (E1), Estación 2 (E2), Estación 3 (E3), todos en cuerpos de agua internos de la Reserva Natural.

Las estaciones de muestreos fueron:

**Estación 1 (E1):** Laguna artificial pequeña en médanos artificiales vegetadas ( $27^{\circ}26'33.34''\text{S}$  -  $56^{\circ}45'11.55''\text{W}$ ). La laguna tiene un área de aproximadamente 18 hectáreas y un área similar de zonas pantanosas con vegetación palustre (Figura 2a). El sustrato es arenoso y la vegetación riparia es mayormente herbácea sobre formaciones de dunas artificiales. El agua es muy cristalina, con presencia de vegetación sumergida y densa, haciendo que la medición de transparencia no pudiera realizarse a más de un metro de profundidad con disco de secchi.

**Estación 2 (E2):** Laguna artificial grande en médanos artificiales vegetadas ( $27^{\circ}25'00.1''\text{S}$  -  $56^{\circ}42'44.3''\text{W}$ ). Esta laguna posee unas 60 hectáreas de agua libre de vegetación lacustre (Figura 2b). El agua tiene una transparencia de 50 cm de profundidad, medido con disco de secchi, no observándose vegetación sumergida como en E1. El suelo es arenoso y la rodea una formación de dunas vegetadas, también de origen artificial.

**Estación 3 (E3):** Naciente y arroyo en dunas artificiales vegetadas ( $27^{\circ}24'43.5''\text{S}$  -  $56^{\circ}42'6.26''\text{W}$ ). Arroyo con naciente en las dunas artificiales vegetadas cercana a la laguna de la estación 2 (Figura 2c). Suelo arenoso, agua muy transparente, formando a pocos metros de la naciente un pequeño remanso de unos cuatro metros de largo y un metro y medio de ancho, siendo la profundidad, medida con regla de madera, de un metro en promedio donde se realizó la colecta.

Las artes de pesca fueron realizadas de acuerdo a Baigún et al. (2003) y Lobón-Cerviá (1991). Se utilizaron redes de enmalle o de espera de 10.00 metros de longitud y 1.5 metros de altura, con malla de 0.2 m y de 0.3 m de distancia entre nudos de la red. Este tipo de red se utilizó en la laguna E2, ya que era la única con profundidad suficiente



**Figura 2.** a) Estación 1. b) Estación 2. c) Estación 3.

y vegetación costera que permitió la sujeción de los mismos. Red de arrastre costero, con malla de 0.02 m de distancia entre nudos, de 1.00 m de altura y 5.00 m de longitud. Atarraya de 3.00 metros de

**Tabla 1.** Fechas y horas de colecta.

Fecha	Estación	Hora de colecta
16-set-17	E1	15:00 pm a 20:00 pm
17-set-17	E1	7:00 am a 11:00 am
18-set-17	E2	7:00 am a 10:00 am
18-set-17	E3	10:30 am a 13:30 am
18-set-17	E2	15:00 pm a 19:00 pm

diámetro y con malla de 0.1 m de distancia de entre nudos y red de mano con malla de 0.02 m.

Los especímenes colectados fueron sacrificados con una solución de eugenol diluida en el agua de la colecta, siguiendo el protocolo de Millán-Ocampo

et al. (2012), de la eutanasia se realizó la fijación de cada ejemplar colocándolos en frascos etiquetados con formol al 10%. Posteriormente a la fijación en formol, en el laboratorio, se lavaron con agua corriente los especímenes y se conservaron en frascos etiquetados con etanol al 70%.

Las colectas se realizaron entre el 16 y 18 de setiembre de 2017, en las estaciones y horarios mostrados en la Tabla 1.

Para la identificación de los especímenes se utilizaron las guías de identificación de Britski et al. (2007), da Graça & Pavanelli (2007), Neris et al. (2008, 2010) y Villalba et al. (2012). Todos los especímenes colectados fueron catalogados e ingresados a la colección zoológica de la FACEN, UNA



**Figura 3.** Especies colectadas. **a)** *Corydoras undulatus*. **b)** *Astyanax bimaculatus*. **c)** *Moenkhausia dichroua*. **d)** *Hyphessobrycon eques*. **e)** Cheirodontinae: *incertae sedis*. **f)** *Acestrorhynchus pantaneiro*. **g)** *Pirrulina australis*. **h)** *Curimatopsis myersi*. **i)** *Hoplerythrinus unitaniatus*. **j)** *Rivulus punctatus*. **k)** *Laetacara dorsigera*.

### Resultados y discusión

Se logró la captura de 11 especies ícticas (Figura 3) pertenecientes a 4 Órdenes y 8 Familias, 10 identificadas correctamente hasta especie y un registro *incertae sedis*, identificado hasta la Subfamilia Cheirodontinae (Tabla 2).

Scipioni et al. (2016), en su publicación de diversidad de fauna ictícola de 4 localidades del valle aluvial de la margen izquierda del río Paraná, aguas debajo de Yacyretá, encontraron en promedio

125 especies, en un estudio de 11 años a razón de 4 esfuerzos de pesca por año, en el mismo, estimó mediante el algoritmo Jackknife2, que la riqueza total estaría conformada por unas 200 especies. En comparación a las especies encontradas en este monitoreo, encontramos 3 especies no reveladas por Scipioni et al., (2016), a saber, *Corydoras undulatus*, *Curimatopsis myersi* y *Hoplerythrinus unitaniatus* (Figura 3). Iwaszkiw et al. (2010), en un estudio de la Ictiofauna de la laguna Camba Cué, isla Apipé Grande, realizaron dos campañas de pes-

Taxones	Estaciones de muestreo		
	E1	E2	E3
<b>Orden Siluriformes</b>			
<b>Familia Callichthyidae</b>			
<i>Corydoras undulatus</i> Regan, 1912			X
<b>Orden Characiformes</b>			
<b>Familia Characidae</b>			
<i>Moenkhausia dichroua</i> (Kner, 1858)	X	X	
<i>Hyphessobrycon eques</i> (Steindachner, 1882)	X		
<i>Astyanax bimaculatus</i> (Linnaeus, 1758)		X	X
Cheirodontinae <i>Incertae sedis</i>	X		
<b>Familia Acestorhynchidae</b>			
<i>Acestorhynchus pantaneiro</i> Menezes, 1992	X	X	
<b>Familia Curimatidae</b>			
<i>Curimatopsis myersi</i> Vari, 1982			X
<b>Familia Lebiasinidae</b>			
<i>Pirrulina australis</i> Eigenmann & Kennedy, 1903	X	X	
<b>Familia Erythrinidae</b>			
<i>Hoplerythrinus unitaniatus</i> (Spix & Agassiz, 1829)		X	
<b>Orden Cyprinodontiformes</b>			
<b>Familia Rivulidae</b>			
<i>Rivulus punctatus</i> (Boulenger, 1895)	X		
<b>Orden: Perciformes</b>			
<b>Familia Cichlidae</b>			
<i>Laetacara dorsigera</i> (Heckel, 1840)	X	X	

**Tabla 2.** Especies colectadas por estación de muestreo.



ca de 4 días cada una, a fin de relevar la riqueza de una laguna natural de la Isla Apipé Grande, situada enfrente mismo a la Isla Yacyretá, en dichas campañas colectaron e identificaron 55 especies de peces, de las cuales, 3 especies encontradas en el presente estudio no aparecen en las listas publicadas, las mismas son, *Corydoras undulatus*, *Curimatopsis myersi* y *Hoplerythrinus unitaniatus* (Figura 3).

Los estudios de Scipioni et al. (2016) y de Iwaszkiw et al. (2010) fueron realizados en cuerpos de agua naturales, con conexión al río Paraná en regímenes de agua alta, a diferencia de las lagunas estudiadas de la Isla Yacyretá, que son artificiales y sin conexión siquiera temporal con el río Paraná o alguno de sus brazos, por ende, los resultados de dichos trabajos no se pueden utilizar como referencia para estimar la fauna ictícola de las lagunas de la RNY, ya que la dispersión, intercambio y colonización de las especies ícticas, en el caso de las lagunas naturales se puede dar por conexiones con el río, mientras que en las lagunas de la Isla Yacyretá solo es posible por zoocoria o por introducción artificial, por lo tanto, es de esperarse que la riqueza sea menor en estas lagunas que en los cuerpos de agua naturales del valle de inundación del río Paraná.

### Conclusión

El presente estudio presenta datos relevantes en cuanto a la composición de la riqueza de especies ictícolas de la RNY, inclusive siendo preliminares, ya que presentan el primer estudio en dichos cuerpos de agua. De la riqueza encontrada de 11 especies, 8 son nuevos registros para la Reserva Natural Yacyretá, *Corydoras undulatus*, *Hyphessobrycon eques*, *Astyanax bimaculatus*, *Curimatopsis myersi*, *Pirrulina australis*, *Hoplerythrinus unitaniatus*, *Rivulus punctatus* y *Letacara dorsigera*. (Figura 3) todas ellas propias de ambientes lénticos como las lagunas estudiadas.

### Agradecimientos

Al Ing. Agr. Silvio Fariña Martínez quien financió la salida de campo dentro del trabajo de consultoría para la Evaluación Ecológica Rápida

hecha en la Reserva Natural Yacyretá.

### Contribución de los autores

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

### Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

### Literatura citada

- Abell, R., Thieme, M., Revenga, C., Bryer, M., Kottelat, M.N.B., Coad, B., Mandrak, N., Contreras, S., Bussing, W.M.S., Skelton, P., Allen, G., Unmack, P., Naseka, A., Ng, R., Sindorf, N., Robertson, J., Armijo, E., Higgins, J.V., Heibel, T.J., Wikramanayake, E., Olson, D., López, H.L., Reis, R.E., Lundberg, J.G., Sabaj Pérez, M.H. & Petry, P. (2008). Freshwater ecoregions of the World: A new pap of Biogeographic units for freshwater biodiversity conservation. *BioScience*, 58(5): 403–414.
- Albert, J. S., Petry, P. & Reis, R. E. (2011). Major Biogeographic and Phylogenetic Patterns. Pp. 21–57, in Albert, J.S. & Reis, R.E. (Eds.). *Historical Biogeography of Neotropical Freshwater Fishes Historical Biogeography of Neotropical Freshwater Fishes*. Berkeley, Los Angeles and London: University of California Press. 408 pp.
- Baigún, C.R., Sverlij, S.B., & López, H.L. (2003). *Recursos pesqueros y pesquerías del río de La Plata interior y medio (margen Argentina)*. La Plata: Universidad Nacional de La Plata. 67 pp.
- Britski, H. A., Silimon, K. Z. S., & Lopes, B. S. (2007). *Peixes do Pantanal: manual de identificação*. (2nd Ed.). Brasília: Embrapa. 227 pp.
- Da Graça, W.J. & Pavanelli, C.S. (2007). *Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes*. Maringá: EDUEM. 241 pp.
- Eckel, E., Milton, C. & Sulsona, P. T. (1959).

- Geology and mineral resources of Paraguay: A reconnaissance, with sections on igneous and metamorphic rocks and soils. *Geological Surveys Professional Papers*, 327: 1–110.
- Fulfaro, V. J. (1995). Geology of Eastern Paraguay. Pp. 17–30, in P. Comin-Chiaramonti & C. B. Gomes (Eds.). *Alkaline Magmatism in Central-Eastern Paraguay. Relationships with Coeval Magmatism in Brazil*. São Paulo: EDUSP. 458 pp.
- Fundación Moisés Bertoni. (1999). *Plan De Manejo 1999-2003 de la Reserva Biológica Yacyretá*. Asunción: Fundación Moisés Bertoni.
- Iwaszkiw, J. M., Firpo Lacoste, F. & Jacobo, A. (2010). Relevamiento de la ictiofauna de la laguna Camba Cué, isla Apipé Grande, Corrientes, Argentina. *Revista Museo Argentino Ciencias Naturales*, 12(1): 81–90.
- Koerber, S., Vera-Alcaraz, H. S., & Reis, R. E. (2017). Checklist of the Fishes of Paraguay (CLOFPY). *Ichthyological Contributions of Peces Criollos*, 53: 1–99.
- Lobón-Cervía, J. (1991). *Dinámica de poblaciones de peces en ríos: pesca eléctrica y métodos de capturas sucesivas en la estima de abundancias*. Buenos Aires: CSIC Press. 160 pp.
- López, H. L. & Miquelarena, A. M. (2005). Biogeografía de los peces continentales de la Argentina. Pp. 509–550 in Llorente Bousquets, J. & Morrone, J.J. (Eds.). *Primeras Jornadas Biogeográficas de la Red Iberoamericana de Biogeografía y Entomología Sistemática*. México, DC: CYTED. x + 577 pp.
- Millán-Ocampo, L., Torres-Cortés, A., Marín-Méndez, G. A., Ramírez-Duart, W., Vásquez-Piñeros, M. A. & Schroniltgen Rondón-Barragán, I. (2012). Concentración anestésica del eugenol en peces escalares (*Pterophyllum scalare*). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 23(2): 171–181.
- Neris, N., Köhn Patiño, C. E., Villalba, F. L., Ruiz Díaz, G. A. & Franco Rivarola, E. G. (2008). *Guía Ilustrada de los peces más comunes del Paraguay*. Asunción: JICA - Natura Vita. 252 pp.
- Neris, N., Villalba, F., Kamada, D. & Viré, S. (2010). *Guía de Peces del Paraguay*. Asunción: Itaipu Binacional - Natura Vita. 299 pp.
- Scipioni, N., Casciotta, J. R., Almirón, A. E., Santinón, J. J. & Ruiz-Díaz, F. J. (2016). Análisis de la diversidad de peces en ambientes asociados al río Paraná en el área de la represa de Yacyretá. *Revista Veterinaria*, 27(2): 86–92.
- Villalba, F., Viré, S. & Resquín, J. J. (2012). *Peces del Paraguay: Guía de indentificación de setenta especies*. Asunción: Itaipu Binacional - Natura Vita. 204 pp.

**Tres nuevos registros de Lamiinae (Coleoptera: Cerambycidae) para la fauna paraguaya****Three new records of Lamiinae (Coleoptera: Cerambycidae) for the Paraguayan fauna**Fernando Cubilla<sup>1,3</sup>, Carlos Aguilar Julio<sup>2</sup>, Bolivar R. Garcete-Barrett<sup>1,2</sup>  
& Ignacio Avila Torres<sup>1</sup><sup>1</sup>Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.<sup>2</sup>Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible, Museo Nacional de Historia Natural del Paraguay.<sup>3</sup>Autor correspondiente: [biofercu@gmail.com](mailto:biofercu@gmail.com).

**Resumen:** Se reportan tres especies de escarabajos longicornios (Coleoptera; Cerambycidae; Lamiinae) por primera vez para el Paraguay: *Apocoptoma chabrilacii* Thomson, 1857, *Ataxia operaria* (Erichson, 1848) y *Ataxia linearis* (Bates, 1866).

**Palabras Clave:** Paraguay, nuevo registro, neotrópico, Cerambycidae, Lamiinae

**Abstract:** Three species of longhorned beetles (Coleoptera; Cerambycidae; Lamiinae) are reported for the first time from Paraguay: *Apocoptoma chabrilacii* Thomson, 1857, *Ataxia operaria* (Erichson, 1848) and *Ataxia linearis* (Bates, 1866).

**Key Words:** Paraguay, new record, neotropics, Cerambycidae, Lamiinae.

### Introducción

Cerambycidae es una de las familias más grandes de escarabajos (Insecta: Coleoptera) y de seres vivos en general, con una diversidad de aproximadamente 4.000 géneros y 35.000 especies en todo el mundo (Nearns, 2002). Conocidos en inglés como *long-horned beetles*, en español como longicornios o capricornios y en guaraní como *yvyra kytíha kuéra* o *kirito kuéra*, la gran mayoría de sus especies son fitófagas o xylófagas durante su etapa larvaria, con especies afectando diferentes partes de una enorme diversidad de plantas en diferentes etapas de su vida y ya sea en tejido vivo, muerto o en descomposición, llegando muchas especies a considerarse serias plagas de diversos cultivos hortícolas y forestales (Solomon, 1995). Al mismo tiempo, los cerambícidos son una familia muy carismática de insectos, debido al gran atractivo visual que poseen en cuanto a formas, colores y tamaños, que han cautivado a coleccionistas, artistas y fotógrafos a lo largo de los siglos (Nearns, 2002).

Por su parte Lamiinae es la mayor subfamilia de Cerambycidae, con más de 20.000 especies descritas en el mundo y repartidas en unas 80

diferentes tribus (de Santana Souza et al., 2020). En su catálogo Monné (2018) cita 4988 especies neotropicales de Lamiinae en 801 géneros y subgéneros, entre ellas 276 especies encontradas en Paraguay, lo cual sin dudas es un número aún no definitivo y que colectas sucesivas con seguridad irán aumentando. En este trabajo sumamos tres nuevos registros de especies para el país, una modesta cifra que contribuye al conocimiento de los longicornios presentes en Paraguay.

### Materiales y métodos

Se examinaron especímenes depositados en el Museo Nacional de Historia Natural del Paraguay. Los mismos fueron colectados durante el día utilizando un “paraguas” bajo ramas de árboles y golpeando las ramas al azar. Para la determinación específica de los especímenes nos apoyamos en la monografía de Onciderini Dillon & Dillon (1946), la revisión de de Pteroplinae de Breuning (1961), y las descripciones originales de Thomson (1857), Erichson (1848), Bates (1866). Además, los ejemplares se compararon con fotografías del sitio web de Bezark (n.d.) y del catálogo de y Maes et al. (2010). La distribución geográfica reporta-

Recibido: 04/08/2021 Aceptado: 06/10/2021



das para las especies citadas sigue el catálogo de Monné (2018).

### Resultados

#### Familia Cerambycidae

#### Subfamilia Lamiinae

#### Tribu Onciderini

#### *Apocoptoma chabrilacii* Thomson, 1857

(Figura 1)

**Distribución:** Brasil (Bahía, Espírito Santo). Nuevo para Paraguay.

**Material estudiado:** PARAGUAY: GUAIRÁ: Cordillera del Yvytyrusu, Cerro Akatí, 2.xii.2010 [*C. Aguilar Leg.*] (1 ejemplar).

**Descripción del sitio de colecta:** Bosque secundario en la cumbre de un cerro, que combina elementos de la flora de la Subregión Paranaense (Morrone, 2001) o ecorregión del Bosque Atlántico del Alto Paraná (BAAPA) Fundación Vida Silvestre Argentina & WWF (2017), con la de los Bosques Secos Estacionales Neotropicales

(Prado, 2000).

**Observaciones:** Esta especie se conocía únicamente de los estados brasileños de Espírito Santo y Bahía (Monné, 2018), que no son fronterizos con Paraguay. Su registro en la cordillera del Yvytyrusu, Guairá, Paraguay, extiende la distribución conocida de esta especie al menos 1.500 km al sureste de su área hasta ahora confirmada.

#### Tribu Pteropliini

#### *Ataxia operaria* (Erichson, 1848)

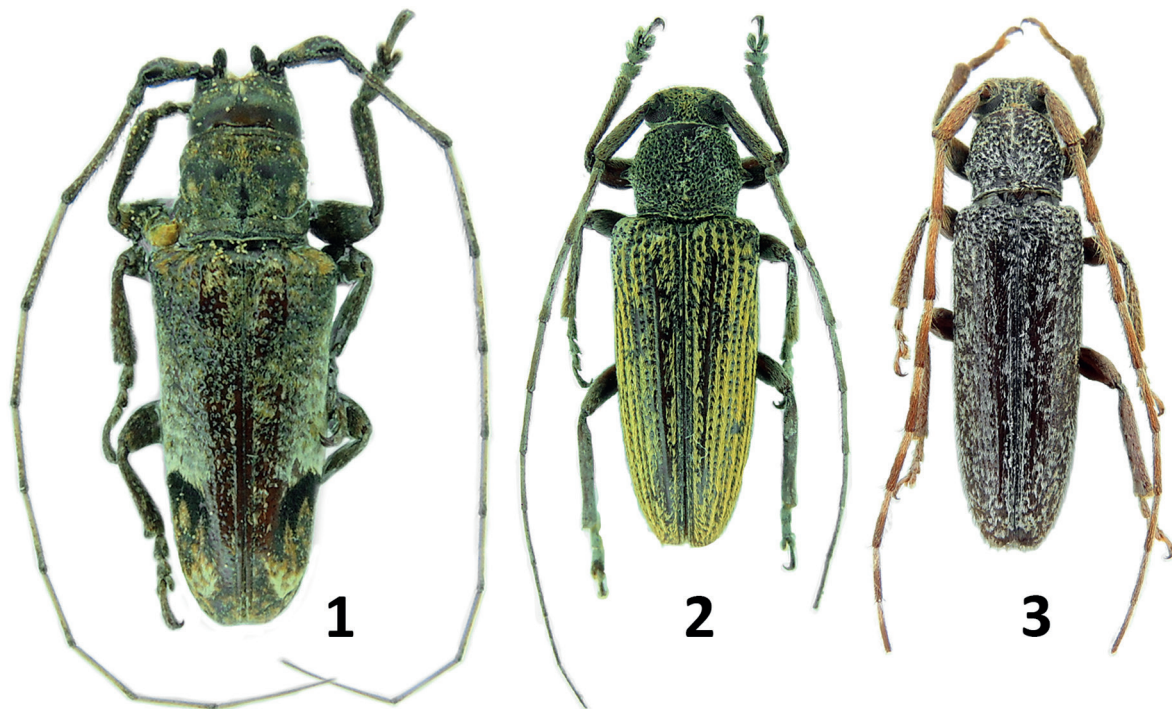
(Figura 2)

**Distribución:** México, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Colombia, Venezuela, Guyana Francesa, Guyana, Brasil, Perú, Bolivia. Nuevo para Paraguay.

**Material estudiado:** PARAGUAY: CANINDEYÚ: Guyra-keha, Britez kue, 15.x.2009 [*C. Aguilar Leg.*] (4 ejemplares).

**Descripción del sitio de colecta:** Bosque alto típico de la Subregión Paranaense (Morrone, 2001)

**Figuras 1-3.** Hábito dorsal de las especies de Lamiinae tratadas en este trabajo. **1)** *Apocoptoma chabrilacii* Thomson, 1857. **2)** *Ataxia operaria* (Erichson, 1848). **3)** *Ataxia linearis* (Bates, 1866).



o ecorregión del Bosque Atlántico del Alto Paraná (BAAPA) Fundación Vida Silvestre Argentina & WWF (2017).

**Observaciones:** Las regiones más cercanas a Paraguay de donde se tenía registro de esta especie son la provincia de Santa Cruz en Bolivia y el estado de Mato Grosso en Brasil (Monné, 2018). La primera es fronteriza con el Chaco paraguayo y la segunda no tiene frontera con el país. El hallazgo de esta especie en Canindeyú, en cercanías de la Reserva Natural del Bosque Mbaracayú representa una extensión de al menos 530 km al sur en su distribución conocida.

### *Ataxia linearis* (Bates, 1866)

(Figura 3)

**Distribución:** Brasil, Guyana Francesa, Bolivia. Nuevo para Paraguay.

**Material estudiado:** PARAGUAY: CORDILLERA: Piribebuy, Compañía Naranja, Barrio San José, 18.xi.2005 [C. Aguilar Leg.] (1 ejemplar).

**Descripción del sitio de colecta:** Colectado en arbustos en una sabana de cocos (*Acrocomia aculeata* (Jacquim)) dentro de un mosaico de sabana y fragmentos de bosque.

**Observaciones:** Al igual que en el caso anterior, las regiones más cercanas a Paraguay de donde se tenía registro de esta especie son Santa Cruz en Bolivia y Mato Grosso en Brasil (Monné, 2018). La primera es fronteriza con el Chaco paraguayo y la segunda no tiene frontera con el país. El hallazgo de esta especie en Cordillera, en el distrito de Naranja, extiende su distribución conocida al menos 600 km al sur.

### Conclusión

En este trabajo se registraron tres especies de longicornios (Coleoptera; Cerambycidae; Lamiinae) nuevos para el Paraguay: *Apocoptoma chabrilacii* Thomson, 1857, *Ataxia operaria* (Erichson, 1848) y *Ataxia linearis* (Bates, 1866). Todos los registros corresponden a localidades dentro del mosaico vegetal de la subregión Paranaense (Morrone, 2001) o ecorregión del Bosque Atlántico del Alto Paraná (BAAPA) Fundación Vida Silvestre Argentina &

WWF (2017) encontrado en la Región Oriental del Paraguay.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a Joel Rivas Cantero y a Sergio Aguilar Julio por donar los especímenes estudiados.

### Contribución de los autores

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

### Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

### Literatura citada

- Bates, H.W. (1866). Contributions to an insect fauna of the Amazon Valley. Coleoptera, Longicornes. *Annals and Magazine of Natural History*, (3)17(33): 288–303.
- Bezark, L. (n.d.). A photographic catalog of the Cerambycidae of the Worl. [Consulted: 8.xi.2017] <<http://bezbycids.com/byciddb>>.
- Breuning, S. (1961). *Révision des Pteropliini. Pesquisas do Instituto Anchieta de Pesquisas*, 9: 5–60.
- de Santana Souza, D., Marinoni, L., Monné, M. L., & Gómez-Zurita, J. (2020). Molecular phylogenetic assessment of the tribal classification of Lamiinae (Coleoptera: Cerambycidae). *Molecular phylogenetics and evolution*, 145(106736): 1–16.
- Dillon, L. S., & Dillon, E. S. (1946). The tribe Onciderini, part II. *Reading Scientific Publications, Reading Public Museum and Art Gallery*, 6: 189–413.
- Erichson, W. F. (1848). Die Insekten in Schomburgk's Reisen in British-Guiana. *Schomburgk's Reisen in British-Guiana, Leipzig*, 3: 533–617.
- Fundación Vida Silvestre Argentina & WWF (2017). *El Estado del Bosque Atlántico: tres países, 148 millones de personas, uno de los bosques más ricos del Planeta*. Puerto Iguazú: WWF. 148 pp.

- Maes, J. M., Berghe, E., Dauber, D., Audureau, A., Nearn, E., Skilman, F., Heffern, D. & Monné, M. A. (2010). Catalogo ilustrado de los Cerambycidae (Coleoptera) de Nicaragua. Parte IV. Lamiinae – Disteniinae. *Revista Nicaraguense de Entomologia*, 70(1-4): 1–879.
- Monné, M. A. (2018). *Catalogue of the Cerambycidae (Coleoptera) of the Neotropical Region. Part II. Subfamily Lamiinae*. [Consulted: 20.xi.2019]. <[https://cerambycids.com/default.asp?action=show\\_catalog](https://cerambycids.com/default.asp?action=show_catalog)>.
- Morrone, J.J. (2001). Biogeografía de América Latina y el Caribe. *Manuales y Tesis SEA*, 3: 1–148.
- Nearn, E.H. (2002). *Cerambycid Research*. [Consulted: 10.ix.2021]. <<https://cerambycids.com>>.
- Prado, D. 2000. Seasonally dry forests of tropical South America: from forgotten ecosystem to a new phytogeographic unit. *Edinburg Journal of Botany*, 57(3): 437–461.
- Solomon, J.D. (1995). *Guide to insect borers in North American broadleaf trees and shrubs*. Agriculture Handbook 706. Washington, D.C.: United States Department of Agriculture, Forest Service. 735 pp.
- Thomson, J. (1857). Diagnose de cérambycides nouveaux ou peu connus de ma collection qui seront décrits prochainement. *Archives entomologiques*, 1: 169–194.

## GUÍA PARA LOS AUTORES

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

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

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

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

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

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

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

El proceso de evaluación incluye una primera revisión por el Comité Editorial para determinar si el artículo corresponde a la línea editorial y si cumple con los criterios generales de publicación. Una vez que el artículo se considere pertinente, se someterá a por lo menos dos revisores especialistas en el tema, de cuya opinión depende la aceptación definitiva del artículo. Si existiera una contradicción en la opinión de ambos especialistas, se someterá al Comité editorial o en caso contrario se solicitará una tercera opinión de un tercer especialista. El dictamen podrá ser aceptado, rechazado o condicionado, que será comunicado por escrito al autor principal en un plazo no mayor de tres meses de la recepción del material original. Si el dictamen es condicionado, el autor deberá remitir la nueva versión impresa y en formato digital en el plazo que se le indique que no podrá exceder de los 30 días posteriores a la recepción de la comunicación.



# REPORTES CIENTÍFICOS

D E L A F A C E N

ISSN 2078-399X (impreso)

ISSN 2222-145X (online)

Volumen 12

Número 2

2021

Enriquecimiento de una bebida vegetal a base de Nuez de Macadamia (*Macadamia tetraphylla*) con omega-3 y probióticos.

---

Validación de un método de cuantificación de etanol utilizando el reactivo permanganato de potasio.

---

Algoritmo Deutsch-Jozsa: una mirada al poder de la computación cuántica.

---

Dosimetría biológica con los tests del Cometa y Micronúcleo en pacientes con hipertiroidismo grave, adenoma toxico y enfermedad de Plummer tratados con I131.

---

Presencia de Contaminantes Microbiológicos en Batas de Laboratorio de Técnicos de un Centro de Investigación.

---

Geología de los complejos alcalino-carbonatíticos, noreste de Paraguay Oriental.

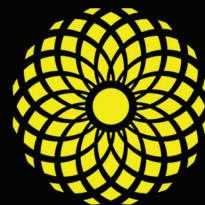
---

Nuevos registros y primera aproximación a la riqueza de peces de las aguas interiores de la Reserva Natural Yacyretá.

---

Tres nuevos registros de Lamiinae (Coleoptera: Cerambycidae) para la fauna paraguaya.

---



**FACEN**

Facultad de Ciencias  
Exactas y Naturales

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