



REPORTES CIENTÍFICOS

D E L A F A C E N

ISSN 2078-399X (impreso)

ISSN 2222-145X (online)

Volumen 14

Número 2

2023

Calibración del Detector Electrónico de Imagen Portal de Silicio Amorfo (ASIP) y su utilización como herramienta dosimétrica en Radioterapia con Acelerador Lineal.

Riesgo de extinción en función al nicho climático: ¿qué sabemos y qué necesitamos saber?

Estimación poblacional del Jaguareté en el Bosque Atlántico del Alto Paraná en el periodo 2021 al 2025.

Efecto de la concentración del hipoclorito de sodio sobre la contaminación y oxidación de meristemas en la micropropagación de banano.

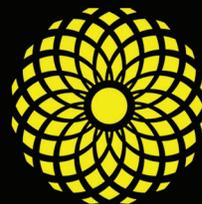
Percepción y conocimiento del cambio climático en estudiantes de la Universidad Nacional de Asunción.

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

Comisión Nacional de Energía Atómica: breve reseña histórica.

Trichoderma un aliado de la agricultura.

Análisis de indicadores de desempeño en el proceso de la gestión logística: estudio de caso.



FACEN

Facultad de Ciencias
Exactas y Naturales

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

REPORTES CIENTÍFICO DE LA FACEN



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

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN

Prof. Dra. Zully Vera de Molinas
Rectora

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

Prof. Constantino Nicolás Guefos Kapsalis, MAE
Decano

Dirección Web

www.facen.una.py

REPORTES CIENTÍFICOS DE LA FACEN

Dirección postal

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

Teléfono/Fax

595 21 585600 interno 237

E-mail

reportescientificos@gmail.com

Dirección web

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

Editor en Jefe

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

Comité Editorial Nacional

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

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

Dra. Celeste Vega
Centro para el Desarrollo de Investigación Científica

Dra. Miriam Rolon
Centro para el Desarrollo de Investigación Científica

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

Comité Editorial Internacional

Dr. Robert Owen
Texas Tech University - Estados Unidos

Dra. Ana Honfi
Universidad Nacional de Misiones - Argentina

Dr. Julio Daviña
Universidad Nacional de Misiones - Argentina

Dr. Nicolás Niveiro
Universidad Nacional del Nordeste - Argentina

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

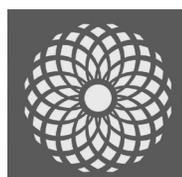
Dr. José Seguinot
Universidad de Puerto Rico - Puerto Rico

Dr. Ángel Vara Vela
Universidad de São Paulo - Brasil

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

Dr. Víctor Velázquez
Universidad de São Paulo - Brasil

Dr. Sebastián Simondi
Universidad Nacional de Cuyo - Argentina



FACEN

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad Nacional de Asunción

Rep. cient. FACEN	San Lorenzo (Paraguay)	Vol. 14, Nº 2	Julio - Diciembre de 2023	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. 14, Nº 2	Julio - Diciembre de 2023	ISSN 2078-399X (versión impresa) ISSN 2222-145X (versión online)
-------------------	------------------------	------------------	------------------------------	---

- 105–113 **Nelson Andrés Valdez Velázquez, Fredy Aurelio Doncel Invernizzi & Marcelo Alejandro Godin Eirin.** Calibración del Detector Electrónico de Imagen Portal de Silicio Amorfo (ASIP) y su utilización como herramienta dosimétrica en Radioterapia con Acelerador Lineal. *[Artículo original]*
- 114–147 **Marcela N. Jiménez Zacur, Pastor Enmanuel Pérez-Estigarribia & Alberto Esquivel Mattos.** Riesgo de extinción en función al nicho climático: ¿qué sabemos y qué necesitamos saber? *[Artículo original]*
- 148–155 **Richard Villasanti, Aurora Paredes, Juan Carlos Gamarra, Romina Rubira & Silverio Andrés Quintana.** Estimación poblacional del Jaguaeté en el Bosque Atlántico del Alto Paraná en el periodo 2021 al 2025. *[Artículo original]*
- 156–164 **Maura Isabel Díaz-Lezcano, Karen Denisse Pereira-Báez, Jorge Ramón Brites-Moreira, Jazmín Yerutí Mongelós-Franco & Carlos Emilio Mussi-Cataldi.** Efecto de la concentración del hipoclorito de sodio sobre la contaminación y oxidación de meristemas en la micropropagación de banano. *[Artículo original]*
- 165–171 **Masayuki Miyazaki & Claudia Daniela Carrillo González.** Percepción y conocimiento del cambio climático en estudiantes de la Universidad Nacional de Asunción. *[Artículo original]*
- 172–176 **Fernando Cubilla, Carlos Aguilar Julio & Bolívar R. Garcete-Barrett.** Cinco nuevos registros de Lamiinae (Coleoptera: Cerambycidae) para la fauna paraguaya. *[Artículo original]*
- 177–182 **Fredy Doncel Invernizzi.** Comisión Nacional de Energía Atómica: breve reseña histórica. *[Artículo de revisión]*
- 183–189 **Cecilia Nicole Marchuk Larrea, Gilberto Antonio Benítez Rodas, Walter J. Sandoval-Espínola, Danilo Fernández Ríos & Andrea Alejandra Arrúa.** *Trichoderma* un aliado de la agricultura. *[Tema científico de actualidad]*
- 190–198 **Maria del Mar Báez, Noelia Andrea Páez Von Schmeling & Liliana Guizmaraes Torres.** Análisis de indicadores de desempeño en el proceso de la gestión logística: estudio de caso. *[Reporte de caso]*



Calibración del Detector Electrónico de Imagen Portal de Silicio Amorfo (ASIP) y su utilización como herramienta dosimétrica en Radioterapia con Acelerador Lineal

Calibration of the Amorphous Silicon Electronic Portal Imager (ASIP) and its use as a dosimetric tool in Radiotherapy with Linear Accelerator

Nelson Andrés Valdez Velázquez^{1,*}, Fredy Aurelio Doncel Invernizzi^{1,3}
& Marcelo Alejandro Godin Eirin¹

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

²Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social, Instituto Nacional del Cáncer, Capiatá, Paraguay (INCAN).

³Universidad Nacional de Asunción, Comisión Nacional de Energía Atómica, San Lorenzo, Paraguay.

*Autor correspondiente: nvaldez@facen.una.py.

Resumen: Este trabajo se realizó en el Servicio de Radioterapia de un Centro Oncológico Integral de la ciudad de Asunción, donde se encuentra la unidad de Acelerador Lineal (LINAC) marca ELEKTA, modelo INFINITY con energía nominal de fotones de 6 MV y 10 MV. La Dosimetría in vivo en Radioterapia de haz externo con Acelerador Lineal (Teleterapia) está basada en las mediciones con el Detector Electrónico de Imagen Portal de Silicio Amorfo (ASIP) o panel detector, el cual ofrece una solución más general, mediante la detección de errores y fallas en la distribución de dosis al paciente durante el tratamiento de distintas patologías oncológicas, con el fin de lograr una mayor precisión en dosis administrada al paciente ya que existe una probabilidad de complicaciones si los valores de dosis son superiores a los prescritos. Se tuvo en cuenta consideraciones especiales y rigurosas en los procesos de calibración del panel detector que fue utilizado en forma conjunta con el LINAC para la medición de dosis absolutas. Se identificaron los procedimientos para un control de calidad en Teleterapia basados en los resultados de la calibración del panel detector que garanticen la detección de errores y fallas en las mediciones de dosis durante el tratamiento. La metodología consistió en la utilización de técnicas de administración de irradiación en aire o irradiación directa del panel (pretratamiento) y en tránsito a través de fantomas de agua sólida. Los resultados obtenidos indican que la calibración es altamente aceptable, lo cual implica que el método puede utilizarse juntamente con los planes de tratamiento del LINAC.

Palabras Clave: Radioterapia, Acelerador Lineal, Dosimetría in Vivo, Calibración, Detector de Silicio Amorfo, Dosis Absolutas.

Abstract: This work was carried out at the Radiotherapy Department of a Comprehensive Oncology Center in the city of Asunción, where an ELEKTA brand INFINITY Linear Accelerator (LINAC) unit is located, with nominal photon energies of 6 MV and 10 MV. In vivo dosimetry in external beam radiotherapy with a Linear Accelerator (Teletherapy) is based on measurements using the Amorphous Silicon Image Portal Electronic Detector (ASIP) or detector panel, which offers a comprehensive solution by detecting errors and faults in the dose distribution to the patient during the treatment of various oncological pathologies. The aim is to achieve greater precision in the administered dose to the patient, as there is a probability of complications if dose values exceed the prescribed levels. Special and rigorous considerations were considered in the calibration processes of the detector panel, which was used in conjunction with the LINAC for absolute dose measurements. Procedures for quality control in Teletherapy were identified based on the results of the detector panel calibration, ensuring the detection of errors and faults in dose measurements during treatment. The methodology involved the use of irradiation administration techniques in air or direct panel irradiation (pre-treatment), as well as irradiation while passing through solid water phantoms. The obtained results indicate that the calibration is highly acceptable, implying that the method can be used in conjunction with LINAC treatment plans.

Keywords: Radiotherapy, Linear Accelerator, In Vivo Dosimetry, Calibration, Amorphous Silicon Detector, Absolute Dose.

Introducción

La Dosimetría in vivo con el Detector Electrónico

de Imagen Portal de Silicio Amorfo (ASIP) o panel detector es una técnica actualmente aceptada para

Recibido: 31/08/2023 Aceptado: 28/09/2023



la detección de fallos o errores en la administración de dosis a pacientes sometidos a tratamientos de distintas patologías oncológicas y de esta forma controlar los procedimientos. Estos detectores de imágenes captan en tiempo real la radiación que se está administrando al paciente. Estas imágenes pueden ser procesadas y utilizadas para calcular la dosis absorbida por el paciente en radioterapia durante el tratamiento. En otras palabras, este mecanismo permite la comparación de la distribución de dosis de radiación administrada al paciente con la dosis calculada por medio del sistema de planificación de tratamiento (TPS)

La calibración del panel detector de Silicio Amorfo es de suma importancia en la Radioterapia de modo a que los mismos puedan ser utilizados en forma conjunta con el Acelerador Lineal. La detección de fallos mediante el uso del panel detector ayuda a mejorar la precisión y confiabilidad de las mediciones de dosis absolutas, los cuales son fundamentales para garantizar un tratamiento eficaz y seguro para los pacientes. La calibración adecuada del detector garantiza advertir información sobre la distribución suministrada al paciente durante el tratamiento de distintas patologías oncológicas. Esto ayuda a evitar complicaciones y garantizar que la dosis administrada sea consistente con los valores prescritos. La calibración también permite realizar un control de calidad riguroso en teleterapia, asegurando que las futuras mediciones de dosis sean confiables y estén ajustadas a los estándares establecidos.

A fin de lograr una calibración clínicamente aceptable y proponer acciones que permitan la optimización de la práctica mediante las mejoras en los procedimientos de aseguramiento de la calidad, identificación de desperfectos en el equipo, control de la técnica de tratamiento utilizada o nuevas técnicas que se deseen implementar, así como el control de los datos ingresados en el planificador de tratamientos computarizados, se llevó adelante este trabajo. El objetivo de este artículo es el de identificar los procedimientos a ser tenidos en cuenta para el control de calidad en Teleterapia en un Centro Oncológico Integral de la ciudad de Asunción, que

cuenta con un Acelerador Lineal (LINAC) muido de un panel detector de imagen portal.

Un control de calidad adecuado conduce a la optimización de la práctica lo cual, a su vez, permite al personal médico identificar y corregir cualquier eventual error en la administración de la dosis, lo que a su vez puede aumentar la eficacia del tratamiento y reducir el riesgo de efectos secundarios no deseados en tejidos sanos (órganos de riesgo)

El motivo principal por el cual se ha elegido este tema radica en la importancia de la utilización de la Dosimetría in Vivo en Radioterapia con Acelerador Lineal como mecanismo de verificación de dosis absolutas entregadas a cada paciente que son sometidos a tratamientos oncológicos, y la correcta aplicación del Detector Electrónico de Imagen Portal de Silicio Amorfo (ASIP) o panel detector para la detección de fallos y errores durante los tratamientos, lo cual solo es posible lograr mediante rigurosos y completos procedimientos de calibración.

Materiales y métodos

Es importante mencionar que para el relevamiento de los datos se ha seguido un minucioso y riguroso procedimiento. Se ha realizado una descripción de las características de los fenómenos observados durante la calibración de equipo detector de imágenes.

El tipo de investigación es de carácter cualitativo, del tipo descriptivo y de diseño fenomenológico. Se realizó en primer lugar un relevamiento de datos y la descripción de las características de los fenómenos observados basados en los procedimientos para la calibración del detector de Silicio Amorfo y en experiencias rutinarias de un servicio de Radioterapia, buscando el mejoramiento de la seguridad de la práctica mediante la incorporación de la Dosimetría in vivo con el Detector Electrónico de Imagen Portal de Silicio Amorfo (ASIP).

Las dosis absolutas fueron obtenidas a partir de la calibración del detector de imágenes que fueron obtenidas mediante la irradiación en aire o irradiación directa del panel (pretratamiento) y en tránsito a través de fantasmas de agua sólida.

Se analizaron las condiciones generales del Servicio de Radioterapia con LINAC para la rea-



Figura 1. Panel detector desplegándose en su posición final para su irradiación en Fracción 0 para el control de calidad previo al tratamiento.

lización de la calibración del Detector Electrónico de Imagen Portal de Silicio Amorfo (ASIP) o panel detector y la aceptabilidad para el uso clínico juntamente con los planes de tratamiento con el Acelerador Lineal (LINAC). Se identificaron los procedimientos para un control de calidad en Teleterapia basados en los resultados de la calibración del panel detector que provee información sobre la distribución de los valores de dosis entregados al paciente durante el tratamiento, y de esa forma valorar la importancia de la utilización de la Dosimetría in Vivo en Radioterapia con Acelerador Lineal como mecanismo de verificación de dosis absolutas en tratamientos oncológicos.

Se ha utilizado el software SunCHECK que aparece como solución única para el Aseguramiento de la Calidad en el servicio de Radioterapia (RT). Esta plataforma genera un Plan de RT que contiene todos los campos necesarios para entregar al panel detector. Este plan se puede exportar o cargar en el sistema *Record & Verify* para su entrega en el LINAC. La recuperación y asociación automáticas de las imágenes calibradas se obtuvieron a través de la trazabilidad DICOM.

En la recolección de datos para el Control de Calidad previo al tratamiento, los principales retos para una calibración de la dosis absoluta estuvieron relacionados con las cuestiones de respuesta del material del panel y la trazabilidad de un protocolo de calibración, por ello, se tuvieron en cuenta consideraciones especiales de irradiación del panel en el aire o Dosis Absoluta de Fracción 0, lo cual se realizó directamente en el panel detector de Silicio Amorfo, para ello, se ingresa a la sala de tratamiento y se retrae completamente la camilla para que las imágenes se recojan en el aire, se extiende el panel EPID al SID especificado y se asegura de que el panel esté centrado con la camilla totalmente retraída como se puede observar en la Fig. 1.

Para la Fracción 0, se seleccionaron los valores de Energía fotónica de 6 MV y 10 MV respectivamente y la Distancia Imagen-Fuente (SID) se fijó en 160 cm para el equipo Elekta. En todo momento se evitó irradiar la electrónica del panel detector para cada tamaño de campo.

La rutina de calibración consiste en un flujo de

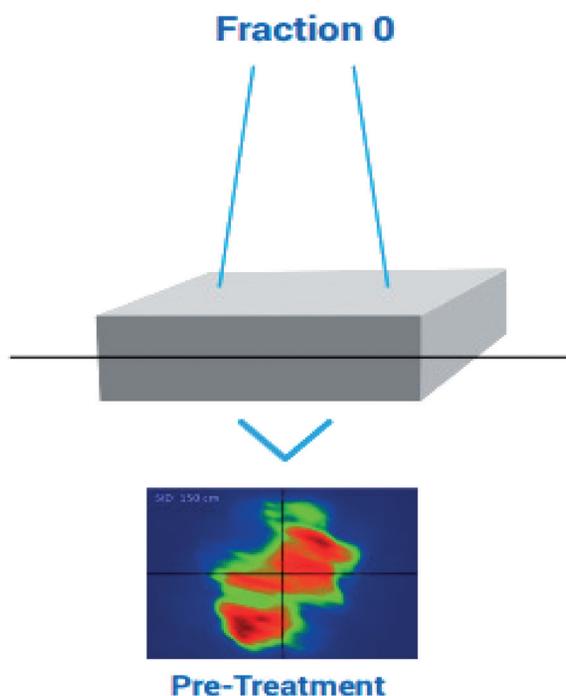


Figura 2. Fracción 0 o Irradiación directa del panel detector [Fuente: SunNuclear Corporation, 2019].

trabajo basado en un método de administración de dosis en aire, los haces de calibración componen una serie de campos rectangulares de anchuras y posiciones variables que se envían al panel detector y en esas condiciones se capturan las imágenes (Fig. 2).

A continuación, las imágenes de todos los haces son enviadas a un ordenador (Fig. 3) para su procesamiento y se genera un mapa de dosis medido en el plano del detector, como se ve en la Fig. 4.

Para la recolección de datos referentes a la Calibración en Tránsito o Dosis Absoluta de Fracción n , la técnica utilizada suministra haces de calibración a tres espesores de agua sólida de 30 cm, 10 cm y 0 cm (aire), los cuales se entregaron en 3 grupos en la siguiente secuencia (suponiendo un total de 27 haces): 9 campos a 30 cm de acumulación, 9 campos a acumulación de 10 cm y 9 campos a aire (sin espesores de agua sólida y camilla totalmente retraída).

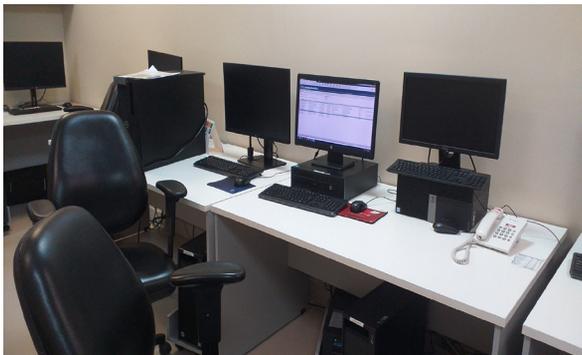


Figura 3. Ordenadores con los programas incorporados para la conversión de imágenes del panel detector en mapa de dosis.

Se seleccionó la **Energía** de la lista desplegable, en este caso se trabajó con 6 MV y 10 MV de energía fotónica. Los valores de Distancia Imagen-Fuente (SID) se establecen en el sistema en función de la máquina: 160 cm para el equipo Elekta. Al igual que la Fracción 0, es importante evitar irradiar la electrónica del panel detector para cada tamaño de campo

Una vez seleccionado la energía y los valores SID, se introdujo valores de tasa de dosis de 400 UM/min para ambas energías de fotones.

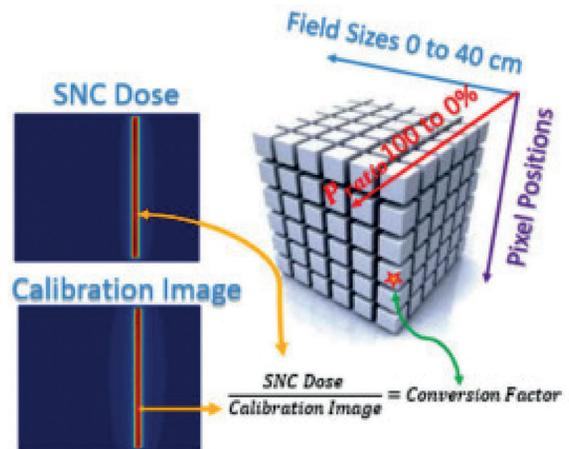


Figura 4. Factor de Conversión de la imagen del detector a Dosis Absoluta. [SunNuclear Corporation, 2019].

Se empieza con 30 cm de Agua Sólida. La configuración ideal es de 10 cm en la parte inferior, con 20 cm adicionales arriba, con la columna de agua sólida centrada en el haz como se observa en la Fig. 5.



Figura 5. Columna de 30 cm de agua sólida centrada con el haz.

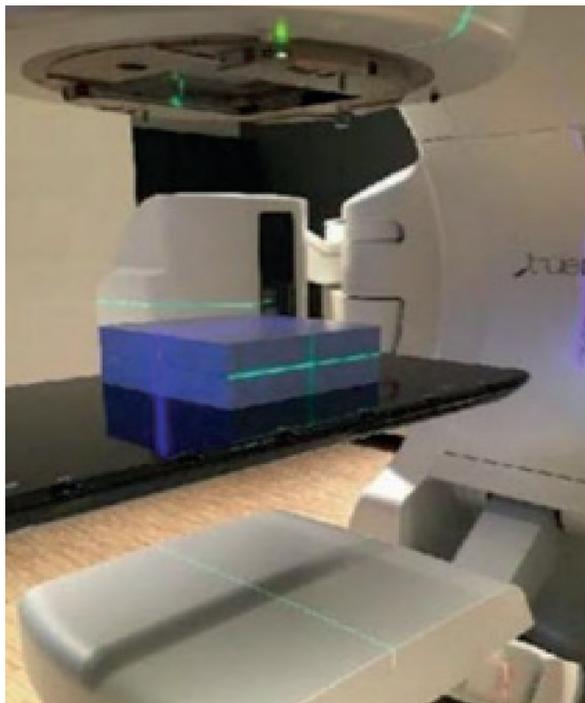


Figura 6. Columna de 0 cm de agua sólida centrada con el haz para calibración de Dosimetría en tránsito o Fracción n. [Fuente: SunNuclear Corporation, 2019].

Posteriormente se ajustó la posición de la mesa soporte vertical a $SSD = 75$, Aquí, el isocentro está a 25 cm de profundidad, y se establece por defecto una distancia de retrodispersión de 5 cm debido a los fotones que rebotan con una energía menor, sin embargo, contribuyen significativamente a la dosis entregada. Se implementó el panel detector en el SID requerido asegurándose de que el panel esté bien centrado. Desde la consola de control, se entregan todos los campos con ID de campo que comiencen con "30". En esta parte se verificó que las imágenes capturadas estén correctas y que tienen la calidad adecuada, de a forma a asegurarse de que solo se entreguen primero los haces con ID de campo que comiencen con el número "30" y posterior a esto detener el procedimiento.

Una vez culminada la toma de imágenes con 30 cm de agua sólida, se ingrese a la sala de tratamiento y se retira los 20 cm superiores de agua sólida. El SSD ahora tener un valor de 95, con isocentro a 5 cm de profundidad y retrodispersión de 5 cm con la

columna de agua sólida centrada en el haz en todo momento, tal y como se ve en la Fig. 6.

Desde la consola de tratamiento se entregan los siguientes haces con ID de campo que comiencen con el número 10. De nuevo, solo se entregarán los haces con ID de campo que comiencen con el número "10". Por último, de vuelta en la sala de tratamiento se retrae completamente la camilla para que las imágenes finales se recopilen en aire. Desde la consola de tratamiento, se entregan los campos finales con ID de campo que comiencen con "00". Una vez entregado todos los haces, se procedió al cierre del procedimiento.

En la Fig. 7 se observan los campos entregados para cada espesor de agua sólida identificados con el número 30 para cm, 10 para 10 cm y 00 para la recolección de datos en aire.

Una vez que se haya terminado el procedimiento y las imágenes se hayan guardado nuevamente en la base de datos de R&V o de imágenes, el programa SunCHECK recuperará las imágenes y las procesará. El progreso de los resultados de la calibración se puede monitorear en la cola de preparación, esto tarda entre 45 a 60 minutos. Una vez terminada esta tarea, regrese a la pestaña Calibración de **Fracción 0** o Calibración de **Fracción n**. La hora y la fecha de entrega aparecen en la columna **Entregado** para la combinación de energía y SID. La hora y la fecha del cálculo de calibración completo aparecen en la

Beams (2D)		Event Settings	
Beams (2D)			
BEAM NAME	ENERGY	PERCENT	POINTS
✓ 30MA4	6 MV	99.59 %	59.930
✓ 30MB4	6 MV	99.57 %	59.501
✓ 30MD4	6 MV	98.67 %	56.422
✓ 30NA4	6 MV	99.61 %	73.541
✓ 30NB4	6 MV	99.61 %	73.073
✓ 30NC4	6 MV	98.86 %	68.825
✗ 30OA4	6 MV	91.61 %	260.457
✓ 30PA4	6 MV	99.21 %	262.144

Figura 7. Campos entregados para los diferentes espesores de agua sólida durante la Calibración del panel detector para Dosimetría en Tránsito o Fracción n.

columna **Calculado**. Esta fecha puede ser diferente a la fecha de entrega si se recalculan los resultados de la calibración, en la Fig. 8 se observan las horas y fechas de cálculo para cada combinación.

Es importante revisar los resultados de cada campo, para ello, en la columna **Estado** de la combinación Energía/SID adecuada, se debe hacer clic en el enlace o en la ventana emergente para abrir la página Resumen del evento. Si los resultados generales son satisfactorios, haga clic en el botón **Aceptar calibración** en el lado derecho de la tabla de calibración para la combinación adecuada de energía y SID. Además, se pueden agregar y guardar comentarios en la pantalla emergente **Aprobación de calibración**. Seleccione **Aceptar**, agregue comentarios si lo desea y haga clic en Guardar. Si los resultados no son satisfactorios, haga clic en **Rechazar**.

La calibración aceptada debe estar activa para que se pueda utilizar clínicamente, en este caso, las imágenes recopiladas en la energía y SID e identificadas como **Fracción 0** o **Fracción n** se convertirán automáticamente en dosis y se analizarán utilizando la configuración de Análisis 2D definida en la Plantilla de control de calidad. Si se ha agregado algún comentario, el icono de nota aparece en la columna Estado.

Para el Aseguramiento de la Calidad para la Fracción n o monitoreo en vivo, el Software Sun-Check utiliza las imágenes basadas en imagen del panel detector para el análisis de la reconstrucción de dosis. Estas imágenes resultan más confiables que las imágenes basadas en los log-files del LINAC en la detección de fallos o errores como por ejemplo los relacionados al multiláminas.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos de la Calibración del Detector Electrónico de Imagen Portal de Silicio Amorfo (ASIP) o panel detector en aire o Fracción 0 para el control de calidad de los planes previo al tratamiento, y la Calibración en Tránsito o Dosis Absoluta de Fracción n utilizando fantasmas de agua sólida, son plenamente aceptados para su uso clínico y garantiza que las mediciones de dosis

STATUS	DATE		PASSING RATE
	DELIVERED	CALCULATED	
Accepted	13 may 2023 12:34	21 jun 2023 18:29	98,69 %
Accepted	13 may 2023 12:05	21 jun 2023 18:05	98,83 %

Figura 8. Hora y fecha para las columnas Entregado y Calculado para cada energía y SID en dosimetría en tránsito o Fracción n.

distribuida al paciente durante el tratamiento absolutas serán precisas y confiables una vez que la dosimetría in vivo con el panel detector se utilice juntamente con los planes de tratamiento del Acelerador Lineal (LINAC).

En la Fig. 9 se observa que el porcentaje de aceptabilidad de la calibración del panel detector en Fracción 0 para el Control de Calidad previo al tratamiento es del 99,28% para una energía fotónica de 10 MV y del 99,49% para una energía de 6 MV.

PATIENT ID / RT PLAN	STATUS	DELIVERED	CALCULATED	PASSING RATE
StandardF010MV 02Ehsta_10MV_160_210306194428.dcm	Accepted	06 may 2023 11:51	21 jun 2023 17:59	99,28 %
StandardF06MV 02Ehsta_6MV_160_2007117143618.dcm	Accepted	06 may 2023 13:16	21 jun 2023 17:50	99,49 %

Figura 9. Porcentaje de aceptación de la calibración del detector en Fracción 0 pretratamiento.

En la Fig. 10 se observa que el porcentaje de aceptabilidad de la calibración del panel detector en Fracción n o Dosimetría en Tránsito para el Control de Calidad durante el tratamiento es del 98,69% para una energía fotónica de 10 MV y del 98,83%

NAME	PATIENT ID / RT PLAN	STATUS	DELIVERED	CALCULATED	PASSING RATE
02EhstaFN_10MV	10MVINFINITYFN 02Ehsta_10MV_160_210522203653.dcm	Accepted	13 may 2023 12:34	21 jun 2023 18:29	98,69 %
02EhstaFN_6MV	6MVINFINITYFN 02Ehsta_6MV_160_20042713145.dcm	Accepted	13 may 2023 12:05	21 jun 2023 18:05	98,83 %

Figura 10. Porcentaje de aceptación de la calibración del detector en Fracción n o Dosimetría en Tránsito.

para una energía de 6 MV.

La obtención de estos resultados resulta fundamental en la detección fallos y/o errores mediante el empleo de la Dosimetría in vivo con el Detector Electrónico de Imagen Portal de Silicio Amorfo (ASIP), el cual permite detectar diferencias en la distribución de dosis al paciente de Radioterapia, y de esta forma garantizar un tratamiento eficaz y seguro de distintas patologías oncológicas para los pacientes, ayuda a evitar complicaciones y garantizar que la dosis administrada sea consistente con los valores prescritos. Además, la calibración del panel detector permite realizar un control de calidad riguroso en la teleterapia, asegurando que las mediciones de dosis sean confiables y se ajusten a los estándares establecidos

En cuanto al Aseguramiento de la Calidad para Dosimetría en Tránsito o Dosis Absoluta de Fracción n, se realizó el análisis para cada fracción a fin de detectar los errores como el multiláminas, rotación del gantry o el output del LINAC, cambios en la posición del paciente y cambios anatómicos, a fin de evitar errores de naturaleza similar y aplicar acciones correctivas una vez que se utilice clínicamente.

Por último, una vez completada la calibración del panel detector se realizaron varios procedimientos como parte del control de calidad para garantizar su rendimiento y precisión continua. Estos procedimientos serán abordados más detalladamente en una etapa posterior a la realización del presente trabajo, sin embargo, a continuación, se mencionan las acciones llevadas a cabo:

- Verificación de **linealidad** y respuesta energética para evaluar la linealidad de la respuesta del panel detector en un rango de dosis. Esto asegura que el detector responda de manera lineal a diferentes niveles de dosis y energías de radiación.
- **Independencia de la tasa de dosis** que comparan las respuestas del panel detector a diferentes tasas de dosis para asegurarse de que la relación

entre la respuesta del detector y la tasa de dosis sea lineal y consistente. Esto es especialmente importante en tratamientos que involucran cambios en la tasa de dosis, como la técnica de radioterapia de intensidad modulada (IMRT) o la radioterapia con arco volumétrico (VMAT).

- La **repetibilidad** para obtener resultados consistentes y reproducibles del panel en condiciones de prueba repetidas. Se evaluó la capacidad del panel detector para producir resultados consistentes cuando se realicen pruebas idénticas en las mismas condiciones para determinar si existe una variación significativa entre ellas. Se obtuvo una buena repetibilidad lo cual indica que el panel detector es estable y puede brindar detección precisa de manera consistente.

- La **Constancia del Factor de Calibración** es la relación entre la señal de salida del panel detector y la dosis de radiación entregada al detector. De acuerdo con los resultados, el factor se mantiene dentro de los límites aceptables establecidos por el centro de tratamiento y las recomendaciones del fabricante, lo cual permite detectar cualquier desviación significativa del factor de calibración esperado y tomar las medidas correctivas necesarias si es necesario. Cualquier cambio en el factor de calibración puede tener un impacto directo en la precisión de las mediciones de dosis y, por lo tanto, en la administración correcta del tratamiento radioterapéutico.

Siguiendo con el Control de Calidad del panel detector luego de la calibración, los resultados en cuanto a las tolerancias mecánicas del panel se refieren a la precisión y estabilidad del panel detector en diferentes posiciones se observan en la Fig. 11.

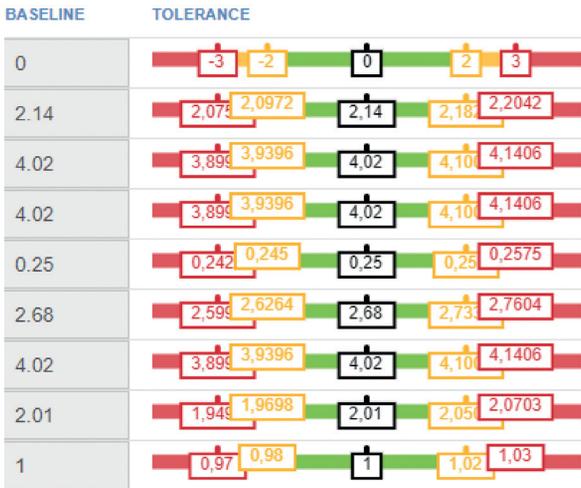


Figura 11. Tolerancias mecánicas con cambios de posición del Panel ASIP – QA del detector.

La interpretación de la tolerancia mecánica observada del panel detector a medida que cambia de posición se refiere a qué tan cerca está el panel de su posición ideal sin afectar significativamente la calidad de las imágenes o la precisión de las mediciones de dosis. En este caso se observa que los valores están dentro del rango aceptable de desviación de posición sin sobrepasar los límites de tolerancia mecánica, lo cual implica que es poco probable la introducción de errores en las imágenes y en la medición de dosis por desviación de la posición del panel.

Cualquier desviación fuera de ese rango puede requerirse como una violación de la tolerancia mecánica y las consecuencias incluyen una degradación en la calidad de las imágenes, una disminución en la precisión de las mediciones de dosis o incluso la necesidad de repetir el tratamiento.

Conclusiones

La calibración realizada al panel detector en el servicio de radioterapia de un centro oncológico integral de la ciudad de Asunción se llevó a cabo siguiendo estrictamente las recomendaciones y pautas de calibración establecidas por SunNuclear Corporation mediante la utilización de la plataforma Suncheck. Los resultados obtenidos son fundamentales en la detección fallos y/o errores

en las distintas etapas del procedimiento clínico mediante la Dosimetría in vivo con el panel detector. Estos hallazgos no previstos permiten detectar diferencias en la distribución de dosis al paciente de Radioterapia, y de esta forma aplicar medidas correctivas que optimizan la práctica garantizando la precisión en la medición de la dosis de radiación administrada durante el tratamiento, en otras palabras, la calibración asegura que las lecturas del panel detector, una vez utilizada clínicamente, están relacionadas de manera confiable con la dosis de radiación real entregada al paciente. El porcentaje de aceptabilidad obtenida en la calibración del panel detector en Fracción 0 para el Control de Calidad previo al tratamiento fue del 99,28% para una energía fotónica de 10 MV y del 99,49% para una energía de 6 MV.

Los resultados demuestran un alto grado de cumplimiento de los estrictos procedimientos de la calibración inicial, proporcionando una base confiable desde la cual se pueden realizar mediciones comparativas en las fracciones subsiguientes, además de establecer una referencia confiable para las mediciones de dosis durante todo el tratamiento, la dosimetría absoluta del panel detector, la consistencia en la administración de la dosis durante el tratamiento estableciendo una referencia precisa, que minimizan los errores sistemáticos y se asegura que la dosis prescrita sea administrada correctamente en cada fracción mediante la verificación del sistema de entrega de radiación.

Con relación al porcentaje de aceptabilidad de la calibración del panel detector en Fracción n o Dosimetría en Tránsito para el Control de Calidad durante el tratamiento fue del 98,69% para una energía fotónica de 10 MV y del 98,83% para una energía de 6 MV. Estos resultados, al igual que la calibración en aire o Fracción 0, aseguran la detección de procedimientos anómalos que derivan de errores y fallas de procedimientos de operación, de esta manera se obtendrá una elevada precisión de la administración de la dosis en cada fracción del tratamiento lo cual garantiza la seguridad y eficacia del tratamiento a lo largo de

todo el curso de la radioterapia. La calibración en cada fracción "n" permite verificar y corregir cualquier desviación o error que pueda surgir a lo largo del tiempo, ayuda a identificar cualquier discrepancia o desviación de la dosis planificada, lo que permite ajustes y correcciones oportunas para garantizar la entrega adecuada de la dosis en el área objetivo.

Durante un tratamiento de radioterapia, pueden ocurrir cambios anatómicos o ajustes en la posición del paciente. La calibración en cada fracción "n" ayuda en la detección de las desviaciones o errores de procedimiento, y consecuentemente a adaptar la administración de la dosis a estos cambios, garantizando que la dosis prescrita se administre de manera precisa y segura, incluso con las modificaciones necesarias, una vez que se haya empleado el uso clínico de la técnica de Dosimetría in vivo con el panel detector.

Por último, una vez completada la calibración del panel detector, se realizaron varios procedimientos como parte del control de calidad del detector para garantizar su rendimiento y precisión continua.

Contribución de los autores

Todos los autores contribuyeron de manera equitativa en la elaboración de este artículo.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Agradecimientos

Al Departamento de Física y por ende a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales por la oportunidad de realizar el Programa de Maestría en Ciencias Físicas de la Radioprotección. Al Centro Oncológico Integral REVITA por abrirme las puertas de su instalación y permitir la realización del trabajo de investigación en el marco del programa de postgrado mencionado. A mis Orientadores por su compromiso y acompañamiento durante este proceso de formación.

Literatura Citada

- Elmpt, W. (2008). A literature review of electronic portal imaging for radiotherapy dosimetry. Systematic review. *Radiotherapy and Oncology*, 88(3): 289–309.
- Falco, E. (2015). *Dosimetría Basada en Sistema Electrónico de Imagen Portal EPID*. Licenciatura en Física: Trabajo Especial. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba. 148 pp.
- Mijnheer, B., Jomehzadeh, A., González, P., Olaciregui-Ruiz, I., Rozendaal, R., Shokranib, P., Spreeuw, H., Tielenburg, R. & Mans, A. (2018). Error detection during VMAT delivery using EPID-based 3D transit dosimetry. *Physica Medica: European Journal of Medical Physics*, 54: 137–145.
- Ripol, O., García, A., Hernández, A., Jiménez, J., Cortés, J., Millán, E., Ruíz, P. & Canellas, M. (2010). Caracterización Dosimétrica de un Dispositivo Electrónico de Imagen Portal (EPID) y desarrollo de un modelo simple de dosimetría portal. *Revista Física Médica*, 11(3): 199–210.
- Silveira, T.B. (2018). *Dosimetría in vivo utilizando EPID*. Tesis Doctoral. Rio de Janeiro: Instituto de Radioproteção e Dosimetria. 89 pp.
- Sunnuclear Corporation. (2020). SunCHECK™ Patient Reference Guide. [Consulted: 17.xi.2020]. <<https://www.sunnuclear.com/products/suncheck-patient>>.
- Sunnuclear Corporation. (2019). EPID Dosimetry in Suncheck™ Patient. EPID Calibration, Pre-Treatment QA and In-Vivo Monitoring. [Consulted: 17.xi.2020]. <https://www.sunnuclear.com/uploads/documents/whitepapers/EPID-Dosimetry_in-SC_Patient_021519.pdf>.
- Wolfs, C., Canters, R. & Verhaegen, F. (2020). Identification of treatment error types for lung cancer patients using convolutional neural networks and EPID dosimetry. *Radiotherapy and Oncology*, 153: 243–249.

Editor responsable: Fernando José Méndez

Riesgo de extinción en función al nicho climático: ¿qué sabemos y qué necesitamos saber?**Extinction risk related to the climatic niche: what do we know and what do we have to find out?**Marcela N. Jiménez Zacur^{1,*}, Pastor Enmanuel Pérez-Estigarribia^{2,3} & Alberto Esquivel Mattos⁴¹Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FACEN), San Lorenzo, Paraguay.²Universidad Nacional de Asunción, Facultad Politécnica, San Lorenzo, Paraguay.³Universidad Sudamericana, Facultad de Medicina, Pedro Juan Caballero, Paraguay.⁴Wildlife Paraguay, Calle Benito Juárez 1160, Luque, Paraguay.*Autor correspondiente: chelajz@gmail.com.

Resumen: Ante el cambio climático, las especies pueden perder representación de su nicho en el biotopo, viéndose afectado el riesgo de extinción. Esta breve revisión de la literatura pretende establecer las bases del estado del conocimiento sobre riesgo de extinción en función al nicho climático. Esto permitirá formular futuros abordajes tales como predicciones de riesgo en base al nicho climático. Según la literatura, la amplitud del nicho y la posición relativa de sus componentes determinan el riesgo de extinción. Esta información puede complementar el conocimiento sobre el riesgo de extinción relacionado a la distribución geográfica. También se puede utilizar para planificar estrategias de conservación específicas para cada situación. Las características de los nichos climáticos pueden interactuar con factores externos (amenazas, competencia) e intrínsecos (área ocupada, dispersión), afectando el riesgo de extinción. Aún persisten vacíos de información sobre los nichos climáticos y limitaciones en sus métodos de estudio. La literatura existente se ha enfocado en vertebrados paleárticos y nichos realizados. Por último, se presenta un caso de estudio que ilustra diferencias entre los nichos climáticos realizados de especies de aves según su riesgo de extinción, mediante la comparación de estadísticas descriptivas. Estas confirman en parte lo que menciona la literatura, pero requieren mejoras para garantizar que proporcionen información veraz. En el futuro, sería interesante explorar estas estadísticas como predictores climáticos para conocer el estado de especies poco conocidas y entender mejor el riesgo de extinción, agregando la dimensión climática a las evaluaciones de riesgo.

Palabras clave: cambio climático, nicho ecológico, biología de la conservación, amplitud de nicho.

Abstract: Species could lose part of their niche representation in the biotope due to climate change, potentially affecting extinction risk. This brief review of the literature aims to establish the basic aspects of our current knowledge concerning extinction risk related to climatic niches. This will enable the formulation of future approaches such as predictions of extinction risk based on the climatic niche. The literature indicates that niche width and relative position of niche components determine extinction risk. This information could complement our knowledge of extinction risk based on geographic distributions. It could also be used to plan specific conservation strategies for each situation. Climatic niche characteristics may interact with external factors (threats and competition) and intrinsic factors (occupied area and dispersal), affecting extinction risk. Information gaps about climatic niches persist as well as limitations of their study methods. Most studies have focused on palearctic vertebrates and realized niches. Finally, a case study is presented in which differences among bird realized climatic niches according to their extinction risk are illustrated by comparing descriptive statistics. These partially confirm what is mentioned in the literature but should be improved to guarantee that they provide accurate information. In the future, it would be interesting to explore these descriptive statistics as climatic predictors of conservation status for data deficient species and to gain a better understanding of extinction risk by adding the climatic dimension to risk evaluations.

Keywords: climate change, ecological niche, conservation biology, niche width.

Introducción

Según datos recientes, en promedio, los tamaños de las poblaciones de vertebrados en el Neotrópico se han reducido en un 94% entre 1970 y 2018 (media

mundial: 69%). Esto representa la reducción más dramática del Índice Planeta Vivo de WWF entre todas las estimativas regionales (Almond *et al.*, 2022). También proporciona una idea general de la

Recibido: 16/11/2022 Aceptado: 28/09/2023



2078-399X/2023 Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Paraguay. Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia CC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>).

Tabla 1. Definiciones clave, modificadas a partir de los trabajos de Sax et al. (2013) y Pulliam (2000).

Expresión	Definición
Nicho climático	El conjunto de condiciones climáticas que incluye los siguientes componentes: nicho de tolerancia, nicho fundamental y nicho realizado.
Nicho de tolerancia	El conjunto de condiciones ambientales en las cuales los individuos de una especie pueden sobrevivir y crecer, pero no tener poblaciones que se sustenten sin inmigración de individuos. Se manifiesta en el espacio geográfico como lugares llamados “sumideros”, que constituyen hábitat “no idóneo”.
Nicho fundamental	El conjunto de condiciones ambientales en las cuales una especie puede tener poblaciones que se sustentan por sí solas y tienen cierto nivel de crecimiento. Está dado por la fisiología de la especie y suele tener partes desocupadas.
Nicho realizado	Una subdivisión del nicho fundamental. Está limitada por las interacciones biológicas y capacidad de dispersión que le permiten a la especie ocupar efectivamente los espacios correspondientes en el biotopo.

magnitud de la pérdida de biodiversidad.

Además de las amenazas que enfrentan por la actividad humana (Lee & Jetz, 2011), se ha visto que ciertas características propias de las especies pueden influir en su desaparición (Chichorro *et al.*, 2019). Varias de estas características más importantes, como el tamaño de la distribución geográfica, (Machado & Loyola, 2013; Lee & Jetz, 2011) ya han sido identificadas por distintos estudios en varios taxa.

Una posible explicación es la que menciona el trabajo de Purvis *et al.* (2000): los rangos de distribución pequeños podrían ser propios de especies adaptadas solo a un hábitat particular. Esto nos remite a la idea del nicho ecológico.

Según la dualidad biotopo-nicho planteada por Hutchinson, existe una reciprocidad parcial entre la distribución geográfica de una especie y el conjunto de condiciones que definen su nicho en un hiperespacio (Colwell & Rangel, 2009). En otras palabras, la distribución geográfica refleja en parte los requerimientos ambientales de una especie, por lo cual tiene sentido pensar que influyan en su supervivencia. Por ello, Breiner *et al.* (2017) propusieron incluir información sobre cambios en el tamaño de los nichos realizados en las evaluaciones de la Lista Roja de la UICN, basándose en la información adicional que esto proporciona.

Es importante mencionar que entre los ecólogos no hay un único concepto de nicho (Milesi & Lo-

pez de Casenave, 2005). De allí que, para dar una definición operativa en este estudio, se presenta el glosario de la Tabla I.

En el presente trabajo, se realiza una breve revisión de la literatura relevante con respecto al estado del conocimiento sobre el riesgo de extinción en función al nicho climático. La misma establece las bases necesarias para formular el problema del riesgo de extinción en función al nicho climático, para futuros abordajes y potenciales aplicaciones. Además, se presenta un caso de estudio para ilustrar la variación del nicho climático de especies de aves según su riesgo de extinción, dado por la categoría de la Lista Roja de la UICN a la cual pertenecen. Por último, se propone un abordaje para la predicción de riesgo de extinción de las especies a partir de características del nicho climático. Este enfoque será detallado en próximas investigaciones.

Materiales y métodos

Revisión bibliográfica

Para la búsqueda de artículos relevantes para la presente revisión, se procedió a la utilización de Google Scholar con los parámetros que se indican a continuación. Aplicando el filtro de “review articles”, se introdujeron los términos: “climatic niche + extinction risk in birds”.

Esta búsqueda produjo una lista de publicaciones cuyos resúmenes se leyeron a fin de determinar

si serían incluidas en esta revisión. También se incluyeron otras publicaciones referentes al tema, que ayudan a sustentar la propuesta que se presenta en este trabajo.

Caso de estudio

Para el caso de estudio, se calcularon 11 estadísticas descriptivas por especie (relacionadas a la temperatura y precipitación) por cada una de las 19 capas climáticas de la base de datos de WorldClim. Los valores de estas (unidades de observación) corresponden a las coordenadas de ocurrencia de 132 especies de aves del Bosque Atlántico de Brasil, Argentina y Paraguay (ver lista en materiales suplementarios), que fueron previamente sometidas a una limpieza de datos. Dichas coordenadas fueron tomadas de las bases de datos de eBird y GBIF (ver materiales suplementarios).

Las especies estudiadas pertenecen a las siguientes categorías de amenaza de la Lista Roja de la UICN: “Preocupación menor” (LC), “Casi Amenazada (NT), “Vulnerable” (VU), “En Peligro” (EN) y “En Peligro Crítico” (CR).

También se incluyeron 4 estadísticas relacionadas a la amplitud de los nichos, las cuales fueron calculadas a partir del modelado con MAXENT (ver material suplementario para más detalles). A pesar del gran número de estadísticas calculadas, aquí solo se muestran algunas, a modo de ilustrar las diferencias entre los valores para especies con distinto riesgo de extinción.

Resultados y discusión

La importancia del nicho climático

En cuanto a los mecanismos por medio de los cuales el nicho climático influye en el riesgo de extinción, podemos mencionar la acción del cambio climático. Dicho fenómeno puede hacer que ciertas regiones dentro de la distribución geográfica actual de una especie queden fuera de su nicho climático en el futuro [Aunque también puede ocurrir que un sitio anteriormente no apto para una especie quede dentro del nicho como consecuencia del cambio (Tingley *et al.*, 2009)]. De este modo, ya no estará adaptada a las condiciones de dicho lugar (Bellard

et al., 2012), ya sea para mantener poblaciones que se sustentan por sí solas o incluso para que los individuos sobrevivan (Sax *et al.* 2013). Tingley *et al.* (2009) concluyeron que algunas especies podían ser más propensas a extinguirse en (o a colonizar) ciertos sitios, dependiendo de la distancia de estos al centro de su nicho climático y cuanto se alejan o acercan a este por el cambio climático.

La idoneidad de un hábitat para una especie está dada por factores como la presencia de otros organismos con los cuales interactúa y un clima que pueda tolerar. En efecto, los impactos del cambio climático sobre una especie pueden darse a través de los organismos de los cuales depende (Bellard *et al.*, 2012) o bien actuar de manera directa. En el caso de las aves, por ejemplo, el cambio climático puede afectar la vegetación a la cual están asociadas (tal vez al modificar la producción primaria neta de carbono, ver Tingley *et al.*, (2009)) o influir sobre su fisiología (Şekercioğlu *et al.*, 2012).

Por un lado, la tolerancia fisiológica de una especie determina su nicho fundamental. Este se compone de las condiciones en las cuales puede tener poblaciones que se sustentan por sí mismas, pero que a menudo están parcialmente desocupadas. Y por el otro, las interacciones biológicas y la capacidad de dispersión delimitan su nicho realizado (la parte del nicho que realmente ocupan dichas poblaciones) (Sax *et al.*, 2013) dentro del nicho fundamental. Estos dos conceptos aparecen a menudo en la literatura relacionada a nichos ecológicos, pero Sax *et al.* (2013) introdujeron además el concepto de “nicho de tolerancia”. Este fue definido como “el conjunto de condiciones físicas y recursos que brindan a los organismos la capacidad de vivir y crecer, pero que excluyen la posibilidad de que la especie establezca poblaciones que se sustenten por sí solas”.

Estos autores llamaron a las relaciones entre el nicho de tolerancia, el nicho fundamental y el nicho realizado “síndromes de nicho”. Entre otras consideraciones, dichos síndromes determinan qué tan inmediato es el riesgo al que se expone una especie por el cambio climático (ver sección 4) e incluso el tipo de acción que se podría tomar para

su conservación (Sax *et al.*, 2013) (ver sección 8). No obstante, este trabajo se centra en el nicho realizado, cuyo estudio es más sencillo.

A continuación se mencionan las principales conclusiones extraídas de la literatura, con respecto a cómo son los nichos climáticos de las especies más vulnerables al cambio climático. Estas características determinan en parte su vulnerabilidad a la extinción local o global.

Características de nichos climáticos y vulnerabilidad

Una mayor flexibilidad ante el cambio se suele considerar beneficiosa para la supervivencia de una especie. Por ello se puede esperar que las especies con un nicho climático más amplio respondan mejor a la amenaza del cambio climático. Los estudios que se mencionan a continuación pueden brindar una idea de lo que se sabe al respecto.

Jiguet *et al.* (2007) sugieren que “las aves afectadas por el cambio climático probablemente enfrentan más problemas en la parte más cálida de su distribución geográfica, independientemente de la amplitud del resto de su distribución en términos de temperatura”. Pero Sax *et al.* (2013) ilustraron ejemplos de síndromes de nicho hipotéticos, en los cuales un nicho fundamental mucho más amplio que el nicho realizado puede ofrecer espacio ecológico capaz de evitar la extinción de una especie.

También existe evidencia de casos específicos en los cuales se ha verificado la relación negativa entre amplitud de nicho y riesgo de extinción. Un ejemplo concreto es un estudio de Williams *et al.* (2007) sobre abejorros europeos. Este concluyó que, en dos especies amenazadas, el nicho definido por las características climáticas del hábitat era menos amplio que el de una especie en situación estable. Esta situación se daba incluso antes de que las especies amenazadas se encontraran en peligro.

Por otro lado, según la revisión que realizaron Pacifici *et al.* (2015), uno de los rasgos que influyen en la vulnerabilidad al cambio climático es, efectivamente, un rango estrecho de tolerancia fisiológica. Esta conclusión fue derivada del análisis de varias publicaciones, lo cual indica al menos

cierta generalidad.

Además de la amplitud del nicho, otra característica que determina el riesgo de extinción en función al nicho climático es la posición relativa de sus componentes. Sax *et al.* (2013) dieron el ejemplo de una especie cuyo nicho realizado se encuentra situado en el límite superior de temperatura que puede tolerar fisiológicamente. Es decir, que está en el límite de su nicho de tolerancia. Dicha especie estaría en riesgo inmediato con solo un aumento moderado de temperatura.

Existe evidencia que apoya esta idea. Jiguet *et al.* (2010) observaron que una medida de las temperaturas más altas que experimentan ciertas aves europeas comunes era un buen predictor de sus tendencias poblacionales. En consecuencia, sugieren que este atributo es importante para medir riesgos potenciales debido al cambio climático. Dicho trabajo apunta a un mayor descenso poblacional entre 1980 y 2005 para especies que presentan menores temperaturas máximas en verano y primavera, en la parte más cálida de su distribución.

Interacciones entre otras variables y nicho climático

Además de la influencia de las características del nicho climático en sí, existe evidencia que indica que los nichos climáticos pueden interactuar con amenazas externas. Estas interacciones afectarían el riesgo de extinción.

Williams *et al.* (2007) encontraron indicios de una compensación entre el clima y la disponibilidad de alimento. De acuerdo con esta idea, “las especies pueden ocupar parches de hábitat cuyas características climáticas no sean óptimas (y que estén más cerca del límite de su nicho climático), pero que sean ricos en recursos alimenticios”. Las especies estarían más expuestas a una extinción local en estas áreas si una amenaza externa degradara el hábitat.

Además, la densidad poblacional de una especie en un lugar con condiciones ambientales adecuadas se ve afectada por la presencia de especies competidoras. Pulliam (2000) realizó simulaciones en las cuales la densidad de una especie se veía significativamente reducida especialmente donde

las condiciones ambientales no eran óptimas para ella, pero sí para su competidor.

La interacción entre variables externas y el nicho climático no sería la única posibilidad. Los atributos del nicho climático podrían interrelacionarse con otros factores que también tienen un componente intrínseco de las especies. A su vez, ambos podrían interactuar con lo que sucede en el entorno. De hecho, la interacción entre el área ocupada por algunos anfibios y reptiles y el rango de temperaturas anuales promedio fue una de las seis interacciones principales entre predictores de riesgo de extinción (debido al cambio climático), según Pearson *et al.* (2014).

En cuanto a la relación entre la distribución y el nicho, también cabe mencionar la importancia de la dispersión. Hoy en día muchos estudios sobre vulnerabilidad al cambio climático de las especies incorporan información sobre su capacidad de dispersión (Pacifci *et al.*, 2015). Pulliam (2000), ilustró que una gran capacidad de dispersión puede hacer que existan muchos individuos de una especie incluso fuera del nicho fundamental. Y anteriormente Davis *et al.* (1998) habían demostrado, mediante un experimento, que los datos sobre dispersión eran necesarios para predecir tendencias poblacionales ante el cambio climático. Esta observación es importante, pues una especie podría ser capaz de moverse a un área más adecuada si parte de su área de distribución actual ya no cumple con las condiciones de las que requiere.

Algunas limitaciones de los métodos para estudiar el nicho climático

La caracterización de los distintos componentes del nicho es relevante para entender el riesgo de extinción (Sax *et al.*, 2013). No obstante, los métodos utilizados para estudiar el nicho poseen limitaciones de distintos tipos. Estas se han detallado en trabajos anteriores (Pacifci *et al.*, 2015). Por este motivo, aquí solo se mencionan algunas de ellas.

Comúnmente se utilizan datos de ocurrencia procedentes de la distribución geográfica de una especie para delimitar su nicho (Phillips *et al.*, 2004). Este tipo de métodos se denominan “correlativos” y

se basan en el análisis de las condiciones climáticas existentes en el área geográfica que ocupa el taxón (Pacifci *et al.*, 2015).

Los métodos correlativos, como por ejemplo MAXENT, muchas veces están sujetos a sesgos relacionados con el muestreo (Phillips *et al.*, 2004). Las diferencias entre el esfuerzo de muestreo hecho en un sitio u otro afectarán comparativamente las posibilidades de detectar a una especie en cada uno. A su vez, la cuantificación que se haga del nicho dependerá de que la especie haya sido detectada en los lugares donde habita.

Si la especie no ha sido detectada en todos los sitios donde está presente, las estimaciones de las características del nicho (como por ejemplo su amplitud) podrían verse afectadas. Esto sería consecuencia de no incluir en el modelo una buena representación de las condiciones climáticas que forman parte de su nicho.

La representatividad de los datos de ocurrencia disponibles dependerá también del tipo de movimiento que realice la especie entre estaciones (ej: movimiento migratorio de distintos tipos o sedentarismo) (Eyres *et al.*, 2017). Gómez *et al.* (2016) analizaron un grupo de especies neotropicales de aves de la familia Parulidae. Concluyeron que aquellas que son migratorias tienen mayor tendencia a buscar localidades que representen su nicho cuando cambian las estaciones. Por otro lado, observaron que las especies residentes cambiaban de nicho a lo largo del año. No tener en cuenta esto puede resultar también en sobreestimaciones o subestimaciones en las cuantificaciones de los nichos (Eyres *et al.* 2017).

Incluso en caso de que se pueda tener una idea completa y detallada de la distribución de una especie, las estimaciones del nicho que se hagan a partir de estos datos solo corresponderán al nicho realizado (Colwell y Rangel, 2009). Este refleja el espacio ecológico que ocupa la especie de manera efectiva en el presente, es decir, la porción del nicho fundamental en la que sus limitaciones de dispersión, competencia y mutualismos con otras especies le permiten tener poblaciones persistentes (Sax *et al.*, 2013; Colwell y Rangel, 2009).

Por otro lado, el nicho fundamental representa el potencial de la especie para ocupar el hábitat manteniendo poblaciones que se sustentan por sí solas, en caso de que no se dieran las limitaciones de dispersión e interacciones bióticas propias del taxón (Sax *et al.*, 2013). No obstante, estimar el nicho fundamental resulta muchas veces menos factible que estudiar el nicho realizado.

El estudio del nicho fundamental requiere de información sobre la tolerancia fisiológica de una especie, la cual es costosa de obtener (Pacifci *et al.*, 2015). En aquellos casos en los cuales esta información está disponible, a menudo se han realizado modelos denominados mecanísticos.

A pesar de no ser posible contar con modelos mecanísticos para muchas especies, se consideran de mayor calidad que los modelos correlativos (Pacifci *et al.*, 2015). Sin embargo, Sax *et al.* (2013), sugiere que es necesario delimitar cada componente del nicho. Esto probablemente implica que los distintos tipos de modelos (tanto correlativos como mecanísticos u otros) son complementarios.

A las dificultades que se han mencionado, debe agregarse lo que destacó Pulliam (2000) : 1) una especie puede estar ausente de sitios que sí cumplen con sus requerimientos ecológicos actualmente, pero en los cuales se ha extinguido ante condiciones adversas en el pasado, o bien 2) también existir en ciertos lugares fuera de su nicho fundamental (dinámica de fuentes y sumideros) gracias a las migraciones. Esto último corresponde al concepto de nicho de tolerancia que formalizaron Sax *et al.* (2013) [Sin embargo, la capacidad de un organismo de ocupar estos espacios dependerá de su capacidad de dispersión, como ya se ha mencionado. Según el modelo presentado por Pulliam (2000), una especie con una gran capacidad de dispersión podría migrar a lugares que se encuentren fuera de su nicho fundamental con más facilidad, pero si su tasa de dispersión es menor, una mayor proporción de su población se limitará a los lugares que reflejen las condiciones del nicho fundamental].

En definitiva, no observar a una especie en determinado lugar no es suficiente para saber que no se encuentra allí (Mackenzie *et al.*, 2002). Pero

observarla no es suficiente para saber a qué componente del nicho corresponden esas condiciones ambientales (Pulliam, 2000). Por estos motivos, caracterizar los componentes del nicho de una especie requiere de una interpretación cautelosa de la información disponible.

Por qué el nicho climático y no solo la distribución geográfica

La distribución geográfica y el nicho son conceptos ligados. Slatyer *et al.* (2013) realizaron un metaanálisis de varias publicaciones. En él se observaba una correlación general entre el tamaño del nicho realizado de las especies y el de su distribución geográfica en varios taxa. Sin embargo, un estudio hecho con plantas vasculares (Breiner *et al.*, 2017) reveló el valor de incluir información sobre los cambios en los nichos realizados en las evaluaciones de riesgo de extinción de la Lista Roja de la UICN. Según sus resultados, algunas especies experimentan una marcada reducción en el tamaño de su nicho realizado al simular extinciones locales, pero el tamaño de su distribución geográfica apenas cambia. Esta pérdida de representación de una parte del nicho en el espacio geográfico puede acarrear pérdida de parte de la variabilidad genética de la especie, posiblemente adaptada a condiciones distintas que las del resto de la distribución. Tal es el caso de las poblaciones que se encuentran en los extremos de una distribución geográfica (Rehm *et al.*, 2015; sin embargo, ver Quintero & Wiens, 2013). Esto sugiere que medir los cambios en el tamaño del nicho realizado proporciona información independiente y complementaria (Breiner *et al.*, 2017).

Por otro lado, al analizar datos globales sobre especies vegetales, Pelletier *et al.* (2018) concluyeron que las variables bioclimáticas relacionadas a la temperatura tuvieron un efecto mayor en la predicción de riesgo de extinción, comparadas con variables geográficas.

Uso del conocimiento sobre el nicho en planificación para la conservación: algunos ejemplos

Ante el cambio climático, la literatura existente ha señalado ciertas acciones orientadas hacia la conservación de las especies. Entre ellas menciona

la importancia de “mejorar la conectividad entre reservas...”, “...además de tener en cuenta áreas que podrían volverse adecuadas para las especies y comunidades en el futuro” ((Şekercioğlu *et al.*, 2012). Esto coincide con Sax *et al.* (2013). Ellos expusieron algunos de los distintos casos que se pueden dar de relaciones entre el nicho de tolerancia, el nicho fundamental y el nicho realizado y sus implicancias para la conservación. Dependiendo de estos síndromes, mencionan la posibilidad de realizar relocalizaciones asistidas a estos sitios. El objetivo sería permitir la supervivencia de los individuos, pues tal vez más adelante tales lugares sean idóneos para poblaciones que se sustenten solas.

Existen otros casos posibles según Sax *et al.* (2013). Por ejemplo, aquellos en los cuales el nicho fundamental de la especie es grande en comparación con el nicho realizado y se proyecta que, en el futuro, la distribución permanecerá dentro del nicho fundamental o del nicho de tolerancia. Las acciones de conservación *in situ* serían adecuadas en estas situaciones.

Para poder identificar estos casos y su estrategia de conservación más apropiada, es necesario contar con el conocimiento sobre la relación entre los componentes del nicho. Por este motivo, tanto la delimitación del nicho fundamental y el de tolerancia como la del nicho realizado deben llevarse a cabo (Sax *et al.*, 2013).

Vacíos de información

Chichorro *et al.* (2019), indican un sesgo significativo en la cantidad por taxón de estudios, sobre rasgos de distintos tipos, relacionados al riesgo de extinción. Según dicho trabajo, existe un número desproporcionadamente alto de artículos enfocados en vertebrados, especialmente mamíferos y aves. Esto concuerda con los hallazgos más específicos de Pacifici *et al.* (2015), al hacer una revisión sobre estudios de evaluación de vulnerabilidad al cambio climático. Como resultado, encontraron una mayor proporción de trabajos enfocados en aves en comparación con otros taxones.

En cuanto a la región biogeográfica abarcada por la literatura, Chichorro *et al.* (2019) hallaron

una mayor representación de especies de la región Paleártica, especialmente para los insectos. Por otro lado, en 71% de los estudios recopilados por Pacifici *et al.* (2015) no estaba incluido el subcontinente sudamericano. Şekercioğlu *et al.* (2012), habían mencionado que es necesario estudiar más sobre las respuestas fisiológicas de las aves tropicales al cambio climático.

Esta necesidad se relaciona con los nichos fundamentales de las especies. Estos son más costosos y difíciles de estudiar que los nichos realizados. Aun así, Sax *et al.* (2013) demuestran que se deben realizar más caracterizaciones de los nichos fundamentales y nichos de tolerancia y su tamaño y posicionamiento relativo. Dicha información permitirá determinar de manera más completa la vulnerabilidad ante el cambio climático y las acciones para mitigar sus efectos negativos.

Por último, Sax *et al.* (2013) exponen sobre el potencial para realizar estudios de este tipo en plantas con mayor facilidad. Estos autores argumentan que, a diferencia de lo que ocurre en animales, existe una gran cantidad de información disponible en jardines botánicos, que puede ayudar a esclarecer el panorama con respecto a los nichos de tolerancia.

Caso de estudio: caracterización del nicho climático según categoría de amenaza

El siguiente caso de estudio es parte de un trabajo de mayor alcance que se está llevando a cabo actualmente. Su propósito es demostrar la utilidad de los algoritmos de *machine learning* para predecir el riesgo de extinción, a partir de un conjunto de características del nicho climático (datos sin publicar). No obstante, aquí se limita a presentar comparaciones entre los nichos climáticos de especies de distintas categorías de la Lista Roja. Estas comparaciones permiten formular la pregunta sobre la factibilidad de las predicciones que se presentarán en próximos trabajos.

Para comparar los nichos climáticos se utilizan tres de las estadísticas descriptivas que se emplearon como predictores con los algoritmos. Estas estadísticas fueron seleccionadas como predictores principales de riesgo de extinción por dichos algo-

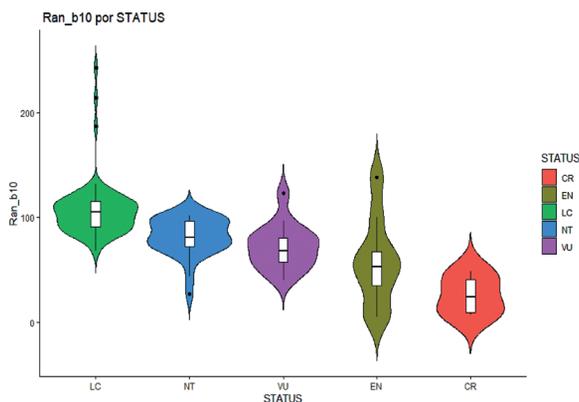


Figura 1. Rango de las temperaturas promedio del trimestre más cálido por categoría de amenaza. Las temperaturas para los atributos relacionados a temperatura están en grados Celsius y multiplicadas por 10.

ritmos (datos sin publicar).

El caso en cuestión procede de la caracterización del nicho climático de 132 especies de aves del Bosque Atlántico de Brasil, Argentina y Paraguay (ver materiales suplementarios) [Una observación a tener en cuenta es la reciente recategorización de una de las especies estudiadas. *Philydor novaesi* (Teixeira & Gonzaga, 1983) fue incluida en la categoría “Extinta” (EX), a partir de su última evaluación de la Lista Roja de la UICN en 2019. Esto fue posterior a la utilización de sus datos de ocurrencia, para los cálculos a partir de los cuales se realizaron los gráficos de las Figuras 1-3. Anteriormente, la especie estaba incluida en la categoría CR]. Esto se realizó a partir de coordenadas geográficas de ocurrencia y las 19 variables bioclimáticas de la base de datos WorldClim. El nicho de cada especie fue descrito en términos de las estadísticas descriptivas calculadas a partir de esta información. Las mismas resumen los valores de las variables bioclimáticas para el conjunto de las localidades donde fue registrada la especie. Cada una de estas estadísticas constituye un atributo del nicho climático (ver material suplementario para detalles sobre la metodología).

En este sentido, se detectaron diferencias entre los atributos del nicho de las especies de distintas categorías de amenaza de la Lista Roja de la UICN (Figuras 1-3). Aquí se presentan solo tres atributos.

El primero es el rango de la temperatura media del trimestre más cálido. Esto corresponde al rango de valores de la variable BIO10 de WorldClim. Su valor fue mayor para las especies de preocupación menor (Figura 1). Estos valores fueron progresivamente menores para las especies con mayor riesgo de extinción. Como resultado, la diferencia fue más clara al comparar los valores correspondientes a la categoría de “Preocupación menor” (LC) con los de la categoría “En Peligro Crítico” (CR).

Esto indica una tendencia a tener nichos más amplios por parte de las especies en categorías de menor riesgo. En otras palabras, los rangos mayores indican una mayor variabilidad de las temperaturas promedio registradas para el trimestre más cálido, entre las localidades donde fueron registradas estas aves. Esta observación coincide con los resultados de Williams *et al.* (2007), que fue mencionado más arriba y con las generalizaciones hechas por Pacifici *et al.* (2015).

La caracterización con los datos utilizados reveló una tendencia opuesta para otra de las características del nicho climático. Las temperaturas mínimas (entre todas las temperaturas mínimas del mes más frío) en el nicho realizado aumentaron junto con el riesgo de extinción (Figura 2). Una vez más, la diferencia fue más clara al comparar las especies de la categoría LC con las de la categoría CR. Esto apunta a que, entre las especies estudiadas, las más amenazadas podrían estar adaptadas a mayores

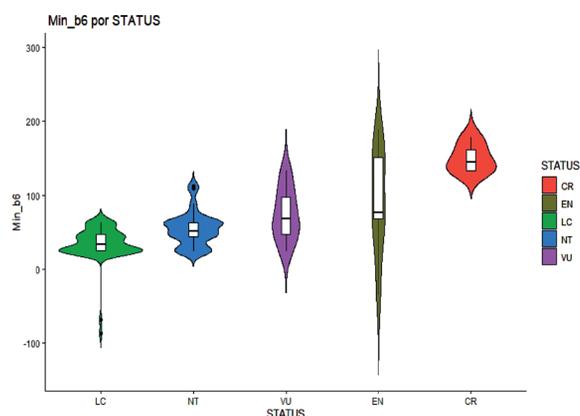


Figura 2. Mínimo de las temperaturas mínimas del mes más frío por categoría de amenaza.

temperaturas durante el período más frío del año.

Por último, la Figura 3. corresponde al mínimo de la estacionalidad de la precipitación. Dicha característica también presenta un patrón de valores que aumentan con el riesgo de extinción. Loiselle *et al.* (2010) encontraron una menor estacionalidad de la precipitación en remanentes de Bosque Atlántico comparados con los bosques originales [Aunque en este caso, la causa sería la deforestación en este bioma]. Ante esto, la Figura 3 indica que las especies en peligro crítico podrían estar experimentando condiciones climáticas más cercanas al límite de alguno de los componentes de su nicho o fuera de estos. Esta posibilidad requiere más estudio a fin de ser corroborada. Por ello sería útil estudiar el nicho fundamental y el nicho de tolerancia de estas especies. Sin embargo, se debe considerar que Loiselle *et al.* (2010) predijeron que la estacionalidad en la precipitación disminuiría con el cambio climático.

Limitaciones de la propuesta

La información que puede aportar el caso propuesto se debe interpretar con precaución. Dicho caso se basa en observaciones de individuos en las localidades que se asume reflejan las condiciones de su nicho realizado. Sin embargo, sin datos sobre la dinámica de poblaciones, no se puede saber si dichos individuos simplemente se encuentran allí porque su capacidad de dispersión se lo permite o porque realmente tienen poblaciones que se sustentan por sí solas (Pulliam, 2000). En otras palabras, no hay certeza de que las condiciones climáticas que se incluyeron en las caracterizaciones correspondan realmente al nicho realizado.

Este problema se podría paliar mediante el conocimiento de las capacidades de dispersión de las especies. Los registros de ocurrencia de aquellas especies con poca capacidad de dispersión tendrán mayor probabilidad de corresponder verdaderamente al nicho realizado. Por el contrario, cierta parte de los registros de las especies que se dispersan a mayores distancias podrían reflejar en realidad el nicho de tolerancia.

También es posible que los registros de ocurrencia utilizados no proporcionen una idea completa

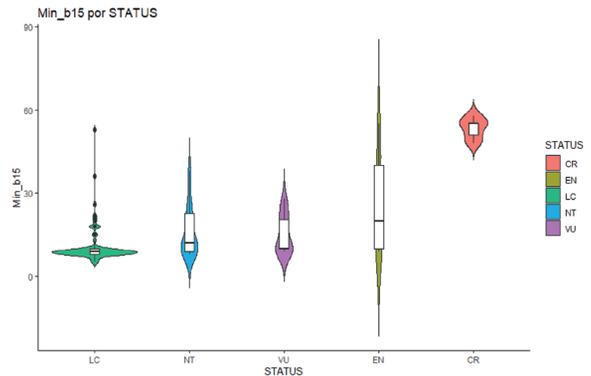


Figura 3. Mínimo de la estacionalidad de la precipitación por categoría de amenaza. Las especies en peligro crítico presentan valores mayores para este atributo al compararlas con la mayoría de las especies de las categorías LC, NT y VU. No obstante, se observa un solapamiento entre los valores de las especies CR y algunas de las especies de las demás categorías, en especial EN y NT.

de los nichos realizados de las especies. Esto sería consecuencia de muestreos incompletos.

Esta caracterización también está limitada por el uso de datos que no son explícitos en cuanto a la dimensión temporal. Los datos de ocurrencia utilizados para la descripción de los nichos son coordenadas geográficas correspondientes a los registros de cada especie. Sin embargo, no se verificó que el grupo de especies analizadas no incluyera especies con algún movimiento estacional significativo (ej: migraciones). En caso de que alguna de estas especies presentara algún movimiento migratorio, los valores de los atributos del nicho podrían no reflejar la realidad, tal y como demostraron Eyres *et al.* (2017).

Abordajes para evaluar el riesgo de extinción con modelos de clasificación

Las Figuras 1-3 ilustran diferencias entre los nichos climáticos (realizados) de las especies, según su riesgo de extinción. Esto conduce a considerar la posibilidad de predecir el riesgo de extinción a partir de las características del nicho climático.

Dichas predicciones podrían complementar la caracterización de la distribución geográfica que se utiliza para evaluar el grado de amenaza (UICN, 2012). Esto sería similar a lo propuesto por Breiner

et al. (2017). Tal enfoque podría ayudar a entender mejor el riesgo de extinción, al agregar la dimensión del nicho climático. Por otro lado, existen especies poco conocidas y que aún no se han asignado a una categoría (de datos suficientes) de la Lista Roja (UICN, 2012). Las predicciones de categorías de riesgo para estos casos se pueden intentar a partir de información sobre los nichos climáticos.

De hecho, varios autores (ej: Pelletier *et al.* 2018; Machado & Loyola, 2013; Quintero *et al.*, 2014; Bland *et al.*, 2015) han abordado la clasificación según riesgo de extinción, usando predictores de distintos tipos. Esto incluye los predictores climáticos (ej: Pelletier *et al.*, 2018). No obstante, aún se puede ahondar en la investigación detallada de las características del nicho climático como predictores de riesgo de extinción. Las estadísticas descriptivas que se han presentado en el caso de estudio de la sección anterior son potencialmente útiles para ello.

Por ejemplo, los algoritmos de *machine learning* son capaces de reconocer patrones a partir de conjuntos de datos y realizar clasificaciones a través de los modelos resultantes con poca intervención humana (Tarca *et al.*, 2007). Los mismos ya han sido utilizados en los trabajos sobre predicción de riesgo de extinción citados más arriba y se han obtenido distintos resultados.

Pelletier *et al.* (2018) utilizaron Random Forest. Predijeron la categoría de amenaza de la Lista Roja de plantas que no aparecen en ella o que estaban clasificadas como DD (Datos Deficientes) [si bien incluyeron las especies de distintas categorías de la Lista Roja en grupos de riesgo similar (p.ej: LC (LC y NT) vs. non-LC (CR, EN, VU)) para balancear las clases y obtener mejores resultados.]. Lograron obtener clasificadores cuyas predicciones fueron correctas entre un 73 y un 82%. Machado & Loyola (2013) también emplearon Random Forest (y árboles de decisión) para sus predicciones en aves. Sus clasificadores predijeron correctamente la categoría de amenaza de las especies no amenazadas. Sin embargo, el poder predictivo fue menor para las especies amenazadas. Este estuvo por debajo del 75%. En este sentido, Quintero *et al.* (2014)

podieron obtener mejores resultados, también con Random Forest. Ellos realizaron predicciones de tendencias poblacionales para anfibios de la categoría DD. Pudieron diferenciar especies cuyas poblaciones están disminuyendo de aquellas que se encuentran estables, con una precisión de 0,897. Bland *et al.* (2015) abordaron el mismo problema, pero en mamíferos y comparando distintos tipos de algoritmos de *machine learning*. El mejor de estos clasificó correctamente 93,5% de las especies amenazadas y 88, 7% de las no amenazadas.

Además de Random Forest, Bland *et al.* (2015) utilizaron también árboles de decisión, *boosted trees*, *k nearest neighbors*, *support vector machines*, *redes neurales* y *decision stumps*. La calidad de las predicciones fue mejor para algunos algoritmos que para otros y los autores explicaron que las diferencias dependen de distintos factores.

La exploración de una mayor variedad de algoritmos de *machine learning* con diversos atributos del nicho climático como predictores, podría proporcionar resultados diferentes a los que obtuvieron los autores citados. Por otro lado, podría corroborar sus hallazgos. De cualquier modo, las diferencias entre los nichos climáticos de especies con distinto grado de amenaza permiten plantear el problema en cuestión. Otros métodos de *machine learning*, como la selección de atributos, o el ensamblaje de modelos pueden explorarse como alternativas que mejoren la generalización y en consecuencia el rendimiento de los modelos. En el futuro, podrá abordarse la clasificación en categorías de riesgo, por medio del *machine learning* y las estadísticas descriptivas del nicho climático.

Conclusiones

Debido al cambio climático, el hábitat de una especie puede dejar de reunir las condiciones climáticas adecuadas para ella. Esta pérdida puede acercar a las especies a la extinción local o global, pues afectaría su capacidad de persistir en el entorno.

Distintos trabajos han concluido que el riesgo de extinción es mayor en ciertas circunstancias. Ejemplos de esto son los nichos climáticos restringidos o cuando el nicho realizado está relativamente cerca

del límite del nicho de tolerancia.

Esto implica diferencias en las estrategias de conservación que probablemente serán adecuadas para especies con distintas características del nicho. Por ende, las mediciones deben reflejar correctamente, en lo posible, estas amplitudes y límites. Además de medir las características del nicho, es importante tener en cuenta su interacción con factores externos e intrínsecos. Esto permitiría tener una idea más completa de los mecanismos subyacentes del riesgo de extinción

Actualmente, se conoce más sobre los nichos realizados de las especies y menos sobre sus nichos fundamentales y nichos de tolerancia. Sin embargo, incluso el conocimiento sobre los nichos realizados puede ser frecuentemente incompleto, debido al tipo de datos que se suelen utilizar para las estimaciones.

Otro problema es desconocer a qué componente del nicho corresponden realmente los registros de presencia. Esto es consecuencia de no considerar la capacidad de dispersión hacia zonas de clima inadecuado para sostener poblaciones.

Los datos de ocurrencia deberían cubrir no solo la mayor extensión geográfica posible, sino también representar dónde se encuentran las especies en distintas estaciones. Esta información debe combinarse con datos sobre la tolerancia fisiológica de las especies, a fin de completar lo más posible el conocimiento sobre los componentes del nicho.

Si bien esto es desafiante, es posible utilizar las estimaciones del nicho realizado para orientar las investigaciones sobre los otros componentes. Esto es particularmente necesario en Sudamérica, pues la literatura revela que la mayor parte de los estudios sobre vulnerabilidad al cambio climático se han enfocado en vertebrados paleárticos. Esto también implica la necesidad de estudiar mejor otros taxones.

En futuros trabajos se podrían intentar incorporar datos explícitos en cuanto a la dimensión temporal y la capacidad de dispersión, a fin de mejorar las estimaciones del nicho realizado. Otra posible área de investigación son las predicciones de riesgo de extinción con *machine learning* en base a atributos del nicho climático. Las comparaciones

presentadas entre nichos de especies con distinto grado de amenaza sugieren que tal enfoque podría aportar información importante.

Contribución de los autores

Todos los autores contribuyeron de manera equitativa en la elaboración de este artículo.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Materiales suplementarios

A continuación de la literatura citada.

Literatura citada

- Almond, R.E.A., Grooten, M., Juffe Bignoli, D. & Petersen, T. (Eds.). (2022). *Living Planet Report 2022 – Building a naturepositive society*. Gland: WWF, Gland. 115 pp.
- Bellard, C., Bertelsmeier, C., Leadley, P., Thuiller, W. & Courchamp, F. (2012). Impacts of climate change on the future of biodiversity. *Ecology Letters*, 15(4): 365–377.
- Bland, L.M., Collen, B., Orme, C.D.L. & Bielby, J. (2015). Predicting the conservation status of data-deficient species: Predicting Extinction Risk. *Conservation Biology*, 29(1), 250–259.
- Breiner, F.T., Guisan, A., Nobis, M.P. & Bergamini, A. (2017). Including environmental niche information to improve IUCN Red List assessments. *Diversity and Distributions*, 23(5): 484–495.
- Chichorro, F., Juslén, A. & Cardoso, P. (2019). A review of the relation between species traits and extinction risk. *Biological Conservation*, 237: 220–229.
- Colwell, R.K. & Rangel, T.F. (2009). Hutchinson's duality: the once and future niche. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(Suppl. 2): 19651–19658.
- Davis, A.J., Lawton, J.H., Shorrocks, B. & Jenkinson, L.S. (1998). Individualistic species responses invalidate simple physiological models of community dynamics under global

- environmental change. *Journal of Animal Ecology*, 67(4): 600–612.
- Eyres, A., Böhning-Gaese, K. & Fritz, S.A. (2017). Quantification of climatic niches in birds: adding the temporal dimension. *Journal of Avian Biology*, 48(12): 1517–1531.
- Gómez, C., Tenorio, E.A., Montoya, P. & Cadena, C.D. (2016). Niche-tracking migrants and niche-switching residents: Evolution of climatic niches in New World warblers (Parulidae). *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 283(1824):20152458: 1–9.
- Jiguet, F., Gadot, A.S., Julliard, R., Newson, S.E. & Couvet, D. (2007). Climate envelope, life history traits and the resilience of birds facing global change. *Global Change Biology*, 13(8): 1672–1684.
- Jiguet, F., Gregory, R.D., Devictor, V., Green, R.E., Vorisek, P., Van Strien, A. & Couvet, D. (2010). Population trends of European common birds are predicted by characteristics of their climatic niche. *Global Change Biology*, 16(2): 497–505.
- Lee, T.M. & Jetz, W. (2011). Unravelling the structure of species extinction risk for predictive conservation science. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 278(1710): 1329–1338.
- Loiselle, B.A., Graham, C.H., Goerck, J.M. & Ribeiro, M.C. (2010). Assessing the impact of deforestation and climate change on the range size and environmental niche of bird species in the Atlantic forests, Brazil. *Journal of Biogeography*, 37(7): 1288–1301.
- Machado, N. & Loyola, R.D. (2013). A Comprehensive Quantitative Assessment of Bird Extinction Risk in Brazil. *PLoS ONE*, 8(8): e72283: 1–8.
- MacKenzie, D.I., Nichols, J.D., Lachman, G.B., Droege, S., Andrew Royle, J. & Langtimm, C.A. (2002). Estimating Site Occupancy Rates When Detection Probabilities Are Less Than One. *Ecology*, 83(8): 2248–2255.
- Milesi, F.A., & Lopez de Casenave, J. (2005). El concepto de nicho en Ecología aplicada: del nicho al hecho hay mucho trecho. *Ecología Austral*, 15(2): 131–148.
- Pacifici, M., Foden, W.B., Visconti, P., Watson, J.E. M., Butchart, S.H.M., Kovacs, K.M., Scheffers, B.R., Hole, D.G., Martin, T.G., Akçakaya, H.R., Corlett, R.T., Huntley, B., Bickford, D., Carr, J.A., Hoffmann, A.A., Midgley, G.F., Pearce-Kelly, P., Pearson, R.G., Williams, S.E., Willis, S.G., Bruce Young, B. & Rondinini, C. (2015). Assessing species vulnerability to climate change. *Nature Climate Change*, 5(3), 215–224.
- Pearson, R.G., Stanton, J.C., Shoemaker, K.T., Aiello-Lammens, M.E., Ersts, P.J., Horning, N., Fordham, D.A., Raxworthy, C.J., Ryu, H.Y., McNeese, J., & Akçakaya, H.R. (2014). Life history and spatial traits predict extinction risk due to climate change. *Nature Climate Change*, 4(3): 217–221.
- Pelletier, T.A., Carstens, B.C., Tank, D.C., Sullivan, J. & Espíndola, A. (2018). Predicting Plant Conservation Priorities on a Global Scale. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 115(51): 13027–32.
- Phillips, S.J., Dudík, M. & Schapire, R.E. (2004). A maximum entropy approach to species distribution modeling. Pp. 655 - 662, in Greiner, R. & Schuurmans, D. (Eds.). *Proceedings of the 21st International Conference on Machine Learning*. New York: Association for Computing Machinery. 942 pp.
- Pulliam, H.R. (2000). On the relationship between niche and distribution. *Ecology Letters*, 3(4): 349–361.
- Purvis, A., Gittleman, J.L., Cowlishaw, G., & Mace, G.M. (2000). Predicting extinction risk in declining species. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 267(1456): 1947–1952.
- Quintero, I. & Wiens, J.J. (2013). What determines the climatic niche width of species? The role of spatial and temporal climatic variation in three vertebrate clades: Climatic niche width

- of species. *Global Ecology and Biogeography*, 22(4): 422–432.
- Quintero, E., Thessen, A.E., Arias-Caballero, P. & Ayala-Orozco, B. (2014). A statistical assessment of population trends for data deficient Mexican amphibians. *PeerJ*, 2(e703): 1–15.
- Rehm, E.M., Olivas, P., Stroud, J. & Feeley, K.J. (2015). Losing Your Edge: Climate Change and the Conservation Value of Range-Edge Populations. *Ecology and Evolution*, 5(19): 4315–4326.
- Sax, D.F., Early, R. & Bellemare, J. (2013). Niche syndromes, species extinction risks, and management under climate change. *Trends in Ecology & Evolution*, 28(9): 517–523.
- Şekercioğlu, Ç.H., Primack, R.B. & Wormworth, J. (2012). The effects of climate change on tropical birds. *Biological Conservation*, 148(1): 1–18.
- Slatyer, R.A., Hirst, M. & Sexton, J.P. (2013). Niche breadth predicts geographical range size: a general ecological pattern. *Ecology Letters*, 16(8): 1104–1114.
- Tarca, A.L., Carey, V.J., Chen, X., Romero, R. & Drăghici, S. (2007). Machine learning and its applications to biology. *PLoS Computational Biology*, 3(6)e116: 953–963.
- Tingley, M.W., Monahan, W.B., Beissinger, S.R. & Moritz, C. (2009). Birds track their Grinnellian niche through a century of climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(Suppl. 2): 19637–19643.
- UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales). (2001). *Categorías y criterios de la Lista Roja de la UICN Version 3.1. (2ª Ed.)*. Gland and Cambridge: IUCN. vi + 34 pp.
- Williams, P.H., Araújo, M.B. & Rasmont, P. (2007). Can Vulnerability among British Bumblebee (*Bombus*) Species Be Explained by Niche Position and Breadth? *Biological Conservation*, 138(3–4): 493–505.

Materiales Suplementarios

S1. Métodos

S1.1 Datos

Se trabajó con una muestra de 132 especies de aves del conjunto de ecorregiones del Bosque Atlántico (ver sección S2). Estas fueron seleccionadas en un análisis exploratorio por contar con una cantidad de registros considerados suficientes para construir los modelos.

Dichas especies representan las siguientes categorías de la UICN: “Preocupación Menor” (LC), “Casi Amenazada” (NT), “Vulnerable” (VU), “En Peligro” (EN) y “En Peligro Crítico” (CR). Estas categorías se utilizaron como indicadoras del riesgo de extinción. A fin de registrar la categoría de amenaza a la cual pertenece cada especie, fue consultada la página web del Handbook of the Birds of the World y/o la página web de la UICN (versión del año 2017).

Los registros de presencia de las especies (en forma de coordenadas geográficas registradas en archivos csv) fueron obtenidos de las bases de datos de Global Biodiversity Information Facility (GBIF: <https://www.gbif.org/>) y eBird. Con respecto a este último, el conjunto de datos utilizados fue el correspondiente al hemisferio occidental (Munson *et al.*, 2012). Se tuvieron en cuenta registros de presencia procedentes de toda el área de distribución conocida de cada especie (usando como referencia los mapas de la web de Handbook of the Birds of the World) o al menos una superficie representativa, incluso en casos en los cuales las mismas no son exclusivas de las ecorregiones del Bosque Atlántico. Esto se hizo a fin de evitar sesgos con respecto a los requerimientos ambientales, que resultan de una muestra restringida en términos geográficos y poco representativa de la distribución de las especies. Con respecto a este punto, Soberon & Peterson (2005) señalaron la necesidad de contar con datos de ocurrencia que abarquen el espectro completo de variación de los factores abióticos entre las localidades correspondientes, pues esto afecta la calidad de los modelos.

Las variables ambientales se obtuvieron a partir de las capas correspondientes al continente sudamericano, descargadas de la base de datos de WorldClim y representan un conjunto denominado BIOCLIM. Las 19 variables de BIOCLIM son en su mayoría datos relacionados a la precipitación y temperatura en distintos momentos del año y sus promedios (Fick & Hijmans, 2017) (ver sección S4). Su resolución espacial es de 30 arco-segundos (aprox. 1 Km²).

S 1.2 Procesamiento previo

Un primer proceso de depuración se realizó para la mayoría de los registros de presencia que fueron extraídos de GBIF. En los archivos de cada especie se filtraron aquellos registros que tenían indicados problemas potenciales conocidos (*known issues* en inglés), tales como coordenadas redondeadas. Sin embargo, en el caso de algunas especies amenazadas que de por sí contaban con pocos registros, la exclusión de ciertas coordenadas geográficas significaría que quedarían muy pocos datos. Dado que esto podría afectar la calidad de los modelos de distribución, se optó por incluir en estos casos, al menos temporalmente, los registros con coordenadas redondeadas o algún otro problema potencial.

Luego se unificaron los registros de e-bird y GBIF (para las especies con registros obtenidos de ambas bases de datos) y se extrajeron los valores de las variables ambientales de BIOCLIM para cada coordenada geográfica con registros de presencia. El resultado fue una planilla Excel para cada especie con los datos climáticos preliminares correspondientes a sus coordenadas de ocurrencia.

Se llevó a cabo un segundo proceso de depuración por medio del cual fueron excluidos aquellos registros que se consideraron dudosos, por no encontrarse dentro de la distribución habitual de la especie. Para esto se consideraron las consultas con un experto (A.E) y los mapas de la distribución conocida de las especies, publicados en la web del Handbook of the Birds of the World, a modo de comparación. Esto es importante teniendo en cuenta que e-bird y GBIF son bases de datos a las cuales pueden contribuir tanto observadores experimentados como novatos, los cuales pueden cometer errores en la identificación de las aves. Al no tener ejemplares de museo en los cuales respaldar los registros y que posibiliten la posterior verificación, resulta difícil corregir errores en la identificación taxonómica (Lozier *et al.*, 2009). No obstante, resultó sencillo prescindir de aquellos registros de taxones cuya presencia fuera muy improbable en determinado lugar. En efecto, la intención fue obtener un conjunto de coordenadas geográficas que represente las condiciones ambientales típicas para una especie, evitando registros erróneos que pudieran incorporar sesgos significativos. Una vez eliminados los registros dudosos, quedaron los datos climáticos definitivos, correspondientes a las coordenadas de los registros retenidos para cada especie. A partir de estos datos ambientales, fue elaborada una base de datos de atributos del nicho para las especies estudiadas.

Cada atributo corresponde a una estadística descriptiva que resume los valores de una variable de BIOCLIM para las localidades donde se registró la especie y fue calculado para todas las especies estudiadas. Estos atributos describen el nicho climático de cada una de ellas.

Los valores de los primeros 209 atributos se obtuvieron mediante el cálculo de las siguientes estadísticas descriptivas para cada una de las 19 variables de BIOCLIM: media, error típico, mediana, moda, desviación estándar, varianza de la muestra, curtosis, coeficiente de asimetría, rango, mínimo y máximo. Para este propósito se empleó la opción de análisis de datos de Excel.

Los gráficos en los que se basaron las comparaciones de los valores de los atributos entre las distintas categorías de amenaza se realizaron con el paquete ggplot2 (Wickham, 2016) de R (versión 3.6.2).

Por otro lado, se empleó MAXENT versión 3.4.1 (Phillips *et al.*, 2017) para realizar el modelado de las distribuciones potenciales, utilizando las coordenadas de ocurrencia corregidas para cada especie. Dentro de MAXENT, se seleccionaron las opciones por defecto para el modelado y el formato de output logístico. El formato elegido para los archivos de salida fue asc. Además, se seleccionaron las auto features. Se crearon curvas de respuesta y se empleó Jackknife para medir la importancia de las variables (no se muestra este resultado). El random test percentage fue de 20 %¹ y el regularization multiplier fue 1. Se utilizaron 10 réplicas y 1000 como número máximo de iteraciones.

A partir de los resultados obtenidos de este modelado se calcularon las medidas de amplitud de nicho B1 y B2 (Levins, 1968), utilizando el software ENMtools (Warren *et al.*, 2010). y se incluyeron en la base de datos. Después, los valores de B1 y B2 fueron multiplicados por 1000 y por 100 respectivamente para evitar errores en los cálculos que pudieran derivarse de redondeos con números muy pequeños. Los valores resultantes de esta multiplicación también fueron incluidos como dos atributos más en la base de datos, totalizando cuatro medidas de amplitud de nicho. Al sumar estas a los atributos mencionados más arriba, se alcanzó un total de 213 atributos del nicho climático. Ver sección S4 para una lista completa de los atributos del nicho incluidos en la base de datos.

Por último, en la base de datos se especificó la categoría de amenaza a la cual pertenece cada especie, según la clasificación que figuraba en el año 2017 en la web de la UICN.

Bibliografía

- Fick, S.E. & Hijmans, R.J. (2017). Worldclim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37(12): 4302–4315.
- Levins, R. (1968). *Evolution in changing environments*. Princeton: Princeton University Press. 120 pp.
- Lozier, J.D., Aniello, P. & Hickerson, M.J. (2009). Predicting the distribution of Sasquatch in western North America: anything goes with ecological niche modelling. *Journal of Biogeography*, 36(9): 1623–1627.
- Munson, M.A., Webb, K., Sheldon, D., Fink, D., Hochachka, W.M., Iliff, M., Riedewald, M., Sorokina, D., Sullivan, B., Wood, C. & Kelling, S. (2012). *The eBird Reference Dataset*. (Version 4.0). Ithaca: Cornell Lab of Ornithology. 11 pp. [Consulted: 4.viii.2017]. <<https://www.khoury.northeastern.edu/home/mirek/papers/ebird-ref-data.pdf>>.
- Phillips, S.J., Dudík, M. & Schapire, R.E. (2017). Maxent: software for modeling species niches and distributions. (Version 3.4.1). New York: American Museum of Natural History. [Consulted: 4.viii.2017]. <http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/>.
- Soberon, J. & Peterson, A.T. (2005). Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity Informatics*, 2: 1–10.
- Warren, D. L., Glor, R. E. & Turelli, M. (2010). ENMTools: A toolbox for comparative studies of environmental niche models. *Ecography*, 33(3): 607–611.
- Wickham, H.(2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. (2nd Edition). New York: Springer-Verlag. xvi + 260 pp.

¹A pesar de que se fijó el random test percentage en 20%, el programa revirtió a la configuración por defecto al estar utilizando validación cruzada, al menos en parte de los casos.

Materiales suplementarios
S2. Lista de especies estudiadas

Id	Especie	Status	Familia
1	<i>Amazona pretrei</i>	VU	Psittacidae
2	<i>Cyanocorax caeruleus</i>	NT	Corvidae
3	<i>Leptasthenura setaria</i>	NT	Furnariidae
4	<i>Piprites pileata</i>	VU	Tyrannidae
5	<i>Heliobletus contaminatus</i>	LC	Furnariidae
6	<i>Amazona vinacea</i>	EN	Psittacidae
7	<i>Lophornis chalybeus</i>	NT	Trochilidae
8	<i>Psilorhamphus guttatus</i>	NT	Rhinocryptidae
9	<i>Lepidocolaptes falcinellus</i>	LC	Furnariidae
10	<i>Clibanornis dendrocolaptoides</i>	NT	Furnariidae
11	<i>Iodopleura pipra</i>	EN	Tityridae
12	<i>Anabacerthia amaurotis</i>	NT	Furnariidae
13	<i>Strix hylophila</i>	NT	Strigidae
14	<i>Phylloscartes difficilis</i>	NT	Tyrannidae
15	<i>Hylopezus nattereri</i>	LC	Grallariidae
16	<i>Syndactyla rufosuperciliata</i>	LC	Furnariidae
17	<i>Dysithamnus xanthopterus</i>	LC	Thamnophilidae
18	<i>Scytalopus speluncae</i>	LC	Rhinocryptidae
19	<i>Phyllomyias griseocapilla</i>	NT	Tyrannidae
20	<i>Cranioleuca obsoleta</i>	LC	Furnariidae
21	<i>Phyllomyias virescens</i>	LC	Tyrannidae
22	<i>Biatas nigropectus</i>	VU	Thamnophilidae
23	<i>Clytolaema rubricauda</i>	LC	Trochilidae
24	<i>Euphonia chalybea</i>	NT	Fringillidae
25	<i>Leucochloris albicollis</i>	LC	Trochilidae
26	<i>Picus aurulentus</i>	NT	Picidae
27	<i>Muscipipra vetula</i>	LC	Tyrannidae
28	<i>Anabazenops fuscus</i>	LC	Furnariidae
29	<i>Merulaxis ater</i>	NT	Rhinocryptidae
30	<i>Drymophila genei</i>	LC	Thamnophilidae
31	<i>Drymophila ferruginea</i>	LC	Thamnophilidae
32	<i>Eleoscytalopus indigoticus</i>	NT	Rhinocryptidae
33	<i>Drymophila rubricollis</i>	LC	Thamnophilidae
34	<i>Phylloscartes paulista</i>	NT	Tyrannidae
35	<i>Mackenziaena leachii</i>	LC	Thamnophilidae
36	<i>Rhopias gularis</i>	LC	Thamnophilidae
37	<i>Myrmotherula minor</i>	VU	Thamnophilidae

Riesgo de extinción en función al nicho climático: ¿qué sabemos y qué necesitamos saber?

Id	Especie	Status	Familia
38	<i>Ramphodon_naevius</i>	NT	Trochilidae
39	<i>Pionopsitta_pileata</i>	LC	Psittacidae
40	<i>Veniliornis_spilogaster</i>	LC	Picidae
41	<i>Cichlocolaptes_leucophrus</i>	LC	Furnariidae
42	<i>Myrmotherula_unicolor</i>	NT	Thamnophilidae
43	<i>Drymophila_ochropyga</i>	NT	Thamnophilidae
44	<i>Phacellodomus_erythrophthalmus</i>	LC	Furnariidae
45	<i>Ramphastos_dicolorus</i>	LC	Ramphastidae
46	<i>Haplospiza_unicolor</i>	LC	Thraupidae
47	<i>Pteroglossus_bailloni</i>	NT	Ramphastidae
48	<i>Myiothlypis_leucoblephara</i>	LC	Parulidae
49	<i>Mionectes_rufiventris</i>	LC	Tyrannidae
50	<i>Hylophilus_poicilotis</i>	LC	Vireonidae
51	<i>Drymophila_malura</i>	LC	Thamnophilidae
52	<i>Sporophila_frontalis</i>	VU	Thraupidae
53	<i>Terenura_maculata</i>	LC	Thamnophilidae
54	<i>Synallaxis_ruficapilla</i>	LC	Furnariidae
55	<i>Phylloscartes_sylviolus</i>	NT	Tyrannidae
56	<i>Sclerurus_scansor</i>	LC	Furnariidae
57	<i>Stephanoxis_loddigesii</i>	LC	Trochilidae
58	<i>Phaethornis_eurynome</i>	LC	Trochilidae
59	<i>Philydor_atricapillus</i>	LC	Furnariidae
60	<i>Pulsatrix_koeniswaldiana</i>	LC	Strigidae
61	<i>Aramides_saracura</i>	LC	Rallidae
62	<i>Dysithamnus_stictothorax</i>	NT	Thamnophilidae
63	<i>Tachyphonus_coronatus</i>	LC	Thraupidae
64	<i>Drymophila_squamata</i>	LC	Thamnophilidae
65	<i>Schiffornis_virescens</i>	LC	Tityridae
66	<i>Chiroxiphia_caudata</i>	LC	Pipridae
67	<i>Pyrrhura_frontalis</i>	LC	Psittacidae
68	<i>Campylorhamphus_falcularius</i>	LC	Furnariidae
69	<i>Procnias_nudicollis</i>	VU	Cotingidae
70	<i>Hypoedaleus_guttatus</i>	LC	Thamnophilidae
71	<i>Sporophila_falcirostris</i>	VU	Thraupidae
72	<i>Conopophaga_lineata</i>	LC	Conopophagidae
73	<i>Florisuga_fusca</i>	LC	Trochilidae
74	<i>Tangara_seledon</i>	LC	Thraupidae
75	<i>Thlypopsis_pyrrhocomma</i>	LC	Thraupidae
76	<i>Mackenziaena_severa</i>	LC	Thamnophilidae
77	<i>Brotogeris_tirica</i>	LC	Psittacidae

Id	Especie	Status	Familia
78	<i>Campephilus_robustus</i>	LC	Picidae
79	<i>Xiphorhynchus_fuscus</i>	LC	Furnariidae
80	<i>Pseudastur_polionotus</i>	NT	Accipitridae
81	<i>Thalurania_glaucopis</i>	LC	Trochilidae
82	<i>Tinamus_solitarius</i>	NT	Tinamidae
83	<i>Picumnus_temminckii</i>	LC	Picidae
84	<i>Melanerpes_flavifrons</i>	LC	Picidae
85	<i>Euphonia_pectoralis</i>	LC	Fringillidae
86	<i>Amaurospiza_moesta</i>	LC	Cardinalidae
87	<i>Malacoptila_striata</i>	NT	Bucconidae
88	<i>Hemitriccus_diops</i>	LC	Tyrannidae
89	<i>Phylloscartes_eximius</i>	NT	Tyrannidae
90	<i>Trogon_surrucura</i>	LC	Trogonidae
91	<i>Selenidera_maculirostris</i>	LC	Ramphastidae
92	<i>Odontophorus_capueira</i>	LC	Odontophoridae
93	<i>Automolus_leucophthalmus</i>	LC	Furnariidae
94	<i>Conopophaga_melanops</i>	LC	Conopophagidae
95	<i>Anabacerthia_lichtensteini</i>	LC	Furnariidae
96	<i>Baryphthengus_ruficapillus</i>	LC	Momotidae
97	<i>Myiornis_auricularis</i>	LC	Tyrannidae
98	<i>Dendrocincla_turdina</i>	LC	Furnariidae
99	<i>Formicivora_iheringi</i>	NT	Thamnophilidae
100	<i>Touit_melanonotus</i>	VU	Psittacidae
101	<i>Polioptila_lactea</i>	NT	Poliophtilidae
102	<i>Pipile_jacutinga</i>	EN	Cracidae
103	<i>Glaucidium_minutissimum</i>	LC	Strigidae
104	<i>Buteogallus_coronatus</i>	EN	Accipitridae
105	<i>Buteogallus_lacernulatus</i>	VU	Accipitridae
106	<i>Notharchus_swainsoni</i>	LC	Bucconidae
107	<i>Megascops_atricapilla</i>	LC	Strigidae
108	<i>Thamnophilus_ambiguus</i>	LC	Thamnophilidae
109	<i>Cercomacra_brasiliana</i>	NT	Thamnophilidae
110	<i>Thripophaga_macroura</i>	VU	Furnariidae
111	<i>Forpus_xanthopterygius</i>	LC	Psittacidae
112	<i>Dysithamnus_plumbeus</i>	VU	Thamnophilidae
113	<i>Phylloscartes_beckeri</i>	EN	Tyrannidae
114	<i>Spizaetus_tyrannus</i>	LC	Accipitridae
115	<i>Primolius_maracana</i>	NT	Psittacidae
116	<i>Acrobatornis_fonsecai</i>	VU	Furnariidae
117	<i>Formicivora_erythronotos</i>	EN	Thamnophilidae

Riesgo de extinción en función al nicho climático: ¿qué sabemos y qué necesitamos saber?

Id	Especie	Status	Familia
118	<i>Merulaxis_stresemanni</i>	CR	Rhinocryptidae
119	<i>Synallaxis_infuscata</i>	EN	Furnariidae
120	<i>Anthracothorax_nigricollis</i>	LC	Trochilidae
121	<i>Phylloscartes_ceciliae</i>	CR	Tyrannidae
122	<i>Terenura_sicki</i>	CR	Thamnophilidae
123	<i>Myrmotherula_urosticta</i>	VU	Thamnophilidae
124	<i>Philydor_novaesi</i>	CR	Furnariidae
125	<i>Myrmotherula_snowi</i>	CR	Thamnophilidae
126	<i>Herpsilochmus_pileatus</i>	VU	Thamnophilidae
127	<i>Eleoscytalopus_psychopompus</i>	EN	Rhinocryptidae
128	<i>Pyriglena_atra</i>	EN	Thamnophilidae
129	<i>Trogon_viridis</i>	LC	Trogonidae
130	<i>Morphnus_guianensis</i>	NT	Accipitridae
131	<i>Crax_fasciolata</i>	VU	Cracidae
132	<i>Harpia_harpyja</i>	NT	Accipitridae

Materiales suplementarios**S3. Citas correspondientes a los datos de ocurrencia**

1-Ramphastos dicolorus:

- GBIF.org (29th December 2017) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.dozywo>
- GBIF.org (29th December 2017) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.hutps7>

2-Mackenziaena leachii:

- GBIF.org (29th December 2017) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.v2lmj0>
- GBIF.org (30th December 2017) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.fpoqnm>

3-Pteroglossus bailloni:

- GBIF.org (29th December 2017) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.fyryky>
- GBIF.org (29th December 2017) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.s2xmxn>

4-Procnias nudicollis:

- GBIF.org (29th December 2017) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.yepxmd>
- GBIF.org (30th December 2017) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.3yfxcp>

5-Amazona vinacea:

- GBIF.org (30th December 2017) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.gpplft>
- GBIF.org (30th December 2017) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.v9pnmf>

6-Pionopsitta pileata:

- GBIF.org (3rd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.ydnniu>
- GBIF.org (4th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.89ufsg>

7-Stephanoxis loddigesii:

- GBIF.org (3rd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.m9r1mh>
- GBIF.org (3rd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.ug7lnk>

8- Picumnus temminckii:

- GBIF.org (3rd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.rpoijv>

9-Selenidera maculirostris:

- GBIF.org (3rd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.xofbzy>
- GBIF.org (3rd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.x6qtgt>

10-Tinamus solitarius:

- GBIF.org (4th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.jvin7x>
- GBIF.org (4th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.czjzpk>

11-Amaurospiza moesta:

- GBIF.org (11th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.upmqgm>
- GBIF.org (11th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.ljcsit>

12-Anabacerthia amaurotis:

- GBIF.org (11th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.jakoo8>
- GBIF.org (11th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.6dq2hv>

13-Anabacerthia lichtensteini:

- GBIF.org (11th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.qb1d3a>
- GBIF.org (11th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.ghufyt>

14-Amazona pretrei:

- GBIF.org (11th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.kw5snd>
- GBIF.org (11th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.betqdq>

15-Brotogeris tirica:

- GBIF.org (12th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.pxti74>
- GBIF.org (12th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.pqupci>

16-Biatas nigropectus:

- GBIF.org (12th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.4hoe0d>
- GBIF.org (12th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.kywnha>
- GBIF.org (12th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.tgorvv>

17- *Baryphthengus ruficapillus*:

- GBIF.org (12th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.6yhmvv>
- GBIF.org (12th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.8xvkhz>

18- *Automolus leucophthalmus*:

- GBIF.org (12th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.pc8zbg>
- GBIF.org (12th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.wpxulu>

19- *Aramides saracura*:

- GBIF.org (12th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.adu2db>
- GBIF.org (12th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.pt0ahn>

20- *Anthracothorax nigricollis* :

- GBIF.org (12th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.14ybxj>
- GBIF.org (12th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.7xx69f>

21- *Anabazenops fuscus*:

- GBIF.org (12th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.xy02jz>
- GBIF.org (12th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.1xu90l>

22- *Campylorhamphus falcularius* :

- GBIF.org (13th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.x1gcoz>
- GBIF.org (13th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.s3evjs>

23- *Campephilus robustus*:

- GBIF.org (13th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.ufupwu>
- GBIF.org (13th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.0fwmsr>

24- *Buteogallus lacernulatus*:

- GBIF.org (13th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.kugr0f>
- GBIF.org (13th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.g5ljsi>

25- *Buteogallus coronatus* :

- GBIF.org (13th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.lmh7xs>
- GBIF.org (13th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.nklook>
- GBIF.org (13th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.hsczll>

26- *Clibanornis dendrocolaptoides*:

- GBIF.org (15th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.m03gjb>
- GBIF.org (15th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.mqutfx>

27- *Chiroxiphia caudata* :

- GBIF.org (14th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.qcmjzn>
- GBIF.org (14th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.xkthzu>

28- *Conopophaga melanops*:

- GBIF.org (16th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.vgzipt>
- GBIF.org (16th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.h6a7zb>

29- *Conopophaga lineata*:

- GBIF.org (15th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.ftqnvx>
- GBIF.org (15th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.xtjoba>

30- *Clytolaema rubricauda*:

- GBIF.org (15th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.1eqe70>
- GBIF.org (15th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.8wbzj6>
- GBIF.org (15th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.wv70ji>

31- *Drymophila geneti*:

- GBIF.org (16th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.dyc0hq>
- GBIF.org (17th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.nvou11>

32- *Drymophila ferruginea*:

- GBIF.org (16th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.q1c3gm>
- GBIF.org (16th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.epgpeu>

- 33- *Dendrocincla turdina* :
 -GBIF.org (16th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.9goxww>
 -GBIF.org (16th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.07fywu>
- 34- *Cyanocorax caeruleus*:
 - GBIF.org (16th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.bhkni2>
 GBIF.org (16th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.cgh4gx>
- 35- *Crax fasciolata* :
 - GBIF.org (16th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.pbepnt>
 - GBIF.org (16th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.sfel5l>
- 36- *Cranioleuca obsoleta* :
 - GBIF.org (16th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.ptsgyh>
 -GBIF.org (16th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.euduc9>
 - GBIF.org (16th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.oc8vby>
- 37- *Dysithamnus plumbeus*:
 - GBIF.org (18th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.z6fruz>
 - GBIF.org (18th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.ixszfh>
- 38- *Drymophila squamata*:
 -GBIF.org (17th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.ydz7dp>
 -GBIF.org (17th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.uec7xd>
- 39- *Drymophila rubricollis* :
 - GBIF.org (17th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.mpapnf>
 - GBIF.org (17th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.cdq4se>
- 40- *Drymophila ochropyga*:
 - GBIF.org (17th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.wr3e8b>
 - GBIF.org (17th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.06teg8>
- 41- *Drymophila malura*:
 -GBIF.org (17th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.6yldr9>
 -GBIF.org (17th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.ktkygu>
 - GBIF.org (17th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.mbdqng>
- 42- *Euphonia chalybea*:
 - GBIF.org (18th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.nmnsul>
 - GBIF.org (19th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.jdlmul>
 -GBIF.org (19th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.70rlas>
- 43- *Dysithamnus xanthopterus*:
 - GBIF.org (18th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.nqnd0b>
 -GBIF.org (18th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.r5i2ew>
- 44- *Dysithamnus stictothorax*:
 -GBIF.org (18th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.f94sj3>
 - GBIF.org (18th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.snaje0>
- 45- *Hemitriccus diops*:
 -GBIF.org (20th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.g9ahqc>
 -GBIF.org (20th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.ngfegi>
- 46- *Heliobletus contaminatus*:
 -GBIF.org (20th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.j3qudk>
 - GBIF.org (19th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.kuxpjt>
- 47- *Harpia harpyja*:
 -GBIF.org (19th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.qrnuyy6>
 -GBIF.org (19th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.jj2chv>
 -GBIF.org (19th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.vgv0v6>

48-Haplospiza unicolor:

- GBIF.org (19th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.skltft>
- GBIF.org (19th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.y9xpd8>

49-Glaucidium minutissimum :

- GBIF.org (19th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.enbm9r>
- GBIF.org (19th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.ch2xts>

50- Forpus xanthopterygius:

- GBIF.org (19th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.twjrqr>
- GBIF.org (19th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.t9envc>

51-Florisuga fusca:

- GBIF.org (19th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.gckw6s>
- GBIF.org (19th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.wy2urb>

52-Euphonia pectoralis :

- GBIF.org (19th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.g5aai0>
- GBIF.org (19th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.9tczji>
- GBIF.org (19th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.e5mq2l>

53-Leucochloris albicollis:

- GBIF.org (21st January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.ahpx7a>
- GBIF.org (20th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.venbtb>

54- Lepidocolaptes falcinellus :

- GBIF.org (20th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.zjyr3y>
- GBIF.org (20th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.yiws9o>

55- Iodopleura pipra:

- GBIF.org (20th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.x7vnzd>
- GBIF.org (20th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.ihev5y>
- GBIF.org (20th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.fmas7g>

56- Hypoedaleus guttatus:

- GBIF.org (20th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.bdavt9>
- GBIF.org (20th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.emls6p>

57-Hylophilus poicilotis :

- GBIF.org (20th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.wttr92>
- GBIF.org (20th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.cqp4cr>

58-Cichlocolaptes leucophrus:

- GBIF.org (14th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.zjok6c>
- GBIF.org (14th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.i9rmwq>

59-Hylopezus nattereri:

- GBIF.org (20th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.ef74pk>
- GBIF.org (20th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.f2qklj>

60-Notharchus swainsoni :

- GBIF.org (23rd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.selguh>
- GBIF.org (23rd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.wff1sf>

61-Myiothlypis leucoblephara:

- GBIF.org (23rd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.mciev8>
- GBIF.org (23rd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.stbheb>

62-Myiornis auricularis:

- GBIF.org (23rd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.ud5nvh>
- GBIF.org (23rd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.pib0kb>

63-Muscipra vetula:

- GBIF.org (22nd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.dhyevp>
- GBIF.org (22nd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.txvgq8>

64-Morphnus guianensis:

- GBIF.org (22nd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.caosbn>
- GBIF.org (22nd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.8shl4e>

65-Mionectes rufiventris :

- GBIF.org (22nd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.bobgfd>
- GBIF.org (22nd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.qmau4c>

66-Merulaxis ater :

- GBIF.org (22nd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.tjmsn5>
- GBIF.org (22nd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.d8c78j>

67-Melanerpes flavifrons:

- GBIF.org (22nd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.fnw831>
- GBIF.org (22nd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.s5a6kd>

68- Megascops atricapilla:

- GBIF.org (22nd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.pqrssi>
- GBIF.org (22nd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.y1erb2>

69-Malacoptila striata:

- GBIF.org (22nd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.bxdpbh>
- GBIF.org (22nd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.36av1n>

70- Mackenziaena severa:

- GBIF.org (22nd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.wsljri>
- GBIF.org (22nd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.xw808y>

71-Lophornis chalybeus:

- GBIF.org (22nd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.zxc79v>
- GBIF.org (22nd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.gwzyna>

72-Veniliornis spilogaster:

- GBIF.org (26th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.fnr52n>
- GBIF.org (26th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.0sufhs>

73-Trogon viridis:

- GBIF.org (26th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.osxiz3>
- GBIF.org (25th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.v9gyfn>

74-Trogon surrucura:

- GBIF.org (25th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.4agron>
- GBIF.org (25th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.ttxtjw>

75-Touit melanonotus :

- GBIF.org (25th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.w4uzpd>
- GBIF.org (25th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.9n1otu>

76-Thamnophilus ambiguus:

- GBIF.org (25th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.q2nhey>
- GBIF.org (25th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.lpeizh>

77-Thalurania glaucopis:

- GBIF.org (25th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.drljxe>
- GBIF.org (25th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.vmj3xz>

78-Terenura maculata:

- GBIF.org (25th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.4h5zws>
- GBIF.org (25th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.fxgcka>

79-Tangara seledon :

- GBIF.org (25th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.vn9rsa>
- GBIF.org (25th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.w3wegz>

80-Tachyphonus coronatus:

- GBIF.org (25th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.tboji9>
- GBIF.org (25th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.qa3moy>

81-Syndactyla rufosuperciliata:

- GBIF.org (25th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.nvnarz>
- GBIF.org (25th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.p0bghz>

82-Synallaxis ruficapilla:

- GBIF.org (25th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.dpn3hj>
- GBIF.org (25th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.emdn9h>

83-Strix hylophila:

- GBIF.org (25th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.9kpei7>
- GBIF.org (25th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.jxlz5r>

84-Sporophila frontalis:

- GBIF.org (25th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.r7s61a>
- GBIF.org (25th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.tnswvu>
- GBIF.org (25th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.zfwhkq>
- GBIF.org (25th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.ucfmqb>

85-Sporophila falcirostris:

- GBIF.org (25th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.ezxrj>
- GBIF.org (24th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.n92cwh>

86-Spizaetus tyrannus:

- GBIF.org (24th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.rl18zd>
- GBIF.org (24th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.muwchz>

87-Scytalopus speluncae:

- GBIF.org (24th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.iuvcg5>
- GBIF.org (24th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.zaf2u5>
- GBIF.org (24th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.b9cpzu>

88-Sclerurus scansor :

- GBIF.org (24th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.xhdjxu>
- GBIF.org (24th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.7vhyqp>

89- Schiffornis virescens:

- GBIF.org (24th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.0tfzg4>
- GBIF.org (24th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.ihyetj>

90-Rhopias gularis:

- GBIF.org (24th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.mdnuil>
- GBIF.org (24th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.sydtqd>

91-Ramphodon naevius :

- GBIF.org (24th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.xfh3oi>
- GBIF.org (24th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.klnldr>

92-Pyrrhura frontalis:

- GBIF.org (24th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.yyaveg>
- GBIF.org (24th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.ew7bat>

93-Thlypopsis pyrrhocoma:

- GBIF.org (24th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.ayry2f>
- GBIF.org (24th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.vwtgq0>

94-Pulsatrix koeniswaldiana:

- GBIF.org (24th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.fosfua>
- GBIF.org (24th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.v3kody>

95- Psilorhamphus guttatus:

- GBIF.org (24th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.vj8ulv>
- GBIF.org (24th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.odfrvf>

96-Pseudastur polionotus:

- GBIF.org (24th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.kqfget>
- GBIF.org (24th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.flxori>

97-Primolius maracana:

- GBIF.org (24th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.a6anh5>
- GBIF.org (23rd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.wlvb7r>

98-Poliophtila lactea:

- GBIF.org (23rd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.wtgzw1>
- GBIF.org (23rd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.nlgrlh>
- GBIF.org (23rd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.0frwrB>

99-Piprites pileata:

- GBIF.org (23rd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.zujeev>
- GBIF.org (23rd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.iyz2em>

100-Pipile jacutinga:

- GBIF.org (23rd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.tss1rs>
- GBIF.org (23rd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.6ox27z>

101-Piculus aurulentus:

- GBIF.org (23rd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.fub1dh>
- GBIF.org (23rd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.nrt8me>

102-Phylloscartes sylviolus:

- GBIF.org (23rd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.rm0gp5>
- GBIF.org (23rd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.sywrc1>

103-Phylloscartes paulista :

- GBIF.org (23rd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.wufflq>
- GBIF.org (23rd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.gte0rq>

104-Phylloscartes eximius:

- GBIF.org (23rd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.y0ucgq>
- GBIF.org (23rd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.watktD>

105-Phyllomyias virescens:

- GBIF.org (23rd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.bs9z1>
- GBIF.org (23rd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.sav0fl>

106-Philydor atricapillus:

- GBIF.org (23rd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.hdqvdm>
- GBIF.org (23rd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.fuhq3h>

107-Phaethornis eurynome:

- GBIF.org (23rd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.mqzvwz>
- GBIF.org (23rd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.3o2e4s>

108-Phacellodomus erythrophthalmus:

- GBIF.org (23rd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.241tpr>
- GBIF.org (23rd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.uhemfz>

109-Odontophorus capueira:

- GBIF.org (23rd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.jt8kwn>
- GBIF.org (23rd January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.cfjk12>

110- Myrmotherula snowi:

- GBIF.org (26th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.1jfx3>
- GBIF.org (26th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.mzcd7q>
- GBIF.org (27th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.jq9yan>

111-Myrmotherula unicolor:

- GBIF.org (26th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.i8r1m0>
- GBIF.org (26th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.lyvhx8>

112- Myrmotherula urosticta :

- GBIF.org (26th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.biormg>
- GBIF.org (26th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.ibo8bv>

113-Myrmotherula minor :

- GBIF.org (26th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.hp452u>
- GBIF.org (26th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.lsl2q>

114-Xiphorhynchus fuscus :

- GBIF.org (26th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.mliyis>
- GBIF.org (26th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.barqf6>

115-Cercomacra brasiliiana:

- GBIF.org (28th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.ysdipw>
- GBIF.org (28th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.tcpjas>

116- Terenura sicki:

- GBIF.org (27th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.ckvubc>
- GBIF.org (27th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.vksn4j>

117-Formicivora erythronotos:

- GBIF.org (27th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.fhsyzj>
- GBIF.org (27th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.9xbmxp>

118- Formicivora iheringi :

- GBIF.org (27th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.ojazht>
- GBIF.org (27th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.iiu9qs>

119-Herpsilochmus pileatus:

- GBIF.org (27th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.yoleaf>
- GBIF.org (27th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.zatnyh>

120-Leptasthenura setaria:

- GBIF.org (29th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.5wvaf2>
- GBIF.org (28th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.hgoww5>

121-Philydor novaesi :

- GBIF.org (28th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.ixc2vj>
- GBIF.org (28th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.lqnxnn>

122-Eleoscytalopus indigoticus:

- GBIF.org (28th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.e0b5b6>
- GBIF.org (28th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.biks2z>

123-Eleoscytalopus psychopompus:

- GBIF.org (28th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.moaqi0>
- GBIF.org (28th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.jxki4q>

124-Merulaxis stresemanni:

- GBIF.org (28th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.aqmrh5>
- GBIF.org (28th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.dqoe5x>

125-Pyriglena atra:

- GBIF.org (28th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.m8erxp>
- GBIF.org (28th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.nlsuml>

126- Phylloscartes ceciliae:

- GBIF.org (30th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.dwmtqg>
- GBIF.org (30th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.wm2zp3>

127-Phylloscartes beckeri :

- GBIF.org (29th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.xc0nsx>
- GBIF.org (29th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.cx80ig>

128-Phyllomyias griseocapilla:

- GBIF.org (29th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.cej5gf>
- GBIF.org (29th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.7kjfdy>

129-Synallaxis infuscata:

- GBIF.org (29th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.rubdue>
- GBIF.org (29th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.5vv8p9>

130-Thripophaga macroura :

- GBIF.org (29th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.2mbixc>
- GBIF.org (29th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.uimjkg>
- GBIF.org (29th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.ubgemz>

131-Acrotornis fonsecai :

- GBIF.org (29th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.i5d2l9>
- GBIF.org (29th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.qkbfca>

132-Phylloscartes difficilis:

- GBIF.org (30th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.mcegqy>
- GBIF.org (30th January 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.h1ho27>

Materiales suplementarios

S4. Lista de variables de BIOCLIM y atributos del nicho

Variable de BIOCLIM (Nombre original en inglés)	Traducción
BIO1 = Annual Mean Temperature	BIO1= Temperatura Anual Promedio
BIO2 = Mean Diurnal Range (Mean of monthly (max temp - min temp))	BIO2= Rango Diurno Promedio (Promedio de (max temp-min temp) mensual)
BIO3= (x100) Isothermality (BIO2/BIO7) (×100)	BIO3 = Isotermalidad (BIO2/BIO7)
BIO4= Temperature Seasonality (standard deviation ×100)	BIO4 = Estacionalidad de la Temperatura (desviación estándar ×100)
BIO5 = Max Temperature of Warmest Month	BIO5= Temperatura Máxima del Mes más Cálido
BIO6 = Min Temperature of Coldest Month	BIO6=Temperatura Mínima del Mes más Frío
BIO7 = Temperature Annual Range (BIO5-BIO6)	BIO7=Rango de la Temperatura Anual (BIO5-BIO6)
BIO8 = Mean Temperature of Wettest Quarter	BIO8=Temperatura Promedio del Trimestre más Húmedo
BIO9 = Mean Temperature of Driest Quarter	BIO9=Temperatura Promedio del Trimestre más Seco
BIO10 = Mean Temperature of Warmest Quarter	BIO10=Temperatura Promedio del Trimestre más Cálido
BIO11 = Mean Temperature of Coldest Quarter	BIO11=Temperatura Promedio del Trimestre más Frío
BIO12 = Annual Precipitation	BIO12= Precipitación Anual
BIO13 = Precipitation of Wettest Month	BIO13=Precipitación del Mes más Húmedo
BIO14 = Precipitation of Driest Month	BIO14=Precipitación del Mes más Seco
BIO15 = Precipitation Seasonality (Coefficient of Variation)	BIO15=Estacionalidad de la Precipitación
BIO16 = Precipitation of Wettest Quarter	BIO16=Precipitación del Trimestre más Húmedo
BIO17 = Precipitation of Driest Quarter	BIO17=Precipitación del Trimestre más Seco
BIO18 = Precipitation of Warmest Quarter	BIO18=Precipitación del Trimestre más Cálido
BIO19 = Precipitation of Coldest Quarter	BIO19=Precipitación del Trimestre más Frío

Atributos del nicho

1. Rangos (de BIO1 a BIO19)

- Ran_b1 Rango de la Temperatura Anual Promedio
- Ran_b2 Rango del Rango Diurno Promedio (Promedio de la (max temp-min temp) mensual)
- Ran_b3 Rango de la Isotermalidad (BIO2/BIO7)
- Ran_b4 Rango de la Estacionalidad de la Temperatura (desviación estándar x100)
- Ran_b5 Rango de la Temperatura Máxima del Mes más Cálido
- Ran_b6 Rango de la Temperatura Mínima del Mes más Frío
- Ran_b7 Rango del Rango de la Temperatura Anual (BIO5-BIO6)
- Ran_b8 Rango de la Temperatura Promedio del Trimestre más Húmedo
- Ran_b9 Rango de la Temperatura Promedio del Trimestre más Seco
- Ran_b10 Rango de la Temperatura Promedio del Trimestre más Cálido
- Ran_b11 Rango de la Temperatura Promedio del Trimestre más Frío
- Ran_b12 Rango de la Precipitación Anual
- Ran_b13 Rango de la Precipitación del Mes más Húmedo
- Ran_b14 Rango de la Precipitación del Mes más Seco
- Ran_b15 Rango de la Estacionalidad de la Precipitación
- Ran_b16 Rango de la Precipitación del Trimestre más Húmedo
- Ran_b17 Rango de la Precipitación del Trimestre más Seco
- Ran_b18 Rango de la Precipitación del Trimestre más Cálido
- Ran_b19 Rango de la Precipitación del Trimestre más Frío

2. Promedios (de BIO1 a BIO19)

- Med_b1 Media de la Temperatura Anual Promedio
- Med_b2 Media del Rango Diurno Promedio (Promedio de la (max temp-min temp) mensual)
- Med_b3 Media de la Isotermalidad (BIO2/BIO7)
- Med_b4 Media de la Estacionalidad de la Temperatura (desviación estándar x100)
- Med_b5 Media de la Temperatura Máxima del Mes más Cálido
- Med_b6 Media de la Temperatura Mínima del Mes más Frío
- Med_b7 Media del Rango de la Temperatura Anual (BIO5-BIO6)
- Med_b8 Media de la Temperatura Promedio del Trimestre más Húmedo
- Med_b9 Media de la Temperatura Promedio del Trimestre más Seco
- Med_b10 Media de la Temperatura Promedio del Trimestre más Cálido
- Med_b11 Media de la Temperatura Promedio del Trimestre más Frío
- Med_b12 Media de la Precipitación Anual
- Med_b13 Media de la Precipitación del Mes más Húmedo
- Med_b14 Media de la Precipitación del Mes más Seco
- Med_b15 Media de la Estacionalidad de la Precipitación
- Med_b16 Media de la Precipitación del Trimestre más Húmedo
- Med_b17 Media de la Precipitación del Trimestre más Seco
- Med_b18 Media de la Precipitación del Trimestre más Cálido
- Med_b19 Media de la Precipitación del Trimestre más Frío

3. Medianas (de BIO1 a BIO19)

- Mdn_b1 Mediana de la Temperatura Anual Promedio
- Mdn_b2 Mediana del Rango Diurno Promedio (Promedio de la (max temp-min temp) mensual)
- Mdn_b3 Mediana de la Isotermalidad (BIO2/BIO7)
- Mdn_b4 Mediana de la Estacionalidad de la Temperatura (desviación estándar x100)
- Mdn_b5 Mediana de la Temperatura Máxima del Mes más Cálido
- Mdn_b6 Mediana de la Temperatura Mínima del Mes más Frío
- Mdn_b7 Mediana del Rango de la Temperatura Anual (BIO5-BIO6)
- Mdn_b8 Mediana de la Temperatura Promedio del Trimestre más Húmedo
- Mdn_b9 Mediana de la Temperatura Promedio del Trimestre más Seco
- Mdn_b10 Mediana de la Temperatura Promedio del Trimestre más Cálido

Mdn_b11 Mediana de la Temperatura Promedio del Trimestre más Frío
 Mdn_b12 Mediana de la Precipitación Anual
 Mdn_b13 Mediana de la Precipitación del Mes más Húmedo
 Mdn_b14 Mediana de la Precipitación del Mes más Seco
 Mdn_b15 Mediana de la Estacionalidad de la Precipitación
 Mdn_b16 Mediana de la Precipitación del Trimestre más Húmedo
 Mdn_b17 Mediana de la Precipitación del Trimestre más Seco
 Mdn_b18 Mediana de la Precipitación del Trimestre más Cálido
 Mdn_b19 Mediana de la Precipitación del Trimestre más Frío

4.Modas (de BIO1 a BIO19)

Mod_b1 Moda de la Temperatura Anual Promedio
 Mod_b2 Moda del Rango Diurno Promedio (Promedio de la (max temp-min temp) mensual)
 Mod_b3 Moda de la Isotermalidad (BIO2/BIO7)
 Mod_b4 Moda de la Estacionalidad de la Temperatura (desviación estándar x100)
 Mod_b5 Moda de la Temperatura Máxima del Mes más Cálido
 Mod_b6 Moda de la Temperatura Mínima del Mes más Frío
 Mod_b7 Moda del Rango de la Temperatura Anual (BIO5-BIO6)
 Mod_b8 Moda de la Temperatura Promedio del Trimestre más Húmedo
 Mod_b9 Moda de la Temperatura Promedio del Trimestre más Seco
 Mod_b10 Moda de la Temperatura Promedio del Trimestre más Cálido
 Mod_b11 Moda de la Temperatura Promedio del Trimestre más Frío
 Mod_b12 Moda de la Precipitación Anual
 Mod_b13 Moda de la Precipitación del Mes más Húmedo
 Mod_b14 Moda de la Precipitación del Mes más Seco
 Mod_b15 Moda de la Estacionalidad de la Precipitación
 Mod_b16 Moda de la Precipitación del Trimestre más Húmedo
 Mod_b17 Moda de la Precipitación del Trimestre más Seco
 Mod_b18 Moda de la Precipitación del Trimestre más Cálido
 Mod_b19 Moda de la Precipitación del Trimestre más Frío

5.Desviaciones estándar (de BIO1 a BIO19)

DE_b1 Desviación estándar de la Temperatura Anual Promedio
 DE_b2 Desviación estándar del Rango Diurno Promedio (Promedio de la (max temp-min temp) mensual)
 DE_b3 Desviación estándar de la Isotermalidad (BIO2/BIO7)
 DE_b4 Desviación estándar de la Estacionalidad de la Temperatura (desviación estándar x100)
 DE_b5 Desviación estándar de la Temperatura Máxima del Mes más Cálido
 DE_b6 Desviación estándar de la Temperatura Mínima del Mes más Frío
 DE_b7 Desviación estándar del Rango de la Temperatura Anual (BIO5-BIO6)
 DE_b8 Desviación estándar de la Temperatura Promedio del Trimestre más Húmedo
 DE_b9 Desviación estándar de la Temperatura Promedio del Trimestre más Seco
 DE_b10 Desviación estándar de la Temperatura Promedio del Trimestre más Cálido
 DE_b11 Desviación estándar de la Temperatura Promedio del Trimestre más Frío
 DE_b12 Desviación estándar de la Precipitación Anual
 DE_b13 Desviación estándar de la Precipitación del Mes más Húmedo
 DE_b14 Desviación estándar de la Precipitación del Mes más Seco
 DE_b15 Desviación estándar de la Estacionalidad de la Precipitación
 DE_b16 Desviación estándar de la Precipitación del Trimestre más Húmedo
 DE_b17 Desviación estándar de la Precipitación del Trimestre más Seco
 DE_b18 Desviación estándar de la Precipitación del Trimestre más Cálido
 DE_b19 Desviación estándar de la Precipitación del Trimestre más Frío

6.Errores típicos (de BIO1 a BIO19)

ET_b1 Error típico de la Temperatura Anual Promedio

ET_b2 Error típico del Rango Diurno Promedio (Promedio de la (max temp-min temp) mensual)
 ET_b3 Error típico de la Isotermalidad (BIO2/BIO7)
 ET_b4 Error típico de la Estacionalidad de la Temperatura (Error típico x100)
 ET_b5 Error típico de la Temperatura Máxima del Mes más Cálido
 ET_b6 Error típico de la Temperatura Mínima del Mes más Frío
 ET_b7 Error típico del Rango de la Temperatura Anual (BIO5-BIO6)
 ET_b8 Error típico de la Temperatura Promedio del Trimestre más Húmedo
 ET_b9 Error típico de la Temperatura Promedio del Trimestre más Seco
 ET_b10 Error típico de la Temperatura Promedio del Trimestre más Cálido
 ET_b11 Error típico de la Temperatura Promedio del Trimestre más Frío
 ET_b12 Error típico de la Precipitación Anual
 ET_b13 Error típico de la Precipitación del Mes más Húmedo
 ET_b14 Error típico de la Precipitación del Mes más Seco
 ET_b15 Error típico de la Estacionalidad de la Precipitación
 ET_b16 Error típico de la Precipitación del Trimestre más Húmedo
 ET_b17 Error típico de la Precipitación del Trimestre más Seco
 ET_b18 Error típico de la Precipitación del Trimestre más Cálido
 ET_b19 Error típico de la Precipitación del Trimestre más Frío

7. Varianzas (de BIO1 a BIO19)

Va_b1 Varianza de la Temperatura Anual Promedio
 Va_b2 Varianza del Rango Diurno Promedio (Promedio de la (max temp-min temp) mensual)
 Va_b3 Varianza de la Isotermalidad (BIO2/BIO7)
 Va_b4 Varianza de la Estacionalidad de la Temperatura (Varianza x100)
 Va_b5 Varianza de la Temperatura Máxima del Mes más Cálido
 Va_b6 Varianza de la Temperatura Mínima del Mes más Frío
 Va_b7 Varianza del Rango de la Temperatura Anual (BIO5-BIO6)
 Va_b8 Varianza de la Temperatura Promedio del Trimestre más Húmedo
 Va_b9 Varianza de la Temperatura Promedio del Trimestre más Seco
 Va_b10 Varianza de la Temperatura Promedio del Trimestre más Cálido
 Va_b11 Varianza de la Temperatura Promedio del Trimestre más Frío
 Va_b12 Varianza de la Precipitación Anual
 Va_b13 Varianza de la Precipitación del Mes más Húmedo
 Va_b14 Varianza de la Precipitación del Mes más Seco
 Va_b15 Varianza de la Estacionalidad de la Precipitación
 Va_b16 Varianza de la Precipitación del Trimestre más Húmedo
 Va_b17 Varianza de la Precipitación del Trimestre más Seco
 Va_b18 Varianza de la Precipitación del Trimestre más Cálido
 Va_b19 Varianza de la Precipitación del Trimestre más Frío

8. Curtosis (de BIO1 a BIO19)

Cur_b1 Curtosis de la Temperatura Anual Promedio
 Cur_b2 Curtosis del Rango Diurno Promedio (Promedio de la (max temp-min temp) mensual)
 Cur_b3 Curtosis de la Isotermalidad (BIO2/BIO7)
 Cur_b4 Curtosis de la Estacionalidad de la Temperatura (Curtosis x100)
 Cur_b5 Curtosis de la Temperatura Máxima del Mes más Cálido
 Cur_b6 Curtosis de la Temperatura Mínima del Mes más Frío
 Cur_b7 Curtosis del Rango de la Temperatura Anual (BIO5-BIO6)
 Cur_b8 Curtosis de la Temperatura Promedio del Trimestre más Húmedo
 Cur_b9 Curtosis de la Temperatura Promedio del Trimestre más Seco
 Cur_b10 Curtosis de la Temperatura Promedio del Trimestre más Cálido
 Cur_b11 Curtosis de la Temperatura Promedio del Trimestre más Frío
 Cur_b12 Curtosis de la Precipitación Anual
 Cur_b13 Curtosis de la Precipitación del Mes más Húmedo

Cur_b14 Curtosis de la Precipitación del Mes más Seco
 Cur_b15 Curtosis de la Estacionalidad de la Precipitación
 Cur_b16 Curtosis de la Precipitación del Trimestre más Húmedo
 Cur_b17 Curtosis de la Precipitación del Trimestre más Seco
 Cur_b18 Curtosis de la Precipitación del Trimestre más Cálido
 Cur_b19 Curtosis de la Precipitación del Trimestre más Frío

9. Coeficientes de asimetría (de BIO1 a BIO19)

Coef_a_b1 Coeficiente de asimetría de la Temperatura Anual Promedio
 Coef_a_b2 Coeficiente de asimetría del Rango Diurno Promedio (Promedio de la (max temp-min temp) mensual)
 Coef_a_b3 Coeficiente de asimetría de la Isotermalidad (BIO2/BIO7)
 Coef_a_b4 Coeficiente de asimetría de la Estacionalidad de la Temperatura (Coeficiente de asimetría x100)
 Coef_a_b5 Coeficiente de asimetría de la Temperatura Máxima del Mes más Cálido
 Coef_a_b6 Coeficiente de asimetría de la Temperatura Mínima del Mes más Frío
 Coef_a_b7 Coeficiente de asimetría del Rango de la Temperatura Anual (BIO5-BIO6)
 Coef_a_b8 Coeficiente de asimetría de la Temperatura Promedio del Trimestre más Húmedo
 Coef_a_b9 Coeficiente de asimetría de la Temperatura Promedio del Trimestre más Seco
 Coef_a_b10 Coeficiente de asimetría de la Temperatura Promedio del Trimestre más Cálido
 Coef_a_b11 Coeficiente de asimetría de la Temperatura Promedio del Trimestre más Frío
 Coef_a_b12 Coeficiente de asimetría de la Precipitación Anual
 Coef_a_b13 Coeficiente de asimetría de la Precipitación del Mes más Húmedo
 Coef_a_b14 Coeficiente de asimetría de la Precipitación del Mes más Seco
 Coef_a_b15 Coeficiente de asimetría de la Estacionalidad de la Precipitación
 Coef_a_b16 Coeficiente de asimetría de la Precipitación del Trimestre más Húmedo
 Coef_a_b17 Coeficiente de asimetría de la Precipitación del Trimestre más Seco
 Coef_a_b18 Coeficiente de asimetría de la Precipitación del Trimestre más Cálido
 Coef_a_b19 Coeficiente de asimetría de la Precipitación del Trimestre más Frío

10. Mínimos (de BIO1 a BIO19)

Min_b1 Mínimo de la Temperatura Anual Promedio
 Min_b2 Mínimo del Rango Diurno Promedio (Promedio de la (max temp-min temp) mensual)
 Min_b3 Mínimo de la Isotermalidad (BIO2/BIO7)
 Min_b4 Mínimo de la Estacionalidad de la Temperatura (Mínimo x100)
 Min_b5 Mínimo de la Temperatura Máxima del Mes más Cálido
 Min_b6 Mínimo de la Temperatura Mínima del Mes más Frío
 Min_b7 Mínimo del Rango de la Temperatura Anual (BIO5-BIO6)
 Min_b8 Mínimo de la Temperatura Promedio del Trimestre más Húmedo
 Min_b9 Mínimo de la Temperatura Promedio del Trimestre más Seco
 Min_b10 Mínimo de la Temperatura Promedio del Trimestre más Cálido
 Min_b11 Mínimo de la Temperatura Promedio del Trimestre más Frío
 Min_b12 Mínimo de la Precipitación Anual
 Min_b13 Mínimo de la Precipitación del Mes más Húmedo
 Min_b14 Mínimo de la Precipitación del Mes más Seco
 Min_b15 Mínimo de la Estacionalidad de la Precipitación
 Min_b16 Mínimo de la Precipitación del Trimestre más Húmedo
 Min_b17 Mínimo de la Precipitación del Trimestre más Seco
 Min_b18 Mínimo de la Precipitación del Trimestre más Cálido
 Min_b19 Mínimo de la Precipitación del Trimestre más Frío

11. Máximos (de BIO 1 a BIO19)

Max_b1 Máximo de la Temperatura Anual Promedio
 Max_b2 Máximo del Rango Diurno Promedio (Promedio de la (max temp-min temp) mensual)
 Max_b3 Máximo de la Isotermalidad (BIO2/BIO7)
 Max_b4 Máximo de la Estacionalidad de la Temperatura (Máximo x100)

Max_b5 Máximo de la Temperatura Máxima del Mes más Cálido
 Max_b6 Máximo de la Temperatura Mínima del Mes más Frío
 Max_b7 Máximo del Rango de la Temperatura Anual (BIO5-BIO6)
 Max_b8 Máximo de la Temperatura Promedio del Trimestre más Húmedo
 Max_b9 Máximo de la Temperatura Promedio del Trimestre más Seco
 Max_b10 Máximo de la Temperatura Promedio del Trimestre más Cálido
 Max_b11 Máximo de la Temperatura Promedio del Trimestre más Frío
 Max_b12 Máximo de la Precipitación Anual
 Max_b13 Máximo de la Precipitación del Mes más Húmedo
 Max_b14 Máximo de la Precipitación del Mes más Seco
 Max_b15 Máximo de la Estacionalidad de la Precipitación
 Max_b16 Máximo de la Precipitación del Trimestre más Húmedo
 Max_b17 Máximo de la Precipitación del Trimestre más Seco
 Max_b18 Máximo de la Precipitación del Trimestre más Cálido
 Max_b19 Máximo de la Precipitación del Trimestre más Frío

Medidas de amplitud de nicho

B1= (inverse concentration) (Levins, 1968)

B1*1000

B2 = (uncertainty) (Levins, 1968)

B2*100

A continuación, se incluyen dos diagramas que ilustran, a modo de ejemplo, la relación entre atributos del nicho y las variables de BIOCLIM que les corresponden

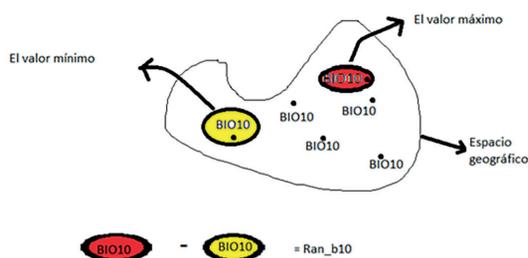


Figura S1. Esquema que muestra la relación entre variables de BIOCLIM y atributos del nicho, en este caso entre BIO10 y Ran_b10. Cada coordenada de ocurrencia en el espacio geográfico tiene su valor correspondiente de BIO 10. La diferencia entre el mayor valor registrado para BIO10 entre todas las coordenadas donde ocurre la especie y el menor valor de BIO10 entre todas las coordenadas donde ocurre la especie constituye el rango, es decir, Ran_b10. Esta es una medida de dispersión

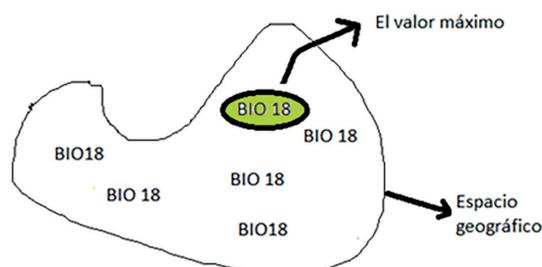


Figura S2. Esquema que muestra la relación entre BIO18 y Max_b18 a modo de ejemplo. Cada coordenada donde ocurre la especie en el espacio geográfico tiene un valor de BIO18. El mayor de todos estos valores corresponde a Max_b18 para el nicho de la especie.

Estimación poblacional del Jaguareté en el Bosque Atlántico del Alto Paraná en el periodo 2021 al 2025

Population estimate of the Jaguareté in the Alto Paraná Atlantic Forest in the period 2021 to 2025

Richard Villasanti¹, Aurora Paredes², Juan Carlos Gamarra², Romina Rubira²
& Silverio Andrés Quintana^{2,*}

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

²Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Biotecnología, San Lorenzo, Paraguay.

*Autor correspondiente: squintana@facen.una.py.

Resumen: El bosque Atlántico del Alto Paraná (BAAP) constituye una ecorregión boscosa compartida entre los países de Paraguay, Brasil y Argentina siendo albergue de una gran variedad de especies animales entre ellas de la *Panthera onca* (Jaguareté). En Paraguay este animal se encuentra catalogado como en peligro crítico de extinción debido a la caza furtiva, el comercio ilegal y la pérdida de su hábitat por la deforestación que ha provocado que su población no pueda crecer en cantidad por lo cual los 3 países del BAAP han coordinado y tomado acciones en conjunto para la conservación y se ha logrado proteger la especie consiguiendo un aumento de su población en los años recientes, por esto, con el fin de proyectar a futuro la población del Jaguareté se han utilizado herramientas matemáticas como el software OriginPro para el cálculo de polinomios de interpolación y valores extrapolados así como el software Vensim con el método de integración de Euler que ha permitido realizar una simulación de la cantidad de animales hasta el año 2025, los resultados proyectados por el método de Spline y la simulación con Vensim muestran una tendencia al incremento en la población del Jaguareté para los siguientes 3 años, en tanto utilizando el método lineal existe un posible escenario el cual proyecta una disminución en la población de animales.

Palabras clave: Jaguareté, simulación, interpolación, extrapolación, Vensim.

Abstract: The Alto Paraná Atlantic Forest (BAAP) constitutes a forest ecoregion shared by the countries of Paraguay, Brazil and Argentina, being home to a great variety of animal species, including the *Panthera onca* (Jaguareté). In Paraguay, this animal is listed as critically endangered due to poaching, illegal trade and the loss of its habitat due to deforestation, which has caused its population to not grow in quantity, which is why the 3 BAAP countries They have coordinated and taken joint actions for conservation and the species has been protected, achieving an increase in its population in recent years. For this reason, in order to project the population of the Jaguareté into the future, mathematical tools such as software have been used. OriginPro for the calculation of interpolation polynomials and extrapolated values as well as the Vensim software with the Euler integration method that has allowed a simulation of the number of animals until the year 2025, the results projected by the Spline method and the simulation with Vensim shows a tendency to increase in the Jaguareté population for the following 3 years, while using the method linear there is a possible scenario which projects a decrease in the animal population.

Keywords: Jaguareté, simulation, interpolation, extrapolation, Vensim.

Introducción:

El bosque Atlántico del Alto Paraná (BAAP) constituye una ecorregión boscosa de aproximadamente 1.700.000 km² que abarca los países Argentina, Brasil y Paraguay, encontrándose la mayor parte del territorio en Brasil. Actualmente debido a la acelerada pérdida del ecosistema, producida por los incendios forestales, la caza furtiva y deforestación

continua, se estima que se conserva sólo entre el 7 a 12% de su extensión original, esto supone un gran problema para las especies endémicas que conforman un 7% de las especies descritas a nivel mundial, quienes se encuentran cada vez más amenazadas a medida que se pierden las zonas boscosas. Una de las especies que generó mayor preocupación debido a su alarmante disminución poblacional es

Recibido: 06/07/2022 Aceptado: 28/09/2023



el Jaguareté (De Angelo, 2009).

El Jaguareté es considerado uno de los felinos de mayor tamaño en el mundo y es el felino más grande de América, perteneciendo a la subfamilia Pantherinae. De sus características morfológicas se puede destacar un cuerpo robusto y musculoso con una cabeza grande y extremidades cortas (patas y cola) en comparación a las demás especies, pesan alrededor de 35-130 kg con un largo de cuerpo entre 1,20 a 1,64 m teniendo la cola entre 64 a 66 cm. Su pelaje es de color amarillento; el vientre posee color blanquecino; el patrón de manchas es de color negro presentando rosetas de tamaños y formas variables que pueden tener puntos en su interior y se encuentran extendidos por todo el cuerpo. Son carnívoros de hábito nocturno crepuscular y su dieta está compuesta principalmente de mamíferos medianos como el oso melero, jabalí, carpincho, tateto, entre otros (Schiaffino, 2011).

La especie se puede adaptar a una gran variedad de ambientes, tanto boscosas como abiertas (pastizales, bosques abiertos, entre otros), pero tiene preferencia por las selvas densas y húmedas ya que está estrechamente asociado a la presencia de cuerpos de agua, tales como ríos, arroyos o lagunas (Sandoval *et al.*, 2011), haciendo del BAAP un hábitat ideal al tratarse de un bosque tropical húmedo (Morellato & Haddad, 2000). Sin embargo, su hábitat es cada vez menor y se encuentra fragmentado por la deforestación sumado a otros problemas como los incendios forestales y la caza furtiva que ha provocado una disminución considerable de su población en Sudamérica siendo que actualmente la especie está catalogado a nivel mundial por la UICN como casi amenazado (NT) en la lista roja de especies amenazadas (Quigley, 2017) mientras que en Paraguay se encuentra catalogado como en peligro crítico de extinción (CR) (APM, 2017), vulnerable (VU) en Brasil (Subirá *et al.*, 2018) y en peligro de extinción (EN) en Argentina (Ojeda *et al.*, 2012),

La mayor densidad poblacional del Jaguareté en Paraguay y Argentina se encuentra en las áreas protegidas del BAAP pero su distribución se sitúa solamente en algunas áreas del BAAP. En la zona

costal de Brasil, la especie está aparentemente extinta en el extremo norte y sur, con poblaciones confinadas en los estados de Sao Paulo, Rio de Janeiro y Espirito Santo. En la porción interior del BAAP, la especie fue vista en el estado de Minas Gerais y a lo largo del río Paraná, en fragmentos de hábitat localizados en Paraguay, Argentina y Brasil. Se estima que el área de ocupación del Jaguareté en el BAAP es de solo 35,441 km². Por ende, el Jaguareté solo ocupa el 2,8% del BAAP (Paviolo *et al.*, 2016).

La gran mayoría de especies de grandes felinos están experimentando una tendencia global de declive debido a las actividades humanas. Muchas especies carnívoras han desaparecido en áreas con una gran densidad de población humana y las especies más expuestas a conflictos con personas son las más susceptibles de extinción (Woodroffe & Ginsberg, 1998). Cuando grandes carnívoros se han estudiado en reservas forestales, se ha encontrado que el mayor porcentaje de mortalidad lo han causado, deliberadamente o por accidente, los humanos. Estas muertes (por disparos de caza ilegal, envenenamiento, atrapamiento accidental o atropellamientos en carreteras) ocurren en su mayoría en los bordes de las reservas sin cercar y son particularmente comunes en las reservas rodeadas por áreas con una gran densidad humana (Ogada *et al.*, 2003). Con respecto al hábitat del Jaguareté en el BAAP, es la pérdida de cobertura forestal y marismas, y el incremento de la accesibilidad humana lo que ha tenido un efecto negativo en la población de la especie. Estos cambios están relacionados a procesos demográficos y económicos que afectaron a Paraguay, Argentina y Brasil a lo largo de los años. En Paraguay, la pérdida del hábitat de la especie se produjo en los últimos 30 años con la expansión de la agricultura a gran escala. Del año 1989 a 2000, el 80% de las áreas deforestadas fueron causadas por terratenientes privados y 20% por colonos. En las áreas protegidas la pérdida forestal fue disminuyendo dentro de sus límites, pero no en los alrededores (Huang *et al.*, 2007).

La mayor parte del hábitat del Jaguareté en el área brasileño del BAAP fue perdida probablemente

entre los años 1900 y 1980 debido al desarrollo de ciudades y a la agricultura a gran escala. En Argentina, ha habido menos deforestación y degradación y una mayor proporción del hábitat original permanece (Paviolo *et al.*, 2016). Existen informes sobre la cantidad de Jaguareté Paviolo *et al.* (2016) y WWF (2021) sin embargo resulta importante realizar estimaciones acerca de cuál sería el tipo de tendencia en cantidad de la población de esta especie.

La dinámica de sistemas se encarga de estudiar la interacción de diversos elementos que conforman un sistema y su influencia a través del tiempo, esto mediante el uso de modelos que sirven como representación del sistema para responder a hipótesis formuladas. Los modelos para que puedan ser utilizados en una dinámica de sistemas deben ser simples y representar de forma apropiada aquellas características del sistema que serán de estudio (Campos *et al.*, 2005).

La metodología para estimar la población a futuro consiste en formular el sistema en modelos cuantitativos mediante informaciones cualitativas y cuantitativas identificando los tipos de variables que la conforman y cómo influyen unas sobre otras, obteniéndose así un sistema de ecuaciones. Debido a la complejidad que supone resolver estas ecuaciones se adopta como solución la utilización de programas informáticos como OriginPro que permite hacer uso de polinomios de interpolación y valores extrapolados y la simulación de dinámica de sistemas a través de Vensim que aplica métodos de integración sobre el objeto de estudio lo cual permite realizar aproximaciones al comportamiento del sistema simulado (Feria *et al.*, 2019).

Como objetivo del trabajo se propone utilizar herramientas matemáticas y bioinformáticas para realizar una estimación poblacional del Jaguareté en el Bosque Atlántico del Alto Paraná en el periodo 2021 al 2025.

Materiales y métodos

Recolección de datos

Los datos de poblaciones de animales se obtuvieron a partir de los trabajos de Paviolo *et al.* (2016) y WWF (2021).

Planteamiento del modelo a través del software OriginPro

Se utilizaron los valores mínimos para realizar una interpolación para los datos que no se encuentran reportados entre los años 2005 y 2021.

Teniendo en cuenta la población mínima para los años indicados, sin conocer la tasa de natalidad y mortalidad se ha buscado un polinomio que aproxima de la mejor manera a los datos. Además se extrapolan valores hasta el 2025 mediante dos métodos.

Planteamiento del modelo a través del software Vensim

Los datos para la simulación se describen a continuación

Nacimientos = Tasa de nacimientos. Valor inicial = 10

Población inicial de animales = 51

Población de animales = INTEG(Nacimientos-Muertes). Valor Inicial= Población inicial de animales

Esperanza de vida = Tiempo de vida en cautiverio/ Población Total

Muertes = Esperanza de vida

Resultados y discusión

El monitoreo de la población de Jaguaretés en el Bosque Atlántico del Alto Paraná con sus intervalos inferiores y superiores según los reportes de WWF (2021) se encuentran en la Tabla 1, donde se observa que desde el 2006 al 2013 no se cuentan con datos sobre las cantidades de ejemplares, por lo se hizo necesario realizar estimaciones posteriores

Tabla 1. Población de Jaguareté con intervalo inferior y superior.

Año	Población
2005	30-54
2014	51-84
2016	71-107
2018	84-125
2021	76-118

Tabla 2. Valores del coeficiente B_i con el respectivo error estándar asociado.

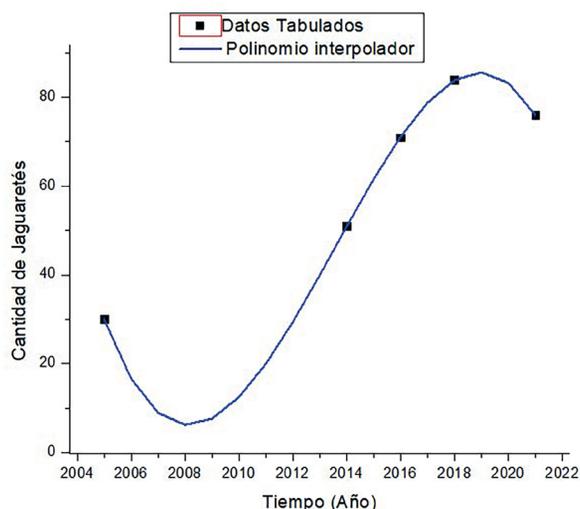
Coficiente	Valor	Error Estándar
B_0	1,02E+09	1,07E+07
B_1	-1,53E+06	1,59E+04
B_2	7,58E+02	7,88E+00
B_3	-1,26E-01	1,30E-03

del comportamiento poblacional en dicho periodo, las opciones que se podrían dar son que aumente gradualmente hasta el tiempo final y la otra que inicialmente pueda disminuir y luego aumentar de forma gradual, hasta el 2021 donde se vuelve a reportar una disminución.

Con el software OriginPro, se obtuvo un polinomio interpolador que aproxima a los datos tabulados, el mismo es de tercer grado y de la forma: $y = B_0 + B_1t + B_2t^2 + B_3t^3$

Los valores de los B_i se encuentran en la Tabla 2 conteniendo así mismo el error estándar de los mismos.

La gráfica asociada del polinomio se encuentra en la Figura 1, y permite observar la cantidad de Jaguares desde el periodo 2005 al 2021 inclu-

**Figura 1.** Polinomio interpolador para determinar población de Jaguares incluyendo los periodos desconocidos del 2006 al 2014.

yendo las estimaciones realizadas del intervalo del 2006 al 2014.

En la Tabla 3 se puede observar la utilización de este polinomio para realizar una estimación de la población para los intervalos de tiempo del 2006 al 2014 donde no se reportan datos por Paviolo *et al.* (2016) y WWF (2021). El error obtenido del valor que arroja el polinomio interpolador y los valores reales de la tabla es pequeño, puesto que los valores a considerar deben ser discretos.

Tabla 3. Cantidad de animales del periodo 2005 al 2021 obtenidos por el polinomio interpolador.

Año	Cantidad según el polinomio	Año	Error Datos vs Polinomio
2005	30,00138	2005	-0,00138
2006	16,64		
2007	8,9578		
2008	6,20173		
2009	7,61875		
2010	12,45582		
2011	19,95989		
2012	29,37793		
2013	39,95689		
2014	50,94373	2014	0,05627
2015	61,58542		
2016	71,1289	2016	-0,1289
2017	78,82115		
2018	83,90911	2018	0,09089
2019	85,63974		
2020	83,26002		
2021	76,01688	2021	-0,01688

Además, podemos observar extremos relativos en el comportamiento del polinomio, donde nos indica que en el 2008 hubo una cantidad mínima de aproximadamente 6 ejemplares, y una cantidad máxima de 86 ejemplares en 2019, posterior a este año vuelve a disminuir la cantidad de animales. Al trabajar por medio de aproximaciones, también

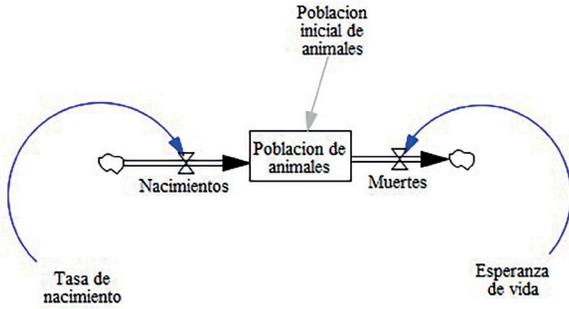


Figura 2. Diagrama causal de población de Jaguararé para simulación con Vensim.

pudo ocurrir que en el periodo de 2006 al 2014, la cantidad de ejemplares crezca levemente y no ocurra el mínimo estimado en dicho periodo.

Por otro lado, además de realizar las aproximaciones de lo acontecido en el pasado también se realizaron proyecciones a futuro hasta el año 2025 en base a los datos que se tienen. Para ello se utilizaron 3 métodos, la extrapolación Lineal y la de Spline así como modelo de dinámica de sistemas a través de Vensim el cual utilizó el diagrama que se encuentra en la Figura 2 donde la población de animales tiene flujos de nacimientos y muertes, a su vez cada flujo se encuentra relacionado con la tasa de nacimiento o esperanza de vida, este método de simulación utiliza la integración por método de Euler del nivel denominado población de animales teniendo en cuenta la diferencia entre nacimientos y muertes.

Los valores obtenidos de las proyecciones con extrapolaciones se asemejan hasta el 2024, pero la segunda indica que la población volvería a crecer a partir de dicho año. El resultado de la dinámica por Vensim también tiene un comportamiento lineal como la primera extrapolación Lineal pero con la diferencia de que con Vensim se esperaría que la población de animales vaya creciendo y no decreciendo, esto es debido a que los datos iniciales de la simulación indican una tasa de nacimiento superior a la cantidad de muertes asociados a la esperanza de vida. A diferencia de las estimaciones con los polinomios con Vensim se utilizó el dato poblacional del año 2014 como punto inicial debido a que si se utilizaba el dato del año 2005, el error

Tabla 4. Predicción de población de Jaguararé mediante Vensim.

Año	Simulación Vensim	Extrapolación Lineal	Extrapolación de Spline	Datos reales
2014	51	-	-	51-84
2015	60,78	-	-	-
2016	70,57	-	-	71-107
2017	80,355	-	-	-
2018	90,14	-	-	84-125
2019	99,925	-	-	-
2020	109,71	-	-	-
2021	119,495	-	-	76-118
2022	129,28	73,33333	71,0588	-
2023	139,065	70,6666	67,82353	-
2024	148,85	68	68	-
2025	158,635	65,33333	73,29412	-

que se obtiene mediante la simulación va creciendo considerablemente con el tiempo y no presentaba concordancia con los valores reportados al año 2021, lo cual es esperable debido a que es solamente una simulación y pueden existir distintos tipos de errores (Oberkampf *et al.*, 2002). En la Tabla 4 se puede observar los valores obtenidos por las extrapolaciones Lineales, de Spline y el software Vensim así como los valores reportados hasta el momento.

Los resultados obtenidos con Vensim para los años 2016, 2018 se encuentran en coincidencia con el rango reportado como dato real, para el año 2021 hubo una diferencia de aproximadamente 2 animales con el intervalo superior reportado por WWF, al realizar esta simulación se obtiene que por Vensim se tendrían 159 animales, por la extrapolación lineal 65 animales y por la extrapolación con Spline 73 animales. Existe una gran diferencia entre los resultados obtenidos por las distintas metodologías en particular con la que utiliza la dinámica de sistemas con Vensim, sin embargo, más allá del valor numérico se puede observar que posee un comportamiento similar a la extrapolación de Spline ya que también va creciendo la población de animales en el tiempo final.

El sesgo que puede tener la simulación puede ser debido a que no se tienen en cuenta distintos factores, como la distinción del sexo de la población de animales que mayoritariamente se realiza analizando las características físicas observadas en las fotografías como los patrones únicos de mancha, presencia de escroto y la constitución corporal, al tener este dato se podría estimar la cantidad de nuevas crías que existirían teniendo en cuenta el periodo de embarazo entre otras variables. También no se tiene el dato completo de cuál es la fuente de acceso a alimentos, así como la diferenciación de cuantos animales se encuentran en cautiverio. También podrían existir animales que no están siendo registrados por cámaras fototrampas o que no hayan sido reportados por Paviolo *et al.* (2016) y WWF (2021). El uso de cámaras trampas es bastante extendido debido a su precisión para realizar estimaciones poblacionales e identificación de grandes felinos como el Jaguareté mediante el método de

captura-marcaje-recaptura (Terrones Contreras *et al.*, 2008), sin embargo, estos dispositivos no están exentos a errores como disparos falsos y fracaso en la fotocaptura de los animales (Vila *et al.*, 2016).

Los modelos de dinámica de sistemas pueden ser utilizados para plantear probables estrategias de conservación de animales como lo reportado por Rieder *et al.* (2021), sin embargo hay que tener en cuenta que los datos utilizados para construir el modelo cuentan con diversas limitaciones anteriormente mencionadas por lo que solo se podrían tomar como una estimación con respecto a la realidad teniendo en cuenta el contexto de la situación y el probable ingreso de nuevas variables que alteren la aproximación de cantidad de animales a futuro.

Conclusión

La utilización de polinomios y la dinámica de sistemas permitieron estudiar 3 posibles escenarios a futuro lo cual permitió obtener una proyección de la población del Jaguareté hasta el año 2025. Al comparar los 3 escenarios se obtiene que en la extrapolación con Spline y con la dinámica de Vensim hay un incremento en la cantidad de animales, siendo este último método el que prevé mayor cantidad de animales en el BAAP. Si bien estos métodos pueden constituir una herramienta útil para realizar aproximaciones de poblaciones en distintos años se debe tener en cuenta que en la realidad pueden intervenir distintos factores o variables no previstas que puedan hacer que los resultados finales vayan variando de manera considerable.

Contribución de los autores

Todos los autores contribuyeron de manera equitativa en la elaboración de este artículo.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Literatura citada

APM [Asociación Paraguaya de Mastozología]. (2017). *Libro Rojo de los Mamíferos del Paraguay: especies amenazadas de extin-*

- ción. Asunción: Editorial CREATIO. 137 pp.
- Campos, J.D.M.D., Canto, S.D., & García, F.M. (2005). *Fundamentos de la dinámica de sistemas y Modelos de dinámica de sistemas en epidemiología*. Curso de Experto Universitario en Epidemiología y Nuevas Tecnologías Aplicadas. Madrid: UNED / ISCIII. 69 pp. [Consulted: 11.iv.2022]. <http://proyectosame.com/ds_documentos/manual_dinamica_sistemas.pdf>.
- De Angelo, C.D. (2009). *El paisaje del Bosque Atlántico del Alto Paraná y sus efectos sobre la distribución y estructura poblacional del jaguar (Panthera onca) y el puma (Puma concolor)*. (Tesis Docoral). Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires: Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. 252 pp
- Feria, J., Rodrigo, A. & Toro, M. (2019). *Un modelo de proyección de la población para los ámbitos funcionales andaluces: 1991-2006*. Huelva: Universidad de Huelva. 281 pp.
- Huang, C., Kim, S., Altstatt, A., Townshend, J.R.G., Davis, P., Song, K. & Musinsky, J. (2007). Rapid loss of Paraguay's Atlantic forest between 1970s and 2000 and the status of protected areas. *Remote Sensing of Environment*, 106(4): 460–466.
- Subirá, R.J., Galvão, A. & C.E.G.de Carvalho, (Eds.). (2018). *Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume II - Mamíferos*. instituto chico mendes de conservação da biodiversidade. Brasília: ICMBio/MMA. 622 pp.
- Morellato, L.P.C., & Haddad, C.F. (2000). Introduction: The Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica*, 32(4b): 786–792.
- Oberkampf, W.L., DeLand, S.M., Rutherford, B.M., Diegert, K.V. & Alvin, K.F. (2002). Error and uncertainty in modeling and simulation. *Reliability Engineering & System Safety*, 75(3) 333–357.
- Ogada, M.O., Woodroffe, R., Oguge, N.O. y Frank, L.G. (2003). Limiting depredation by African carnivores: the role of livestock husbandry. *Conservation Biology* 17(6): 1521–1530.
- Ojeda, R.A., Chillo, V. & Diaz Isenrath, G.B. (Eds.). (2012). *Libro Rojo de Mamíferos Amenazados de La Argentina*. Mendoza: SAREM. 257 pp.
- Paviolo, A., De Angelo, C., Ferraz, K.M.P.M.B., Morato, R.G., Martínez Pardo, J., Srbeć-Araujo, A.C., Beisiegel, B.M., Lima, F., Sana, D., da Silva, M.X., Velázquez, M.C., Cullen, L., Crawshaw Jr, P., Jorge, M.L.S.P., Galetti, P.M., Di Bitetti, M.S., de Paula, R.C.Eduardo Eizirik, Aide, T.M., Cruz, P., Perilli, M.L.L., Souza, A.S.M.C., Quiroga, V., Nakano, E., Ramírez Pinto, F., Nakano, E., Ramírez Pinto, F., Fernández, S., Costa, S., Moraes, E.A. & Azevedo, F. (2016). A biodiversity hotspot losing its top predator: The challenge of jaguar conservation in the Atlantic Forest of South America. *Scientific Reports*, 6(37147): 1–16.
- Quigley, H., Foster, R., Petracca, L., Payan, E., Salom, R., & Harmsen, B. (2017). *Panthera onca (errata to version 2018)*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e. T15953A123791436. [Consulted: 11.iv.2022]. <<https://www.iucnredlist.org/species/pdf/123791436>>. 28 pp.
- Rieder, E., Larson, L.R., Sas-Rolfes, M.'t. & Kopainsky, B. (2021). Using Participatory System Dynamics Modeling to Address Complex Conservation Problems: Tiger Farming as a Case Study. *Frontiers in Conservation Science*, 2(696615): 1–13.
- Sandoval, I., Carrillo, E. & Sáenz, J. (2011). Modelo de hábitat potencial para el jaguar, *Panthera onca* (Carnivora: Felidae), en la península de Osa Costa Rica. *Brenesia*, 75-76: 90–96.
- Schiaffino, K. (Ed.). (2011). *Plan de acción para la conservación de la población de yaguararé (Panthera onca) del corredor verde de misiones*. Plan Estratégico Nacional de Conservación del Yaguararé: Subcomisión Selva Paranaense. 85 pp.
- Terrones Contreras, B., Bonet Jornet, A., & Cantó Corchado, J. L. (2008). El uso de cámaras trampa en el estudio de la fauna: primeros

- resultados obtenidos en el P.N. de la Font Roja. *Iberis*, 6: 129–38.
- Vila, A.R., Aprile, G., Sotelo, V., Sugliano, P., Zoratti, C., Berardi, M. & Montbrun, J. (2016). Cámaras trampa y huemules: ¿Una alternativa de monitoreo? *Anales del Instituto de la Patagonia*, 44(3): 71–76.
- Woodroffe, R. & Ginsberg, J. (1998). Edge effects and the extinction of populations inside protected areas. *Science*, 280(5372): 2126–2128.
- WWF [World Wildlife Fund]. (2021). Nuevo Monitoreo Poblacional de Jaguaretés: Hay 102 Individuos En El Bosque Atlántico Del Alto Paraná (Brasil Argentina y Paraguay). Noticias Our News: WWF Paraguay. [Consulted: 6.vii.2022]. <<https://www.wwf.org.py/?372491/Nuevo-monitoreo-poblacional-de-jaguaretetes-Hay-102-individuos-en-el-Bosque-Atlantico-del-Alto-Parana-Brasil-Argentina-y-Paraguay>>.

Editor responsable: Nery López Acosta

Efecto de la concentración del hipoclorito de sodio sobre la contaminación y oxidación de meristemas en la micropropagación de banano

Effect of sodium hypochlorite concentration on contamination and oxidation of meristems in banana micropropagation

Maura Isabel Díaz-Lezcano^{1,*}, Karen Denisse Pereira-Báez¹, Jorge Ramón Brítez -Moreira¹, Jazmín Yerutí Mongelós-Franco¹ & Carlos Emilio Mussi-Cataldi¹

¹Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, San Lorenzo, Paraguay

*Autor correspondiente: maura.diaz@agr.una.py.

Resumen: El experimento se realizó en el Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción, con el objetivo de evaluar dos tratamientos de desinfección de explantes para la micropropagación del banano (*Musa* spp.) variedad Nanaico. Se utilizaron 80 hijuelos de 30 - 40 cm de los cuales se extrajeron los ápices meristemáticos que fueron sembrados en medios MS (Murashige y Skoog 1962) con el agregado de 1 g.l⁻¹ de carbón activado como antioxidante. Los tratamientos consistieron en dos concentraciones de NaClO (5 y 10 %) durante cinco minutos. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar. Las variables evaluadas fueron: porcentaje de supervivencia, grado de oxidación y porcentaje de contaminación de plántulas. Los datos obtenidos fueron sometidos al análisis de varianza al 5 % de probabilidad de error. No se registraron diferencias significativas entre los tratamientos de desinfección aplicados relacionados a la sobrevivencia de explantes de banano cultivados *in vitro*, aunque existieron diferencias significativas con respecto al grado de oxidación y contaminación microbiana. Se logró una regeneración de 12,5% de los segmentos nodales de banano sembrados. En conclusión, al incrementar la concentración de hipoclorito de sodio, el porcentaje de explantes contaminados con hongos y bacterias fue menor, sin embargo, esto se tradujo en un incremento del grado de oxidación de explantes de *Musa* spp variedad Nanaico.

Palabras clave: Cultivo *in vitro*, contaminación, desinfección, establecimiento, propagación.

Abstract: The experiment was carried out in the Biotechnology Laboratory of the Facultad de Ciencias Agrarias of the Universidad Nacional de Asunción, with the objective of evaluating two explant disinfection treatments for the micropropagation of banana (*Musa* spp.) variety Nanaico. Eighty shoots of 30 - 40 cm were used, from which the meristematic apices were extracted and planted in MS media (Murashige and Skoog 1962) with the addition of 1 g.l⁻¹ of activated carbon as an antioxidant. The treatments consisted of two concentrations of NaClO (5 and 10%) for five minutes. The experimental design used was completely randomized. The variables evaluated were: percentage of survival, degree of oxidation and percentage of contamination of seedlings. The data obtained were subjected to variance analysis at 5% probability of error. No significant differences were recorded between the applied disinfection treatments related to the survival of banana explants cultivated *in vitro*, although there were significant differences with respect to the degree of oxidation and microbial contamination. A regeneration of 12.5% of the planted banana nodal segments was achieved. In conclusion, by increasing the concentration of sodium hypochlorite, the percentage of explants contaminated with fungi and bacteria was lower, however, this translated into an increase in the degree of oxidation of *Musa* spp variety Nanaico.

Key words: Contamination, disinfection, establishment, *in vitro* culture, propagation.

Introducción

El consumo mundial *per cápita* de banana asciende a 16 kg/habitante/año y las exportaciones mundiales de banano ocupan el primer lugar entre las frutas frescas, tanto en volumen como en valor, de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO 2017). Según

la FAO (2022), el comercio mundial de banano se vio afectado por varios factores en 2021, tanto del lado de la oferta como de la demanda, entre otros: la persistencia de la pandemia del COVID 19, las perturbaciones relacionadas con el clima, las preocupaciones sobre el agravamiento de la propagación de enfermedades de las plantas, las

Recibido: 31/07/2022 Aceptado: 28/09/2023



normas más estrictas sobre los niveles máximos de residuos en algunos mercados importantes, además una demanda inferior en varios mercados de importación; por lo tanto, los datos comerciales relativos a ese año indican que el volumen de exportaciones a nivel mundial se redujo en alrededor de 1,7 millones de toneladas en 2021.

El éxito del cultivo se basa fundamentalmente en la implantación de mudas libres de patógenos, por consiguiente, en banano, cuya multiplicación es asexual, se han desarrollado diferentes técnicas de propagación para obtener los propágulos en volumen y calidad adecuada, entre las cuales el cultivo *in vitro* surge como una opción interesante.

Actualmente, la propagación *in vitro* de plantas de *Musa*, vía organogénesis a partir de ápices se mantiene como el método más utilizado (Cejas *et al.*, 2011). Esto se debe, principalmente, a la posibilidad de multiplicar gran cantidad de plantas de calidad, libres de patógenos, en períodos de tiempo y espacio físico reducidos, sin interrupción estacional. Uno de los principales problemas que se han presentado en la micropropagación es la presencia de contaminantes microbianos endógenos (Fajardo, 2006). Al respecto, la desinfección de los explantes es fundamental para esta técnica, y la concentración del desinfectante puede ser determinante para su éxito (Díaz Lezcano *et al.*, 2016).

Bogado *et al* (2015) refieren que la contaminación microbiana es un problema constante que compromete el desarrollo de todas las técnicas *in vitro*. Las pérdidas causadas por microorganismos contaminantes principalmente hongos y bacterias constituyen un serio problema a escala mundial en los numerosos laboratorios.

Hernández y González (2010) afirman que entre los microorganismos fungos comúnmente introducidos al cultivo de tejidos *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Penicilium*, *Fusarium* y *Curvularia*. Asimismo, manifiestan que las bacterias gram negativas como *Azospirillum* y *Xanthomonas* son contaminantes frecuentes en el cultivo *in vitro* de tejidos vegetales.

Para lograr el establecimiento del material vegetal de manera exitosa, libre de contaminación

microbiana se utilizan agentes desinfectantes como el hipoclorito de sodio (NaClO), hipoclorito de calcio (CaClO), peróxido de hidrógeno (H₂O₂), etanol (C₂H₅OH), y bicloruro de mercurio (HgCl₂), entre otros; de los cuales el hipoclorito de sodio ha sido el más usado por los investigadores en el establecimiento *in vitro* de tejidos vegetales (Angarita & Perea, 1991).

Según Muñoz Castellano *et al* (2022), el NaClO y su ingrediente activo, el ácido hipocloroso (HClO), son desinfectantes a base de cloro más utilizados a nivel mundial. El HClO es un antimicrobiano de acción rápida que interactúa con muchas biomoléculas, como aminoácidos, lípidos, ácidos nucleicos y componentes de la membrana que contienen azufre, causando daño celular. El NaClO puede estar relacionado con un efecto directo sobre el crecimiento del micelio fúngico (Márquez *et al*, 2016). El cloro puede inhibir hongos (Zoffoli *et al*, 2005) y puede ser letal en bacterias (Owoseni y Okoh 2017).

Según López Gómez *et al* (2011), la susceptibilidad de los explantes al hipoclorito de sodio está asociada al sodio, el mismo es un nutriente no esencial para los tejidos vegetales además de ser altamente tóxico para muchas plantas.

Por ello, resulta necesaria la realización de más investigaciones sobre el tema con el fin de disipar las interrogantes de este método. El objetivo del trabajo fue evaluar los efectos de la concentración del hipoclorito de sodio sobre la propagación *in vitro* del banano (*Musa* spp.) variedad Nanicao.

Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo en el Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción en San Lorenzo, Paraguay.

Medio de cultivo

En tubos de vidrio (75 x 10 mm), se cargó 2,5 ml del Medio Basal MS suplementado con 15 g/l de sacarosa y gelificado con 4 g/l de ágar, además del agregado de 1 g.l⁻¹ de carbón activado, 50 mg.l⁻¹ de mioinositol y 10 mg.l⁻¹ de glicina, el pH del medio

fue ajustado a 5,8, posteriormente autoclavados a 121 °C, 1 atm de presión durante 20 minutos. El protocolo fue propuesto por Díaz Lezcano *et al.* (2016) para la micropropagación de *Musa* spp. variedad Nanicao.

Material vegetal y explantes

Los materiales vegetales fueron adquiridos del campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción, ubicado en latitud y longitud 25° 21' 54.80" S y 57° 30' 8.77" O.

Se utilizaron 80 ápices provenientes de hijuelos de banano, *Musa* sp. variedad Nanicao, de 30 - 40 cm de altura que fueron obtenidos de la planta madre. Se procedió a la separación del pseudotallo realizando cortes con machete a una altura aproximada de 10 cm por encima de las raíces. Inmediatamente, se procedió a la remoción de las hojas del pseudotallo y los tejidos blancos de la base del cormo. Con ayuda del microscopio estereoscópico, los semicormos fueron sometidos a reducciones hasta obtener un cono aproximadamente de 1 cm, formado por el meristema central y un mínimo del tejido de rizoma para facilitar la manipulación. A medida que iban siendo reducidos, fueron colocados en un frasco que contenía agua destilada para evitar su oxidación.

Desinfección del material vegetal

En la cámara de flujo laminar, previamente desinfectada con alcohol etílico al 70 % y 30 minutos de luz ultravioleta, el explante fue sometido a dos tratamientos de desinfección, propuestos por Ramírez *et al.* (2002):

Tratamiento uno

Sumergir los explantes por 30 segundos en alcohol etílico al 70 %, posteriormente a hipoclorito de sodio al 5 % durante 5 minutos para luego realizarse el triple enjuague con agua destilada estéril.

Tratamiento dos

Sumergir los explantes por 30 segundos en alcohol etílico al 70 %, posteriormente a hipoclorito de so-

dio al 10 % durante 5 minutos para luego realizarse el triple enjuague con agua destilada estéril.

Establecimiento *in vitro* de plántulas

En la cámara de flujo laminar, posterior a la desinfección, con ayuda de una pinza previamente flammada fue establecido un explante por tubo, además se aseguró que la base del explante quedara en contacto con el medio, seguidamente fueron sellados los tubos con papel aluminio y parafinado e introducidos en bolsas plásticas negras para finalmente ser trasladados a una sala de crecimiento a 25 °C, 70 % de humedad relativa, en condiciones de fotoperiodo 16:8 horas luz y oscuridad.

Evaluación de variables

Los explantes se observaron a los 15 días posteriores a su inoculación en el medio de cultivo. Las variables medidas fueron:

- **Porcentaje de supervivencia:** se realizó mediante la observación del desarrollo de brotes, siendo considerados como tales si presentan un tamaño aproximado de 2 mm con una coloración blanca verdusca.
- **Grado de oxidación:** se midió considerando las paredes y parte aérea de cada ápice meristemático, mediante la utilización de la escala de cinco grados (Tabla 1) adaptada de Drew & Smith (1990). Seguidamente, se calculó el grado de oxidación de acuerdo a la fórmula propuesta por French y Hebert (1980):

$$GO = \frac{n(0) + n(1) + n(2) + n(3) + n(4) + n(5)}{\sum n \times 5}$$

GO: grado de oxidación.

N: frecuencia de la severidad observada correspondiente a la nota.

Σn : sumatoria de las observaciones.

- **Porcentaje de contaminación:** se basó en la identificación visual del crecimiento micelial de los hongos o la apariencia lechosa de color blanquecino o amarillo, característico de las bacterias, pudiéndose manifestar ambos pató-

Tabla 1. Escala utilizada para la evaluación del grado de oxidación adaptada de Drew & Smith (1990).

Grado	Descripción
0	No hubo oxidación, coloración del explante de blanco-amarillo crema.
1	Incipiente coloración parda sin llegar a la necrosis del tejido.
2	25 % oxidación levemente visible, ¼ del explante oxidado.
3	50 % oxidación media, ½ del explante oxidado.
4	75 % oxidación alta, ¾ del explante oxidado.
5	100 % de tejido necrótico.

genos: dentro del medio de cultivo, alrededor del explante en contacto con el medio de cultivo o saliendo de la meristemo del explante.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se evaluaron dos concentraciones de hipoclorito de sodio para determinar la eficiencia en la desinfección de ápices de *Musa* spp. con la finalidad de realizar el establecimiento *in vitro*. Los resultados obtenidos fueron analizados mediante análisis de varianza (ANOVA) utilizando el programa estadístico INFOSTAT para un diseño completamente al azar. Cada tratamiento contó con ocho unidades experimentales y con una repetición en el tiempo. La diferencia de medias entre tratamientos fue analizada mediante el test de Tukey al 5 % de probabilidad de error ($P < 0,05$).

Resultados y discusión

No se registraron diferencias significativas entre los tratamientos de desinfección aplicados relacionados a la sobrevivencia de explantes de banano cultivados *in vitro*, aunque existieron diferencias significativas con respecto al grado de oxidación y contaminación microbiana. En este sentido, para el Tratamiento 2 (NaClO al 10%) se observó oxidación de los explantes levemente visible y 25,7 % de contaminación bacteriana. El tratamiento (T1) con hipoclorito de sodio al 5 % presentó incipiente coloración parda sin llegar a la necrosis del tejido y 34,3 % de explantes contaminados con hongos y bacterias.

Al cabo de 60 días de experimentación se logró regenerar 12,5% de los explantes originalmente sembrados, provenientes de ambos tratamientos, registrándose formación de hojas y raíces completas. De lo antes referido, se observó el T1 (NaClO al 5%) fue más efectivo en el control de la oxidación de los explantes de *Musa* spp pero que el T2 (NaClO al 10%) fue más eficiente en la prevención de la contaminación microbiana. Los resultados obtenidos con los tratamientos de desinfección se detallan en la Tabla 2.

Uno de los problemas en la supervivencia fue relacionado con los efectos de toxicidad causados por la alta concentración del hipoclorito de sodio, seguido por la contaminación microbiana. En ese sentido, según Montano *et al.* (2004), la concentración de hipoclorito de sodio ideal, para desinfectar sumergiendo los explantes de banana durante 10 minutos es del 3 %.

Por su parte, Ramírez *et al.* (2014) registraron que con aplicación 2 % de hipoclorito de sodio, durante 15 minutos, se produce la mejor desin-

Tabla 2. Resultado de tratamientos de desinfección de explantes de banana (*Musa* spp.).

Tratamiento	Sobrevivencia (%)	Grado de oxidación	Contaminación (%)	Agente causal
T1	24,8 a	1,29 a	34,3 a	hongo y bacteria
T2	20,8 a	2,43 b	25,7 b	bacteria
CV (%)	58,39	27,56	22,77	

fección de los explantes de *Guadua angustifolia*, además de la mayor sobrevivencia. Ancasi *et al.* (2014) y Marulanda *et al.* (2005) mencionan que, en general, la concentración del hipoclorito de sodio a ser utilizada debe ser del 1 al 3 % para activar la diferenciación celular de los explantes y lograr una buena desinfección.

Aguilera Arango *et al.* (2021) concluyeron que el uso de hipoclorito de sodio al 2,5 % por 10 minutos resultó ser el mejor tratamiento de desinfección de segmento uninodales de *Manihot esculenta* Crantz variedad Corpoica La Francesa y, Menegazzo *et al.* (2019), sostienen que el control de la contaminación microbiana en el cultivo *in vitro* de *Manihot esculenta* se debe en gran parte a la acción superficial del hipoclorito de sodio como agente desinfectante.

De lo antes mencionado, las concentraciones superiores al 3 % ocasionan daños fitotóxicos a los tejidos del explante, lo que se traduce en explantes muertos (Marulanda *et al.* 2005). De acuerdo con varios autores (Abdelnour *et al.* 2011; Borges *et al.* 2004 y Del Ángel *et al.* 2014), el hipoclorito de sodio es un producto recomendado normalmente para la desinfección *in vitro* de explantes, pero para algunas especies este compuesto puede ser tóxico.

Además, Del Ángel *et al.* (2014) han reportado que semillas esterilizadas con dicho compuesto, pueden retener suficientes cantidades del agente reactivo como para interferir con la germinación y que, aun lavando el tejido varias veces con agua no se elimina por completo, de esta manera, el cloro residual es absorbido por el tejido.

En ese contexto, el cloro residual afecta la permeabilidad celular de las células vegetales, impidiendo el adecuado desarrollo celular de las células meristemáticas y por lo tanto no genera la brotación del explante (Borges *et al.* 2004).

Los resultados obtenidos en este experimento, se ajustan a los obtenidos por Alvarenga *et al.* (2007), quienes observaron que a mayores porcentajes de hipoclorito de sodio se ocasionaban mayores daños o muerte de explantes debido a los efectos tóxicos casi inmediatamente después de la aplicación.

Contrariamente a los resultados obtenidos en la presente investigación, Laynez Garsaball y Sánchez

Cuevas (2006), sostienen que las menores concentraciones de hipoclorito de sodio inducen a mayores porcentajes de sobrevivencia de los explantes, mientras que el porcentaje de sobrevivencia disminuyó en los tratamientos con altas concentraciones de este desinfectante, evidenciando el efecto tóxico del hipoclorito en los tejidos.

Por otro lado, una de las dificultades para el establecimiento de cultivos *in vitro*, es la presencia de microorganismos contaminantes tanto endógenos como exógenos que afectan la viabilidad y el desarrollo de los explantes una vez que se han establecido *in vitro*, por lo tanto se requiere establecer tratamientos que conlleven a minimizar o eliminar dichos microorganismos sin afectar la viabilidad de los explantes (Angarita & Perea, 1991).

A este respecto, Pereira *et al.* (2003) mencionan que la contaminación fúngica en el cultivo *in vitro* de tejidos vegetales procede principalmente del ambiente, mientras que las bacterias generalmente acompañan al explante y son un indicador de una desinfección deficiente. Así mismo, estos autores afirman que la contaminación bacteriana es más perjudicial, ya que no se detecta de forma temprana y los agentes contaminantes pueden ser transferidos durante los sub cultivos.

A este respecto, García *et al.* (2015) registraron los porcentajes más altos de contaminación, al utilizar hipoclorito de sodio al 5 %, principalmente por la aparición de hongos. Asimismo, resultados similares fueron obtenidos por Arbeláez *et al.* (2016), quienes evaluaron diferentes tratamientos de desinfección para el establecimiento *in vitro* de meristema apical de *Musa spp.*, y constataron que la probabilidad de contaminación por hongos y bacterias es 8,65 veces mayor cuando se utiliza hipoclorito de sodio al 5 %, en contraste con la utilización de hipoclorito de sodio al 10 %.

Mongelós Franco *et al.* (2020) obtuvieron resultados similares en el proceso de desinfección de explantes de banano, siendo el tratamiento con NaClO al 10% durante 5 minutos fue el más efectivo para la desinfección y establecimiento *in vitro* de meristema apical de *Musa sp.*

Por su parte, Díaz Lezcano *et al.* (2016), refieren

que en la micropropagación de *Musa spp.* variedad Nanicao los meristemas fueron sometidos a un procedimiento de desinfección por 20 minutos con hipoclorito de sodio al 5 %, resultado un porcentaje de contaminación de los ápices de 39,06 % en la fase de establecimiento, y de 22,39 % en el primer subcultivo, en tanto que la oxidación en la fase de establecimiento fue de 9,37 % y en el primer subcultivo fue de 8,85 %.

En ese sentido, Sánchez *et al.* (2009) mencionan que las soluciones de hipoclorito de sodio que contienen 5 % disponible de cloro, se descomponen rápidamente a 24 °C, por lo cual se pudieron presentar altos niveles de contaminación fúngica.

Por el contrario, en el T2, no se registraron hongos contaminantes, este resultado se puede explicar porque el hipoclorito de sodio contribuye a la desinfección de los explantes ya que el mecanismo de acción del compuesto permite la deshidratación de los microorganismos, no obstante se registró mayor grado de oxidación.

Sin embargo, en el mencionado tratamiento, se observó finas películas de crecimiento bacteriano a partir del explante formando camino y rodeando el borde del frasco. En ese marco, la contaminación microbiana y la oxidación del tejido donador han sido los problemas más severos que se han enfrentado en la micropropagación de plantas (Castro *et al.*, 1993). En experimentos realizados por Viloria (1993) con varios métodos de desinfección de plantas *in vitro* no tuvieron éxito y concluyó que la diversidad de la microbiota presente en el material vegetal seleccionado, así como el grado de contaminación que caracteriza a las plantas cultivadas en el campo, dificulta la esterilización exitosa de los explantes y su establecimiento *in vitro*.

Resultados similares fueron reportados por Díaz Lezcano *et al.* (2021) quienes mencionan que el tratamiento de desinfección de ápices meristemáticos de banano para su establecimiento *in vitro*, el cual consistió en la inmersión en una solución de NaClO (10 %) durante cinco minutos, registró aproximadamente 21 % de sobrevivencia y 26 % de contaminación microbiana se atribuye a hongos pertenecientes a los géneros *Aspergillus*,

Penicillium, *Fusarium*, y bacterias Gram negativas.

Díaz Lezcano *et al.* (2023) concluyeron que no existen diferencias significativas atribuibles al tiempo de inmersión de explantes de banano (*Musa spp.*) sumergidos por 30 segundos en alcohol etílico al 70 %, posteriormente en hipoclorito de sodio al 5 % durante 5 y 10 minutos, en cuanto a contaminación microbiana u oxidación fenólica lo que indica que tanto la concentración del hipoclorito de sodio (5%) y los tiempos empleados en la desinfección son recomendables. Al mismo tiempo, lograron identificar la presencia de los géneros *Penicillium* y *Aspergillus* como agentes causales de la contaminación fúngica de los explantes, en ambos tratamientos.

Las investigaciones Pérez Pascual *et al.* (2023) manifestaron que el protocolo de desinfección de explantes de *Brachiaria humidicola* se optimizó al utilizar una mezcla de fungicida y bactericida además de la utilización de hipoclorito de sodio al 20 % y etanol al 70 % no es suficiente para la desinfección del tejido; sin embargo, se incrementó el porcentaje de necrosis de los segmentos nodales. Esto último se debe al efecto fitotóxico del que produce el hipoclorito de sodio y el etanol.

Finalmente, una desinfección eficaz es aquella en la que los explantes que han sido expuestos a una baja concentración desinfectante, presentan tasas reducidas de contaminación microbiana y oxidación permitiendo el desarrollo de los explantes (Alves *et al.* 2010), aspectos que no fueron observados en este experimento, con ambos tratamientos.

Conclusión

En las condiciones de los ensayos aplicados se observó que al incrementar la concentración de hipoclorito de sodio, el porcentaje de explantes contaminados con hongos y bacterias fue menor, sin embargo, esto se tradujo en un incremento del grado de oxidación de explantes de *Musa spp.*

Contribución de los autores

Todos los autores contribuyeron de manera equitativa en la elaboración de este artículo.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción por el apoyo financiero para la realización de los ensayos.

Literatura citada

- Abdelnour, A., Aguilar, M & Valverde, L. (2011). Micropropagación de Pilón (*Hieronyma alchorneoides*). *Agronomía Costarricense*, 35(2): 9–19.
- Aguilera Arango, G.A., Puentes Díaz, C.L. & Rodríguez Henao, E. (2021). Métodos de desinfección para el establecimiento in vitro de dos variedades de yuca para uso agroindustrial. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 8(3): 21–30.
- Alvarenga, V., Abdelnour, E. & Villalobos, A. (2007). Conservación in vitro de chayote (*Sechium edule*). *Agronomía Mesoamericana*, 18(1): 65–73.
- Alves, M.R., Rodrigues, M.D., de Oliveira, A. & da Rocha, F. (2010). In vitro establishment and callogenesis in shoot tips of Peach Palm. *Revista Caatinga*, 23(1): 40–44.
- Arbeláez, L.M.A., Montoya, J.L. & Saavedra, S.A.R. (2016). Evaluación de protocolos para el establecimiento y desinfección in vitro de meristemos de plátano *Musa* spp. *Vitae*, 23(Supl. 1): 391–395.
- Borges, M., Ros, C., Castellanos, C. & Velásquez, R. (2004). Efecto de diferentes métodos de desinfección en el establecimiento in vitro de *Guadua angustifolia* Kunth. *Biotecnología Vegetal*, 4(4): 237–242.
- Borges, M., Estrada, E., Pérez, I. & Meneses, S. (2009). Uso de distintos tratamientos de desinfección en el cultivo in vitro de *Dioscorea alata* L. clon caraqueño. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 11(2): 127–135.
- Castro, D., Jiménez, C., Ríos, D., Restrepo, A. & Giraldo, C. (1993). Utilización de las técnicas de cultivo de tejidos vegetales in vitro para la propagación y conservación de germoplasma de cuatro especies vegetales en vías de extinción en el oriente antioqueño: Comino (*Aniba perutilis*), Abarco (*Cariniana pyriforme*) y Guayacán (*Tabebuia serratifolia*). *Documento Divulgativo del CONARE*, 8: 1–44.
- Cejas, I., Capote, I., Aragón, C., Escalona, M., Pino, C., González, J., Rodríguez, R., Noceda, C., Cañal, M.D.J., Sandoval, J., Roels, S. & Debergh, P. (2011). Optimización del protocolo de propagación del plátano cv. CEMSA ¾ en Biorreactores de Inmersión Temporal. *Agrociencia Uruguay*, 15(1): 13–18.
- Del Ángel, O., Gilber, A., Gómez, M. & García, H. (2014). Desinfección y regeneración eficiente de chayote in vitro (*Sechium edule* Jacq. Sw.). Pp. 23–32 in Ramos, M., & Aguilera, V. (Eds.). *Congreso Interdisciplinario de Cuerpos Académicos: Ciencias Agropecuarias, Handbook T-II*. Valle de Santiago: ECORFAN. x + 240 pp.
- Díaz Lezcano, M.I., Flor Benítez, B.A., Enciso Garay, C.R. & González Segnana, L.R. (2016). El carbón activado y las condiciones de oscuridad en la micropropagación de banana variedad Nanicão. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 18(2): 140–146.
- Díaz Lezcano, M.I., Pereira Báez, K.D., Benítez Vera, S.G., Brítez Moreira, J.R., Alegre, C.E., Duarte Ovejero, N.N., Mongelós Franco, J.Y., Mussi Cataldi, C.E. & Batte Martínez, H.D. (2021). Identificación de agentes causales de la contaminación microbiana durante la micropropagación de *Musa* spp. *Steviana*, 13(2), 21–29.
- Díaz Lezcano, M.I., Quiroz, M.I., Espínola, V., Britos, M.J. & Romero, J.A. (2023). Tiempo de inmersión en hipoclorito de sodio en la desinfección de meristemos de banano para su propagación clonal. *Revista de Investigación Científica y Tecnológica*, 7 (1): 131–139.

- Drew, R.A. & Smith, M.K. (1990). Field evaluation of tissue-cultured bananas in south-eastern Queensland. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 30(4): 569–574.
- FAO [Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura]. 2017. Situación del mercado del banano 2015-16. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. iv + 10 pp. [Consulted: 26.v.2018]. <<https://www.fao.org/3/i7410s/i7410s.pdf>>.
- FAO [Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura]. (2022). Banano. Análisis del mercado 2021. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. vi + 14 pp. [Consulted: 26.vii.2022]. <<https://www.fao.org/3/cc1610es/cc1610es.pdf>>.
- Fajardo, L. (2006). *Establecimiento in vitro de yemas axilares de Guadua angustifolia Kunth*. (Tesis de Maestría). Santa Clara: Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. 80 pp.
- French, E. & Hebert, T. (1980). *Métodos de investigación fitopatológica*. San José: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. 289 pp.
- García, D., Mesa, N., & Ocampo, M. (2015). Estandarización del protocolo de desinfección para la micropropagación de *Aspidosperma polyneuron* (en línea). *Revista Colombiana de Biotecnología*, 2(17): 75–84.
- García, N., Giraldo, D. & Castro-Ríos, K. (2016). Eficiencia de tratamientos para el control de hongos competidores, durante la producción comercial de *Pleurotus* spp. @*limentech: Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 14(1): 27-37.
- Hernández, Y., & González, M.E. (2010). Efectos de la contaminación microbiana y oxidación fenólica en el establecimiento in vitro de frutales perennes. *Cultivos Tropicales*, 31(4): 1–19.
- Layne Garsaball, J.A., & Sánchez Cuevas, M.C. (2006). Desinfección de ápices de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) cv. 'Querepa Rosada' con hipoclorito de sodio. *Revista Científica UDO Agrícola*, 6(1): 60–66.
- López Gómez, P., Iracheta Donjuan, L., Castellanos Juárez, M., Méndez López, I., Aguirre Medina, J.F., Gutiérrez Díez, A., Ojeda Zacarías, M.C. & Pérez Pérez, B.R. (2011). Variación en la tolerancia a desinfectantes de genotipos élite de *Coffea* spp. cultivados in vitro. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(5): 645–657.
- Marulanda, M., Gutiérrez, L., Uribe, M. & Márquez, M. (2005). Micropropagación de *Guadua angustifolia* (en línea). *Actualidades Biológicas*, 27(82): 5–15.
- Muñoz Castellanos, L.N., Borrego Loya, A., Villalba Bejarano, C.V., González Escobedo, R., Orduño Cruz, N., Villezcas Villegas, G.P., Rodríguez Roque, M.J., Avila Quezada, G.D. & Vargas Arispuro, I. (2021). El cloro y su importancia en la inactivación de bacterias, ¿Puede inactivar virus? *Revista Mexicana de Fitopatología*, 39(Especial): 198–206.
- Bogado, F.A., Vera Bravo, C., Ayala, P.G., Sansberro, P.A. & Luna, C.V. (2015). Uso de distintos desinfectantes superficiales para el establecimiento in vitro de segmentos nodales de *Grevillea robusta*. *Ciencias Agronómicas*, 16(27): 11–16.
- Menegazzo, R.F., Rickli, M.E., Menegazzo, A.W., Lopes, A.D., Manfio, C.E. & Koefender, J. (2019). In vitro multiplication of cassava varieties. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR*, 22(4): 101–107.
- Mongelós Franco, Y., Mussi Cataldi, C.E., Duarte Ovejero, N.N. & Díaz Lezcano, M.I. (2020). Protocolo de desinfección para establecimiento in vitro de meristema apical de banano *Musa* spp. *CEDAMAZ*, 10(2): 47–50.
- Montano, N., Reynaldo, D., López, J., Torres, M., Otero, E., Gutiérrez, V. & Martínez, M. (2004). Nueva metodología para la implantación in vitro del plátano y el banano en biofábricas. Pp. 2–8, in *XVI Forum de Ciencia y Técnica Municipal*. Santo Domingo, Villa Clara.
- Murashige, T., & Skoog, F.A. (1962). Revised

- Medium for Rapid Growth and Bio Assays with Tobacco Tissue Cultures. *Physiologia Plantarum*, 15(3): 473–497.
- Owoseni, M.C., & Okoh, A.I. (2017). Assessment of chlorine tolerance profile of *Citrobacter* species recovered from wastewater treatment plants in Eastern Cape, South Africa. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(4)201: 1–12.
- Zoffoli, J.P., Latorre, B.A., Daire, N. & Viertel, S. (2005). Effectiveness of chlorine dioxide as influenced by concentration, pH, and exposure time on spore germination of *Botrytis cinerea*, *Penicillium expansum* and *Rhizopus stolonifer*. *Ciencia e Investigacion Agraria*, 32(3): 142–148.
- Pereira, J.E.S., Mattos, M.L. & Fortes, G.R. (2003). Identificação e controle com antibióticos de bactérias endofíticas contaminantes em explantos de batata micropropagados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38(7): 827–834.
- Pérez Pascual D., Jiménez Guillén D., Ramos Jiménez S., Zúñiga Aguilar J. & Monroy Hernández R. (2023). Características de frutos, semillas y crecimiento de cedro de plantaciones de cacao, en la Chontalpa, Tabasco. Pp. 12–18, in Sánchez Gutiérrez, F. Monroy Hernández, R. Sol Sánchez, A. Guevara Hernández, F. Medina Meléndez, J.A. Bautista Gálvez, A. Ávalos Lázaro, A.A. & Gerónimo Torres, J.C. (Eds.). *Aplicaciones del conocimiento científico agropecuario, forestal y acuícola con enfoque sustentable: aportaciones desde el Sur-Sureste mexicano*. Tuxtla Gutiérrez: Universidad Autónoma de Chiapas. 239 pp.
- Ramírez, M., Urdaneta, A. & León, S. (2002). Establecimiento In vitro de explantes adultos del guanábano (*Annona muricata* L.) tratados con hipoclorito de sodio. *Revista de La Facultad de Agronomía*, 19(1): 48–55.
- Ramírez, L., Granados, J. & Carreño, N. (2014). Evaluación del efecto de tratamientos de desinfección con hipoclorito de sodio sobre segmentos nodales de *Guadua angustifolia* Kunth para el establecimiento del cultivo in vitro. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 5(1): 155–169.
- Angarita, A. & Perea, M. (1991). Micropropagación de Plátanos y Bananos. Pp. 495–512, in Roca, W.M., Mroginski, L.A. (Eds.). *Cultivo de tejidos en la agricultura: fundamentos y aplicaciones*. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Publicación CIAT, 151: 969 pp.
- Sánchez, F., Taketoshi, A., Arroniz, S., Gómez, A. & Gómez, L. (2009). Comparación de la acción bactericida de hipoclorito de sodio y Microcyn 60. *Revista Odontológica Mexicana*, 13(1): 9-16.

Percepción y conocimiento del cambio climático en estudiantes de la Universidad Nacional de Asunción

Perception and knowledge of climate change in students of the National University of Asunción

Masayuki Miyazaki^{1,*}  & Claudia Daniela Carrillo González² 

¹Universidad Nacional de Asunción, Paraguay, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Centro de Desarrollo Tecnológico Ambiental, San Lorenzo, Paraguay.

²Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Paraguay.

*Autor correspondiente: cdta@facen.una.py.

Resumen: Esta investigación buscó describir la percepción y el conocimiento del cambio climático en estudiantes de la Universidad Nacional de Asunción para proponer estrategias para la acción hacia la sostenibilidad. Se aplicó una investigación con enfoque cualitativo, con un diseño no experimental y del tipo descriptivo. Como instrumento de recolección de datos, se utilizó la técnica de entrevistas personales semiestructuradas, basada en un cuestionario en donde el entrevistador tuvo la libertad de introducir preguntas extras para obtener mayor información. Como resultado, se pudo verificar que la población de estudio percibe los efectos del cambio climático en el día a día y además están de acuerdo con que se proyecten acciones en favor del medio ambiente, sin embargo conocen de manera muy superficial las informaciones científicas relevantes al tema. Por lo tanto se observa la necesidad de que la misma sea incorporada en las aulas y por medio de las actividades de Extensión Universitaria y favorecer con la formación de los recursos humanos que puedan promover el desarrollo sostenible.

Palabras clave: *Cambio climático, Educación Ambiental, Desarrollo sostenible.*

Summary: This research sought to describe the perception and knowledge of climate change in students of the National University of Asunción to propose strategies for action towards sustainability. An investigation with a qualitative approach was applied, with a non-experimental and descriptive design. As a data collection instrument, the semi-structured personal interview technique was used, based on a questionnaire in which the interviewer was free to introduce extra questions to obtain more information. As a result, it was possible to verify that the study population perceives the effects of climate change on a day-to-day basis and also agrees with actions in favor of the environment being planned; however, they have very superficial knowledge of the scientific information relevant to the subject. Therefore, there is a need for it to be incorporated into the classroom and through University Extension activities and favor the training of human resources that can promote sustainable development.

Key words: *Climate change, Environmental education, Sustainable development.*

Introducción

De acuerdo con el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático -IPCC-, se entiende por el cambio climático por un cambio sustantivo en los patrones y parámetros del clima sufridos como resultado de variaciones en factores naturales y por la influencia de la intervención humana, concretamente a través de la emisión de los gases de invernadero como el dióxido de carbono y el metano entre los principales (IPCC, 2014).

Los impactos del cambio climático se han manifestado en gran parte del planeta y en Paraguay no

es la excepción, en efecto teniendo como referencia a la Organización Meteorológica Mundial (2021), el año 2020 fue el tercer año más caliente registrado después del 2016 y 2019. Asimismo de acuerdo con la Dirección de Meteorología e Hidrología (2022), para el 19 enero de 2022 varias localidades de Paraguay registraron un nuevo record histórico de temperatura máxima anual del país todas por encima del 41,5 °C a la sombra, al mismo tiempo todos los récords anteriores se dieron entre el 2014 y 2021, lo que indica una tendencia de que cada año hace más calor que el anterior. Igualmente, en el año

Recibido: 30/05/2022 Aceptado: 28/09/2023



2020 el río Paraguay sufrió una sequía histórica en 51 años debido a la dura sequía que experimentó la región Castedo (2020). Por otra parte, en enero de 2021 la ciudad de Asunción registró una lluvia de 172,5 mm, la mayor de los últimos 23 años, causando desborde de arroyos, raudales, derrumbes e inundaciones en la ciudad (Última Hora, 2021).

Se conoce como calentamiento global al aumento de la temperatura media global del planeta, como una de las consecuencias del forzamiento radiactivo provocado por las emisiones antropógenas de los gases de efecto invernadero -GEI-, en efecto, el 5º Informe del IPCC emitido en el año 2014 ha revelado que es probable en un 95 % que los factores antropogénicos hayan sido la principal causa del calentamiento observado a partir de la segunda mitad del siglo XX (IPCC, 2014). No obstante, en el reporte del Grupo de trabajo I del 6º Informe del IPCC expuesto en agosto del año 2021 se ha ratificado que no hay duda de que la actividad humana es el causante del calentamiento global en donde las concentraciones del dióxido de carbono, el metano y el óxido nitroso atmosférico se han elevado a niveles sin precedentes en los últimos años (IPCC, 2021).

Por otro lado, cabe resaltar que desde el año 1850 al 2020 la temperatura media global del planeta ha ido aumentando alrededor de 1,09 °C (IPCC, 2021), este valor puede parecer insignificante, sin embargo en los últimos años los eventos climáticos extremos son tan intensos y frecuentes tanto a nivel nacional como internacional con las olas de calor, sequías, vientos fuertes, lluvias extremas, inundaciones e incendios forestales (Grassi, 2020). Al mismo tiempo, el 6º Informe del IPCC (2021) revela que la actividad humana es el factor dominante en el cambio climático y si se continúan las emisiones de gases de efecto invernadero, la temperatura media global del planeta está en curso de aumentar hasta 5,7 °C para finales de siglo. En efecto, en la 26ª Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Cambio Climático de las Naciones Unidas, que se llevó a cabo en Glasgow, Escocia del 31 de octubre al 13 de noviembre de 2021, se emplazó a cada país a fortalecer las reducciones de

las emisiones de gases de efecto invernadero para mantener el aumento de la temperatura promedio global por debajo de 1,5 °C en comparación a antes de la revolución industrial (Naciones Unidas, 2021).

Así pues, como deduce la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2014), Paraguay es un país muy vulnerable al cambio climático por su alta dependencia de la economía en el sectores de agricultura y ganadería, por lo cual con el aumento en la frecuencia e intensidad de los eventos climáticos extremos podría afectar directamente a los sectores primarios de la producción. Por tanto, es necesario no solo el aporte científico sobre los comportamientos de los sistemas naturales frente al cambio climático, sino también contar con información acerca de la percepción y conocimiento que tienen los estudiantes universitarios puesto que son considerados los encargados de construir las sociedades del conocimiento. Asimismo teniendo como referencia a la política de la Universidad Nacional de Asunción, la institución cuenta con la misión de promover el desarrollo sostenible a través de recursos humanos involucrado con el bienestar de la sociedad (UNA, 2012).

Métodos

El objeto del presente estudio fue describir la percepción y el conocimiento de los estudiantes de la Universidad Nacional de Asunción para proponer acciones en la educación en cambio climático con enfoque al desarrollo sostenible.

El enfoque de este estudio corresponde a una investigación cualitativa, con un análisis interpretativo debido a que se intentó entender los fenómenos de acuerdo al significado que nos proporcionaron las personas. Igualmente se manejó referencias numéricas sobre situaciones particulares y específicas, pero su análisis no estuvo enfocado en las estadísticas, sino lo que se buscó es conseguir datos que convierta en información. Asimismo pertenece al tipo de investigación descriptiva, puesto que su finalidad fue únicamente describir lo que se percibe. Al mismo tiempo el diseño de la investigación corresponde a la no experimental, debido a que

se observó el contexto en el que se desarrolla el fenómeno y se analizó para obtener información.

En cuanto a la población de estudios, se seleccionó una unidad académica de la Universidad Nacional de Asunción, la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales -FACEN - UNA- que cuenta con 13 carreras presenciales y 4 carreras semipresenciales. Asimismo la unidad de análisis para el presente trabajo de investigación fueron 80 estudiantes de la Institución Educativa seleccionada. Al mismo tiempo, el tipo de muestreo aplicado, concierne al no probabilístico intencional, es decir la selección del subgrupo de la población se realizó a criterio de los investigadores. Igualmente, las técnicas de recolección de datos fueron, la entrevista personal semiestructurada y la revisión de documentos de fuente secundaria afines a la temática del cambio climático. Por último, este estudio se llevó a cabo de agosto del año 2021 a abril del año 2022.

Resultados

En la Tabla 1, se observa el resultado del primer cuestionario, la cual indaga si con la presencia de los gases de efecto invernadero en forma equilibrada, cuanto debería de ser aproximadamente la temperatura promedio del planeta. En el mismo se les solicitó a todos los participantes, 80 estudiantes de la FACEN - UNA que seleccionara una sola alternativa que le parezca correcta.

En concreto teniendo como referencia a JCCA (2021), con la presencia de los gases de efecto invernadero en forma equilibrada, la temperatura

Tabla 1. Temperatura promedio del planeta si los GEI se encuentran en forma equilibrada.

Con la presencia de los GEI en forma equilibrada, la temperatura promedio del planeta se debería de mantener aproximadamente en:	Cantidad	%
a- 24 °C	58	73
b- 14 °C	3	4
c- 30 °C	17	21

Tabla 2. Aumento de la temperatura media global del planeta desde antes de la revolución industrial hasta la fecha.

Aumento de la temperatura media global del planeta desde 1850 hasta la fecha	Cantidad	%
a- Aproximadamente 1 °C	8	10
b- Aproximadamente 5 °C	28	35
c- Aproximadamente 10 °C	42	53
d- Otros	2	2

promedio del planeta se mantiene aproximadamente en 14 °C, por lo tanto podemos observar que solo el 4 % de los encuestados dieron con la respuesta positiva.

En la Tabla 2, se observa el resultado correspondiente a la segunda pregunta que analiza: Se menciona que hoy en día está haciendo más calor que antes. ¿A su parecer, cuántos °C es el aumento de la temperatura media global del planeta desde el año 1850 hasta la fecha? En donde se les solicitó a todos los participantes que elijan una alternativa que le parezca correcta.

El 53 % de los participantes indicaron un aumento de aproximadamente 10 °C, seguidamente el 35 % que revelaron un aumento de aproximadamente 5 °C y únicamente el 10 % señalaron que el aumento de la temperatura media global del planeta desde antes de la revolución industrial hasta la fecha es alrededor de 1°C. Asimismo, durante la entrevista varios encuestados mencionaron de qué se trataba de un término que no se escucha habitualmente.

Se visualizó que los participantes perciben el efecto del cambio climático en donde cada día está haciendo más calor que antes. Sin embargo no es bueno que una población universitaria en donde supuestamente son los mejores preparados e informados que el resto estén exponiendo este tipo de resultado, dado que recientemente en el COP 26 se ha ratificado perpetrar los esfuerzos hacia la meta del Acuerdo de París para mantener el aumento de la temperatura media en 1,5 °C en comparación a antes de la revolución industrial (Naciones Unidas, 2021).

El tercer cuestionario interroga: Se menciona frecuentemente apagar las luces para cuidar el

medio ambiente. ¿Cuál es su opinión al respecto? En el mismo se les solicitó una respuesta a los 80 participantes en donde a continuación se detalla los resultados emitidos:

- 26 % : Una opción interesante
- 20 % : Contribuye con el cuidado del medio ambiente
- 18 % : Ayuda a mitigar el calentamiento global
- 14 % : Reduce el consumo de la energía eléctrica
- 9 % : Buen hábito, pero en caso de Paraguay no contribuye tanto para mitigar el cambio climático
- 13 % : Otras respuestas

La mayoría de los participantes emitieron respuestas favorables sin dar tantas aclaraciones. Por otra parte, al menos 3 personas de los 9 % mencionaron que se trataba de un buen hábito pero que en caso de Paraguay no contribuye en gran medida para mitigar el cambio climático ya que la electricidad depende de la Hidroeléctrica. Ratificando que al menos una fracción de los estudiantes universitarios conocen la matriz energética del país y sus impactos ambientales (MOPC - VMME, 2018).

El cuarto cuestionario indagó una opinión con respecto a la utilización de las energías renovables como el sistema de iluminación solar en los lugares públicos.

El 83 % dieron respuestas variadas pero favorables exponiendo que poseen actitudes positivas hacia el medio ambiente, el 13 % no emitieron ninguna respuesta por lo que no deben tener muy claro sobre el tema planteado y el 4 % mencionaron que están a favor pero han aclarado que en caso de Paraguay tal vez no sea necesario debido a que el país cuenta con la energía limpia y renovable.

La quinta pregunta interrogó: A su parecer, ¿cree que los docentes de esta Institución Educativa tienen alto nivel de conocimiento sobre el cambio climático? En el que se les solicito que seleccionaran una opción, con un sí o con un no, en el cual se

obtuvieron los siguientes resultados:

- 63 % : Sí
- 37 % : No

A continuación se detalla algunos factores mencionados por los participantes, que influyen en los docentes que tengan alto nivel de conocimiento sobre el cambio climático:

Los participantes indicaron que los docentes tienen alto nivel de conocimiento sobre el cambio climático, han mencionado los siguientes factores que hacen que los profesores tengan un nivel alto de conocimiento sobre la temática: realizan capacitaciones permanentes, participan constantemente en las actividades de investigación, asimismo transmiten los conocimientos en las aulas e incentivan la investigación entre los principales componentes.

Seguidamente, los participantes que señalaron que los docentes no poseen alto nivel de conocimiento sobre el cambio climático, revelaron los siguientes factores: son temas que se tocan muy poco en la institución, falta de interés de parte de los profesores, no se percibe que realizan investigaciones y se observa una baja conciencia ambiental de parte de los docentes.

En la Tabla 3, se visualiza el resultado correspondiente al sexto cuestionario que preguntó: ¿Qué

Tabla 3. Primer pensamiento que viene a la cabeza cuando se menciona sobre el cambio climático.

¿Qué se te viene primero a la cabeza cuando escuchas hablar de cambio climático?	Cantidad	%
a- Extinción de especies	2	2
b- Inundaciones	3	4
c- Aumento de temperatura y olas de calor	67	84
d- Falta de conciencia de parte de los pobladores en general	8	10
e- Incendios	0	0
f- Otros	0	0

se te viene primero a la cabeza cuando escuchas hablar de cambio climático? En donde se les solicitó a los participantes que seleccionaran una sola alternativa.

El resultado fue contundente con un 84 % de los encuestados que han apuntado al aumento de temperatura y olas de calor. En efecto al tratarse de las personas que viven en Paraguay se entiende perfectamente que el efecto que más perciben es el aumento de la temperatura, ya que en los últimos 8 años se registraron varios picos de temperatura máxima anual del país (Dirección de Meteorología e Hidrología, 2022). Por otra parte es un poco extraño que siendo en Paraguay en donde hubo muchos incendios entre el año 2020 y el 2021 nadie haya optado por esa opción.

Tabla 4. Desarrollo de la temática del cambio climático y sus efectos en las aulas.

¿En sus estudios universitarios se aborda el tema del cambio climático y sus efectos?	Cantidad	%
a- Mucho	10	13
b- Medio	49	61
c- Bajo	17	21
d- Nada	4	5

En la Tabla 4, se observa el resultado del séptimo cuestionario que interrogó sobre el desarrollo de la temática del cambio climático y sus efectos en las aulas, formulada a todos los participantes. El 82 % mencionó que el desarrollo de dicha temática en las aulas es moderado a escaso, contrariando al resultado del quinto cuestionario en donde la mayoría han indicado que los docentes poseen alto niveles de conocimientos sobre el cambio climático y transmiten sus saberes a través de las aulas.

En la Tabla 5, se visualiza el resultado de la octava pregunta que examinó, los factores que son necesarios para que tanto estudiantes como docentes de la Institución se involucren en el problema del cambio climático, en el mismo se les solicitó a los participantes que seleccionen una sola alternativa que le parezca significativo.

Tabla 5. Factores necesarios para que los estudiantes y docentes de la Institución se involucren en el problema del cambio climático.

¿Qué cree que es necesario para que tanto los estudiantes como docentes de la Institución se involucren en el problema del cambio climático?	Cantidad	%
a- Más actividades de extensión universitaria con la temática de cambio climático	43	54
b- Incorporación de las temáticas ambientales en las aulas	35	44
c- Actualmente existe suficiente compromiso de parte de los docentes y estudiantes en la Institución con respecto a la educación sobre el cambio climático.	2	2
d- Otros	0	0

Las respuestas más escogidas fueron: la incorporación de las temáticas por medio de la actividad de extensión universitaria e igualmente a través de las aulas, que son resultados similares a la del sexto cuestionario y contrariando de nuevo con el resultado del cuestionario cinco, por lo tanto podemos mencionar que es un resultado que más se aproxima a la realidad.

Conclusiones

A modo de conclusión y desde la perspectiva de los investigadores, se observó que los estudiantes universitarios cuentan con una percepción adecuada del cambio climático pero carecen del conocimiento de la información científica que lo sustenta sobre la temática.

Asimismo a pesar de ser uno de los mayores desafíos de los últimos tiempos, muchos estudiantes manifestaron que los términos utilizados en el cuestionario son expresiones que habitualmente no se escuchan o no se manejan en la Institución, en efecto no es alentador que una población universitaria en donde deberían de ser los mejores preparados e informados que el resto realicen ese tipo

de comentarios puesto que muchas de las temáticas son contenidos que en los países como Japón se desarrollan en la Educación escolar básica como parte de la educación para el desarrollo sostenible.

Por otra parte se identificó que los estudiantes universitarios tienen actitudes positivas hacia el medio ambiente, por lo tanto se observó la necesidad de que la misma se incluya en las aulas por medio de las asignaturas e igualmente se desarrolle a través de las actividades de extensión universitaria, de esa manera los estudiantes estarían más informados, concienciados y dispuestos a transmitir los conocimientos hacia el resto de las poblaciones, puesto que teniendo como referencia a la política de la Universidad Nacional de Asunción, la educación para el desarrollo sostenible forma parte del eje transversal en los procesos de formación de los futuros profesionales.

Agradecimientos

Al Licenciado Pánfilo Ugarte, a la Escribana Andrea Fraguada y a Nidia Benítez por las asistencias brindadas durante la ejecución del proyecto. A la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales -FACEN - UNA- por su compromiso institucional.

Contribución de los autores

Todos los autores contribuyeron de manera equitativa en la elaboración de este artículo.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Literatura citada

- Castedo, A. (2020). La histórica sequía del río Paraguay que tiene barcos sin poder navegar y amenaza a la economía del país. *BBC News Mundo*, 19.x.2020. [Consulted: 13.x.2021]. <<https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-54558777>>.
- CEPAL [Comisión Económica para América Latina y el Caribe]. (2014). *La economía del cambio climático en el Paraguay*. Santiago de Chile: Naciones Unidas. LC/W.617: 106 pp.
- Dirección de Meteorología e Hidrología. (2022). *Nuevamente se establece record de temperatura máxima anual*. Asunción: DINAC-DMH. [Consulted: 23.ii.2022] <<https://www.meteorologia.gov.py/2022/01/nuevamente-se-establece-record-de-temperatura-maxima-anual/>>.
- Grassi, B. (2020). *Estado del clima Paraguay 2019. Cambio climático, evidencias científicas e impactos*. Asunción: MADES-STP. 94 pp.
- IPCC [Intergovernmental Panel on Climate Change]. (2014). *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Ginebra: IPCC. 157 pp.
- IPCC [Intergovernmental Panel on Climate Change]. (2021). *Cambio climático 2021: Bases físicas. Contribución del Grupo de Trabajo I al Sexto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Ginebra: IPCC. 35 pp.
- JCCCA [Japan Center for Climate Change Actions]. (2021). *Cambio anual de la temperatura superficial del mundo (promedio anual)*. [En Japonés]. Japan Center for Climate Change Actions. [Consulted: 7.ii.2022]. <<https://www.jccca.org/download/13165>>.
- KEAA [Kyoto Environmental Activities Association]. (2022). *Revista educacional complementario para estudiantes de cuarto grado de la Educación Escolar Básica de la ciudad de Kyoto "Nuestro medio ambiente"*. [En Japonés]. Kyoto City Environmental Conservation Activity Center. [Consulted: 29.iv.2022]. <<https://www.miyako-eco.jp>>.
- MOPC-VMME [Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones - Vice Ministerio de Minas y Energía]. (2018). *Balance Energético Nacional 2018 en términos de energía final*. Asunción: MOPC-VMME. 55 pp.
- Naciones Unidas. (2021). *Acción por el clima COP 26: Juntos por el planeta*. [Consulted: 25.iv.2022]. <<https://www.un.org/es/clima>>.

- techange/cop26>.
- ONU [Organización de las Naciones Unidas]. (2021). Una muestra más del avance del cambio climático: el 2020 fue el tercer año más caliente registrado. *Noticias ONU*. Consultado: 25.iv.2022]. <<https://news.un.org/es/story/2021/01/1486552>>.
- Última Hora. (2021). Asunción registró la mayor lluvia de los últimos 23 años. Asunción: *Última Hora – Nacionales*, 31.i.2021. [Consulted: 16.iii.2022]. <<https://www.ultimahora.com/asuncion-registro-la-mayor-lluvia-los-ultimos-23-anos-n2925469>>.
- UNA [Universidad Nacional de Asunción]. (2012). *Política de la Universidad Nacional de Asunción*. Acta N° 1 (A.S. N° 1/11/04/2012) / Resolución 01-00-2012. Asunción: Universidad Nacional de Asunción. 84 pp.

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

Five new records of Lamiinae (Coleoptera: Cerambycidae) for the Paraguayan fauna

<https://zoobank.org/References/1B664C1F-878A-445E-94B1-9EA2F18407EC>

Fernando Cubilla^{1,*}, Carlos Aguilar Julio² & Bolívar R. Garcete-Barrett³

¹Universidad Nacional de Villarrica del Espíritu Santo, Facultad de Ciencias, Villarrica, Paraguay.

²Instituto Akati de Ciencias Naturales, Capiatá, Paraguay.

³Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible, Museo Nacional de Historia Natural del Paraguay, San Lorenzo, Paraguay.

⁴Autor Correspondiente: cesar.cubilla@unves.edu.py.

Resumen: Se reportan e ilustran cinco especies de escarabajos longicornios (Coleoptera; Cerambycidae; Lamiinae) por primera vez para el Paraguay: *Lesbates caviunas* (Dillon & Dillon, 1949), *Trestonia grisea* Martins & Galileo 1990, *Glyphaga paupercula* (Thomson, 1868), *Callisema socium* Martins & Galileo, 1990 y *Callia comitessa* Melzer, 1930.

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

Abstract: Five species of longhorned beetles (Coleoptera; Cerambycidae; Lamiinae) are reported and illustrated for the first time from Paraguay: *Lesbates caviunas* (Dillon & Dillon, 1949), *Trestonia grisea* Martins & Galileo 1990, *Glyphaga paupercula* (Thomson, 1868), *Callisema socium* Martins & Galileo, 1990, and *Callia comitessa* Melzer, 1930.

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

Introducción

La familia Cerambycidae cuenta con 4.000 géneros y 35.000 especies conocidas en todo el mundo (Cleide Costa 2000). Son insectos fitófagos, y mientras los adultos se alimentan de néctar de flores, frutas u otras sustancias dulces en descomposición, las larvas de muchas especies viven en el interior de la madera de árboles, vivos o muertos, entre tanto, las de otras habitan el suelo, alimentándose de la parte externa de las raíces de árboles sanos. Las bases para un catálogo de Cerambycidae del Paraguay fueron sentadas por Bosq (1944; 1945; 1947a; 1947b), Viana (1972) y Di Iorio (2004), los cuales, a pesar de sus importantes aportes (el artículo de Di Iorio, por ejemplo, aportó 96 registros nuevos para el país), se ven opacados, año a año, por nuevos registros y descripciones de especies nuevas para la ciencia que, de una u otra manera, incluyen a Paraguay. Mucho de ese avance se ve reflejado periódicamente en nuevas versiones del catálogo online de Monné (2023a;

2023b; 2023c), del cual podemos entresacar que hasta el momento se conocen de Paraguay un total de 701 especies de Cerambycidae (en sentido estricto, excluyendo las 8 especies de Vesperidae y 2 de Disteniidae que algunos autores podrían incluir en Cerambycidae).

Una subfamilia destacada por sus números es Lamiinae, con más de 20.000 especies descritas en el mundo, repartidas en unas 80 diferentes tribus (de Santana Souza *et al.*, 2020). De la última versión del Catálogo de Monné (2023b), entresacamos que en Paraguay se encuentran al menos 339 especies de Lamiinae, superando levemente a Cerambycinae (333 spp. en Paraguay según Monné, 2023a), pero ambas opacando por lejos a Lepturinae [2 spp.], Necydalinae [1 sp.], Parandrinae [4 spp.], y Prioninae [24 spp.] (Monné, 2023c). Sin embargo, Lamiinae parece poseer un potencial mucho mayor que Cerambycinae en cuanto al futuro hallazgo de registros nuevos para el país (C. Aguilar, obs. pers.).

Recibido: 05/07/2023 Aceptado: 05/10/2023



En este trabajo, reportamos del Paraguay 5 especies de Lamiinae previamente desconocidas para el mismo y, en al menos dos de los casos, extendiendo la distribución conocida en al menos 1000 km desde su punto más cercano conocido.

Material y métodos

Los ejemplares provienen de diferentes colectas realizadas al azar a lo largo de varios años, generalmente con el uso de paraguas entomológico sobre vegetación arbustiva o arbórea baja. Para la determinación específica de los ejemplares se utilizaron claves dicotómicas, destacándose las de la monografía general de Cerambycidae (Lacordaire, 1872), de Onciderini Dillon & Dillon (1945; 1946; 1952) y de las monografía de Calliini (Galileo & Martins, 1991; Zajciw, 1958b), así como las de los trabajos de Martins & Galileo (1990a; 1990b) y , descripciones originales de diversos autores como Thomson (1857), Erichson (1848), Bates (1866), Dillon & Dillon (1949), así como la comparación con catálogos ilustrados como el de las páginas web de Bezark (1999), Roguet (2004), Maes *et al.* (2010). La distribución geográfica reportada para las especies citadas sigue el catálogo de Monné (2023b) y remitimo al lector a consultar el mismo para listas sinonímicas y de citaciones por especie más completas. Los ejemplares serán depositados en la colección de invertebrados del Museo Nacional de Historia Natural del Paraguay (MNHNPY).

Resultados y discusión

Tribu Onciderini

Lesbates caviunas (Dillon & Dillon, 1949)

(Fig. 1)

Distribución: Brasil (Espírito Santo, São Paulo, Paraná, Minas Gerais), Paraguay (Concepción).

Material examinado: PARAGUAY: CONCEPCIÓN: Zanja Moroti. 12.xii.2004 [*no collector*] (1 ejemplar: MNHNPY).

Comentarios: La localidad de Zanja Moroti se encuentra a por lo menos 220 km de la frontera paraguaya con el estado brasileño de Paraná, el

más cercano en la distribución previamente conocida de esta especie que, además del estado sureño de Paraná, ha sido reportada de la mayoría de los estados del sureste de Brasil.

Trestonia grisea Martins & Galileo 1990a

(Fig. 2)

Distribución: Brasil (Bahía, Santa Catarina), Paraguay (Canindeyú, Cordillera).

Material examinado: PARAGUAY: CANINDEYÚ: Britez Cué, Guyrá Kehá. 10.xi.2014 [*no collector*] (1 ejemplar: MNHNPY); CORDILLERA: Ruta 2, Km 64, 31.x.2013 [S. Aguilar] (1 ejemplar: MNHNPY).

Comentarios: La localidad de Canindeyú donde se colectó esta especie está a por lo menos 280 km del estado de Santa Catarina, el territorio más cercano de su distribución conocida, que de todas maneras es aun fragmentaria, pues no existen reportes publicados de esta especie entre los estados de Santa Catarina y Bahía.

Glyphthaga paupercula (Thomson, 1868)

(Fig. 3)

Distribución: Brasil (Goiás, Bahía), Paraguay (Canindeyú).

Material examinado: PARAGUAY: CANINDEYÚ: Britez Cué, Guyrá Kehá, 15.xi.2013 [*no collector*] (1 ejemplar: MNHNPY).

Comentarios: Esta especie ha sido citada previamente del estado brasileño de Goiás como territorio más cercano a Paraguay, lo que significa al menos 700 km en línea recta, desde ahí, hasta el sitio donde se la encontró en Paraguay.

Tribu Calliini

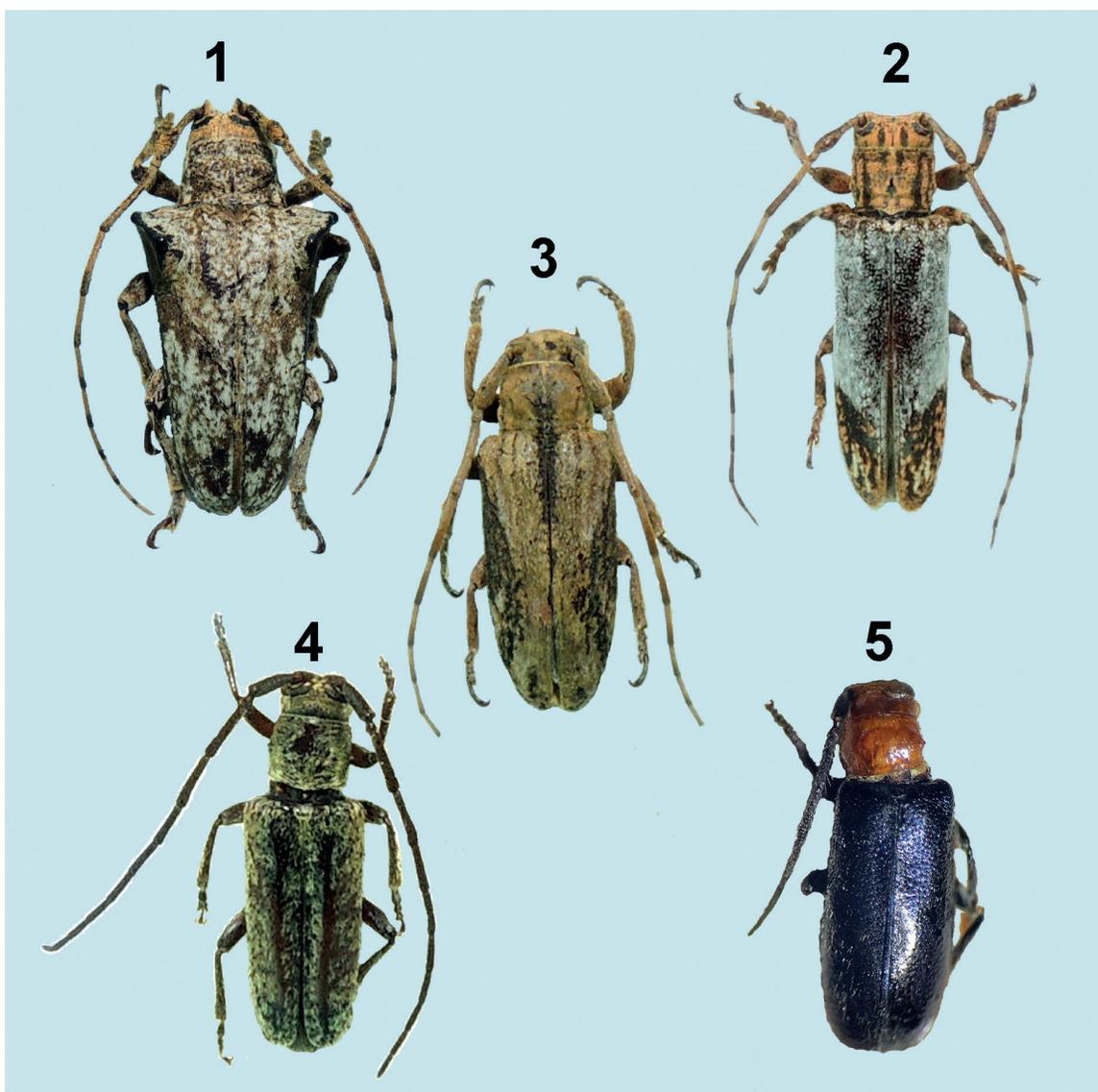
Callisema socium Martins & Galileo, 1990b

(Fig. 4)

Distribución: Brasil (Espírito Santo, Rio de Janeiro, Paraná, Santa Catarina), Argentina (Misiones), Paraguay (Cordillera).

Material examinado: PARAGUAY: CORDILLERA: Compañía Naranjo, Barrio San José, 8.xi.2005 [C. Aguilar] (1 ejemplar: MNHNPY).

Comentarios: La distribución de esta especie



Figuras 1-5. Especies de Lamiinae (Coleoptera: Cerambycidae) citadas como nuevas para Paraguay en este artículo. **1)** *Lesbates caviunas* (Dillon & Dillon). **2)** *Trestonia grisea* Martins & Galileo. **3)** *Glyphaga paupercula* (Thomson). **4)** *Callisema socium* Martins & Galileo. **5)** *Callia comitessa* Melzer.

cubre buena parte de los estados litoraleños de las regiones sur y sureste de Brasil y la provincia argentina de Misiones. La localidad de Naranjo está al menos a 240 km de la frontera paraguaya con la provincia de Misiones.

***Callia comitessa* Melzer, 1930**

(Fig. 5)

Distribution: Brasil (Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo), Paraguay (Paraguari).

Material examinado: PARAGUAY: PARAGUARI: Cerro Acahay, 9.xi.2013. [C. Aguilar] (1 ejemplar: MNHNPY).

Comentarios: La localidad paraguaya donde se colectó esta especie se encuentra a por lo menos 550 km del estado de São Paulo, el más cercano a

Paraguay dentro de la distribución conocida de la especie.

Contribución de los autores

Todos los autores contribuyeron de manera equitativa en la elaboración de este artículo.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Literatura citada

- Bezark, L. (1999). *A photographic catalog of the Cerambycidae of the world*. [Consulted: 10.vi.2023]. <<http://bezbycids.com/>>.
- Bosq, J.M. (1944) Sobre interesantes longicórnios del Alto Paraná colectados por los padres Bridarolli y Williner, S. J. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 12(3): 196–202.
- Bosq, J.M. (1945). Longicornios del Paraguay capturados por los padres Bridarolli y Williner. *Revista Argentina de Zoogeografía*, 5: 45–54.
- Bosq, J.M. (1947a). Catálogo preliminar de los Coleópteros del Paraguay. *Revista de la Sociedad Científica del Paraguay*, 7(2): 1–32.
- 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.
- Di Iorio, O. (2004). Aporte al catálogo de Cerambycidae del Paraguay (Insecta, Coleoptera). Parte IV. Addenda a Bosq (Partes I y II) y Viana (Parte III). *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural del Paraguay*, 15(1-2): 9–65.
- Dillon, L.S. & Dillon, E.S. (1945). The tribe Onciderini (Coleoptera: Cerambycidae). Part I. *Reading Public Museum Scientific Publications*, 5: 1–186.
- Dillon, L.S. & Dillon, E.S. (1946). The tribe Onciderini (Coleoptera: Cerambycidae). Part II. *Reading Public Museum Scientific Publications*, 6: 189–413.
- Dillon, L.S. & Dillon, E.S. (1949). Miscellaneous synonymy and new species among Lamiinae (Cerambycidae). *American Museum Novitates*, 1388: 1–13.
- Dillon, L.S. & Dillon, E.S. (1952). The tribe Onciderini: supplementary notes. *Annals of the Entomological Society of America*, 45(1): 59–79.
- Galileo, M.H.M. & Martins, U.R. (1991). Revisão da tribo Calliini (Coleoptera, Cerambycidae, Lamiinae). *Giornale Italiano di Entomologia*, 5: 243–262.
- Lacordaire, J.T. (1872). *Histoire Naturelle des Insectes. Genera des Coléoptères, ou exposé méthodique et critique de tous les genres proposés jusqu'ici dans cet ordre d'insectes*. Vol. 9 (Part. 2). Paris: Librairie Encyclopédique de Roret, 411–930.
- Maes, J.M., van den Berghe, E., Dauber, D., Audureau, A., Nearn, E., Skilman, F., Heffern, H. & Monné, M. (2010). Catálogo de los Cerambycidae de Nicaragua. Parte 5: especies exóticas contenidas en el Museo Entomológico de León. *Revista Nicaraguense de Entomología*, 70(Supl. Electr. 1)5: 1–422.
- Martins, U.R. & Galileo, M.H.M. (1990a). Onciderini (Coleoptera, Cerambycidae, Lamiinae): sinonímias, novos táxons, chaves e notas. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 37(4): 53–95.
- Martins, U.R. & Galileo, M.H.M. (1990b). Notas sobre Calliini (Coleoptera, Cerambycidae, Lamiinae). II. Descrição de três gêneros novos. *Revista Brasileira de Entomologia*, 34(2): 475–480.
- Melzer, J. (1930). Longicórneos do Brasil, novos ou pouco conhecidos II (Coleoptera, Cerambycidae). *Archivos do Instituto Biológico*, 3: 187–208.
- Monné, M.A. (2023a). *Catalogue of the Cerambycidae (Coleoptera) of the Neotropical Region. Part I. Subfamily Cerambycinae*. June 2023. [Consulted: 10.vi.2023]. <<https://cerambycids.com/catalog/>>. 1306 pp.
- Monné, M.A. (2023b). *Catalogue of the Cerambycidae (Coleoptera) of the Neotropical*

- Region. Part II. Subfamily Laminae.* June 2023. [Consulted: 10.vi.2023]. <<https://cerambycids.com/catalog/>>. 1223 pp.
- Monné, M.A. (2023c). *Catalogue of the Cerambycidae (Coleoptera) of the Neotropical Region. Part III. Subfamilies Lepturinae, Necydalinae, Parandrinae, Prioninae, Spondylidinae and Families Oxypeltidae, Vesperidae and Disteniidae.* June 2023. [Consulted: 10.vi.2023]. <<https://cerambycids.com/catalog/>>. 336 pp.
- Roguet, J.P. (2004). *Lamières du Monde / Lamiines of the World.* [Consulted: 10.vi.2023]. <<https://lamiinae.org/>>.
- Thomson, J. (1857). Diagnose de cérambycides nouveaux ou peu connus de ma collection qui seront décrits prochainement. *Archives Entomologiques*, 1: 169–194.
- Thomson, J. (1868). Révision du groupe des oncidérites (Lamites, cérambycides, coléoptères). *Physis Recueil d'Histoire Naturelle*, 2(5): 41–92.
- Viana, M.J. (1972). Aporte al catálogo de Cerambycidae del Paraguay (Insecta, Coleoptera). *Revista del Museo de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia"*, *Entomología*, 3(4): 207–405.
- Zajciw, D. (1958b). Descrição de uma nova espécie de *Callia* Serville, 1835, com chave para determinação das espécies brasileiras (Col., Cerambycidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 8: 55–58.

Comisión Nacional de Energía Atómica: breve reseña histórica

National Atomic Energy Commission: a brief historical review

Fredy Doncel Invernizzi^{1,2} 

¹Universidad Nacional de Asunción, Comisión Nacional de Energía Atómica. Email: fredy.doncel@cnea.una.py.

²Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.

Resumen: El presente artículo pretende realizar un breve recorrido de la historia de la Comisión Nacional de Energía Atómica que actualmente es una Institución dependiente de la Universidad Nacional de Asunción. Lleva trabajando en la promoción y el uso pacífico de la energía nuclear y de las radiaciones ionizantes en el país desde su creación. Se detalla sus funciones y los servicios especializados que brinda a la sociedad en la actualidad.

Palabras clave: *energía nuclear, radiación ionizante, política nacional, regulaciones.*

Abstract: This article is a brief overview of the history of the National Atomic Energy Commission, which is currently an institution under the National University of Asuncion. It has been working on the promotion and peaceful use of nuclear energy and ionizing radiation in the country since its creation. It details its functions and the specialized services it currently provides to society.

Key words: *nuclear energy, ionizing radiations, national policy, regulations.*

Introducción

Contexto histórico

1957: Se crea el Organismo Internacional de Energía Atómica

No podemos empezar a hablar de la historia de la energía nuclear en nuestro país sin antes remontarnos al año 1957, cuando Paraguay fue uno de los 81 países integrantes que fueron los fundadores del Organismo Internacional de Energía Atómica.

El OIEA se creó en 1957 como respuesta a los profundos temores y las expectativas que infundían los descubrimientos y variados usos de la tecnología nuclear. La génesis del Organismo se remonta al discurso “Átomos para la paz” pronunciado por Eisenhower, presidente de los Estados Unidos, ante la Asamblea General de las Naciones Unidas en fecha 8 de diciembre de 1953. La ratificación estadounidense del Estatuto por el presidente Eisenhower, el 29 de julio de 1957, marca el nacimiento oficial del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA, 2023).

El Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) se constituyó en 1957 con sede en Viena (Austria) como una agencia de carácter gubernamental especializada, perteneciente al sistema de

las Naciones Unidas, con la misión de servir de foro de cooperación científica y técnica para impulsar la contribución de la energía nuclear a la paz, la salud y la prosperidad en el mundo (CSN, 2023).

En 1957, los países reunidos fueron: Afganistán, Albania, Alemania, Argentina, Australia, Austria, Belarrusia, Brasil, Bulgaria, Canadá, Cuba, Dinamarca, Egipto, El Salvador, España, Estados Unidos de América, Etiopía, Federación de Rusia, Francia, Grecia, Guatemala, Haití, Hungría, India, Indonesia, Islandia, Israel, Italia, Japón, Marruecos, Mónaco, Myanmar, Noruega, Nueva Zelanda, Países Bajos, Pakistán, **Paraguay**, Perú, Polonia, Portugal, Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte, República de Corea, República Dominicana, Rumania, Santa Sede, Sri Lanka, Sudáfrica, Suecia, Suiza, Tailandia, Túnez, Turkia, Ucrania, República Bolivariana de Venezuela, Vietnam entre otros (OIEA, 2023). Al 03 de enero de 2023, el OIEA tiene 176 países miembros

1965: Creación de la Comisión Nacional de Energía Atómica

Ocho años más tarde después de la creación del Organismo Internacional de Energía Atómica, se

Recibido: 22/06/2022 Aceptado: 28/09/2023





Figura 1. Sede de la Comisión Nacional de Energía Atómica de Paraguay-Campus de la UNA.

aprueba en el Paraguay la creación de la Comisión Nacional de Energía Atómica (de aquí en más CNEA), a través del Decreto Ley N° 1081/65 del Poder Ejecutivo, en fecha 30 de agosto de 1965. La CNEA se crea como un organismo bajo el Ministerio de Relaciones Exteriores, teniendo como objetivo principal el de promover y realizar estudios y aplicaciones científicas e industriales de las transmutaciones y reacciones nucleares y además de llevar adelante la fiscalización de dichas aplicaciones, es decir, tenía dos funciones principales, por un lado el de promover el usos pacífico de las radiaciones ionizantes y por el otro lado la de llevar adelante las funciones de regulación en las diferentes áreas de la aplicación de la energía nuclear y de las radiaciones ionizantes a nivel país

Art. 1°.- Créase la Comisión Nacional de Energía Atómica como Organismo dependiente del Ministerio de Relaciones Exteriores con el objeto de promover y realizar estudios y aplicaciones

científicas e industriales de las transmutaciones y reacciones nucleares, y fiscalizar dichas aplicaciones en cuanto sea necesario por razones de utilidad pública o para prevenir los perjuicios que pudiera causar.

Esta situación ha representado un inconveniente desde la misma creación de la CNEA al otorgarle tanto las funciones de la promoción así como también las funciones de regulación,

La conformación de las autoridades de la Comisión Nacional de Energía Atómica estaba establecida en la misma ley de creación en el Artículo 3 de la misma

Art. 3°.- La Comisión Nacional de Energía Atómica estará regida por un Presidente y cuatro Miembros, designados por el Poder Ejecutivo, y dispondrá del personal necesario que será previsto en el Presupuesto General de Gastos de la Nación.

Art. 8°.- Comuníquese al Poder Ejecutivo

Dada en la sala de sesiones de la Honorable Cámara de Representantes de la Nación, a veintiséis de agosto del año un mil novecientos sesenta y cinco.

1991: La CNEA pasa a depender de la UNA

La Comisión Nacional de Energía Atómica a partir del 30 de diciembre de 1991 pasa a depender de la Universidad Nacional de Asunción, mediante la Ley N° 139/91 del Poder legislativo, desde esa fecha hasta la actualidad sigue dependiendo de la UNA.

Artículo 1°.- Modifícanse los artículos 1° y 5° de la Ley N° 1.081/65"; *Que crea la Comisión Nacional de Energía Atómica; cuyos textos quedan redactados de la siguiente manera;*

Art. 1°.- La Comisión Nacional de Energía Atómica, creada por Ley N° 1.081/65, como Organismo, dependerá de la Universidad Nacional, con el objeto de promover y realizar estudios y aplicaciones científicas y tecnológicas en los cambios atómicos y reacciones nucleares, y fiscalizar dichas aplicaciones en cuanto sea necesario por razones de utilidad pública o para prevenir los perjuicios que pudieren causar;.

“Art.5°.- El Presidente de la Comisión Nacional de Energía Atómica tendrá todas las atribuciones necesarias para el cumplimiento de las leyes y reglamentos que conciernen a la Comisión, ejerciendo la dirección y administración y asumiendo la representación legal de la misma. Las decisiones se tomarán por mayoría y en caso de empate, el Presidente decidirá con su voto”.

Artículo 2°.- *El Ministerio de Hacienda transferirá a la Universidad Nacional de Asunción los fondos previstos en el Presupuesto del año 1992 para el funcionamiento de la Comisión Nacional de Energía Atómica.*

2000: Se aprueba el Reglamento Nacional para la protección contra las radiaciones ionizantes y para la seguridad de las fuentes de radiación

El Decreto N° 10.754/00 por el cual se adopta el "reglamento nacional para la protección contra las radiaciones ionizantes y para la seguridad de las fuentes de radiación" (Idoyaga de Duarte & Moré Torres, 2000). Este reglamento permitió que sea utilizado como un instrumento único que permitía normalizar, notificar, registrar, licenciar, inspeccionar, autorizar, controlar y sancionar a personas físicas o jurídicas que utilizan equipos de energía ionizante y/o fuentes radiactivas. Fue dada en Asunción, el día 6 de octubre de 2000. Este Reglamento fue posible gracias a una Misión de experto del Organismo internacional de Energía atómica, el Dr. José Julio Rozental de la SECCIÓN DE EVALUACIÓN DEL OIEA, quien estuvo trabajando este documento en el país por 6 meses.

Art. 1°.- *Adoptase el "Reglamento Nacional de Seguridad para la Protección contra las Radiaciones Ionizantes y para la seguridad de las Fuentes de Radiación", elaborado conforme a las normas básicas de seguridad radiológica contra las radiaciones ionizantes, del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA); como instrumento único para el manejo de las radiaciones ionizantes en el territorio de la República.*

Este reglamento está basado en los requisitos técnicos de la Safety Series N° 115 del Organismo



PODER LEGISLATIVO

LEY N° 139/91

QUE MODIFICA LA LEY N° 1.081 DEL 30 DE AGOSTO DE 1965, QUE CREA LA COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA
EL CONGRESO DE LA NACIÓN PARAGUAYA SANCIONA CON FUERZA DE LEY

Artículo 1°.- Modifícanse los artículos 1° y 5° de la Ley N° 1.081/65 "Que crea la Comisión Nacional de Energía Atómica", cuyos textos quedan redactados de la siguiente manera:

"Art.1°.- La Comisión Nacional de Energía Atómica, creada por Ley N° 1.081/65, como Organismo, dependerá de la Universidad Nacional, con el objeto de promover y realizar estudios y aplicaciones científicas y tecnológicas en los cambios atómicos y reacciones nucleares, y fiscalizar dichas aplicaciones en cuanto sea necesario por razones de utilidad pública o para prevenir los perjuicios que pudieren causar".

"Art.5°.- El Presidente de la Comisión Nacional de Energía Atómica tendrá todas las atribuciones necesarias para el cumplimiento de las leyes y reglamentos que conciernen a la Comisión, ejerciendo la dirección y administración y asumiendo la representación legal de la misma. Las decisiones se tomarán por mayoría y en caso de empate, el Presidente decidirá con su voto".

Artículo 2°.- El Ministerio de Hacienda transferirá a la Universidad Nacional de Asunción los fondos previstos en el Presupuesto del año 1992 para el funcionamiento de la Comisión Nacional de Energía Atómica.

Artículo 3°.- Comuníquese al Poder Ejecutivo.

Aprobada por la H. Cámara de Senadores el once de diciembre del año un mil novecientos noventa y uno y por la H. Cámara de Diputados, sancionándose la Ley, el treinta de diciembre del año un mil novecientos noventa y uno.

José A. Moreno Ruffinelli
Presidente H. Cámara de Diputados

Gustavo Díaz de Vivar
Presidente H. Cámara de Senadores

Luis Guanes Gondra
Secretario Parlamentario

Artemio Vera
Secretario Parlamentario
Asunción, 3 de febrero de 1992.

Téngase por Ley de la República, publíquese e insértese en el Registro Oficial.

El Presidente de la República
Andrés Rodríguez

Horacio Galeano Perrone
Ministro de Educación y Culto

Figura 2. Ley 139/91 por la cual la CNEA pasa a depender de la UNA.

Internacional de Energía Atómica (IAEA, 1996).

El Artículo 7 de este reglamento establecía dos autoridades reguladoras en el país, por un lado la Comisión Nacional de Energía Atómica, que tenía a su cargo la regulación de las prácticas en el área industrial, la docencia e investigación, y por el otro lado se encontraba el Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social (MSPyBS), que era la responsable de llevar adelante la Regulación en el área de las aplicaciones médicas. Ambas Autoridades reguladoras tenían inconvenientes debido principalmente a que la CNEA, al estar dentro de la Academia no podía ejercer fuerza coercitiva, es decir, no puede imponer sanciones, mientras que el Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social, era juez y parte debido a que era responsable de la regulación de las radiaciones ionizantes en el ámbito de las aplicaciones médicas, pero al mismo tiempo era proveer de servicios en dicha área, por lo se auto-regulaba. Esta situación hizo que el Organismo Internacional de Energía Atómica recomendara al Paraguay tener una una clara separación de las

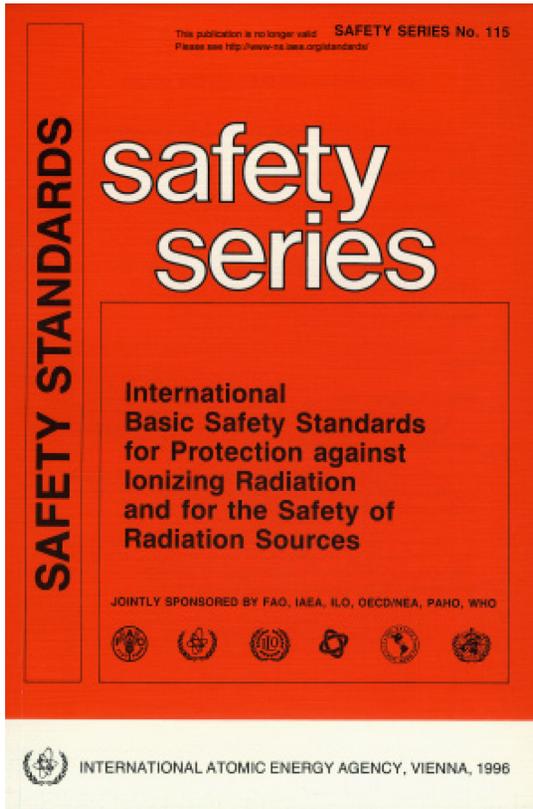


Figura 3. Safety Standars Series N° 115. Fuente OIEA.

funciones de regulación y de promoción de la energía nuclear, por lo que proponía al país contar con una sola Autoridad Reguladora y que la misma sea independiente de los usuarios de la tecnología de radiaciones ionizantes. Teniendo en cuenta esta recomendación del OIEA, en el año 2004 se presenta un proyecto de ley al Congreso para la creación de una Autoridad reguladora única. Sin embargo ese Proyecto de Ley estuvo archivado en el Congreso hasta el año 2013.

2005: La CNEA pasa a depender de la DGICT

Una restructuración de la Universidad Nacional de Asunción implicó que la Comisión Nacional de Energía Atómica pase a formar parte de la entonces recién creada Dirección General de Investigación Científica y Tecnológica (DGICT), por el carácter científico de la CNEA. La CNEA como Comisión sigue contando los representantes de las diferentes instituciones que conforma la CNEA, a pesar de

estar dentro de una Dirección General.

2014: Creación de la ARRN

A través de la Ley 5169/14 (Congreso de la Nación Paraguaya, 2014), se crea la Autoridad Reguladora Radiológica y Nuclear (ARRN) con el propósito de llevar adelante la regulación en todo el país. Con la creación de la ARRN la CNEA pierde la condición de Autoridad Reguladora quedando exclusivamente con la promoción y servicios especializados, según se destaca en el Art 38 de esa misma Ley y pasa a ser una Institución regulada por la ARRN. En fecha 26 de febrero de 2016 la ARRN aprueba el “Reglamento Básico de Protección Radiológica y Seguridad de las Fuentes de Radiación Ionizante” basada en la General Safety Requirement GRS Parte 3 del Organismo Internacional de Energía Atómica. Este reglamento básico pasa a reemplazar al reglamento Nacional del año 2000.

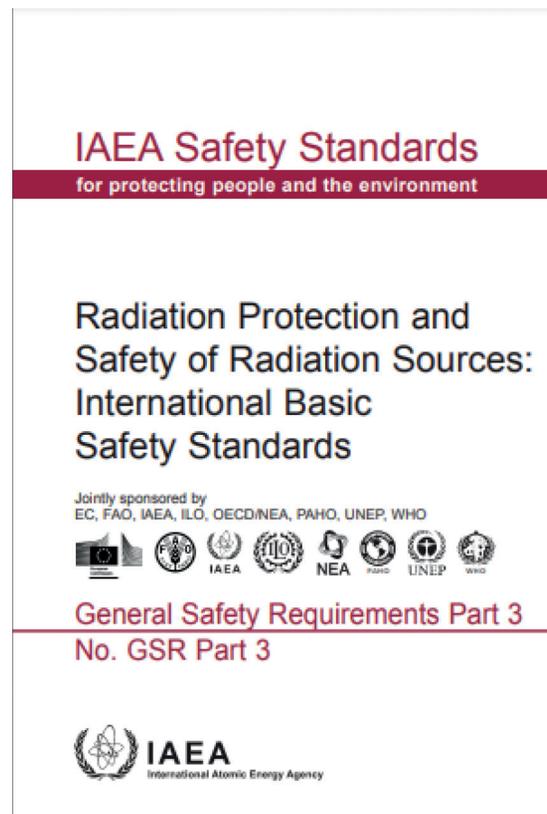


Figura 4. General Safety Requirements GSR Parte 3. Fuente OIEA.

Servicios que ofrece en la actualidad la CNEA

El artículo 34 de la Ley 5169/2014 es claro en cuanto a las competencias que tendrá la CNEA a partir de que se crea la ARRN, y deja de tener bajo su responsabilidad la regulación del sector nuclear y de las radiaciones ionizantes. A partir de la creación de la ARRN la CNEA pasa a ser una Institución encargada exclusivamente de la promoción del uso pacífico de la energía nuclear y de las radiaciones ionizantes, de brindar capacitaciones de recursos humanos quienes trabajan en diferentes aplicaciones de radiaciones ionizantes y la de brindar servicios especializados únicos en el país como el análisis cuali-cuantitativo de diferentes matrices por medio de la técnica de fluorescencia de rayos x (FRX), servicio de dosimetría personal para los Trabajadores ocupacionalmente expuestos (TOE) de todo el país, cálculos de blindajes para instalaciones radiológicas, análisis radiométricos por espectrometría gamma, servicio de almacenamiento de gestión de fuentes en desuso, servicios de monitoreo de áreas entre otros servicios únicos en el país.

Artículo 34.- La Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) de la Universidad Nacional de Asunción conservará las funciones de promoción del uso pacífico de la tecnología nuclear, de formación de recursos humanos especializados, de investigación de la materia regulada por la presente ley y continuará prestando servicios en el ámbito de su competencia, ejercidas en el ámbito de las funciones propias de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA).

La Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) cooperará y asistirá a la Autoridad Reguladora Radiológica y Nuclear (ARRN) en las gestiones que le fueran requeridas, para el cumplimiento de sus fines.

La CNEA ofrece servicio de apoyo a la protección radiológica, como lo es el servicio de dosimetría personal termoluminiscente (TLD), de gran importancia para todos los trabajadores ocupacionalmente expuestos, quienes trabajan en las diferentes aplicaciones en todo el país. También

ofrece servicios radiométricos para los productos de consumos a ser exportados por nuestro país, mediante la técnica de espectrometría gamma con detectores de centelleo de NaI

Conclusiones

La Comisión Nacional de Energía Atómica desde su creación hasta la fecha ha pasado por diferentes etapas, tanto en su dependencia de otras instituciones como también en cuanto a las funciones que inicialmente tenía. Es una Institución de mucha importancia teniendo en cuenta que es el promotor del uso pacífico y beneficioso de la energía nuclear y de las radiaciones ionizantes en el país y dado el enorme crecimiento del país en materia de incorporación de esta tecnología en los últimos años contribuye al bienestar de la población.

La Comisión Nacional de Energía de Paraguay ofrece además a la comunidad educativa y a la sociedad en general capacitaciones, conocimientos científicos y además servicios especializados únicos en el país que son requeridos por los países a los que exportamos productos de consumo, quienes exigen hoy día análisis radiométricos que van a ingresar dentro sus territorios. Cuenta además con servicios de apoyo a la protección radiológica de todos los trabajadores ocupacionalmente expuestos, cursos de capacitación en protección radiológica para los TOEs y OPRs, análisis multielementales por técnicas analíticas de FRX, cálculos de blindajes, almacenamiento de fuentes en desusos entre otros servicios se suma importancia

Contribución de los autores

Todos los autores contribuyeron de manera equitativa en la elaboración de este artículo.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Agradecimiento

Al Lic. Saúl López por su importante colaboración en proveer documentos para la realización de este artículo.

Bibliografía

- Congreso de la Nación Paraguaya. (2014). *Ley N° 5169 Que crea la Autoridad Reguladora Radiológica y Nuclear*. [Consulted: 21.vi.2023]. <<https://www.bacn.gov.py/archivos/2945/20150217094805.pdf>>.
- CSN [Consejo de Seguridad Nuclear] (2023). *OIEA*. Madrid: Consejo de Seguridad Nuclear. [23.vi.2023]. <<https://www.csn.es/organismos-nucleares-internacionales/oiea>>.
- Idoyaga de Duarte, M.L. & Moré Torres, L.E. (2000). *Reglamento nacional de seguridad para la proteccion contra las radiaciones ionizantes y para la seguridad de las fuentes de radiacion*. Asunción: Ministerio de Salud Publica y Bienestar Social / Comision Nacional de Energia Atomica. 82 pp. [Consulted: 20.vi.2023]. <<https://digesto.aduana.gov.py/DNA/upload/1372932227.pdf>>.
- OIEA [Organización Internacional de Energía Atómica]. (2023a). *Organismo Internacional de Energía Atómica*. [Consulted: 21.vi.2023]. <<https://www.iaea.org/es>>.
- IAEA [International Atomic Energy Agency]. (1996). International basic safety standards for protection against ionizing radiation and for the safety of radiation sources. *IAEA Safety Series*, 115: xvi + 353 pp. [Consulted: 20.vi.2023]. <https://gnsn.iaea.org/Superseded%20Safety%20Standards/Safety_Series_115_1996_Pub996_EN.pdf>.

Trichoderma un aliado de la agricultura

Trichoderma an ally to agriculture

Cecilia Nicole Marchuk Larrea¹, Gilberto Antonio Benítez Rodas^{1,2,3},
Walter J. Sandoval-Espínola², Danilo Fernández Ríos^{2,4} & Andrea Alejandra Arrúa^{2,3,4,*}

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

²Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Biotecnología. San Lorenzo, Paraguay.

³Universidad Nacional de Asunción Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas, Dirección General de Investigación Científica y Tecnológica. San Lorenzo, Paraguay.

⁴Mycology Safety Team (MIST). San Lorenzo, Paraguay.

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

Resumen: El género *Trichoderma*, perteneciente al grupo de los hongos filamentosos, se ha consolidado como una herramienta efectiva en la agricultura gracias a sus propiedades y múltiples usos, destacando su capacidad para funcionar como agente biocontrolador frente a diversos fitopatógenos. El éxito de este biocontrolador se basa en la acción conjunta de varios mecanismos, como la antibiosis, el micoparasitismo, la competencia por espacio y nutrientes, la producción de enzimas y metabolitos secundarios con actividad antimicrobiana, así como la estimulación de la respuesta de defensa de las plantas ante los patógenos. En esta revisión, se enfatizan los mecanismos de acción de *Trichoderma* como biocontrolador, específicamente en los compuestos volátiles, y se discuten sus potencialidades para su aplicación en la agricultura. En vista de su capacidad para inhibir el crecimiento de patógenos, de estimular el crecimiento de las plantas y mejorar la calidad del suelo, *Trichoderma* representa un recurso valioso para los agricultores. El conocimiento de estos mecanismos puede contribuir a optimizar aún más su uso en la agricultura y fomentar prácticas agrícolas sostenibles.

Palabras clave: biocontrol, endófito, mecanismo, sostenible.

Abstract: The genus *Trichoderma*, belonging to the group of filamentous fungi, has become a valuable tool in agriculture due to its properties and multiple uses, particularly its capacity to act as a biocontrol agent against various phytopathogens. The success of this biocontrol agent relies on the combined action of several mechanisms, such as antibiosis, mycoparasitism, competition for space and nutrients, production of enzymes and secondary metabolites with antimicrobial activity, as well as stimulation of plant defense response against pathogens. This review emphasizes the mechanisms of action of *Trichoderma* as a biocontrol agent, focusing on volatile compounds generation, while discussing its potential for agriculture application. Given its ability for growth inhibition of pathogens, for stimulating plant growth, and for improving soil quality, *Trichoderma* represents a valuable resource for farmers. Knowledge of these mechanisms can further optimize its use in agriculture to encourage sustainable agricultural practices.

Keywords: biocontrol, endophyte, mechanism, sustainable.

Introducción

Trichoderma es ampliamente reconocido como uno de los hongos benéficos más efectivos y versátiles en términos de control biológico. Este género es capaz de actuar como un agente biocontrolador, gracias a su capacidad para ejecutar diversos mecanismos de acción, tanto directos como indirectos. Entre ellos, se destacan su habilidad para antagonizar hongos fitopatógenos, estimular el crecimiento de las plantas y mejorar su respuesta de defensa ante patógenos. Estas

características lo hacen altamente eficaz en la protección y promoción de la salud de las plantas en diversas aplicaciones agrícolas (Rakshit et al., 2015).

Una de las propiedades notables de este hongo, es su capacidad para competir eficazmente por el espacio y los nutrientes, aunque esta habilidad puede variar entre especies. Biológicamente adaptado para crecer rápidamente, es capaz de colonizar agresivamente una amplia variedad de sustratos y la rizosfera del suelo (Olmedo et

Recibido: 07/04/2023 Aceptado: 05/10/2023



al., 2014).

Las plantas tienen un mecanismo de defensa basado en la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS, por sus siglas en inglés), que dificultan el acceso de patógenos a sus tejidos mediante la generación de estrés oxidativo. Aunque la mayoría de los hongos son sensibles a los niveles elevados de ROS, *Trichoderma* ha evolucionado para soportar estos niveles y competir en la rizosfera. Además, este hongo es resistente a ciertos herbicidas y fungicidas, lo que le permite prosperar en ambientes donde otros hongos no pueden sobrevivir. Este organismo, también desarrolla mecanismos antioxidantes que reducen los niveles de estrés oxidativo en las raíces, aumentando así la tolerancia de las plantas al déficit hídrico y otros estreses abióticos (Meyer et al., 2019; Olmedo et al., 2014).

La antibiosis es un mecanismo de acción característico de *Trichoderma*, e involucra la interacción entre organismos, donde el hongo produce metabolitos secundarios tóxicos capaces de dañar la pared celular de otros microorganismos. Estos metabolitos pueden ser volátiles o no volátiles y tienen la capacidad de inhibir el desarrollo de otros microorganismos sin necesidad de un contacto directo (Infante et al., 2009).

Además de sus mecanismos de competencia y antibiosis, las especies de *Trichoderma* también son capaces de controlar biológicamente a una amplia variedad de hongos mediante el micoparasitismo. Este proceso se lleva a cabo en varias etapas, comenzando con el crecimiento directo del hongo en dirección al patógeno, seguido por el reconocimiento a través de interacciones entre lectinas-carbohidratos entre *Trichoderma* y el patógeno. Después del reconocimiento, las hifas se unen y enrollan alrededor de las hifas del huésped, y finalmente penetran en ellas y degradan su pared celular mediante la producción de enzimas y peptaiboles específicos (Steyaert et al., 2003).

Este hongo biocontrolador produce diversas enzimas que se encargan de la lisis de las paredes celulares de los patógenos, siendo principalmente quitinolíticas, glucósido hidrolasas y β -1,3-

glucanasas (Paredes et al., 2011). La quitina es uno de los componentes más importantes de las paredes celulares de los hongos y es degradada por el glucósido hidrolasas del hongo antagonista, lo que juega un papel clave en el micoparasitismo. La diversidad de enzimas degradadoras de la pared celular es grande y se ha demostrado su eficacia en la inhibición del crecimiento de hifas, la germinación de esporas o el desarrollo de clamidosporas, que son estructuras de resistencia de una amplia gama de hongos patógenos (Harman, 2006).

La capacidad de regular el crecimiento y mejorar la fisiología de las plantas es una cualidad que no todas las especies de *Trichoderma* poseen debido a la complejidad de las relaciones simbióticas que existen entre las plantas y los microorganismos. Estas relaciones están influenciadas tanto por factores ambientales, como la capacidad del hongo para modificar el microbioma del suelo, o reducir el pH, lo que puede aumentar la disponibilidad de nutrientes para las plantas, así como por la respuesta del antagonista en la producción de metabolitos secundarios que pueden actuar como promotores o no del crecimiento vegetal (Alfiky et al., 2021).

Generalidades de *Trichoderma*

Trichoderma es un hongo ampliamente distribuido en diversos ecosistemas, siendo la rizosfera un nicho ecológico común debido a su afinidad por ciertos patógenos como fuente de alimento y los nutrientes liberados por las raíces de las plantas. Este género puede ser aislado en una variedad de campos agrícolas y hortícolas en diferentes zonas climáticas, lo que refleja su prevalencia (Kredics et al., 2014). Este agente de control biológico es uno de los antagonistas más investigados, debido a su habilidad para controlar eficazmente una amplia gama de patógenos vegetales (Marzano et al., 2013).

El género *Trichoderma* se clasifica dentro del Reino Fungi, Filum Ascomycota, Clase Sordariomycetes, Orden Hypocreales, Familia Hypocreaceae. Hasta el año 2020, se habían registrado

375 especies de *Trichoderma*, de las cuales el 96% habían sido cultivadas in vitro y se dispone de secuencias de ADN respaldadas en bases de datos públicas (Cai et al., 2021).

Trichoderma exhibe una notable capacidad de adaptación, lo que permite su cultivo en diversos medios sólidos y líquidos. La apariencia de las colonias varía en función de la especie y del medio utilizado, manifestándose en patrones de anillos concéntricos y coloraciones distintas del micelio. En la mayoría de las especies, la parte posterior de las colonias es incolora, beige, amarilla, ámbar o amarillo verdoso, y esto depende tanto de la especie como de las condiciones ambientales. Cabe destacar que estas especies presentan una gran diversidad morfológica (Siddiquee, 2017).

La reproducción asexual de estos hongos se lleva a cabo mediante la formación de esporas o conidios, que son estructuras globulares de color verde con una medida aproximada de 3-5 μm . Asimismo, las clamidosporas funcionan como estructuras de resistencia, y suelen ser gruesas y de coloración verde suave, localizándose de manera intercalada. Los conidióforos presentan ramificaciones perpendiculares o laterales, agrupándose en varios conjuntos, son de color verde y tienen una longitud de 62-69 x 3-4,7 μm aproximadamente. Por último, las fiálides, que suelen encontrarse en pares, son estructuras alargadas y delgadas, con verticilos terminales que pueden incluir hasta cuatro fiálides (Bissett, 1991; Siddiquee, 2017).

Trichoderma es capaz de mantener largos períodos de crecimiento vegetativo gracias a la producción abundante de conidios. No obstante, la transición del micelio al conidio es regulada por una combinación de factores que inducen este cambio. Entre estos factores se encuentran las condiciones nutricionales, el pH del ambiente, la producción de metabolitos, la luz y el metabolismo del propio hongo. La conidiciación es un proceso crucial para la supervivencia del hongo, aunque se ha comprobado que la respuesta de los conidios varía significativamente dependiendo

de la adaptación metabólica de cada especie al ambiente (Steyaert et al., 2010).

Factores que influyen en el crecimiento y desarrollo de *Trichoderma*

Temperatura

La mayoría de las especies de este género desarrollan suficiente biomasa entre los 25-35 °C, aunque hay algunas que soportan temperaturas por encima de los 35 °C. La tasa de crecimiento, así como las características macroscópicas pueden variar entre especies morfológicamente similares, lo que resulta útil al momento de distinguirlas. Por ejemplo, *T. asperellum* cultivada a 28 °C durante 5 días forma 1-2 anillos concéntricos con una densa producción de conidios verdes en el centro; por otro lado, *T. harzianum* bajo las mismas condiciones y con una maduración de 5 días desarrolla 1-2 anillos con pigmentos amarillos (Siddiquee, 2017). La temperatura también influye en la síntesis de ciertas enzimas como la celulasa, que se produce durante la fase de crecimiento exponencial. Se ha encontrado que a altas temperaturas de incubación se podría tener un bajo rendimiento enzimático, siendo la temperatura más óptima los 28 °C (Chandra et al., 2010).

Humedad

Uno de los factores más importantes que influyen en el crecimiento de los hongos es el agua. Es uno de los componentes vitales para la actividad enzimática, para su estabilidad y supervivencia (Blackwell, 2011). Una baja humedad inhibe el desarrollo del hongo al no permitir la movilidad de los nutrientes provocando que el micelio tienda a secarse. *Trichoderma* puede crecer con dificultad en ambientes con una humedad igual a 30%, pero se desarrollan de manera óptima en nichos con humedad relativamente elevada entre 70-80%. Este hongo se caracteriza por la producción de conidios adherentes húmedos, por lo que la humedad es vital para la conidiciación, para así asegurar la propagación (Pitt et al., 1997).

pH

El grado de acidez o salinidad del suelo es un parámetro importante para el desarrollo de los microorganismos y algunas cepas de hongos tienen requerimientos específicos. Sin embargo, *Trichoderma* puede adaptarse a diferentes pH ambientales (Kumar, 2013). Existen estudios que demuestran que varias especies de *Trichoderma* presentan un crecimiento óptimo y una gran tasa de esporulación entre valores de 2-7 de pH (Kumar, 2013).

Luz

El desarrollo sexual, la conidiación asexual, así como el metabolismo secundario fúngico son en gran medida una respuesta a los estímulos de la luz. Por otro lado, los hongos también son capaces de desarrollar un mecanismo de protección de sus células cuando se encuentran expuestas a radiaciones potencialmente dañinas, desarrollando metabolitos secundarios en las paredes de las esporas, como la melanina y el caroteno, en señal de respuesta a la radiación ionizante (Watkinson, 2015). En condiciones alternas de luz y oscuridad se desarrollan más fácilmente los anillos concéntricos de conidios que representan un rasgo típico de *Trichoderma*, pero cuando la luz es constante la conidiación se produce de manera continua en la colonia del hongo (Steyaert et al., 2010). En *Trichoderma* la conidiación se induce dentro del rango de longitudes de ondas más sensibles a la luz como los espectros del UV cercano (320-380 nm) y luz azul (380-500 nm) (Steyaert et al., 2010).

Factores nutricionales

En el proceso de formación de conidios es muy importante el balance en la relación de carbono: nitrógeno, ya que de eso dependerá su desarrollo (Kredics et al., 2014). Se ha demostrado que estos hongos pueden asimilar compuestos nitrogenados como aminoácidos, urea, nitritos, amoníaco, etc., pero dependiendo de la especie. En *T. viride* el exceso de nitrógeno favorece el crecimiento micelial, mientras que la limitación

de este favorece la conidiación. En contraste, en *T. asperellum*, *T. atroviride* y *T. pleuroticola* se observa que altas cantidades de nitrógeno promueve la conidiación (Steyaert et al., 2010). Para un buen desarrollo de *Trichoderma* no se requieren grandes cantidades de minerales, sales o vitaminas, solo se necesitan trazas de hierro, magnesio y en algunas especies, el zinc (Kredics et al., 2014). Generalmente, el hongo toma estos elementos de los subproductos que proceden de prácticas agrícolas o agroindustriales, aunque los desechos de compuestos orgánicos también suplen sus necesidades nutricionales y a un bajo costo (Kredics et al., 2014).

Compuestos orgánicos volátiles en *Trichoderma*

Los compuestos orgánicos volátiles (COVs) son moléculas formadas por cadenas de átomos de carbono, también conocidas como hidrocarburos, que se vuelven volátiles a temperatura ambiente. Los COVs pueden ser alcoholes, aldehídos, ácidos orgánicos y otros tipos de metabolitos secundarios que se forman en distintos procesos biológicos, como el metabolismo aeróbico, la fermentación anaeróbica o la degradación de ácidos grasos; y según el grupo al que pertenecen poseen propiedades químicas diferentes (Mohd et al., 2021).

El suelo puede actuar como fuente de compuestos orgánicos volátiles ya que muchos de ellos son sintetizados por microorganismos, como bacterias y hongos, que habitan en la rizosfera o en las inmediaciones de las plantas. La producción de COVs también puede utilizarse con fines taxonómicos ya que ciertos compuestos son producidos por especies o grupos filogenéticos específicos (Insam et al., 2010).

Algunos compuestos orgánicos volátiles son capaces de generar enfermedades o cambios fisiológicos negativos en las plantas. Sin embargo, también se ha reportado que los compuestos 2,3-butanodiol, 3-hidroxi-2-butanona y otros ésteres son capaces de generar cambios positivos relacionados a la inducción de la resistencia sistémica de las plantas o a la estimu-

lación del crecimiento de las mismas (Elmassry et al., 2020). Las diversas especies del género *Trichoderma* se caracterizan por la producción de metabolitos secundarios como un sistema de defensa en sus diversos hábitats. Estos metabolitos son sintetizados por diversas vías variando su producción de acuerdo con las condiciones de su entorno. Estos compuestos pueden ser de dos tipos, los compuestos volátiles apolares de bajo peso molecular, en los que se incluyen algunos compuestos aromáticos simples, policétidos, terpenos, derivados de isocianos; o compuestos volátiles polares de elevado peso molecular como los peptaibols, gliotoxina y gliovirina. Todos estos compuestos le otorgan a *Trichoderma* la actividad antimicrobiana frente a levaduras, bacterias y otros hongos fitopatógenos (Hermosa et al., 2014).

En un estudio realizado se determinó que el compuesto 6-pentil-2H-pirano-2-ona, un compuesto orgánico volátil perteneciente al grupo de las pironas simples, aislado de la especie *T. atroviride*, era capaz de inducir el crecimiento de la planta *Arabidopsis thaliana* (Lee et al., 2015). Además, el compuesto mencionado junto con el éster 2-metil-1-propanol y la acetoína identificados en la misma especie de *Trichoderma* por otro grupo de investigación (Elsherbiny et al., 2020), fue capaz de inhibir el crecimiento del fitopatógeno *Phytophthora infestans*, que causa la enfermedad del tizón tardío en las papas, ejerciendo su doble capacidad, como antibiótico esencialmente fungistático y como promotor de crecimiento vegetal..

Se ha indicado que algunos aislamientos de especies más activas poseían un aroma dulce similar a coco y que los cultivos del antagonista presentaban una coloración amarilla, relacionando esa característica con la 6-pentil-2H-pirano-2-ona (Meyer et al., 2019). Además, se ha demostrado que *T. pseudokoningii* produce tricokonin VI, tricokonin VII y tricokonin VIII, tres principales peptaiboles con mayor actividad antifúngica contra *F. oxysporum*, *Ascochyta citrulina* y *Botrytis cinérea* (Shi et al., 2012).

Conclusión

Trichoderma es un organismo versátil que puede ser utilizado en diversos cultivos agrícolas como biocontrolador presentando ventajas comparativas en relación con otros organismos ya que posee diversos mecanismos de acción que incluyen la antibiosis, el micoparasitismo, la competencia por espacio y nutrientes, la producción de enzimas y metabolitos secundarios con actividad antimicrobiana, así como la estimulación de la respuesta de defensa de las plantas ante los patógenos. Por otra parte, a este biocontrolador se suma la producción de compuesto volátiles que también pueden actuar como promotores de crecimiento vegetal. Esto hace de *Trichoderma* un hongo con grandes potencialidades para su aplicación a nivel de campo en diversos rubros agrícolas.

Contribución de los autores

Todos los autores contribuyeron de manera equitativa en la elaboración de este artículo.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Bibliografía

- Alfiky, A. & Weisskopf, L. (2021). Deciphering trichoderma-plant-pathogen interactions for better development of biocontrol applications. *Journal of Fungi*, 7(1)61: 1-18.
- Bissett, J. (1991). A revision of the genus *Trichoderma*. II. Infrageneric classification. *Canadian Journal of Botany*, 69(11): 2357-2372.
- Blackwell, M. (2011). The fungi: 1, 2, 3 ... 5.1 million species? *American Journal of Botany*, 98(3): 426-438.
- Cai, F. & Druzhinina, I.S. (2021). In honor of John Bissett: authoritative guidelines on molecular identification of *Trichoderma*. *Fungal Diversity*, 107: 1-69.
- Chandra, M., Kalra, A., Sharma, P.K., Kumar, H. & Sangwan, R.S. (2010). Optimization of cellulases production by *Trichoderma citri-*

- noviride* on marc of *Artemisia annua* and its application for bioconversion process. *Biomass and Bioenergy*, 34(5): 805–811.
- Elsherbiny, E.A., Amin, B.H., Aleem, B., Kingsley, K.L. & Bennett, J.W. (2020). *Trichoderma* volatile organic compounds as a biofumigation tool against late blight pathogen *Phytophthora infestans* in postharvest potato tubers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(31): 8163–8171.
- Harman, G.E. (2006). Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. *Phytopathology*, 96(2): 190–194.
- Hermosa, R., Cardoza, R. E., Rubio, M. B., Gutiérrez, S., & Monte, E. (2014). Secondary Metabolism and Antimicrobial Metabolites of *Trichoderma*. Pp. 125–137, in Gupta, V.K., Schmoll, M., Herrera-Estrella, A., Upadhyay, R.S., Druzhinina, I. & Tuohy, M.G. *Biotechnology and Biology of Trichoderma*. Amsterdam: Elsevier. iv + 549 pp.
- Infante, D., Martinez, B., Gonzalez, N. & Reyes, Y. (2009). Mecanismo de acción de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos. *Revista de Protección Vegetal*, 24(1): 14–21.
- Insam, H. & Seewald, M. (2010). Volatile organic compounds (VOCs) in soils. *Biology and Fertility of Soils*, 46: 199–213.
- Kredics, L., Hatvani, L., Naeimi, S., Körmöczi, P., Manczinger, L., Vágvölgyi, C. & Druzhinina, I. (2014). Biodiversity of the Genus *Hypocrea/Trichoderma* in Different Habitats. Pp. 3–24, in Gupta, V.K., Schmoll, M., Herrera-Estrella, A., Upadhyay, R.S., Druzhinina, I. & Tuohy, M.G. *Biotechnology and Biology of Trichoderma*. Amsterdam: Elsevier. iv + 549 pp.
- Kumar, S., Kumar, R. & Om, H. (2013). Shelf-life of *Trichoderma viride* in talc and charcoal based formulations. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 83(5): 566–569.
- Lee, S., Hung, R., Yap, M. & Bennett, J.W. (2015). Age matters: the effects of volatile organic compounds emitted by *Trichoderma atroviride* on plant growth. *Archives of Microbiology*, 197(5): 723–727.
- Marzano, M., Gallo, A. & Altomare, C. (2013). Improvement of biocontrol efficacy of *Trichoderma harzianum* vs. *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* through UV-induced tolerance to fusaric acid. *Biological Control*, 67(3): 397–408.
- Meyer, M., Mazarro, S., & Silva, J. C. (Eds.). (2019). *Trichoderma: Uso na agricultura*. Brasilia: Embrapa. 536 pp.
- Mohd, N., Limi, N., Othman, M., Abd, H., Ahmad, F., Uning, R., Ooi, M., Wahab, M., Sahani, M., & Latif, M. (2021). Ambient volatile organic compounds in tropical environments: Potential sources, composition and impacts - A review. *Chemosphere*, 285(131355): 1–12.
- Olmedo, V. & Casas-Flores, S. (2014). Molecular Mechanisms of Biocontrol in *Trichoderma* spp. and Their Applications in Agriculture. Pp. 429–453, in Gupta, V.K., Schmoll, M., Herrera-Estrella, A., Upadhyay, R.S., Druzhinina, I. & Tuohy, M.G. *Biotechnology and Biology of Trichoderma*. Amsterdam: Elsevier. iv + 549 pp.
- Paredes, J., Carrillo, J., Sañudo, J., Allende, R., García, R., Gregori, R. & Labaviech, J. (2011). Enzimas Líticas Producidas por *Trichoderma* spp. y su Correlación con la Inhibición in vitro de Patógenos Causantes de la Pudrición de la Raíz del Garbanzo. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 29(1): 73–75.
- Pitt, J.I. & Hocking, A.D. (1997). *Penicillium* and related genera. Pp. 203–338, in Pitt, J.I. & Hocking, A.D. (Eds.). *Fungi and Food Spoilage*. New York: Elsevier. xii + 593 pp.
- Rakshit, A., Singh, H.B. & Sen, A. (2015). *Nutrient use efficiency: From basics to advances*. New Delhi: Springer. xxiii + 417.
- Shi, M., Chen, L., Wang, X.W., Zhang, T., Zhao, P.B., Song, X.Y., Sun, C.Y., Chen, X.L., Zhou, B.C. & Zhang, Y.Z. (2012). Antimicrobial peptaibols from *Trichoderma pseudokoningii* induce programmed cell death

- in plant fungal pathogens. *Microbiology*, 158(1): 166–175.
- Siddiquee, S. (2017). *Practical handbook of the biology and molecular diversity of Trichoderma species from tropical regions*. Cham: Springer. xi + 102 pp.
- Steyaert, J.M., Ridgway, H.J., Elad, Y. & Stewart, A. (2003). Genetic basis of mycoparasitism: a mechanism of biological control by species of *Trichoderma*. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 31(4): 281–291.
- Steyaert, J.M., Weld, R.J., Mendoza-Mendoza, A. & Stewart, A. (2010). Reproduction without sex: Conidiation in the filamentous fungus *Trichoderma*. *Microbiology*, 156(10): 2887–2900.
- Watkinson, S.C. (2015). Physiology and Adaptation. Pp. 141–187, in Watkinson, S.C., Boddy, L. & Money, N.P. (Eds.). *The Fungi* (3rd Edition). Amsterdam: Elsevier. xv + 449 pp.

Análisis de indicadores de desempeño en el proceso de la gestión logística: estudio de caso**Analysis of performance indicators in the logistics management process: a case study**Maria del Mar Báez¹, Noelia Andrea Páez Von Schmeling¹ & Liliana Guizmaraes Torres^{1,*}

¹Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Tecnología de Producción, Carrera de Logística y Gestión del Transporte, San Lorenzo, Paraguay.

Autor correspondiente: lilianaguizmaraes@gmail.com.

Resumen: Este artículo expone un estudio de caso para determinar si los indicadores de desempeño son suficientes con relación al nivel de servicio logístico comprometido a determinar los atributos establecidos para medir el sistema logístico, recordemos que “todo lo que no se puede medir, no se puede controlar, lo que nos puede controlar, no se puede administrar”. Metodológicamente, se considera el trabajo de naturaleza descriptiva, dado que presenta la manera en que actualmente se realiza la medición del desempeño logístico a través de la aplicación de indicadores en el centro de distribución de la empresa Las Tacuaras S.A., una empresa nacional, del sector avícola, dedicada a la producción y comercialización de huevos enteros y huevo líquido. Primeramente, se realiza la descripción y caracterización de la empresa y su estructura organizacional, para luego enfocarnos en el proceso logístico y su composición. Al intervenir diversos departamentos en el proceso logístico, y como no todas las actividades que desarrollan los departamentos intervinientes tienen un impacto en el desempeño de la logística, nos enfocamos solo en las actividades del departamento de Distribución y Transporte. Se buscó información existente en la literatura, específicamente sobre desempeño logístico, indicadores de desempeño, centro de distribución y logística, en diversos medios como internet, tesis de grado, de maestría, artículos científicos, otros, constatando poco material específico para el sector avícola. Los resultados obtenidos revelan que la organización cuenta con una cadena de suministros, compuestos por miembros primarios y miembros de soporte, donde la logística cumple una función operativa dentro de la organización, desplazando el producto terminado a los canales de distribución, y también, como proceso de apoyo a la fabricación y al ciclo de vida del producto. Además, se constató que la organización cuenta con un nivel importante de incorporación de la tecnología de la información, para la integración de sus procesos, son expuestos a consideración de los directivos de la empresa, a fin de que los mismos puedan ser utilizados para la toma de decisiones, como base para el control del uso de los recursos, seguimiento al cumplimiento de los objetivos e identificación de oportunidades de mejoramiento.

Palabras clave: *Logística, Desempeño logístico, Indicadores de desempeño, Centro de Distribución.*

Summary: This article exposes a case study to determine if the performance indicators are sufficient in relation to the level of logistics service committed to determine the attributes set out to measure the logistics system, it should be reminded that "everything that cannot be measured, cannot be controlled, what can control us, cannot be managed". methodologically, the work is considered descriptive in nature, since it depicts the way in which logistics performance is currently measured through the application of indicators in the distribution center of Las Tacuaras S.A., a national company in the poultry sector, engaged in the production and marketing of whole eggs and liquid eggs. First, we describe and characterize the company and its organizational structure, and then focus on the logistics process and its composition. Since several departments are involved in the logistics process, and since not all the activities carried out by the departments involved have an impact on logistics performance, we focus only on the activities of the Distribution and Transportation department. A search for existing information in the literature was conducted, specifically on logistics performance, performance indicators, distribution center and logistics, in different media such as the Internet, theses, master's theses, scientific articles, etc., finding little specific material for the poultry sector. The results obtained reveal that the entity has a supply chain, comprised by primary members and support members, where logistics plays an operational role within the organizing, moving the finished product to the distribution channels, and also, as a support process to the manufacturing and product life cycle. In addition, it was found that the entity has a significant level of incorporation of information technology, for the integration of its processes, are exposed to the consideration of the managers of the company, so that they can be used for decision making, as a basis for controlling the use of resources, monitoring the achievement of objectives and identifying opportunities for improvement.

Key words: *Logistics, Logistics performance, Performance indicators, Distribution Center.*

Introducción

La apertura de los mercados y la globalización de la economía demandan a las empresas la capacidad de implementar herramientas de control que les permita monitorear los procesos y verificar si las operaciones logísticas están atendiendo las metas y nivel de servicio definidos para satisfacer las necesidades del cliente. Una de las ventajas que brinda contar con un sistema de control oportuno es que permite introducir cambios, a corto o mediano plazo, que ayuden a alinear las operaciones con los objetivos estratégicos de la empresa.

Una logística eficiente y flexible constituye un elemento importante para que las empresas, logren empujar el nivel de servicio que brindan a sus clientes. La herramienta que contribuiría a mejorar el control de los procesos de la logística, son los indicadores de desempeño; por ser adaptables a casi cualquier actividad y, bien definidos, cumplen la función de control y monitoreo de la eficacia en el uso de los recursos disponibles, brindando información oportuna y de calidad, convirtiendo a los indicadores en el mejor aliado para la toma de decisiones, dando la posibilidad de identificar los problemas y asignarles un orden al momento de definir prioridades.

La logística es una actividad tan antigua como el hombre, y tan moderna como el internet, y algunos autores la ven como una herramienta para la comercialización de productos que brinda soporte a la estrategia de la organización, interactuando con los procesos de negocio de la empresa, siendo transversal a casi todos ellos.

Para Donald Waters (2003), en su libro “Logística. Una introducción a la administración de la cadena de suministros” define la logística como la función responsable del flujo de materiales desde los proveedores hacia el interior de la organización, a través de los procesos de la organización, hasta el cliente. En tanto Frazelle (2001) la define como el flujo de materiales, información y dinero entre los compradores y consumidores.

Según Bowersox *et al.*, (2007), la logística es el trabajo requerido para mover y colocar el inventario por toda la cadena de suministro, es un subconjunto

de la cadena de suministros y como tal ocurre dentro de esta.

Para Ballou (2004) *Logística, Administración de la Cadena de Suministros* “El producto de la logística y de la Cadena de Suministros es un conjunto de características que pueden ser manipuladas por el gerente de logística. Hasta el punto en que las características del producto pueden ser moldeadas una y otra vez para obtener una mejor posición en el mercado y poder crear una ventaja competitiva”

Por su parte, el Consejo de Dirección Logística (CLM, por sus siglas en inglés), la logística es la parte del proceso de la Cadena de Suministros que planea, lleva a cabo y controla el flujo y almacenamiento eficientes y efectivos de bienes y servicios, así como de la información relacionada, desde el punto de origen hasta el punto de consumo, con el fin de satisfacer los requerimientos de los clientes.

Algunos autores, como Bowersox *et al.* (2007), sostienen que “La logística implica la administración del procesamiento de pedidos, el inventario, el transporte y la combinación del almacenamiento, el manejo de materiales y el empaquetado; todo esto integrado mediante la red empresarial.”

Es importante resaltar que la meta de la logística es apoyar los requerimientos operativos de las adquisiciones, la fabricación y el abastecimiento del cliente, por tanto, podemos entender a la logística como el proceso que vincula a los participantes de una cadena de suministros en operaciones integradas, dado que la misma se realiza dentro de la cadena de suministros.

Materiales y Método

Presentamos un perfil de la organización objeto de este estudio al momento de la realización del mismo.

En el avance de la investigación, se establecen las consideraciones conceptuales acerca del tema abordado, a fin de contextualizar la medición de desempeño mediante el uso de indicadores, luego se contrastan estos indicadores mencionados en la bibliografía, con los que son utilizados en la empresa para medir el desempeño de la actividad logística.

La metodología utilizada para el análisis es

descriptiva – correlacionada, utilizando para el desarrollo instrumentos como: entrevista con miembros de la organización, encuesta con el responsable del sector logístico, así también se verificaron los indicadores para obtener resultados concretos sobre la gestión.

Las Tacuaras desarrollan sus negocios a través de la industrialización de huevos de gallina, las cuales son importadas en su etapa de pollitas, con un día de nacimiento. Son tratadas, sanitadas y alimentadas cumpliendo estándares internacionales que apuntan a garantizar la seguridad de los procesos productivos hasta la mesa del consumidor. La comercialización de los huevos es realizada en dos formatos:

- Huevo entero, en envases de 6 hasta 180 unidades.
- Huevo líquido pasteurizado, en envases de 5 litros.

La empresa realiza sus operaciones en dos sedes, separadas físicamente. La gestión industrial se lleva a cabo en un Complejo Industrial, situado en Villeta, y la comercial en un Centro de Distribución, con sede en San Lorenzo.

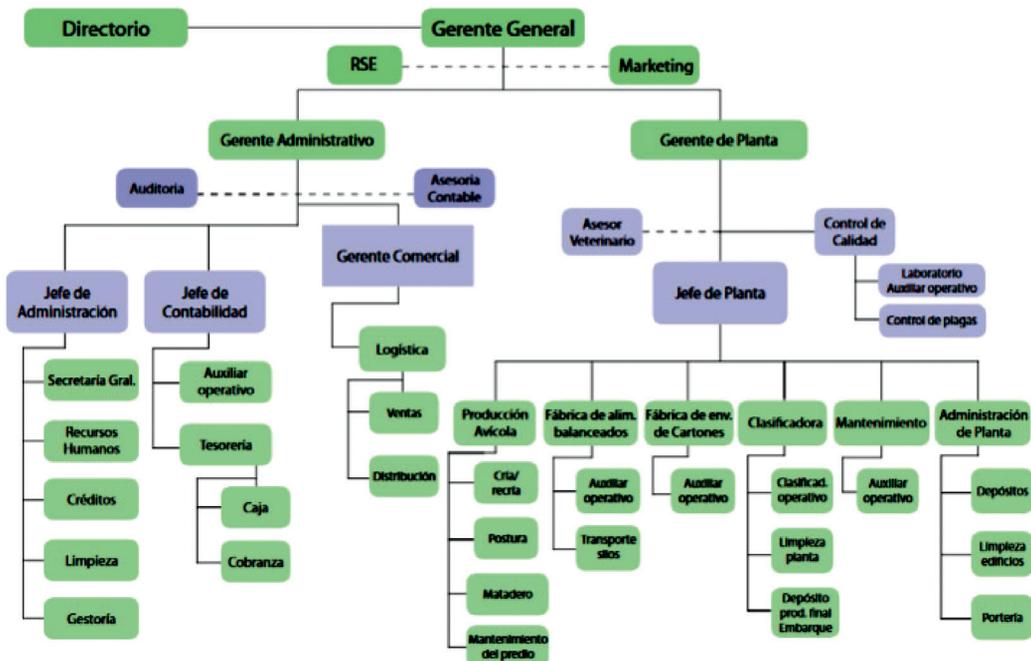
En el Complejo Industrial funcionan las distintas plantas de producción; a saber: galpones de aves, fábrica de balanceados, silos de almacenamiento, fábrica de envases de cartón, planta de tratamiento de efluentes, taller de vehículos y laboratorio de control de calidad y microbiología.

A su vez, en el Centro de Distribución funcionan las áreas administrativas y comerciales, desde la dirección general, pasando por las gerencias (comercial, sucursales, administrativa, talento humano y calidad y RSE) y las distintas dependencias relacionadas a esta labor.

Las Tacuaras (fundada en 1940) realiza sus operaciones con recursos propios, siendo 100% de capital nacional. Su labor contable y financiera es auditada externamente.

Luego de caracterizar la organización e identificar los componentes del sistema logístico y comprender mejor el alcance de este trabajo, es importante identificar la gestión logística como un subsistema de la cadena de suministros, las etapas, procesos y actividades que se realizan dentro de la cadena, que según la estructura organizacional de la empresa objeto de este estudio (Fig. 1), la función

Figura 1. Organigrama.



logística está bajo la dependencia de la Gerencia Comercial.

Perfil de la Organización.

Razón social: Las Tacuaras SA.

Nombre comercial de la empresa: Nutrihuevos.

Sector de actividad: Avícola.

Principales marcas, productos y/o servicios:

- NUTRIHUEVOS: industrialización de huevos de tipo J, S, A, B, C y D (según peso).
- ORGANITEC: industrialización de “gallinaza” como abono orgánico.
- TAVA: construcción de edificios de viviendas sociales.

Tipo de empresa: Nacional.

Sede de la empresa: Avda. De la Victoria 801, San Lorenzo, Paraguay.

Regiones en las que tiene presencia:

- Complejo Avícola: Ruta Villeta – Alberdi, Km. 5,5, Villeta (Dpto. Central).
- Centro de Distribución: Avda. La Victoria 801, Reducto, San Lorenzo (Dpto. Central).
- Sucursal Abasto Central: Veteranos del 70, Asunción (Capital).
- Sucursal Abasto Norte: Ruta Gral. Elizardo Aquino, Limpio (Dpto. Central).

Estructura organizativa de la empresa:

Directorio de Accionistas, compuesto por los miembros de la familia Koo. Luego, una Dirección General y 7 Gerencias Ejecutivas, apoyadas por un plantel administrativo, técnico y logístico.

Número de colaboradores: 307 (67% varones y 33% mujeres).

Inclusión laboral de Personas con Discapacidad: 3.

Nombre del Director General: Gustavo Koo.

Año en que inició operaciones: 1970.



Figura 2. Componentes del sistema logístico.

Proceso Logístico en el Centro de Distribución.

En el proceso Logístico intervienen diferentes áreas: Comercial, Deposito y Distribución y transporte (Fig. 2). Es importante entender la funcionalidad de un centro de distribución y las actividades que se llevan a cabo dentro. Según hemos constatado, mediante una visita realizada al centro de distribución de Las Tacuaras S.A., el centro de distribución es una instalación que cuenta con áreas de recibimiento, expendio de mercaderías y un parque automotor compuesto por una flota propia de vehículos, así también, cuentan con una estructura de almacenamiento, separación de productos según el mercado, y un salón de ventas directas La organización identifica a la logística con la actividad de transporte de productos, cumple la función de entrega de pedidos, movimientos de productos dentro y fuera de la organización. La logística se posiciona en el último eslabón de una cadena de suministro, cumpliendo la función de unir a la organización con los clientes (internos y externos).

En el centro de distribución se realizan actividades de soporte (ej.: facturación), y actividades de apoyo (ej.: etiquetado de producto), también el control de los productos y de los insumos utilizados para la comercialización, como son las cajas de cartón y las bandejas plásticas.

El centro de distribución tiene la misión de realizar la gestión del stock de mercaderías para la distribución física, mediante la utilización de una flota propia de vehículos que distribuyen el producto a través de los canales de distribución con que cuenta la empresa.

Los huevos en cascara llegan al Centro de Distribución (CD) ubicado en San Lorenzo, donde son almacenados y luego distribuidos a través de los canales de distribución con que cuentan.

Desde el centro de distribución de San Lorenzo,

salen los camiones de reparto y llevan productos a los centros de distribución ubicados en el mercado de Abasto Norte y Abasto Central desde donde se distribuyen a los diferentes clientes. La empresa cuenta con certificación ISO 9001 y la ISO 22000.

Cuentan con procedimientos escritos para todos sus procesos, incluyendo los del área de logística, donde detalla los pasos a seguir para el envío de los pedidos a clientes, así también, el nivel de servicio comprometido con los clientes. Esto se desprende de una estratificación de clientes que realiza la empresa, y de acuerdo al tipo de cliente, tienen indicadores de desempeño que debe monitorear.

Las áreas que funcionan en el Centro de distribución

- Gerencia general
- Gerente administrativo
- Gerente comercial
- Logística
- Ventas
- Distribución

Actividades del Centro de Distribución.

- Recepción de mercaderías.
- Envasado y etiquetado de productos.
- Almacenamiento y manipulación de productos.
- Procesamiento de pedidos.
- Gestión de inventarios.
- Control de Vehículos.
- Manejo de retornos.

En el proceso logístico intervienen el departamento comercial, depósito y distribución. Cada departamento cuenta con un procedimiento escrito, que se aplica para llevar a cabo sus actividades, y también, los indicadores de desempeño que deben ser monitoreados están detallados en el manual de procedimiento. Los indicadores se controlan con una frecuencia mensual y forman parte de una planificación estratégica.

Los indicadores reflejan la planificación de los

procesos internos, donde detallan los objetivos a lograr como, por ejemplo, un cumplimiento de agendamiento de entrega del 95%, la eficiencia del ruteo en las entregas y la productividad en el uso del transporte, entre otros. El proceso logístico es detallado en el mapa de procesos de la Fig. 3.

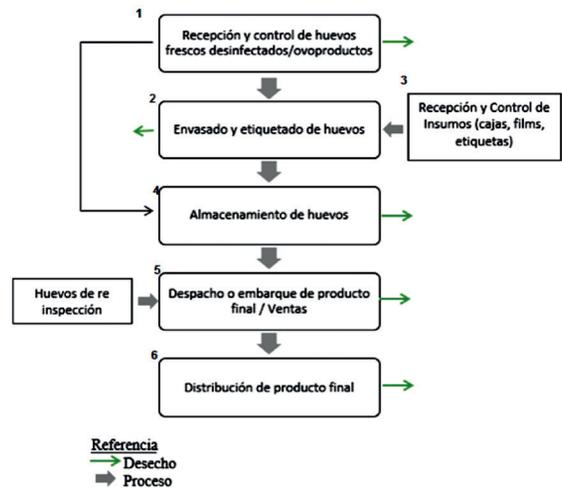


Figura 3. Procesos logísticos en el centro de distribución.

El departamento comercial es el encargado de recepcionar los pedidos y agendarlos para la entrega, luego el pedido pasa al departamento de Depósito para su procesamiento y preparación. Una vez que el pedido se encuentre acondicionado, se procede a incluirlos en el ruteo diario que realiza el departamento de distribución y transporte.

Contar con un sistema de indicadores de desempeño, se convierte en una herramienta importante en el proceso de control de gestión logística dentro de las organizaciones. Los indicadores de desempeño permiten verificar el cumplimiento de las estrategias, siendo la función principal de los indicadores, entregar información relevante y oportuna a fin de hacer seguimiento tanto al desempeño de un proceso como el cumplimiento de sus objetivos.

Según Bowersox y Closs (2001), desarrollar e implementar sistemas de evaluación de desempeño tiene tres objetivos principales; monitorear, controlar y dirigir las operaciones logísticas.

Los autores proponen evaluar el aspecto financiero y operativo para monitorear el desempeño. El

Tabla 1. Desglose de los atributos propuestos por Bowersox *et al.* (2007) para la medición de desempeño.

Administración del costo	Servicio al cliente	Calidad	Productividad	Administración del activo
Costo Total	Tasa de llenado	Frecuencia del daño	Unidades embarcadas por empleado	Rotaciones del inventario
Costo por unidad	Agotamiento de las existencias	Precisión en la introducción de pedidos	Unidades por dólar de mano de obra	Niveles del inventario, número de días de suministro
Costo como porcentaje de las ventas	Errores de embarque	Precisión en la recolección/el embarque	Pedidos por representante de ventas	Inventario obsoleto
Flete hacia el interior	Entrega a tiempo	Precisión en los documentos/facturación	Comparación para un estándar histórico	Retorno sobre el activo neto
Flete hacia el exterior	Pedidos atrasados	Disponibilidad de la información	Programas de metas	Retorno sobre la inversión
Costo administrativo	Tiempo del ciclo	Número de reclamaciones de crédito	Índice de productividad	Clasificación del inventario (ABC)
Procesamiento de pedidos del almacén	Regularidad de la entrega	Número de devoluciones del cliente	Tiempo de inactividad del equipo	Valor económico agregado (EVA)
Costo de mano de obra directa	Tiempo de respuesta a las consultas		Productividad de la introducción de pedidos	
Comparación del costo real contra el presupuesto	Precisión de la respuesta		Productividad de la mano de obra del almacén	
Análisis de tendencia del costo	Pedidos completos		Productividad de la mano de obra del transporte	
Rentabilidad directa del producto	Quejas de los clientes			
Rentabilidad de segmentos de clientes	Quejas de la fuerza de ventas			
Costo de mantener un inventario	Contabilidad general			
Costo de artículos devueltos	Satisfacción general			
Costo del daño				
Costo de las fallas en el servicio				
Costo de los pedidos atrasados				

Tabla 2. Clasificación de indicadores de desempeño del área de distribución.

Indicadores	Procesos	Medición	Decisiones
Servicio al cliente	Reclamos	Mayor a 5%	Llamada de atención al colaborador
Administración del transporte	Entregas exitosas	Menor al 95%	Disminución de los incentivos mensuales
Inventario	Agotamiento de existencias	Más de un día	Evaluación de cambio de responsable

análisis realizado en el presente trabajo, se enfoca a analizar los componentes de una evaluación operativa del desempeño logístico.

Para Bowersox, Closs y Cooper (2007), el desempeño logístico se mide en términos de disponibilidad, el desempeño operativo y la confiabilidad del servicio.

Desarrollar una evaluación operativa requiere una visión desde la perspectiva de las funciones logísticas, es así que para Bowersox, Closs y Co-

per (2007), una medición funcional del desempeño logístico puede ser clasificado en categorías: Administración del Costo, Servicio al Cliente, Calidad, Productividad y Administración del activo. El desempeño logístico representa una sumatoria de los atributos que son atendidos por la logística.

La Tabla 1 muestra el desglose de los atributos propuestos por los autores, para la medición de desempeño y la Tabla 2, la Clasificación de indicadores de desempeño del área de distribución. Para realizar

Tabla 3. Clasificación de los indicadores de desempeño utilizados en la organización.

Procesos / Atributos	Administración de Costos	Servicio al Cliente	Calidad	Productividad	Administración del activo.
Distribución y Transporte	5.% de participación de insumos en las ventas totales (Total venta de insumos / ventas totales)	5.% de Devoluciones por mes	2. Registros de envasado de huevos.	2. Planillas de Producción por hora.	1. % de Errores de Remisiones de Recepción.
		5. Porcentaje de satisfacción de clientes conforme (según encuesta)	2.%Desvíos de Control visual	6. % de Entrega de Logística.	3. Control de stock de cartones.
		5. N° de Reclamos por mes	4. % de Desvíos de Productos No Conformes (PNC) en huevos por mes.		3. Control de stock de insumos de empaque.
			4.% de desvíos de Controles Operacionales.		
			4. % de desvío de Temperatura y Humedad		
			5. % de N.C. en Embarque		

una comparación entre los indicadores propuestos y los utilizados en la organización, se elabora un cuadro donde se realiza la clasificación de los indicadores de desempeño. La Tabla: 3, responde a la clasificación de los indicadores de desempeño utilizados en la organización analizada.

Según Farah Jr. (2002), un centro de distribución debe ser un medio de minimización de costos, mejoría en el uso de los recursos y de apoyo al proceso de ventas y post venta. Según Farah Jr. (2002), los CD como medio de almacenaje intermedio deben estar atentos a las nuevas demandas empresariales.

Los indicadores de desempeño que se manejan en la organización, son definidos en función a cada proceso de manera que los mismos contribuyan al logro de los objetivos establecidos.

Resultados y discusión

Los Resultados revelaron que la organización cuenta con una cadena de suministros compuestas por miembros primarios, (realizan actividades) y miembros de soporte (proveen recursos, materiales), donde la logística cumple una función operativa dentro de la organización, desplazando el producto terminado a los canales de distribución, y también como proceso de apoyo a la fabricación y al ciclo de vida del producto.

Además, se constató que el sistema logístico está compuesto por tres departamentos (comercial, depósito, distribución y transporte) los cuales intervienen el proceso, realizando actividades vinculadas al proceso logístico. Con respecto al uso de la tecnología de la información y la comunicación, la organización cuenta con un nivel importante de incorporación de la tecnología de la información, para la integración y control de sus procesos.

Para mejor ilustración la siguiente tabla representa una matriz que simplifica los atributos propuestos por (Bowersox et, al, 2007) y otros autores, discriminando un indicador por departamento que componen el sistema logístico y los atributos que son objeto de medición. La Tabla 4 muestra el departamento interviniente y los atributos propuestos que engloban los sugeridos por los actores.

Conclusion

Las organizaciones modernas han cambiado la visión que tenían de la actividad logística. Esta ha pasado de ser una actividad operativa para convertirse en estratégica, y es por eso que las organizaciones realizan esfuerzos en invertir para capacitar al área de logística, destinando recursos para un mejor desempeño, aunque esto no siempre significa que se obtendrán ventajas competitivas,

Tabla 4. Indicadores ampliados por departamentos que componen el sistema logístico.

Departamento-/ Indicador definido por atributo	Costo	Productividad	Calidad	Tiempo
Dpto. Comercial	Devoluciones, Pérdidas, Reclamos	Participación de insumos en las ventas totales. Retención de clientes. Ingreso de nuevos clientes	% de no conformes.% de satisfacción de clientes	Tiempo de cierre de un acuerdo comercial (desde la primera visita)
Depósito	Pérdidas, Control de stock de cartones e insumos de empaque	Registro de envasado de huevos. Control de stock de cartones e insumos de empaque.	% de desvíos de inspección visual. % de desvío de huevos no conformes. % de temperatura y humedad. % de desvíos de controles operacionales	Planillas de producción por hora
Dpto. de Distribución y Tránsito	Pérdidas	% de errores en la recepción. % de entrega	% de NC en embarque	Tiempo de entrega

ya que las mismas se logran cuando el uso de los recursos disponibles posibilita a la empresa brindar un mejor servicio a sus clientes.

Realizar una revisión interna, y obtener un diagnóstico de los procesos y procedimientos logísticos actuales brinda a la empresa una oportunidad de mejoramiento de los mismos.

La posibilidad de mirar los procesos de manera integral y no como meras funciones, logra obtener un resultado global que refleja la sinergia de las partes, lo que se traduce en ventajas competitivas potenciales para ser desarrolladas y traducidas en estrategias que apunten a brindar un servicio de mejor calidad, al menor costo posible, con atributos que puedan ser percibidos por el cliente.

Establecer un mecanismo de trabajo, que apunte a desarrollar una cadena de suministro acorde al tipo de empresa y la naturaleza del negocio, integrando a los proveedores y clientes a los procesos permitirá un mejor aprovechamiento de los recursos existentes.

Mediante el análisis realizado a los procedimientos existentes y los indicadores definidos para monitorear, controlar e implementar acciones de mejora, encontramos una oportunidad de agregación de valor al proceso logístico actual mediante acciones simples como, desarrollo de proveedores de transporte, outsourcing de procesos de apoyo.

Se sugiere evaluar, por parte del directorio, la posibilidad de un análisis de las actividades de medición que actualmente están fragmentadas dentro de la organización, en un esfuerzo para mejorar el control de los procesos desde una perspectiva global e integrada y no de forma aislada, por departamento, en función a las actividades que cumplen.

Se concluye además que los indicadores utilizados permiten medir el desempeño de los diferentes procesos logísticos en la cadena de suministro,

utilizándolos como base para el control del uso de los recursos, seguimiento al cumplimiento de los objetivos e identificación de oportunidades de mejoramiento.

Literatura citada

- Ballou, R. (2004). *Logística, Administración de la Cadena de Suministros*. (Quinta Edición). México D.F.: Pearson Educación. xxi + 789 pp.
- Bowersox, D., Closs, D. & Cooper, M. (2007). *Cadena de suministro en el siglo XXI: Administración y logística en la cadena de suministros*. (Segunda Edición). México: McGraw-Hill. 2007. xiv + 409.
- Gómez, R.A. & Guzman, J. (2016). *Desarrollo de un sistema de inventarios para el control de materiales, equipos y herramientas dentro de la empresa de construcción Ingeniería Sólida Ltda.* (Trabajo de Grado). Bogotá: Universidad Libre. 140 pp.
- Holmberg, S. (2000). A systems perspective on supply chain measurements. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 30(10): 847–868.
- Waters, D. (2003). *Logistics: An introduction to supply chain management*. Hampshire: Palgrave Macmillan. xii + 354.
- Frazelle, E.H. (2001). *Supply Chain Strategy: The Logistics of Supply Chain Management*. New York: McGraw-Hill. viii + 357 pp.
- Bowersox, D. J., Closs, D. J. & Stank, T. P. (2000). Ten mega-trends that will revolutionize supply chain logistics. *Journal of Business Logistics*, 12(2): 1–15.
- Farah Jr., M. (2002), Os desafios da logística e os centros de distribuição física. *FAE Business*, 2: 44–46.

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, Temas científicos de actualidad, Reportes de casos, Comunicaciones cortas y Correspondencia**, en las áreas de Biología, Química, Física, Matemática Pura, Matemática Estadística, Geología, Biotecnología y Tecnología de Producción. Los principales criterios para la selección de los artículos son la solidez científica y la originalidad del tema. Los trabajos y opiniones publicados en la revista son de exclusiva responsabilidad de los autores. El idioma oficial de la revista es el español, pero se aceptan trabajos en inglés y en portugués. No existe costo de publicación para los autores.

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

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

Las citas bibliográficas deberán seguir las normas APA. Según estas normas, el año va entre paréntesis y se destacan el autor y año en las citas en texto: “Según González (1999)” o “El método es reciente (González, 1999)”. Para la lista en la sección de Literatura citada la secuencia lógica y formato es de “Autor. (Año). Título. Publicador, Volumen(Número): Páginas.”, poniéndose siempre primero el apellido de cada autor, seguido de sus correspondientes iniciales y separados por comas, con el 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

DE LA FACEN

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Rep. cient. FACEN	San Lorenzo (Paraguay)	Vol. 14, Nº 2	Julio - Diciembre de 2023	ISSN 2078-399X (versión impresa) ISSN 2222-145X (versión online)
-------------------	------------------------	------------------	------------------------------	---

- 105–113 **Nelson Andrés Valdez Velázquez, Fredy Aurelio Doncel Invernizzi & Marcelo Alejandro Godin Eirin.** Calibración del Detector Electrónico de Imagen Portal de Silicio Amorfo (ASIP) y su utilización como herramienta dosimétrica en Radioterapia con Acelerador Lineal. *[Artículo original]*
- 114–147 **Marcela N. Jiménez Zacur, Pastor Enmanuel Pérez-Estigarribia & Alberto Esquivel Mattos.** Riesgo de extinción en función al nicho climático: ¿qué sabemos y qué necesitamos saber? *[Artículo original]*
- 148–155 **Richard Villasantti, Aurora Paredes, Juan Carlos Gamarra, Romina Rubira & Silverio Andrés Quintana.** Estimación poblacional del Jaguareté en el Bosque Atlántico del Alto Paraná en el periodo 2021 al 2025. *[Artículo original]*
- 156–164 **Maura Isabel Díaz-Lezcano, Karen Denisse Pereira-Báez, Jorge Ramón Brítez -Moreira, Jazmín Yerutí Mongelós-Franco & Carlos Emilio Mussi-Cataldi.** Efecto de la concentración del hipoclorito de sodio sobre la contaminación y oxidación de meristemas en la micropropagación de banano. *[Artículo original]*
- 165–171 **Masayuki Miyazaki & Claudia Daniela Carrillo González.** Percepción y conocimiento del cambio climático en estudiantes de la Universidad Nacional de Asunción. *[Artículo original]*
- 172–176 **Fernando Cubilla, Carlos Aguilar Julio & Bolívar R. Garcete-Barrett.** Cinco nuevos registros de Lamiinae (Coleoptera: Cerambycidae) para la fauna paraguaya. *[Artículo original]*
- 177–182 **Fredy Doncel Invernizzi.** Comisión Nacional de Energía Atómica: breve reseña histórica. *[Artículo de revisión]*
- 183–189 **Cecilia Nicole Marchuk Larrea, Gilberto Antonio Benítez Rodas, Walter J. Sandoval-Espínola, Danilo Fernández Ríos & Andrea Alejandra Arrúa.** *Trichoderma* un aliado de la agricultura. *[Tema científico de actualidad]*
- 190–198 **María del Mar Báez, Noelia Andrea Páez Von Schmeling & Liliana Guizmaras Torres.** Análisis de indicadores de desempeño en el proceso de la gestión logística: estudio de caso. *[Reporte de caso]*

