



SCIENTIA

VOL.34, N° 2, julio-diciembre 2024

REVISTA DE
INVESTIGACIÓN DE LA
UNIVERSIDAD DE PANAMÁ

Ciencias Naturales y Exactas, Ciencias de la Tierra,
y Ciencias Computacionales





Vol.34 , Nº. 2, julio – diciembre 2024

ISSN L 2710 - 7647

<https://revistas.up.ac.pa/index.php/scienti>



**REVISTA DE INVESTIGACIÓN DE LA
UNIVERSIDAD DE PANAMÁ**

VOL.34, Nº 2

JULIO-DICIEMBRE 2024

<https://revistas.up.ac.pa/index.php/scienti>



**AUTORIDADES DE LA
UNIVERSIDAD DE PANAMÁ**

Dr. Eduardo Flores Castro
Rector

Dr. José Emilio Moreno
Vicerrector Académico

Dr. Jaime Javier Gutiérrez
Vicerrector de Investigación y Postgrado

Mgter. Arnold Muñoz
Vicerrector Administrativo

Mgter. Mayanin Rodríguez
Vicerrectora de Asuntos Estudiantiles

Mgter. Ricardo Him
Vicerrector de Extensión

Mgter. Ricardo A. Parker
Secretario General

Mgter. José Luis Solís
Director General de los Centros Regionales Universitarios

COMITÉ EDITORIAL/EDITORIAL COMMITTEE**EDITOR EN JEFE/EDITOR-IN-CHIEF****Jaime A. Rivera Solís**

Universidad de Panamá, Geomorfólogo Ccambio, COIBA. Centro de Capacitación, Investigación y Monitoreo de Biodiversidad., Centro Regional Universitario - Veraguas, Panamá.

jaime.rivera@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0002-8265-7836>

EDITORES EMÉRITOS/EMERITUS EDITORS**Alfredo Lanuza-Garay**

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario - Colón, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Departamento de Zoología, Panamá.

alfredo.lanusa@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0003-0480-5490>

Alfredo Figueroa Navarro

Universidad de Panamá, Departamento de Sociología, Panamá.

<https://orcid.org/0000-0002-0982-1249>

Héctor Barrios

Universidad de Panamá, Programa Centroamericano de Maestría en Entomología, Panamá.

hector.barriosv@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0002-0542-1731>

EDITORES CIENTÍFICOS/SCIENTIFIC EDITORS**Orlando O. Ortiz**

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Panamá.

orlando.ortiz@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0002-7805-0046>

EDITORES ASOCIADOS/ASSOCIATED EDITORS**Alessio Papini**

Università degli Studi di Firenze (UNIFI), Italia.

Alessio.papini@unifi.it

<https://orcid.org/0000-0001-7904-0336>

Arianna Michelle Hernández Sánchez

Instituto Politécnico Nacional, Centro de Desarrollo de Productos Bióticos-IPN, México.

ariannamhs@outlook.com

<https://orcid.org/0000-0001-9045-3537>

Coral Jazvel Pacheco Figueroa

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, DACBiol, México.

coral.pacheco@ujat.mx

<https://orcid.org/0000-0001-5281-9251>

Eloisa Adriana Guerra Hernández

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, México.

eloisaaguerrah@gmail.com, eagh@unam.mx

<https://orcid.org/0000-0003-3710-0884>

Félix Rodríguez

Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI), Panamá.

rodriguezf@si.edu

<https://orcid.org/0000-0002-6015-7945>

Jean Michel Maes

Museo Entomológico de León, Nicaragua.

jmmaes@bio-nica.info

<https://orcid.org/0000-0002-5425-3439>

Luc Legal

Laboratoire Ecologie Fonctionnelle et Environnement, Université Paul Sabatier, Francia/México.

luc.legal@univ-tlse3.fr

<https://orcid.org/0000-0003-0424-2931>

Nathalia Tejedor Flores

Universidad Tecnológica de Panamá (UTP), Panamá.

nathalia.tejedor@utp.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0002-0154-1955>

Romina D'Almeida

CONICET, Instituto Superior de Investigaciones Biológicas, Argentina.

rominadalmeida@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-5075-6381>

Yehudi Rodríguez

Universidad Marítima Internacional de Panamá (UMIP), Panamá.

nafisay@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-6947-9046>

Yostin Aníño

Universidad de Panamá, Museo de Invertebrados G. B. Fairchild, Panamá.

yostin0660@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-8870-8155>

Yves Basset

Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI), Panamá.

bassety@si.edu

<https://orcid.org/0000-0002-1942-5717>

EDITORA ASOCIADA/ ASSOCIATE EDITOR**Damaris V. Tejedor De León**

Universidad de Panamá. Vicerrectoría de Investigación y Postgrado. Oficina de Publicaciones Académicas y Científicas. Panamá

damaris.tejedor@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0002-4350-196X>

SECRETARIA TÉCNICA/ TECHNICAL SECRETARY**Zaira Delgado**

Universidad de Panamá. Vicerrectoría de Investigación y Postgrado. Oficina de Publicaciones Académicas y Científicas. Panamá

zaira.delgado@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0002-0634-714X>

Nellys Muñoz Núñez

Universidad de Panamá, Facultad de Enfermería, Departamento de Enfermería en Salud Pública, Panamá.

nellys.munoz@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0002-2756-2068>

SOPORTE TÉCNICO/TECHNICAL SUPPORT**Edgar Pérez**

Universidad de Panamá. Vicerrectoría de Investigación y Postgrado. Oficina de Publicaciones Académicas y Científicas. Panamá

edgar.perezr@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0002-0466-001X>

INDICE

Editorial	9
Impacto del daño foliar ocasionado por herbivoría en el manglar de Pixvae, golfo de Chiriquí, pacífico de Panamá.....	10
Evaluación de microorganismos eficientes en la producción de biomasa de maíz	37
Pistas dulces-ácidas en la dieta del mono aullador (<i>alouatta palliata aequatorialis</i>) del parque nacional soberanía, Panamá.....	60
Rastreo de rn-222 en áreas volcánicas de Panamá	83
Evaluación de la implementación del modelo de gestión de conocimiento y comunicación con microsoft 365 en la facultad de informática, electrónica y comunicación	115

Editorial

La revista **SCIENTIA** tiene por objeto publicar resultados de investigaciones originales e inéditas, en ciencias naturales y exactas, ciencias de la Tierra, y ciencias computacionales. Editada por la Vicerrectoría de Investigación y Postgrado de la Universidad de Panamá, busca acrecentar y contribuir con el avance del conocimiento científico y tecnológico a nivel nacional e internacional. En esta segunda entrega 2024 ofrece a la comunidad científica (investigadores profesores, estudiantes y profesionales consumados), cinco (5), artículos inéditos producto del trabajo investigativo y del compromiso académico de los investigadores. Así, en primer plano se destaca un artículo que discute el impacto de la herbivoría en el ecosistema de manglar, con el objetivo de determinar el daño foliar ocasionado en el *Rhizophora mangle*, *Pelliciera rhizophorae*, *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans*. Seguidamente, se presenta un estudio cuyo objetivo fue evaluar el efecto de *Rhizophagus irregularis* y *Azospirillum brasilense* en la producción de biomasa de maíz; demostrando que, económicamente es recomendable su uso. Después, resalta una importante pesquisa que al reconocer que algunas especies de primates utilizan las cualidades dulce-acidas para determinar la presencia de carbohidratos y evitar compuestos que impidan la ingesta adecuada de nutrientes; tuvo por objeto evaluar los efectos de la sacarosa y pH en la aceptación de las partes vegetales (PV) por *Alouatta palliata aequatorialis*. Por otro lado, atendiendo las líneas de investigación de la revista, se presentan a la comunidad científica dos significativas investigaciones; en primera instancia, un estudio que utilizó el equipo RAD 7 para la detección de radón, logrando determinar la incidencia de gas radiactivo derivado del uranio (el radón), en las zonas volcánicas de la República de Panamá, resultados los cuales, respaldan la hipótesis sobre la existencia de una correlación entre la actividad volcánica y la concentración de radón en las regiones termales, actividad influenciada por procesos geotérmicos. Finalmente, esta entrega concluye con un estudio a través del cual se demuestra la efectividad de la plataforma Microsoft 365 como soporte tecnológico en un modelo de Gestión de Conocimiento y Comunicación. Agradecemos a cada uno de los autores por haber elegido la revista **SCIENTIA** para publicar sus trabajos, así como a la Oficina de Publicaciones Científica y Académicas, de la Vicerrectoría de Investigación y Postgrado de la Universidad de Panamá por el apoyo brindado, reafirmando el compromiso con la difusión de la ciencia en nuestro país.

Dr. Jaime A. Rivera Solís

Director - Editor

IMPACTO DEL DAÑO FOLIAR OCASIONADO POR HERBIVORÍA EN EL MANGLAR DE PIXVAE, GOLFO DE CHIRIQUÍ, PACÍFICO DE PANAMÁ.

IMPACT OF FOLIAR DAMAGE CAUSED BY HERBIVORY IN A MANGROVE FROM PIXVAE, CHIRIQUI GULF, PACIFIC OF PANAMA

Viterbo Rodríguez.

Universidad de Panamá. Centro de Capacitación, Investigación y Monitoreo de la Biodiversidad en el Parque Nacional Coiba (CCIMBIO-COIBA). Centro Regional Universitario de Veraguas, Panamá

<https://orcid.org/0000-0003-1592-4479>

Autor de correspondencia: viterbo.rodriquez@up.ac.pa

Elian Alexander Muñoz

Universidad de Panamá. Centro Regional Universitario de Veraguas, Panamá

elianmunoz122@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0006-9181-5054>

Recepción
2/01/2024

Aprobación
31/05/2024

DOI: <https://doi.org/10.48204/j.scientia.v34n2.a5328>

Resumen

Con la finalidad de determinar el daño foliar ocasionado por herbivoría en *Rhizophora mangle*, *Pelliciera rhizophorae*, *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans*, en el manglar de Pixvae, se realizaron en los meses de junio, agosto y septiembre de 2022 y enero y febrero de 2023, 6 giras con 5 días de duración, en donde se establecieron 5 cuadrantes de 50 x 20 m (1, 000 m²). Los cuadrantes 2 y 3 se ubicaron paralelos a la línea de costa y los cuadrantes 1, 4 y 5 hacia la parte más interna del manglar. Los vértices de cada cuadrante fueron georreferenciados. Cada cuadrante se delimitó con un hilo de fibra sintética y se inventariaron y determinaron, taxonómicamente, las

especies de mangle presentes. Para determinar el impacto del daño foliar por herbivoría, se cuantificó el porcentaje de área foliar removida en las hojas, en los distintos estratos del dosel y en cada individuo, se realizó un muestreo sistemático en los tres estratos del dosel: bajo, medio y alto. Se colectaron 3 ramas secundarias de los distintos estratos del dosel, de las cuales se eligieron al azar 50 hojas maduras por estrato, para un total de 150 hojas por individuo. Las hojas colectadas fueron fotografiadas y el porcentaje del área foliar removida, fue calculado con la aplicación BioLeaf. Las especies de mangle estudiadas presentaron diferencias significativas en los porcentajes de área foliar removida, (Kruskal-Wallis, $GL=3$, $p=0.0001$). También se encontraron, por cuadrantes, diferencias significativas en los promedios totales de área foliar removida (Kruskal-Wallis, $GL=4$, $p=0.0001$).

Palabras clave: BioLeaf, ecosistema, herbívora, insectos, manglar

Abstract

In order to determine foliar damage caused by herbivory in *Rhizophora mangle*, *Pelliciera rhizophorae*, *Laguncularia racemosa*, and *Avicennia germinans* in a mangrove system from Pixvae, six expeditions were conducted in the months of June, August, and September of 2022, and January and February of 2023, each lasting 5 days. During these expeditions, five quadrants of 50 x 20 m (1,000 m²) were established. Quadrants two and three were positioned parallel to the coastline, while quadrants 1, 4, and 5 were located towards the innermost part of the mangrove. The vertices of each quadrant were georeferenced, delineated with synthetic fiber thread, and taxonomically inventoried, where mangrove species were identified. To determine the percentage of consumed foliar area in different canopy strata and in each individual tree, a systematic sampling was conducted in the three canopy strata: lower, middle, and upper. Three secondary branches were collected from different canopy strata, from which 50 mature leaves were randomly selected for each stratum, totaling 150 leaves per individual. The collected leaves were photographed, and the percentage of consumed foliar area was calculated using the BioLeaf application. The studied mangrove species exhibited significant differences in the percentages of consumed foliar area by herbivores (Kruskal-Wallis, $GL=3$, $p=0.0001$). Significant differences in total average consumed foliar area were also found among quadrants (Kruskal-Wallis, $GL=4$, $p=0.0001$).

Keywords: BioLeaf, ecosystem, herbivory, insects, mangrove.

Introducción

Los manglares se establecen en zonas litorales tropicales que integran la transición de zonas marítimas a bosques húmedos y nos brindan protección contra inundaciones y erosiones costeras, y sirven a la vez para retener y almacenar contaminantes (Valle et al., 2011; Alfaro-Sibaja et al., 2015). La importancia de los manglares se debe a que constituyen uno de los ecosistemas más productivos por su alto rendimiento de biomasa que enriquece los ecosistemas estuarinos,

beneficiando a organismos que son el soporte de cadenas tróficas (Valle et al., 2011). Por lo que, algunas de sus funciones más importantes son brindar refugio y alimento, lo que impulsa el desarrollo de muchas especies de interés comercial, para la pesca artesanal, lo que refuerza, e impulsa aspectos socioeconómicos de las poblaciones aledañas (Vega et al., 2007; Díaz-Gaxiola, 2011, Silva et al., 2022). Los manglares se caracterizan por ser resilientes, ya que poseen una adaptabilidad a suelos con altas concentraciones de sales, pobres en oxígeno y frecuentemente inundados, todo esto sin alterar sus funciones y estructuras (Tomlinson, 2016; Valverde, 2016). Sin embargo, constantemente se ve amenazado por fenómenos naturales como altas escorrentías que provocan erosiones que acaban en la desembocadura de los estuarios, que sumado, a altas marejadas, junto con las actividades antropogénicas provocan la mortalidad de estadios larvarios de especies comerciales (Valverde, 2016; Díaz-Gaxiola, 2011).

Pixvae posee un manglar de tipo ribereño, con una extensión aproximada de 936,000 m², estructuralmente poco desarrollado (Castillero et al., 2023), con la capacidad de regenerarse de forma exitosa, gracias a su alta producción de semillas y propágulos, sin embargo, no escapa de amenazas asociadas a actividades antrópicas, como la deforestación, desechos de materia orgánica vertida de manera directa y retención de basura por las raíces de los árboles (Castillero, 2023; Alfaro-Sibaja et al., 2015; Valiela et al., 2013).

Estos ambientes forestales están repletos de especímenes, los cuales cada uno de ellos forman un elemento para conformar una compleja red de interacciones ecológicas, esto abre paso a la existencia de relaciones entre individuos, donde algunos se pueden ver beneficiados, perjudicados o sencillamente no son afectados (Hernández, 2017). Un ejemplo de estas es la herbivoría, que no es más que la interacción entre planta-herbívoro, que implica consumo de tejido vegetal como:

semillas, raíces, tallos, hojas, flores o frutos que aún se encuentran en el árbol (Silva et al., 2022).

Dentro de los manglares, los herbívoros desempeñan un papel muy importante en el ciclo de nutrientes y en la transferencia de energía a otros niveles tróficos, no obstante, la herbivoría puede perjudicar las capacidades de las plantas, los patrones de transferencia de nutrientes y de energía en las respectivas cadenas alimenticias, además de la diversidad de organismos dentro de las comunidades (Silva, 2014). Los mayores responsables de la actividad herbívora en manglares son los grupos de invertebrados de la clase Insecta, que dependen de las partes de las plantas para su crecimiento, desarrollo y reproducción, en relación a la función de la calidad de las hojas removidas, sin embargo, también existen crustáceos y gasterópodos que participan en la defoliación por herbivoría, los que causan daño a los propágulos y plántulas afectando gravemente la regeneración y distribución de las especies de manglar (Elster et al., 1999, Romero et al., 2006, Silva, 2014).

La magnitud de las afectaciones por herbivoría dependerá de la cantidad de tejidos consumidos (hojas, estructuras reproductivas y meristemas) (Dirzo, 1984; Coley et al., 1985). Estudios demuestran que la pérdida de cobertura foliar en los árboles por parte de los insectos herbívoros afecta el desempeño vegetativo y reproductivo, causando repercusiones ecológicas y evolutivas de las plantas, debido a la disminución de la disponibilidad de recursos. Estos, también, atacan a los órganos polinizadores lo que perjudica la calidad y cantidad del polen (Marquis, 1992; Murgas et al., 2010).

Sin embargo, algunos estudios demuestran que el impacto causado por los herbívoros es moderado (Schowalter et al., 1986, Tong et al. 2006, Romero, et al., 2006, Menezes y Peixoto, 2009) no obstante, existen casos de defoliación severa

causada por *Junonia evarete* (Lepidoptera), como el de la Ciénaga Grande de Santa Marta en la costa caribeña de Colombia, donde se tiene registro de que atacó gravemente al mangle *A. germinans*. Esta oruga cuenta con reportes de defoliación desde las costas de México hasta Brasil (Elster et al., 1999, Mehlig et al., 2005). Son muchas las amenazas que afrontan los bosques de manglar; y es por ello, que resalta la importancia de identificar los principales tipos de daños que causa la herbivoría; así como también, determinar los niveles de consumo entre las diferentes especies de mangle encontradas en el sitio de estudio; es relevante enfocarse en el punto de vista ecológico, ya que estas actividades de consumo herbívoro en altas concentraciones reduce las hojas de los árboles provocando pérdida de la productividad fotosintética, afecta el crecimiento y la diversidad en la composición de la comunidad ecológica (Silva, 2014). Razón por la cual se busca determinar, en este estudio, el impacto del daño foliar ocasionado por la herbivoría, en *Rhizophora mangle*, *Pelliciera rhizophorae*, *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans*, en el manglar de Pixvae, del golfo de Chiriquí, en el Pacífico panameño para determinar la salud ecológica o calidad ambiental del ecosistema.

Materiales y Métodos

Descripción del área de estudio

El manglar de Pixvae tiene un estimado de cobertura de mangle de 936, 000 m² y se encuentra ubicado entre las coordenadas UTM (17 P 436500 866500) - (17 P 437400 865000), se han identificado 5 de las 7 especies de mangle que se reportan para Panamá (ANAM-ARAP, 2013) las cuales son: *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa*, *Rhizophora*, *Conocarpus erectus*, *Pelliciera rhizophorae*, siendo este último el más dominante en esta área, encontrándose presente en sustratos consolidado (Castillero et al., 2023). Además, también, se reportan dos

especies asociadas al manglar, *Mora oleifera* (alcornoque) y *Acrostichum aureum* (helecho de manglar). El manglar está limitado en su parte frontal, hacia la bahía de Pixvae, por una formación arenosa (relinga) sobre la que se ubica el poblado y en su parte posterior, por áreas de cultivo y ganadería. Las fuentes de agua dulce la aportan los ríos De Mona y Pixvae y la única fuente de intercambio con el mar la constituye un pequeño canal en el extremo suroeste de la playa (Castillero et al., 2023).

El clima en la zona es tropical húmedo estacional de II orden, con un período seco muy marcado entre los meses de enero, febrero y marzo con < 60 mm de precipitación, clasificación que coincide con la caracterización (Aw) de Köppen. La temperatura media anual es de 27.1 °C, con un máximo en abril de 28 °C, y la mínima de 26.6 °C en enero (Rivera, 2022).

Diseño y procedimiento de muestreo

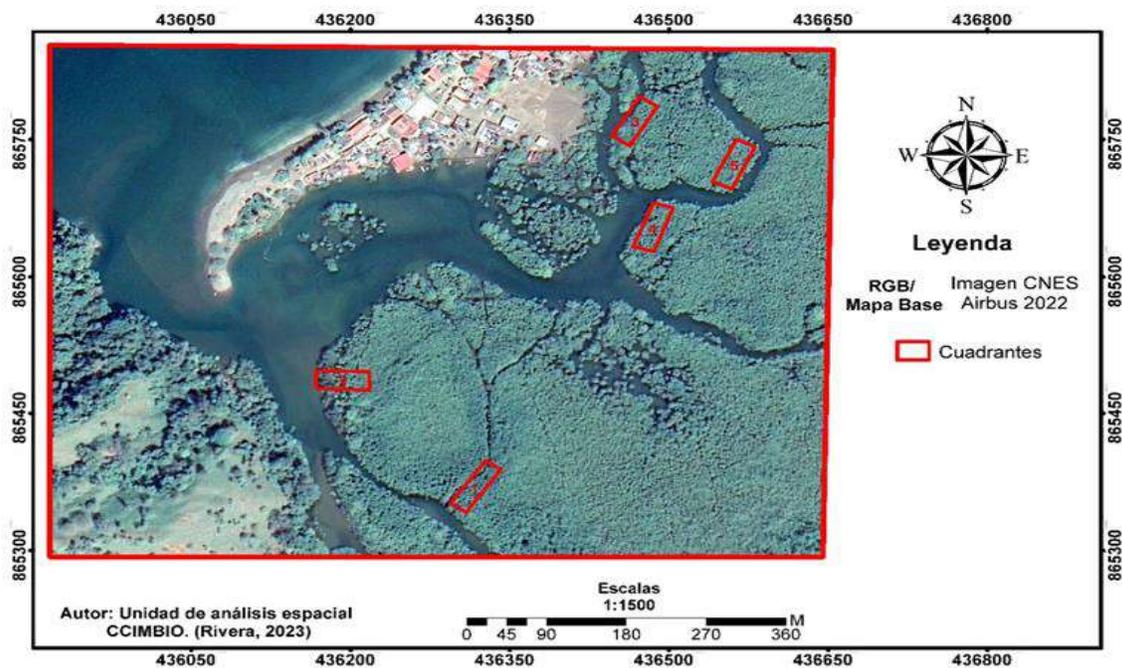
Entre los meses de junio, agosto y septiembre de 2022, además de enero y febrero de 2023, se realizaron giras con 5 días de duración, en donde se establecieron 5 unidades de muestreo de forma rectangular de 20 x 50 m (1,000 m²). Los cuadrantes dos y tres se ubicaron paralelos a la línea de costa y los cuadrantes 1, 4 y 5 hacia la parte más interna del manglar. Los vértices de cada cuadrante fueron georreferenciados con GPS (Figura 1).

Cada cuadrante se delimitó con hilo de fibra sintética y se inventariaron e identificaron taxonómicamente las especies de mangle presentes. Se muestrearon y analizaron, en total, 70 árboles, 32 de la especie *Pelliciera rhizophorae*, 12 de *Avicennia germinans*, 14 de *Laguncularia racemosa* y 12 de *Rhizophora mangle*. Se midió la altura de todos los árboles muestreados con un hipsómetro Forestry pro II marca Nikon, y la circunferencia a la altura del pecho para *Pelliciera rhizophorae*, *Avicennia germinans*, y *Laguncularia racemosa* y en el caso de *Rhizophora mangle*,

la medición se realizó 30 cm sobre la raíz aérea más alta (Kauffman et al., 2013). Posteriormente, este valor se transformó a diámetro (DAP) dividiéndolo por el valor de π (3.1416), como un estimador del tamaño.

Figura 1.

Cuadrantes utilizados para evaluar el área foliar removida en las especies de mangle R. mangle, P. rhizophorae, L. racemosa y A. germinans.



Fuente: Unidad de análisis espacial. (CCIMBIO).

Determinación de área foliar removida

Para determinar el impacto del daño foliar por herbivoría, se cuantificó el porcentaje de área foliar removida en las hojas, en los distintos estratos del dosel y en cada individuo, para tal fin, se realizó un muestreo sistemático en los tres estratos del dosel: bajo, medio y alto. Se colectaron 3 ramas secundarias de los distintos estratos del dosel, de las cuales se eligieron al azar 50 hojas maduras por estrato, para un total de 150 hojas por individuo. Las hojas colectadas fueron fotografiadas

y el porcentaje del área foliar removida fue calculado con la aplicación BioLeaf (Machado, et al., 2016, Ullah, et al., 2020).

Análisis estadísticos

Debido a que los datos obtenidos de porcentajes de área foliar removida no cumplieron con los supuestos de homogeneidad y de normalidad, los porcentajes fueron transformados al arcoseno (Zar, 2009). Una vez transformados, se realizó un análisis de Kruskal-Wallis y posteriormente, se usó la prueba de comparaciones múltiples por pares mediante el procedimiento de Dunn / Prueba bilateral, y la corrección de Bonferroni para ajustar el nivel de significancia para determinar diferencias entre grupos. También, se determinó el coeficiente de correlación de Pearson para asociar área foliar removida y las variables de crecimiento, altura y diámetro de los árboles analizados.

Resultados

Composición florística de los cuadrantes.

En 5 000 m², se identificaron e inventariaron cuatro especies de mangle: *Pelliciera rhizophorae* que representó el 96.6 %, *Avicennia germinans* el 0.78 %, *Laguncularia racemosa* el 14 % y *Rhizophora mangle* con el 1.48 %, lo que parece indicar que *Pelliciera rhizophorae* es la especie con mayor representatividad (Tabla 1).

Tabla 1.

Especies de mangle presentes en los cinco cuadrantes de 1000 m² analizados en el manglar de Pixvae. Datos tomados en los meses de junio, agosto y septiembre de 2022; enero y febrero de 2023.

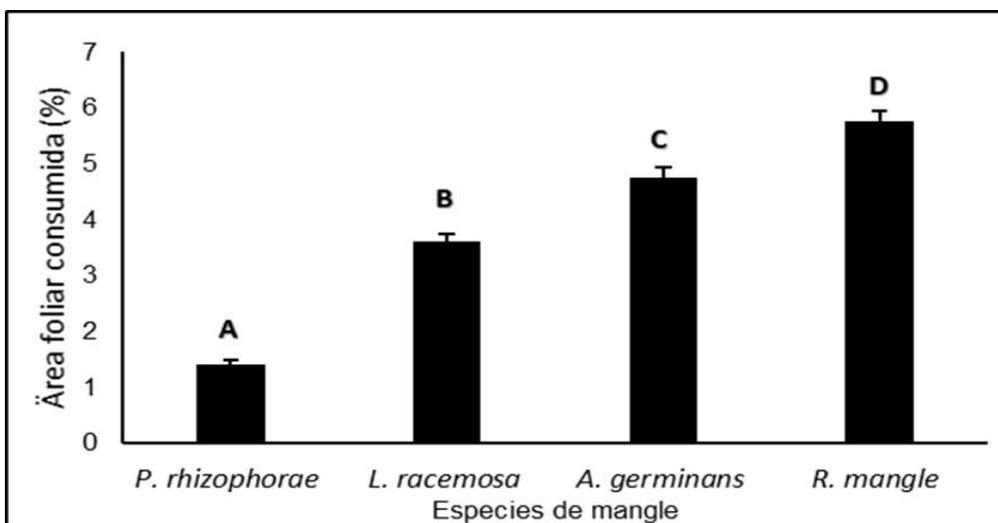
CUADRANTES	Especies de mangle			
	<i>P. rhizophorae</i>	<i>A. germinans</i>	<i>L. racemosa</i>	<i>R. mangle</i>
C-1	572	0	5	1
C-2	1271	25	59	1
C-3	1672	10	5	36
C-4	1443	7	4	57
C-5	1223	8	0	0
TOTAL	6181 (96.6 %)	50 (0.78 %)	73 (1.14 %)	95 (1.48 %)

Comparación entre especies

En total, se analizaron 70 árboles con una altura promedio de 5.37 ± 1.70 m. y de 13.78 ± 5.77 cm. de DAP, distribuidos de la siguiente manera: 32 de la especie *Pelliciera rhizophorae*, 12 de *Avicennia germinans*, 14 de *Laguncularia racemosa* y 12 de *Rhizophora mangle*. Las especies de mangle estudiadas presentaron diferencias significativas en los porcentajes de área foliar consumida por herbívoros (Kruskal-Wallis, $GL=3$, $p=0.0001$), con los valores promedios de área foliar consumida más bajos en *Pelliciera rhizophorae* ($1.40 \% \pm 3.08$) y valores más altos en *Rhizophora mangle* ($5.75 \% \pm 4.72$); *Avicennia germinans* ($4.76 \% \pm 4.43$), y *Laguncularia racemosa* ($3.61 \% \pm 3.72$), (Comparaciones múltiples por pares mediante el procedimiento de Dunn / Prueba bilateral: $p=0.0001$, Bonferroni: 0.0083). (Figura 2).

Figura 2.

Variación en los niveles totales de área foliar removida en las especies de mangle *Pellíciera rhizophorae*, *Avicenia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Rhizophora mangle*, ($\bar{x} \pm SEM$). Letras distintas indican las medias estadísticamente diferentes. (CM Dunn / Prueba bilateral: $p=0.0001$, Bonferroni: 0.0083).

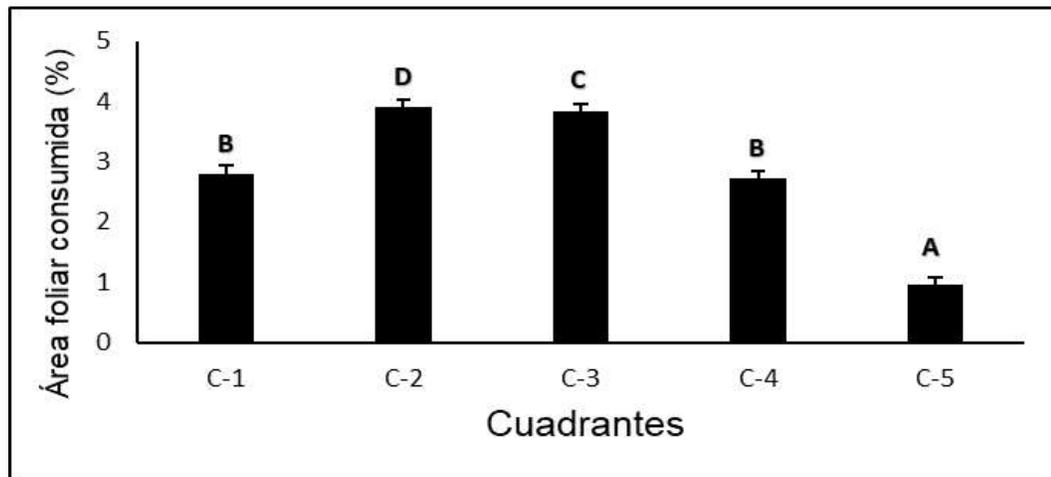


Comparación de área foliar removida entre cuadrantes

En los cinco cuadrantes estudiados, se encontraron diferencias significativas en los promedios totales de área foliar removida (Kruskal-Wallis, $GL=4$, $p=0.0001$), con los valores promedios más altos en los cuadrantes 2 y 3, de $3.9\% \pm 4.6$ y $3.8\% \pm 4.5$, respectivamente. (Comparaciones múltiples por pares mediante el procedimiento de Dunn / Prueba bilateral: $p=0.0001$, Bonferroni: 0.005). (Figura 3).

Figura 3.

Variación en los niveles totales de área foliar removida en los diferentes cuadrantes ($\bar{x} \pm SEM$). Letras distintas indican las medias estadísticamente diferentes. (CM Dunn / Prueba bilateral: $p=0.0001$, Bonferroni: 0.005).

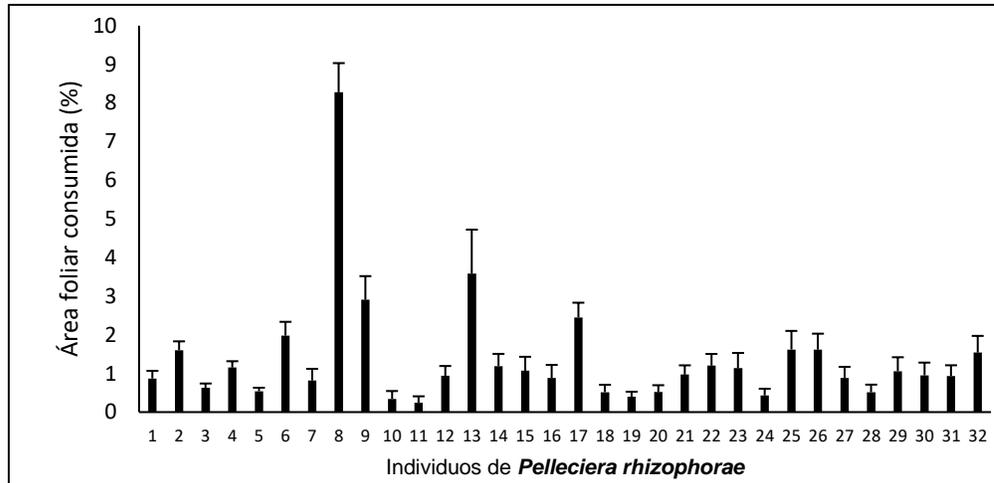


Patrones de herbivoría.

En relación con el porcentaje de área foliar removida, se encontraron diferencias significativas entre individuos de *Pelliciera rhizophorae* (Kruskal-Wallis, $GL=31$, $p=0.0001$), siendo el promedio de $1,40 \pm 3.08$ % de área foliar removida por hoja, en los 32 individuos de *P. rhizophorae* (Figura 4).

Figura 4.

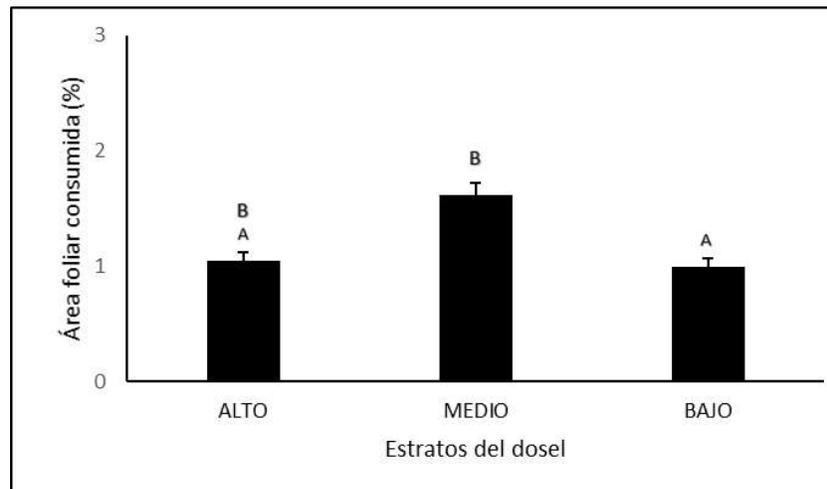
Variación individual en el porcentaje de área foliar removida en *Pelliciera rhizophorae*, ($\bar{x} \pm SEM$).



En los estratos del dosel de *Pelliciera rhizophorae*, se obtuvieron porcentajes de área foliar removida de 1.04 % \pm 3.1 para el estrato alto, de 1.62 % \pm 4.3 para el estrato medio y de 1.0 % \pm 2.8 para el estrato bajo. Se encontraron diferencias significativas en los niveles de consumo de área foliar por estrato (Kruskal-Wallis, $GL=2$, $p=0.0010$), siendo mayor en el estrato medio y menor en el estrato bajo. (Comparaciones múltiples por pares mediante el procedimiento de Dunn / Prueba bilateral: $p=0.004$, Bonferroni: 0.0167) (Figura 5).

Figura 5.

Variación en los porcentajes de área foliar removida en los estratos del dosel de *Pelliciera rhizophorae*, ($\bar{x} \pm SEM$). Letras distintas indican las medias estadísticamente diferentes. (CM procedimiento de Dunn / Prueba bilateral: $p=0.004$, Bonferroni: 0.0167).



En *Avicennia germinans*, se encontraron diferencias significativas entre los individuos y el porcentaje de área foliar removida (Kruskal-Wallis, $GL=11$, $p=0.0001$), siendo el promedio de 3.65 ± 3.73 del área foliar removida por hoja, en los 12 individuos analizados (Figura 6). En los estratos del dosel *A. germinans* presentó porcentajes de área foliar removida de 3.49 ± 5.17 para el estrato alto, de 3.16 ± 4.41 para el estrato medio y de 4.25 ± 5.94 para el estrato bajo. Se encontraron diferencias significativas en los niveles de consumo de área foliar por estrato (Kruskal-Wallis, $GL=2$, $p=0.019$), siendo mayor en el estrato bajo. (Comparaciones múltiples por pares mediante el procedimiento de Dunn / Prueba bilateral: $p=0.008$, Bonferroni: 0.0167), (Figura 7).

Figura 6.

Variación individual en los niveles de área foliar removida en *Avicennia germinans*, ($\bar{x} \pm SEM$).

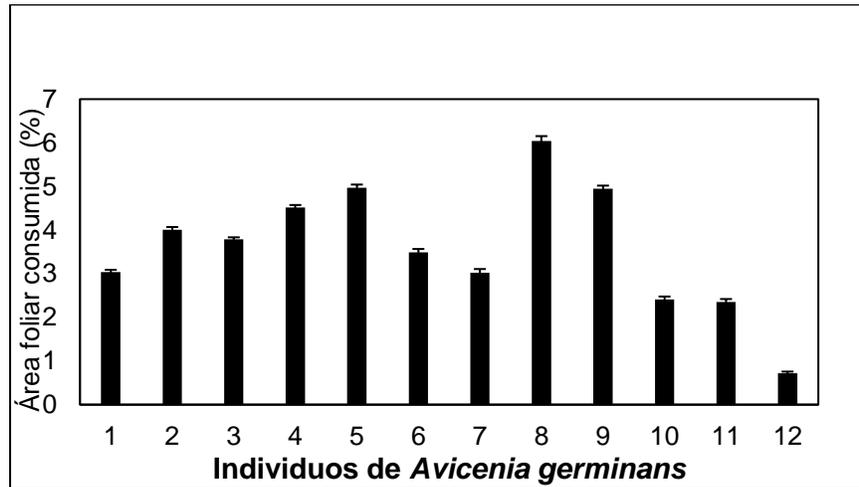
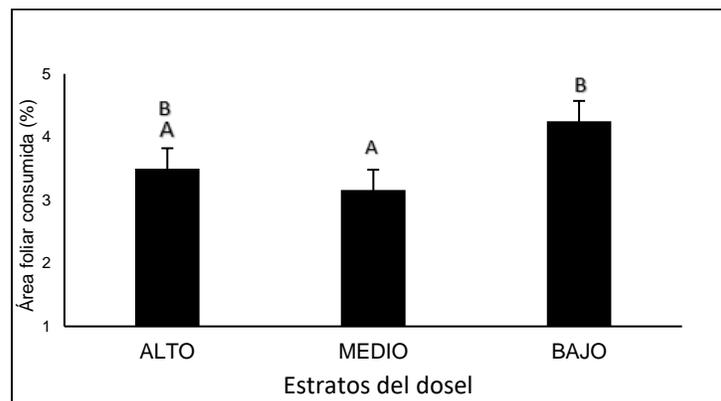


Figura 7.

Variación en los niveles de área foliar removida en los estrados del dosel de *Avicennia germinans*. ($\bar{x} \pm SEM$). Letras distintas indican las medias estadísticamente diferentes. (CM procedimiento de Dunn / Prueba bilateral: $p=0.008$, Bonferroni: 0.0167).



En *Laguncularia racemosa*, se encontraron diferencias significativas entre los individuos y el porcentaje de área foliar removida (Kruskal-Wallis, $GL=13$, $p=0.0001$), siendo el promedio de 4.75 ± 4.43 % del área foliar removida por hoja, en los 14 individuos analizados (Figura 8). En los estratos del dosel *L. racemosa* presentó porcentajes de área foliar removida de 4.27 ± 5.79 para el estrato alto, de 3.98 ± 5.81 para el estrato medio y de 5.55 ± 6.93 para el estrato bajo. Se encontraron diferencias significativas en los niveles de consumo de área foliar por estrato (Kruskal-Wallis, $GL=2$, $p=0.0001$). Siendo mayor para el estrato bajo. (Comparaciones múltiples por pares mediante el procedimiento de Dunn / Prueba bilateral: $p=0.0001$, Bonferroni: 0.0167), (Figura 9).

Figura 8.

Variación individual en los niveles de área foliar removida en *Laguncularia racemosa*, ($\bar{x} \pm SEM$).

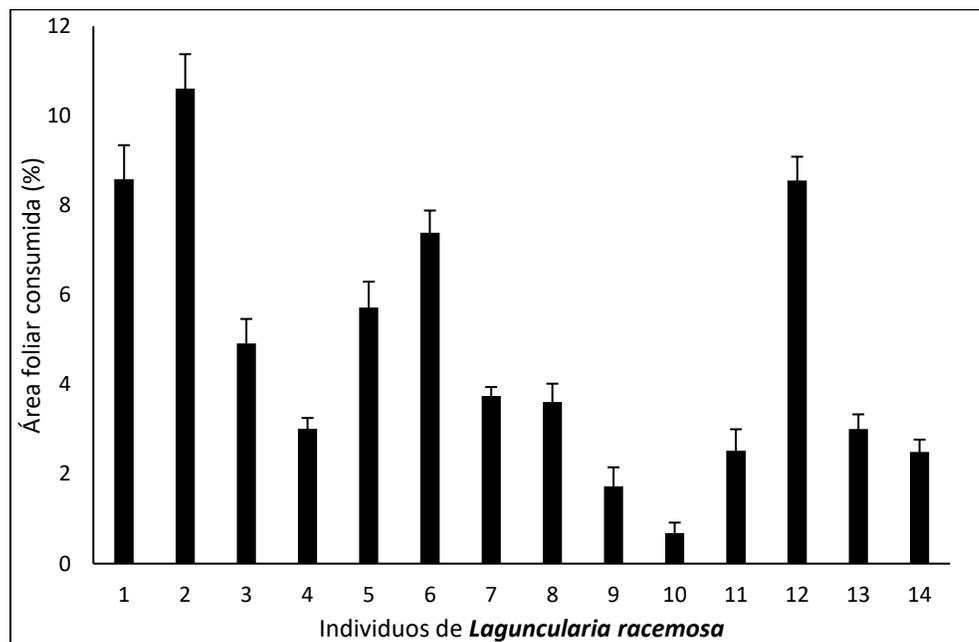
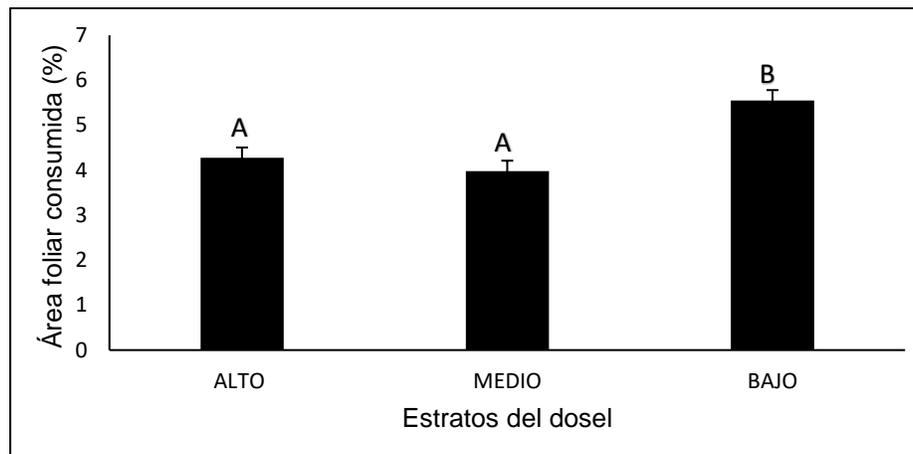


Figura 9.

Variación en los niveles de área foliar removida en los estrados del dosel de *Laguncularia racemosa*, ($\bar{x} \pm SEM$). Letras distintas indican las medias estadísticamente diferentes. (CM procedimiento de Dunn / Prueba bilateral: $p=0.0001$, Bonferroni: 0.0167).



En *Rhizophora mangle*, se encontraron diferencias significativas entre los individuos y el porcentaje de área foliar removida (Kruskal-Wallis, $GL=11$, $p=0.0001$), siendo el promedio de 5.83 ± 4.74 % del área foliar removida por hoja, en los 12 individuos analizados (Figura 10). En los estratos del dosel *R. mangle*, presentó porcentajes de área foliar removida de 4.66 ± 5.91 para el estrato alto, de 6.13 ± 6.80 para el estrato medio y de 6.32 ± 7.40 para el estrato bajo. Se encontraron diferencias significativas en los niveles de área foliar removida por estrato (Kruskal-Wallis, $GL=2$, $p=0.0001$). Siendo mayor para los estratos medio y

bajo. (Comparaciones múltiples por pares mediante el procedimiento de Dunn / Prueba bilateral, $p=0.0001$, Bonferroni= 0.0167), (Figura 11).

Figura 10.

*Variación individual en los niveles de área foliar removida por insectos folívoros en *Rhizophora mangle*, ($\bar{x} \pm SEM$).*

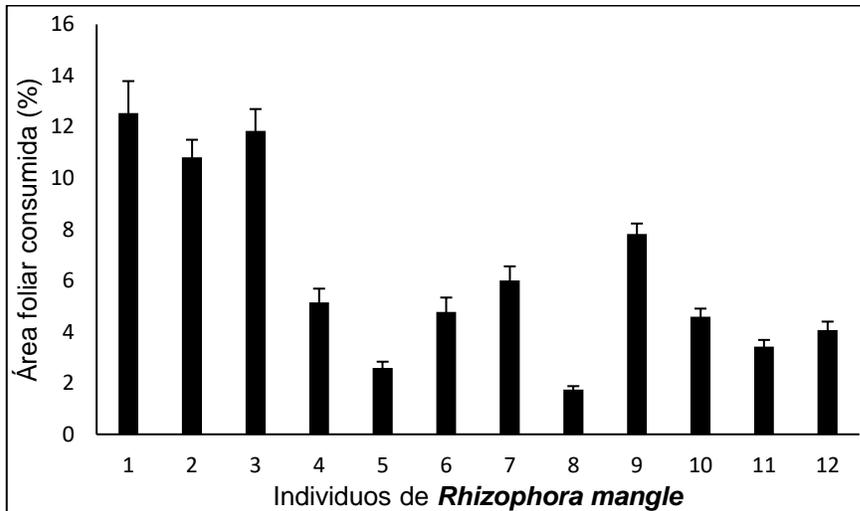
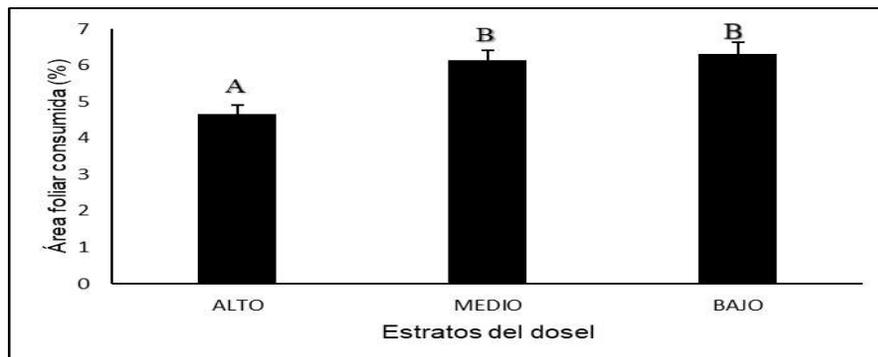


Figura 11.

*Variación en los niveles de área foliar removida en los estrados del dosel de *Rhizophora mangle*, ($\bar{x} \pm SEM$). Letras distintas indican las medias estadísticamente diferentes. (CM procedimiento de Dunn / Prueba bilateral: $p=0.0001$, Bonferroni: 0.0167).*



Correlación entre el promedio de área foliar removida y las variables de crecimiento.

El análisis de correlación de Pearson entre el promedio de área foliar removida en las especies de mangle estudiadas y las variables de crecimiento altura y diámetro del tallo, mostró que no existe correlación en las especies de *P. rhizophorae* ($r = -0.168$, $p = 0.358$ para la altura y de $r = 0.069$, $p = 0.708$ para el diámetro), *A. germinans* ($r = -0.411$, $p = 0.188$ para la altura y de $r = -0.216$, $p = 0.708$ para el diámetro) y *L. racemosa* ($r = -0.338$, $p = 0.237$ para la altura y de $r = -0.435$, $p = 0.120$ para el diámetro). Lo que asegura que en el momento del análisis el porcentaje de área foliar removida no afecta las variables de crecimiento en estas especies. Mientras que, en *R. mangle* existe correlación entre el promedio de área foliar removida y la variable de crecimiento altura ($r = -0.646$ $p = 0.023$), lo que asegura que en el momento del análisis el porcentaje de área foliar removida solamente afectó a la variable altura en *R. mangle*.

Discusión

Composición florística de los cuadrantes

Castillero et al., 2023, en el manglar de Pixvae, en un área de 4 200 m², identificaron cinco especies de mangle: *Pelliciera rhizophorae* que representó el 85 % de los individuos, *Avicennia germinans* 8 %, *Laguncularia racemosa* 4 %, *Rhizophora mangle* 2.93 %, adicionalmente fuera de los transectos utilizados, identificaron a *Conocarpus erectus*, y dos especies asociadas al manglar, *Mora oleifera* y *Acrostichum aureum*. De las especies de manglar identificadas determinaron que *P. rhizophorae* es la especie dominante. En el presente estudio, en 5 000 m², se identificaron cuatro especies de mangle: *P. rhizophorae* que representó el 96.6 % de los individuos, *A. germinans* el 0.78 %, *L. racemosa* el 14 % y *R. mangle* con el

1.48 %, lo que parece indicar que *P. rhizophorae* es la especie con mayor representatividad en el manglar de Pixvae.

Comparación entre especies

En el presente estudio, se obtuvieron valores promedios de área foliar removida más bajos en *Pelliciera rhizophorae* (1.40 %) y valores más altos en *Rhizophora mangle* (5.75 %); *Avicennia germinans* (4.76 %), y *Laguncularia racemosa* (3.61 %). Romero, et al., (2006) en un estudio en la costa pacífica colombiana, obtienen los niveles de consumo foliar más bajos en *P. rhizophorae* (2.1 %), y *Rhizophora sp.* (2.3 %) y valores más altos en *A. germinans* (4.9 %) y *L. racemosa* (4.7 %), resultados muy parecidos a los encontrados en este estudio.

Erickson, et al., (2003), en un estudio de la herbivoría del cangrejo de manglar (*Aratus pisonii*), en la bahía de Tampa, demostraron que existen mayores diferencias significativas en el porcentaje de hojas dañadas de *R. mangle*, en comparación que *A. germinans* y *L. racemosa*, lo que coincide con nuestro estudio. En Costa Rica, (Beever, et al., 1979), observaron daño foliar probablemente causados por *A. pisonii* en *A. germinans*, *L. racemosa* y *R. mangle* excepto en *P. rhizophorae*, que en el presente estudio presentó el menor porcentaje de área foliar removida. Romero, et al., (2006) encontraron que las especies con hojas con mayor dureza como *Rhizophora sp.* y *P. rhizophorae* presentaron los porcentajes promedios de área foliar removida más bajos, mientras que las hojas con menos dureza tuvieron los porcentajes más altos como *L. racemosa* y *A. germinans*. Es probable que entre los factores responsables de las diferencias observadas en el área foliar removida entre las especies de mangle, sea la dureza y contenido químico de las hojas (Romero, et al., 2006; Coley, 1987).

En el presente estudio, el área foliar removida no sobrepasa el 10 %. Este porcentaje, aunque bajo, es comparable con lo encontrado por Romero, et al.,

(2006) en manglares de Costa Pacífica colombiana, con un promedio de área foliar removida inferior al 10 %, y Menezes y Peixoto (2009) en el manglar de la bahía de Sepetiba, Río de Janeiro con un porcentaje de área foliar por herbivoría de 8.8 %. Gómez-García et al., 2015 encontraron en *A. germinans*, en Tabasco, México, un daño foliar mínimo de 1 a 19 %. Citrón et al., (1978) plantean que en los sitios donde el manglar está tensionado, por factores abióticos, pueden presentar aumentos en el daño foliar y en relación a este planteamiento Menéndez et al., (2006), consideran que los niveles de daño foliar es una medida aceptable de la salud del manglar.

Los porcentajes de área foliar removida en el presente estudio no constituye una amenaza al manglar de Pixvae, considerando que el área foliar removida no supera el 10% (Schowalter et al., 1986, Tong et al., 2006), lo que indica que el manglar no presenta ninguna tensión por la herbivoría y tiene un estado aceptable de la salud ecológica o calidad ambiental (Camejo, et al., 2013), producto de la relación entre la calidad ambiental y la defensa de las plantas contra la herbivoría (Tong et al., 2006).

Comparación de área foliar removida entre cuadrantes.

Las especies de mangle *Pelliciera rhizophorae*, *Avicenia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Rhizophora mangle*, mostraron diferencias significativas en el porcentaje de área foliar removida en los diferentes cuadrantes, también se encontró, diferencias significativas entre los diferentes cuadrantes con el mayor porcentaje de área foliar removida en los cuadrantes dos y tres. Romero et al., (2006) demostraron que la condición del bosque, el grado de intervención y la zona del manglar donde se encuentran los árboles son los principales factores que determinan la tasa y el tipo de consumo que sufren las especies. Según, Tong et al., (2006), las diferencias en la intensidad de la herbivoría, dentro de un manglar,

se relaciona con la química y la calidad de las hojas, lo que explicaría las diferencias entre sitios en la susceptibilidad al ataque de herbívoros.

Patrones de herbivoría en los estratos del dosel.

En relación con el área foliar removida en los estratos del dosel, se encontró que hojas de los estratos medio y bajo, presentaron los mayores niveles de área foliar removida y menores niveles en el estrato alto. Herrera et al., (2007) estudiaron los patrones de herbivoría en *Avicennia germinans* y encontraron en el estrato superior mayores niveles de herbivoría y menores concentraciones de compuestos nutricionales. Según los autores, la calidad nutricional de la hoja no explica los niveles de consumo foliar en el estrato superior en *A. germinans*. El patrón general, encontrado por Lowman, (1985), muestra que las hojas expuestas al sol sufren un menor daño que las hojas de los estratos más bajos, posiblemente hojas de sombra son más apetecibles, por los herbívoros.

Área foliar removida y las variables de crecimiento (altura y diámetro del tallo)

El área foliar removida no estuvo correlacionada con las variables de crecimiento (altura y diámetro del tallo), durante el período de estudio en *Pelliciera rhizophorae*, *Avicennia germinans*, y *Laguncularia racemosa*, por lo que no se puede asegurar que el daño foliar ocasionado afecte las variables de crecimiento en estas especies, a excepción de *R. mangle* que fue la única especie que registró una relación perjudicial, ya que dio como resultado un coeficiente de correlación de $r = -0.646$ $p=0.023$ para altura, lo que indica que daño foliar provocado está limitando el crecimiento del tallo como lo indica (De la Cruz et al., 2002, Campos, 2001).

Conclusiones

El impacto del daño foliar ocasionado por herbivoría en las especies de mangle *Pelliciera rhizophorae*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y

Rhizophora mangle, en el manglar de Pixvae, no constituye una amenaza, considerando que el área foliar removida, no supera el 10%, lo que indica que el manglar no presenta ninguna tensión por la herbivoría, y tiene un estado aceptable de salud ecológica o calidad ambiental.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Secretaria Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación de Panamá (SENACYT), a Conservación Internacional con el apoyo de la iniciativa Blue Action Fund y de manera muy especial, a la participación de profesores, estudiantes de tesis y, en general, a todo el grupo de trabajo del Centro de Capacitación, Investigación y Monitoreo de la Biodiversidad en el Parque Nacional Coiba, (CCIMBIO-COIBA), del Centro Regional Universitario de Veraguas, Universidad de Panamá.

Referencias Bibliográficas

- Alfaro-Sibaja, L., Barquero-Salgado, D., Fonseca, A., Montoya-Solano, R. A., Morales-Cerdas, V., y Ramírez-Arce, D. (2015). Estructura y composición vegetal del manglar Palo Seco, Quepos, Costa Rica. *Cuadernos de Investigación UNED*, Vol. 7(2), 325-332.
<https://repositorio.una.ac.cr/handle/11056/26534>
- ANAM-ARAP. Autoridad Nacional del Ambiente y Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá. (2013). Manglares de Panamá: importancia, mejores prácticas y regulaciones vigentes. Panamá: Editora Novo Art, S.A. pág.72
- Beever, J. W., Dimberloff, D. y King, L. (1979). Herbivory and predation by the mangrove tree crab *Aratus pisonii*. *Oecología*. Vol.(43): 317-328.
<https://www.jstor.org/stable/4215967>

- Camejo, J. A., Cobián, D., Izquierdo, K., Linares, J. L., y Varela, R. (2013). Acercamiento al estado de salud del ecosistema de manglar de la franja norte en la Reserva de la Biosfera Península de Guanahacabibes, Cuba. *ECOVIDA*. Vol.(4)2: 36 – 52.
<https://revistaecovida.upr.edu.cu/index.php/ecovida/article/view/57/102>.
- Campos-Chinchilla, E., (2001). Efectos de la concentración de taninos en la herbivoría de *junonia evarete* (Ord: lepidóptera: nymphalidae) durante el crecimiento de propágulos y plántulas de manglar en la ciénaga grande de Santa Marta, Caribe colombiano. Tesis de grado. Pontificia Universidad Javeriana. Santafé de Bogotá. Colombia.
<https://centrodocumentacion.invemmar.org.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=2856>.
- Castillero, R. G., Vega, A. J., Robles, Y. A. y Rivera, J. (2023). Caracterización geomorfológica, florística y estructural del manglar en la costa de Pixvae, golfo de Chiriquí, Pacífico de Panamá, *Revista Tecnociencia*, 25(1):209–229.
- Citrón, G., Lugo, A. E., Pool, D. J. y Morris, G. (1978). Mangroves of arid environments in Puerto Rico and adjacent islands. *Biotropica*, Vol (10):2, 110-121. <https://doi.org/10.2307/2388013>.
- Coley, P. D., Bryant, J. P., y Chapin, F. S. (1985). Resource availability and plant anti herbivore defense. *Sáciense*, 230(4728), 895-899.
<https://doi.org/10.1126/science.230.4728.895>.
- Coley, P.D. (1987). Patrones en las defensas de las plantas: ¿por qué los herbívoros prefieren ciertas especies? *Rev. Biol. Trop.* Vol. 35 (Supl. 1): 151-164. <https://collections.lib.utah.edu/details?id=703781>
- De la Cruz, A. R., Ocaña, G. L., y Trejo, H. H. (2002). Evaluación preliminar de los efectos de la inundación y la herbivoría sobre plántulas de mangle. *Universidad y Ciencia*, Vol. 36(18), 135-139.
<https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=15403605>.

- Díaz-Gaxiola, J. M. (2011). Una revisión sobre los manglares: características, problemáticas y su marco jurídico. Importancia de los manglares, el daño de los efectos antropogénicos y su marco jurídico: caso sistema lagunar de Topolobampo. Ra Ximhai: *Revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible*, Vol. (7):3, 355-369.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46121063005>.
- Dirzo, R. (1984). Insect-plant interactions: some ecophysiological consequences of herbivory. In *Physiological ecology of plants of the wet tropics: Proceedings of an International Symposium Held in Oxatepec and Los Tuxtlas, Mexico*, (pp. 209-224). Springer Netherlands.
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-009-7299-5_15.
- Elster, C., Perdomo, L., Polanía, J., y Schnetter, M. L. (1999). Control of *Avicennia germinans* recruitment and survival by *Junonia evarete* larvae in a disturbed mangrove forest in Colombia. *Journal of Tropical Ecology*, 15(6), 791-805.
<https://doi.org/10.1017/S0266467499001182>.
- Erickson, A. A., Saltis, M., Bell, S.S. y Dawes C.J. (2003). Herbivore feeding preferences as measured by leaf damage and stomacal ingestion: a mangrove crab example. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 289: 123-138.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0022-0981\(03\)00039-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-0981(03)00039-X).
- Gómez-García, E., Soto-Estrada, A., Sol-Sánchez, A., Pérez-Vázquez, A., Sánchez-Soto, S. y Octavio Ruíz-Rosado, O. (2015). Daño foliar ocasionado por la herbivoría en árboles de mangle negro (*Avicennia germinans* L.) en Tabasco, México. *Fitosanidad*, Vol. 19(3):213-219.
<https://www.redalyc.org/pdf/2091/209150672003.pdf>
- Hernández-López, M. (2017). Herbivoría y estructura genética de *Rhizophora mangle* en la costa de Chiapas. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. México.
<https://hdl.handle.net/20.500.12753/440>

- Herrera, J., Maldonado-López, Y., Mendoza-Cuenca, L. F., y Cuevas-Reyes, P. (2007). Patrones de herbivoría en *Avicennia germinans*: Importancia de la defensa química y la calidad nutricional. *Revista Biológicas*. No. 9 (1): 72-80.
https://www.researchgate.net/publication/278026676_Patrones_de_herbivor%C3%ADa_en_Avicennia_germinans_Importancia_de_la_defensa_qu%C3%ADmica_y_la_calidad_nutricional#fullTextFileContent.
- Kauffman, J. B., Donato, D. C., y Adame, M. F. (2013). Protocolo para la medición, monitoreo y reporte de la estructura, biomasa y reservas de carbono de los manglares. Documento de Trabajo 117. Center for International Forestry Research. Bogor Barat 16115, Indonesia.
<https://doi.org/10.17528/cifor/004386>
- Lowman, M. D. (1985). Temporal and spatial variability in insect grazing of the canopies of five Australian rainforest tree species. *Australian Journal of Ecology* (10): 7-24. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1985.tb00859.x>
- Machado, B. B., Orue, J., M., Arruda, M. S., Santos, C. V., Goncalves, W. N., Rodrigues-Jr, J. F., Sarath, Silva, G. G., Pistori, H., Roel, A. R. (2016). BioLeaf: A professional mobile application to measure foliar damage caused by insect herbivory. *Journal computers and electronics in agriculture*. Vol. (129): 44-55 <https://doi.org/10.1016/j.compag.2016.09.007>
- Marquis, R. J. (1992). A Bite is a Bite is a Bite? Constraints on response to folivory in *Piper arieianum* (Piperaceae). *Ecology*, Vol. (73):1, 143-152.
<https://doi.org/10.2307/1938727>
- Mehlig, U., y de Menezes, M. P. (2005). Mass defoliation of the mangrove tree *Avicennia germinans* by the moth *Hyblaea puera* (Lepidoptera: Hyblaeidae) in Equatorial Brazil. *Ecotropica*, 11, 87-88.
- Menéndez, L., Guzmán, J. M., Capote-Fuentes, R. T., Rodríguez, L., González, A. V. y Gómez, R. (2006). Salud del ecosistema de manglar en el Archipiélago Sabana Camagüey: patrones y tendencias a escala de paisaje. En L. Menéndez y J. M. Guzmán (Eds.), *Ecosistema de manglar en el archipiélago cubano: estudios y experiencias enfocados a su gestión* (pp. 276-283). Editorial La Academia, La Habana, Cuba.

- Menezes, L. F. T., y Peixoto, A. L. (2009). Leaf damage in a mangrove swamp at Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Brazilian Journal of Botany*, Vol. (32):4, 715-724. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042009000400010>
- Murgas, A. S., Barrios, H. E., y Luna, I. G. (2010). Herbivoría por insectos en cuatro especies de plantas maderables nativas en Sardinilla, provincia de Colón, Panamá. *RevistaTecnociencia*, Vol.(12):1, 65-75. <https://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/view/880/748>
- Rivera, J. (2022). Teoría y métodos para la práctica de la Geografía Física: Estudio de casos - Panamá. Colombia. Ed. Novo Art, S.A.
- Romero, I. C.; Cantera, J. R. y Peña, E. J., (2006). Consumo de hojas por herbívoros en manglares del estuario del Río Dagua, Costa Pacífica Colombiana. *Rev. Biol.* Vol. (54):4, 1205-1214. <https://www.scielo.sa.cr/img/en/iconPDFDocument.gif>
- Schowalter, T. D., Hargrove, W. W. y Crossley, D. A. (1986). Herbivory in forested ecosystems. *Annual Review of Entomology*. 31:177–196.
- Silva, R. J. R., y Maia, R. C. (2022). Herbivoria foliar em um bosque de mangue no Ceará, Brasil. *Ciencia Florestal*, 32(1), 122–140. <https://doi.org/10.5902/1980509843456>
- Silva, W. A. (2014). Danos foliares por herbivoría em florestas de mangue em três estuários do estado da Paraíba. Tesis de Maestría. Universidad Federal de Paraíba. Brazil. <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/7618>
- Tomlinson, P. B. (2016). The botany of mangroves. Cambridge University Press. Pp. 413. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139946575>
- Tong, Y.F., Lee, S.Y. y Morton, B. (2006). The Herbivore Assemblage, Herbivory and Leaf Chemistry of the Mangrove *Kandelia obovata* in Two Contrasting Forests in Hong Kong. *Wetlands Ecol Manage* 14, 39–52. <https://doi.org/10.1007/s11273-005-2565-0>.
- Ullah, M. I., Arshad, M., Sajjad Ali, S., Abdullah, A., Khalid, S., Aatif, H. M., Zahid, S. M. A., Muhammad Afzal, M., y Molina-Ochoa, J. (2020). Using Smartphone Application to Estimate the Defoliation Caused by Insect Herbivory in Various Crops. *Pakistan J. Zool.*, vol. 52(3):1129-1135. <https://dx.doi.org/10.17582/journal.pjz/20180721120723>.

- Valiela, I., Giblin, A., Barth-Jensen, C., Harris, C., Stone, T., Fox, S., y Crusius, J. (2013). Nutrient gradients in Panamanian estuaries: effects of watershed deforestation, rainfall, upwelling, and within-estuary transformations. *Marine Ecology Progress Series*, 482, 1-15. DOI: <https://doi.org/10.3354/meps10358>
- Valle, A. G., Osorno-Arango, A. M., y Gil-Agudelo, D. L. (2011). Estructura y regeneración del bosque de manglar de la ciénaga de Cholón, Isla Barú, Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo, Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR*, 40(1), 115-130. <http://boletin.invemar.org.co/ojs/index.php/boletin/article/view/105/101>
- Valverde-Sánchez, R., González-Gairaud, C., Piedra-Castro, L. M., y García-González, J. E. (2016). Vulnerabilidad y adaptabilidad al ascenso del nivel del mar humedales y poblaciones costeras: el manglar del Humedal Nacional Terraba-Sierpe de Osa, Costa Rica. *Revista En Torno a la Prevención*, No. (16) 7-16. <https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/21696/Vulnerabilidad%20y%20adaptabilidad.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vega, A., Smith, O., y Morán, M. (2007). Diagnóstico del Estado Actual de los Manglares, su Manejo y su Relación con la Pesquería en Panamá: Análisis de la relación existente entre las poblaciones de fauna marina de importancia económica con las variables socioeconómicas y biofísicas del ecosistema del bosque de manglar, en la República de Panamá. Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe. pp.94
- Zar, J. H. (2009). *Biostatistical analysis*. ed. 5ta. New Jersey, USA

EVALUACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICIENTES EN LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA DE MAÍZ

EVALUATION OF EFFICIENT MICROORGANISMS IN THE PRODUCTION OF CORN BIOMASS

Wilcox Cuervo, Franklin Eduardo

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Los Santos, Laboratorio Especializado de Análisis de Suelo y Tejido Foliar, Panamá

Autor de correspondencia: franklin.wilcox@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0001-8617-3137>

Urriola, Janeth Del Carmen

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Los Santos, Laboratorio Especializado de Análisis de Suelo y Tejido Foliar, Panamá

janeth.urriola@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0001-8004-7041>

Recepción
17/01/2024

Aprobación
21/04/2024

DOI: <https://doi.org/10.48204/j.scientia.v34n2.a5331>

Resumen

El objetivo principal de esta investigación fue evaluar el efecto de *Rhizophagus irregularis* y *Azospirillum brasilense* en la producción de biomasa de maíz. Realizada en la Finca Aranda, Corregimiento de Pocrí, Distrito de Pocrí, Provincia de los Santos, en época seca. Se evaluaron cuatro tratamientos Testigo, Bacteria, Micorriza y Bacteria/Micorriza. Implementando un diseño de boques completos al azar (DBCA), con cuatro tratamientos y cinco bloques o repeticiones. Como resultado se obtuvo que: Estadísticamente, se acepta la hipótesis nula (H₀), ya que, no existió diferencia significativa a nivel 0.05 en los parámetros rendimiento y bromatología. A pesar de esto, es importante considerar el análisis económico, donde se observa una marcada diferencia en el ingreso por hectárea, relación costo/beneficio y el porcentaje de rentabilidad. Cabe destacar que, el mayor rendimiento en época seca (18.44 t) en biomasa obtenido para el tratamiento bacteria/micorriza dista considerablemente del reportado (35 t) por Wilcox y Rivera (2021) en época

de lluvia. Los valores del análisis bromatológico se presentan relativamente estables con respecto a lo descrito por Gingis, (2013) y Demanet (2019). Concluyendo que, económicamente, es recomendable el uso de *Rhizophagus irregularis* y *Azospirillum brasilense* en la producción de biomasa de maíz. De este ensayo se desprenden nuevas líneas de investigación como: aplicar la tecnología planteada y evaluar los resultados en la época de lluvia y la comparación de distintos niveles de abonamiento combinados con biofertilizantes.

Palabras clave: Análisis económico, bromatología, periodo seco, rendimiento.

Abstract

The main objective of this research was to evaluate the effect of *Rhizophagus irregularis* and *Azospirillum brasilense* on corn biomass production. Made at the Aranda Farm, Pocrí District, Pocrí District, Los Santos Province, in the dry season. Four treatments were evaluated: Control, Bacteria, Mycorrhiza and Bacteria/Mycorrhiza. Implementing a randomized complete block design (DBCA), with four treatments and five blocks or repetitions. As a result, it was obtained that: Statistically, the null hypothesis (Ho) is accepted, since there was no significant difference at the 0.05 level in the parameters performance and food science. Despite this, it is important to consider the economic analysis, where a marked difference is observed in income per hectare, cost/benefit ratio and percentage of profitability. It should be noted that the highest yield in the dry season (18.44 t) in biomass obtained for the bacteria/mycorrhiza treatment is considerably different from that reported (35 t) by Wilcox and Rivera (2021) in the rainy season. The values of the bromatological analysis are relatively stable with respect to what is described by Gingis, (2013) and Demanet (2019). Concluding that, economically, the use of *Rhizophagus irregularis* and *Azospirillum brasilense* in the production of corn biomass is advisable. New lines of research emerge from this trial, such as: applying the proposed technology and evaluating the results in the rainy season and the comparison of different levels of fertilization combined with biofertilizers.

Keywords: Economic analysis, food science, dry period, performance.

Introducción:

El mayor crecimiento de la población a nivel mundial hace necesario que nuestros países cada día realicen esfuerzos tendientes a lograr una mayor producción y productividad de carne vacuna y de leche para satisfacer la demanda creciente por estos productos. Para lograr este objetivo, los países deben elaborar y desarrollar políticas y estrategias para reducir la brecha entre la oferta y la demanda de estos productos (Gálvez, et al. 2009, p. 9).

En el sitio de pesquisa de acuerdo con Rivera (2021), los climas estacionales presentan un marcado periodo lluvioso (total de meses con precipitación >50mm), y seco (total de meses con precipitación <50mm); en consecuencia, en la península de Azuero cuando los vientos alisios del NE y ENE invaden el pacífico panameño, dará inicio el periodo seco que se extiende de enero – abril (ver figura 1).

En el caso de la ganadería, se debe lidiar con la estacionalidad en las sabanas, donde el recurso forrajero es mayor en algunas épocas del año que en otras. Es decir, la producción de materia seca no es continua, como el consumo de las vacas. Por lo tanto, la conservación del forraje es esencial para poder alimentar todo el año a las vacas. Uno de los recursos más utilizados es el ensilaje de maíz (Muñoz, 2020).

Por otro lado, en Panamá, anualmente se consumen unos 480 millones de litros (L) de leche entre fluida y diversos productos lácteos nacional e importada, siendo la producción panameña de unos 180 millones de litros y el consumo per cápita está por 120 L (MIDA, 2021).

Sin lugar a duda, los datos citados, confirman la importancia que tiene el sector pecuario en el desarrollo socioeconómico del país. Por tal razón, y en aras de colaborar con procedimientos y técnicas agrícolas que faciliten la manutención alimentaria del ganado (durante el periodo seco); la investigación procura ofrecer resultados que le permitan a los productores asegurar su alimento y disminuir los costos de producción. Según Muñoz (2020), uno de los aspectos más relevantes y de mayor impacto en el costo de la producción animal, es la alimentación. Más del 65 por ciento (%), aproximadamente de los costos se asocian a este factor, por ende, un manejo eficiente de estos recursos es fundamental a la hora de lograr una óptima rentabilidad en el negocio, ya sea en producción lechera o cárnica.

El origen del ensilaje de forrajes se remonta a una noticia histórica, documentada en los anales de la Universidad de Agricultura de Young en 1786, referido al artículo del profesor John Symonds, de la Universidad de Cambridge; que discute estudios realizados en Italia, en los cuales, se emplean hojas para alimentación del ganado (Valencia, et al. 2011).

El maíz es la forrajera que produce más energía por unidad de superficie. Su principal desventaja es la baja proteína y calcio. Del total de la planta, la mazorca aporta un 50% de la materia seca y alrededor de un 70% de los nutrientes. El proceso de acumulación de materia seca se acelera luego del desarrollo inicial de las hojas. A partir del grano lechoso, la acumulación es mayor. Alcanzando el máximo cuando la planta alcanza su madurez fisiológica (Cofré, et al. 1998).

Atendiendo a lo anteriormente expresado, el ensilaje de maíz es un componente importante en la dieta del ganado, debido a que constituye una opción de bajo costo por unidad energética y es el perfecto complemento en las raciones de los sistemas intensivos de estabulación (temporal y pastoril). Los productores que establecen este cultivo suplementario no solo buscan alcanzar un buen rendimiento de materia seca: 20 a 26 Tonelada métrica/Ha, sino que también un alimento de alto valor nutricional (Demagnet, 2017).

Además, en las dietas del ganado en general, el ensilaje de maíz es complementario al consumo de pasturas permanentes. El sistema de alimentación óptimo es aquel que puede combinar la proteína y la fibra de la pastura con la energía y el almidón del ensilaje de maíz, asegurando así, una alta eficiencia de utilización de ambos recursos forrajeros (Demagnet, et al., 2020).

Por otro lado, Los Hongos Formadores de *Micorrizas Arbusculares* (HFMA) recientemente reclasificados en el filo Mucoromycota, subfilo Glomeromycotina (Bonfante and Venice, 2020) son prevalentes en los ecosistemas terrestres y en

suelos del neotrópico (Cofré et al., 2019; Stürmer and Kemmelmeier, 2021). La estimación del número de especies de este subfilo no ha sido completamente definida. Se han reportado hasta 244 especies de estos hongos basados en la morfología de esporas (Oehl et al., 2011) y hasta 338 especies tomando como referencia el análisis de ADNr ambiental o por secuencias amplificadas del gen ribosomal (Schussler, 2020). Los HFMA establecen simbiosis con más del 70 % de las plantas terrestres (Brundrett and Tedersoo, 2018) y son un elemento fundamental en los agroecosistemas porque colonizan la mayoría de las plantas de interés agronómico.

A nivel mundial, inóculos comerciales que incluyen propágulos de HFMA están disponibles para la industria agrícola y se han realizado diferentes experimentos para analizar su funcionalidad (Elliott et al., 2020; Frew, 2020). Con el uso de estos productos se incrementa la densidad de HFMA en el suelo para que actúen como bio- fertilizantes y así, promover la movilización de nutrientes que, al ser absorbidos por el micelio extra radical, son transportados a la planta hospedera. La especie de HFMA más utilizada en la inoculación comercial es *Rhizophagus irregularis*.

De manera unilateral, el trabajo con bacterias rizosféricas se ha desarrollado de forma gradual y ascendente, teniendo como finalidad aumentar el rendimiento de los cultivos, disminuir el uso desmedido de fertilizantes minerales y productos químicos y, consecuentemente, reducir la contaminación ambiental. La utilización de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal en la agricultura es una práctica que internacionalmente ha tomado auge en las últimas décadas (Parra et al., 2002).

Dentro de las bacterias asociativas más estudiadas, se encuentran las pertenecientes al género *Azospirillum*, el cual ha sido objeto de estudio desde la década del setenta, pues su inoculación en las plantas conlleva a un aumento

significativo del sistema radical, además de inducir resistencia a agentes patógenos y proveer de elementos tan necesarios como el nitrógeno, inhibe la proliferación de plantas parásitas y produce hormonas que estimulan el crecimiento vegetal, lo que permite un desarrollo más económico y saludable de los cultivo. La habilidad que tiene esta bacteria de colonizar el interior de las plantas y ocupar nichos protegidos contra el oxígeno y otros factores, lo convierten en el grupo más promisorio de diazótrofos asociados con gramíneas y otras plantas no leguminosas. (Parra et al., 2002).

El uso de esta especie de hongos y bacterias como inóculo en la práctica agrícola y también en estudios experimentales, se justifica por diferentes razones, por ejemplo, es una especie presente globalmente en diversos ecosistemas (Savary et al., 2018), puede colonizar de forma efectiva las raíces de la mayoría de las plantas (Brundrett and Tedersoo, 2018) y se establece con éxito después de su inoculación (Köhl et al., 2016).

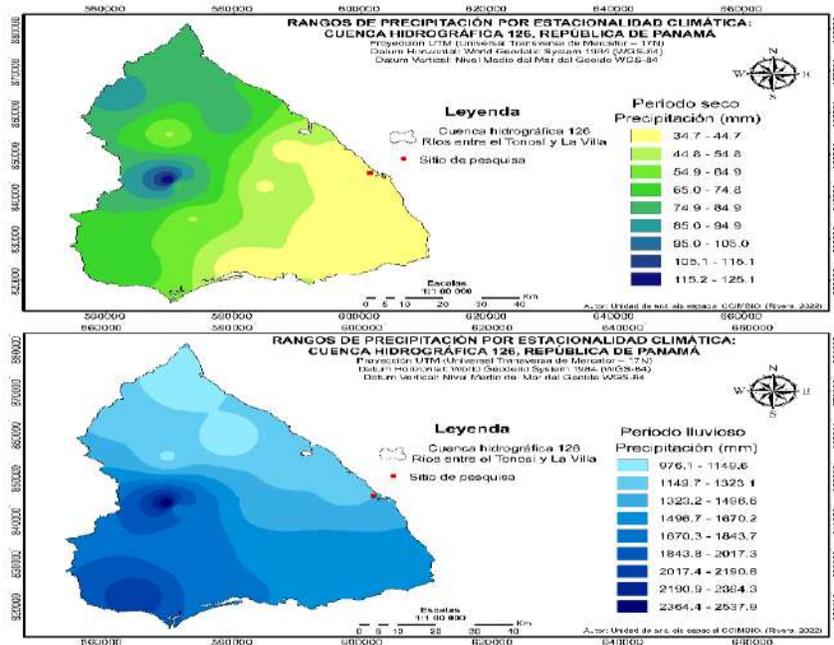
En consecuencia, debido a las características climáticas de la provincia de Los Santos, los productores utilizan la técnica del ensilado para asegurar el suministro de alimento y garantizar el aporte nutricional diario que sus semovientes demandan durante el periodo seco. Es por este motivo, que la investigación tiene por objeto evaluar el efecto de *Rhizophagus irregularis* y *Azospirillum brasilense* en la producción de biomasa de maíz; como una alternativa alimentaria como ayuda a mitigar los estragos que genera el estrés hídrico ambiental en esta región del país.

Materiales y Métodos:

La investigación se realizó en la Finca ARANDA, Corregimiento de Pocrí, Distrito de Pocrí, Provincia de Los Santos (Figura 1) a unos 11 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m).

Figura 1.

Localización de la finca Aranda (sitio de pesquia), y precipitación total por estacionalidad climática.



Fuente: Rivera (2023).

Preparación de suelo: Para esta investigación se utilizó el sistema de labranza convencional, aplicando un control inicial de malezas con el herbicida Bipiridilo Paraquat a dosis 2 L/ Hectárea (ha), seguidamente dos pases cruzados de arado y posteriormente se llevará a cabo la marcación y división de los bloques y tratamientos con cinta y estacas.

Inoculación: Se preparó la semilla con Thiodicarb a razón de 2.8 mL/400g de semilla atendiendo a la dosis recomendada por el fabricante (7mL/Kg), una vez seco el tratamiento insecticida, se procede a humedecer la semilla con agua destilada aplicando los organismos eficientes utilizando la dosis comercial en gramos (g), recomendada por el fabricante (Tabla 1).

Tabla 1

Producto comercial recomendado por el fabricante.

Kg de semilla	Producto	Producto comercial (g)
23	<i>Rhizophagus irregularis</i>	500
23	<i>Azospirillum brasilense</i>	190

Tabla 2

Producto comercial por tratamiento.

Tratamientos	Cantidad de semillas / tratamiento	Cantidad de producto / tratamiento
1. (Testigo)	400g	-
2. (<i>Rhizophagus irregularis</i>)	400g	8.7g
3. (<i>Azospirillum brasilense</i>)	400g	3.3g
4. (<i>Rhizophagus irregularis</i> + <i>Azospirillum brasilense</i>)	400g	8.7g + 3.3g

Siembra: Se realizó a chuzo, cuatro hileras por tratamiento a razón de 0.15 metros (m) entre plantas y 0.90 m entre hileras para una población de 74,000 semillas/ha, a dos granos por golpe para su posterior raleo a una planta por sitio, un control de maleza pre emergente con glifosato a 3 L/ha, más un control pos emergente con Dinitroanilina Pendimentalina (Prowl 45,5 CS) + Atrazina (gesaprim 90 WDG) a los 12 días después de germinación (DDG).

Fertilización: Se utilizó la fertilización recomendada por Gordón (2012), 130 a 200 kg de N/ha, 60 kg de P O /ha, 20 a 2 5 30 kg de K y 20 a 30 kg de S/ha. Estas cantidades de nutrimentos se logran aplicando 5 qq de fórmulas como 13-26-6-7 al momento de la siembra. Para completar la cantidad de

nitrógeno indicada, es necesario aplicar 5.5 a 8.0 quintales (qq) de urea/ha en una o dos aplicaciones (depende de la precipitación). De realizar una sola aplicación la misma se debe realizar de 30 a 35 dds; mientras que, si se realizan en dos fraccionamientos la aplicación de urea, la primera aplicación se realiza de 17 a 21 dds a razón de 2.5 a 3.5 qq/ha y la segunda aplicación de 35 a 40 dds en dosis de 3.0 a 4.5 qq/ha (p. 7).

Cosecha: Se realizó de forma manual por tratamiento, en la etapa de madurez fisiológica, cosechando las dos hileras del medio, cortando la planta desde la base a ras de suelo, para su posterior picado (mediante desmenuzadora a gasolina) y posterior pesaje del material.

Diseño Experimental: El ensayo se llevó a cabo en una superficie total de investigación de 460.8 metros cuadrados (m²), que comprende 5 bloques de tratamientos con 72 m² cada uno, y separados entre sí a 1,75 metros (m). Como unidad experimental se considerarán cuatro hileras de cultivo separadas a 0.90 m con un total de 18 m² por tratamiento, y se tomaron como muestra de análisis las dos hileras centrales con un total de 9 m² cada una, excluyendo las hileras externas como efecto de borde.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA), que responde al siguiente Modelo Lineal Aditivo para este experimento (Kuehl, 2001):

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Observación de la respuesta en el nivel o bloque i^{th} , con el bioestimulante j^{th} .

μ = Media poblacional estimada por la media general del ensayo.

τ_i = Efecto del bioestimulante j^{th} .

B_j = Efecto del i^{th} nivel o bloque.

e = Error experimental.

EL análisis de varianza se realizó mediante el Statistical Package

for Social Sciences (SPSS)(Pérez, 2001). Se efectuaron pruebas de comparación de medias para los factores en estudio.

Tabla 3

Forma general de la ANOVA.

Fuente de Variación	Grados de Libertad
Bloque	$r - 1 = 4$
Tratamiento	$t - 1 = 3$
Error	$(r - 1) (t - 1) 12$
Total	$rt - 1 = 19$

Parámetros evaluados:

- Altura de la planta (cm)
- Diámetro del tallo (cm)
- Largo de la hoja (cm)
- Promedio de hojas
- Rendimiento (t/Ha)
- Bromatología
- Análisis económico

Se efectuaron análisis cuantitativos y cualitativos, observaciones de tipo fitopatológicas (sólo reportada), observación de daños fisiológicos y en el aspecto económico; como el costo de producción. EL análisis de varianza se realizó mediante el Statistical Package for Social Sciences (SPSS). Se efectuaron pruebas de comparación de medias para los factores en estudio (Pérez, 2001).

Resultados:

En la ANOVA general del ensayo para los tratamientos se observa diferencia significativa a nivel sig. 0.05, únicamente, para la variable largo de hoja (Tabla 4).

Tabla 4

ANOVA de los tratamientos.

		Suma de		Media		
		cuadrados	gl	cuadrática	F	Sig.
Altura P	Entre grupos	173,837	3	57,946	,146	,931
	Dentro de grupos	6343,620	16	396,476		
	Total	6517,457	19			
DiamT	Entre grupos	,013	3	,004	,090	,964
	Dentro de grupos	,785	16	,049		
	Total	,798	19			
Lhoja	Entre grupos	161,417	3	53,806	3,536	,039
	Dentro de grupos	243,442	16	15,215		
	Total	404,859	19			
Phojas	Entre grupos	1932,126	3	644,042	1,178	,349
	Dentro de grupos	8751,164	16	546,948		
	Total	10683,289	19			
Rendimiento	Entre grupos	18,604	3	6,201	1,073	,389
	Dentro de grupos	92,496	16	5,781		
	Total	111,100	19			

La prueba de diferencia mínima significativa (DMS) arroja que, para largo de hoja existe diferencia entre los tratamientos testigo y micorriza con respecto a

bacteria/micorriza, presentado las siguientes medias: 56.17 centímetros (cm), 53.81 cm y 48.50 cm, respectivamente (Tabla 5).

Tabla 5

Prueba de diferencia mínima significativa (DMS) para los tratamientos.

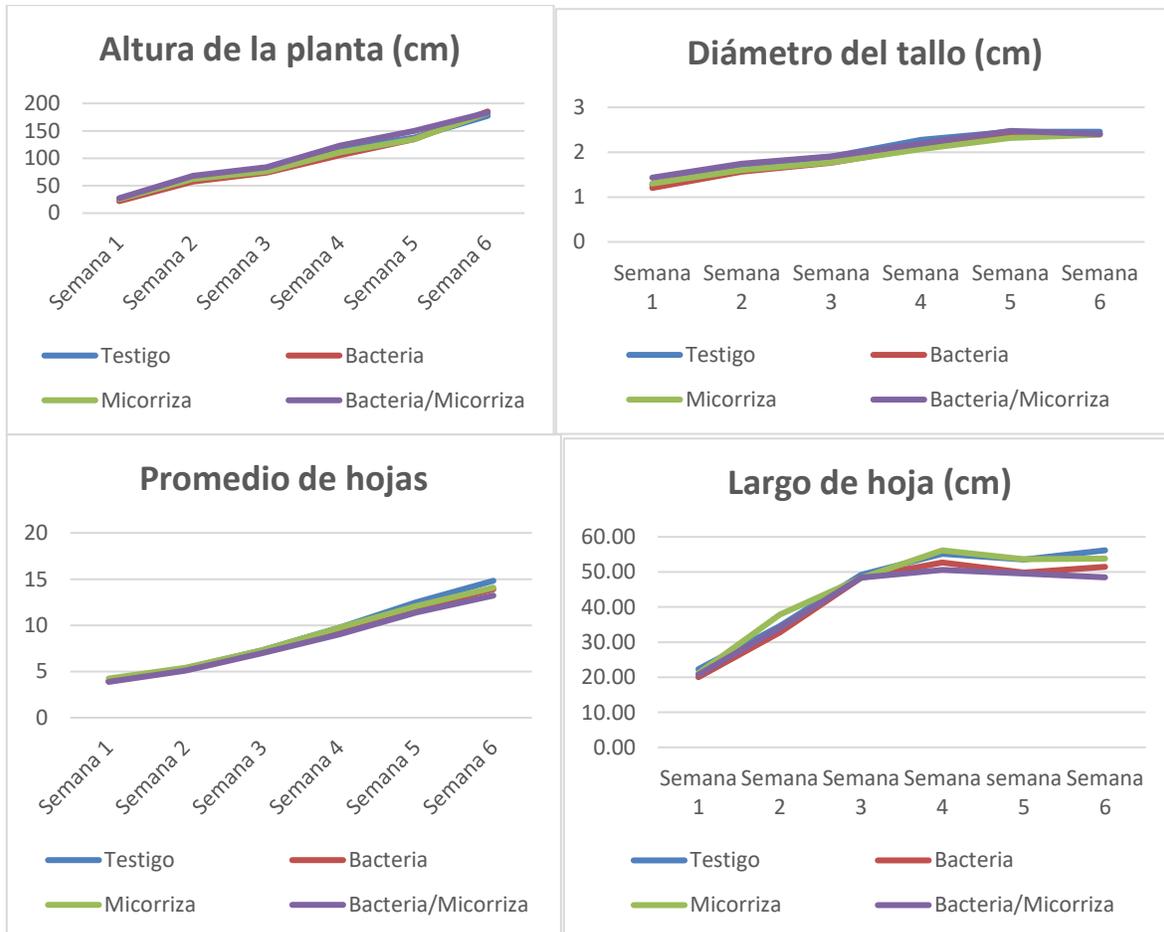
Variable dependiente	(I) Trart	(J) Trart	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
						Límite inferior	Límite superior
Lhoja	DMS Testigo	Bacteria	4,73400	2,46699	,073	-,4958	9,9638
		Micorriza	2,36600	2,46699	,352	-2,8638	7,5958
		Bacteria/micorriza	7,66800*	2,46699	,007	2,4382	12,8978
	Bacteria	Testigo	-4,73400	2,46699	,073	-9,9638	,4958
		Micorriza	-2,36800	2,46699	,351	-7,5978	2,8618
		Bacteria/micorriza	2,93400	2,46699	,252	-2,2958	8,1638
	Micorriza	Testigo	-2,36600	2,46699	,352	-7,5958	2,8638
		Bacteria	2,36800	2,46699	,351	-2,8618	7,5978
		Bacteria/micorriza	5,30200*	2,46699	,047	,0722	10,5318
	Bacteria/micorriza	Testigo	-7,66800*	2,46699	,007	-12,8978	-2,4382
		Bacteria	-2,93400	2,46699	,252	-8,1638	2,2958
		Micorriza	-5,30200*	2,46699	,047	-10,5318	-,0722

En la Figura 2, se observa la tasa de desarrollo semanal para las variables agronómicas medidas durante el ensayo. Donde la variable altura de planta en su media final, registró el mayor valor con la bacteria nitrificadora (185.24 cm) seguido de Bacteria/Micorriza (183.22 cm), Micorriza (182.58 cm) y testigo (177.26 cm). Por otro lado, para la variable diámetro del tallo, se observa el valor más alto en el tratamiento testigo (2.456 cm) seguido de bacteria nitrificadora (2.402 cm), Bacteria/Micorriza (2.4 cm) y Micorriza (2.39 cm). En cambio, con el tratamiento testigo se registró el mayor promedio (15) de hojas por planta seguido de los tratamientos de bacteria y micorrizas (14) y

bacteria/micorrizas (13). Mientras que, en la variable largo de hojas el mayor valor se registró en el tratamiento testigo (56.18 cm), seguido de micorrizas (53.81 cm), bacteria (51.44 cm) y bacteria/micorriza (48.51 cm).

Figura 2

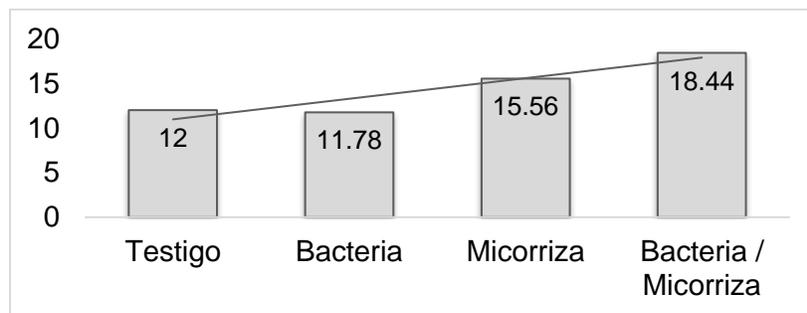
Tasa de desarrollo por tratamiento por semana.



Para la variable rendimiento en toneladas/hectárea (t/ha), el tratamiento Bacteria/Micorriza muestra la mayor media de producción con 18.44 t/ha, seguido de Micorriza con 15.56 t/ha, el testigo con 12 t/ha y la Bacteria con 11.78 t/ha (Figura 4).

Figura 3

Rendimiento en toneladas/hectárea (t/ha).



La ANOVA del ensayo para las variables bromatológicas muestra que no existe diferencia significativa a nivel sig. 0.05, en ninguno de los parámetros evaluados. (Tabla 6).

Tabla 6 ANOVA del análisis bromatológico.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
MS	Entre grupos	786,600	3	262,200	,495	,691
	Dentro de grupos	8479,600	16	529,975		
	Total	9266,200	19			
Humedad	Entre grupos	802,550	3	267,517	,502	,686
	Dentro de grupos	8523,200	16	532,700		
	Total	9325,750	19			
PC	Entre grupos	21,200	3	7,067	,426	,737
	Dentro de grupos	265,600	16	16,600		
	Total	286,800	19			
FDA	Entre grupos	4982,550	3	1660,850	1,416	,275
	Dentro de grupos	18768,400	16	1173,025		
	Total	23750,950	19			
Lignina	Entre grupos	306,000	3	102,000	2,117	,138
	Dentro de grupos	770,800	16	48,175		
	Total	1076,800	19			
Almidón	Entre grupos	4858,150	3	1619,383	,389	,763
	Dentro de grupos	66658,800	16	4166,175		
	Total	71516,950	19			
TDN	Entre grupos	37,000	3	12,333	1,814	,185
	Dentro de grupos	108,800	16	6,800		
	Total	145,800	19			
EM	Entre grupos	3205,200	3	1068,400	1,197	,343
	Dentro de grupos	14281,600	16	892,600		
	Total	17486,800	19			
Ceniza	Entre grupos	5006,950	3	1668,983	,195	,898
	Dentro de grupos	136661,600	16	8541,350		
	Total	141668,550	19			
Fósforo	Entre grupos	42,550	3	14,183	,559	,650
	Dentro de grupos	406,000	16	25,375		
	Total	448,550	19			
Calcio	Entre grupos	363,750	3	121,250	,649	,595
	Dentro de grupos	2988,000	16	186,750		
	Total	3351,750	19			
Magnesio	Entre grupos	11,200	3	3,733	,526	,671
	Dentro de grupos	113,600	16	7,100		
	Total	124,800	19			

En la tabla 7, se muestran las medias de los resultados del análisis bromatológico, con los parámetros considerados para su evaluación y comparación de resultados.

Tabla 7

Variables evaluadas en el análisis bromatológico.

	Testigo	Bacteria	Micorriza	Bacteria /Micorriza
% Mat. Sec.	41.44	40.14	40.5	41.64
% Hum.	58.56	59.88	59.5	46.96
% PC	6.86	7	6.76	5.26
% FDA	27.74	26.66	26.66	30.52
% Lignina	2.66	2.6	2.32	3.08
% Almidón	29.26	29.96	29.56	18.66
% TDN	66.8	68.2	68.4	65
EM	2.684	2.726	2.936	2.59
% Ceniza	4.086	3.724	3.99	2.934
% Fósforo	0.266	0.264	0.278	0.18
% Calcio	0.15	0.24	0.13	0.124
% Magnesio	0.116	0.108	0.112	0.104

Al realizar el análisis económico se observa que el ingreso en balboas (B/.) por hectárea se registró el mayor valor con el tratamiento Bacteria/Micorriza (2,243.22 B/.), seguido de Micorriza (1,889.72 B/.), testigo (1,000.22 B/.) y bacteria nitrificadora (933.72 B/.). Por otro lado, en el costo por tonelada se observa el valor más alto en el tratamiento bacteria nitrificadora (120.74 B/.), seguido del testigo (116.65 B/.), Micorriza (85.89 B/.) y Bacteria/Micorriza (78.35 B/.). En cambio, en la relación beneficio/costo el mayor valor se presenta en el tratamiento Bacteria/Micorriza (2.55), seguido de Micorriza (2.33), testigo (1.71) y bacteria nitrificadora (1.66). De igual manera, en el porcentaje (%) de rentabilidad el mayor valor se registró en el tratamiento

Bacteria/Micorriza (155.26 %), seguido de Micorriza (132.86 %), testigo (71.45 %) y bacteria nitrificadora (65.65 %) (Tabla 8).

Tabla 8

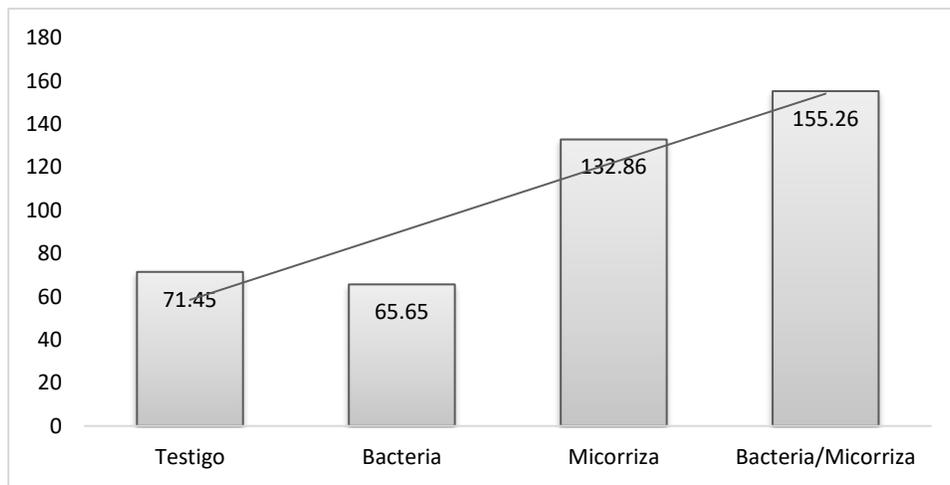
Análisis económico

Tratamiento	Rendimiento tonelada por hectárea	Ingreso por hectárea B/.	Costo tonelada	Relación beneficio/costo	Rentabilidad %
Testigo	12	1,000.22	116.65	1.71	71.45
Bacteria	11.78	933.72	120.74	1.66	65.65
Micorriza	16.56	1,889.72	85.89	2.33	132.86
Bacteria/Micorriza	18.44	2,243.22	78.35	2.55	155.26

En la Figura 4, se observan el comportamiento gráfico de la rentabilidad, basados en el rendimiento medio de los tratamientos evaluados.

Figura 4

Porcentaje de Rentabilidad.



Discusión:

Considerando las variables agronómicas evaluadas en el ensayo, solo se presentó diferencia estadística a nivel 0.05 para el largo de hoja, lo que representa una estabilidad en todos los tratamientos en el comportamiento agronómico de la producción de silo con el híbrido simple P30-F35.

En la prueba de DMS, se observa que existe diferencia altamente significativa a nivel 0.05 con respecto al testigo y diferencia significativa con la micorriza, sin embargo, la bacteria no presenta diferencia con ninguno de los tratamientos, a pesar de esto, al observarse variaciones en un solo parámetro, se corrobora la estabilidad en el comportamiento agronómico del material indistintamente del tratamiento aplicado.

A pesar de que el modelo nos muestra que no existe diferencia estadística en el parámetro rendimiento para ninguno de los tratamientos, es importante destacar que, la diferencia en productividad del tratamiento (bacteria/micorriza), es 2.9 veces mayor que el tratamiento que lo precede (Micorriza) y 6.6 con respecto al tratamiento con menor media (Bacteria), lo que representa una disimilitud económica en la aplicación o no de la tecnología.

Cabe destacar que, el rendimiento (18.44 t) en biomasa obtenido para el tratamiento bacteria/micorriza dista considerablemente del reportado (35 t) por Wilcox y Rivera (2021). Es importante considerar que la presente investigación fue realizada en época seca y los resultados de contraste fueron obtenidos en época de lluvia, lo cual indica una disminución importante en el rendimiento de material P30-F35 dependiendo del momento de producción.

En el análisis bromatológico (Tabla 7) para todos los tratamientos en estudio, el parámetro porcentaje de materia seca (%MS) presenta valores por

debajo de la concentración (44.20%) propuesta por Gingis, (2013). Contrario a esto, evaluando el rango (33-35%) presentados por Demanet (2019), los datos obtenidos en este ensayo se consideran por encima de lo establecido para silo de maíz.

Con respecto al parámetro porcentaje de humedad, los tratamientos testigo, bacteria y micorriza presentan valores congruentes con los propuestos por Gingis, (2013), contrariamente, en el tratamiento Bacteria/Micorriza se observa por debajo de los expresados por el autor.

El porcentaje de proteína cruda (%PC) y porcentaje de almidón (%almidón), presentan concentraciones menores a los reportados por Gingis, (2013), contrario a esto, el porcentaje de magnesio (%Magnesio) se observa en niveles por encima de lo establecido.

El porcentaje de fibra detergente acida (%FDA), lignina, nutrientes digestibles totales (%TDN) y la energía metabolizable (EM) para todos los tratamientos, se encuentran en valores cercanos a los presentados (2.36) por Gingis, (2013), por el contrario, en el rango (2.80 - 3.20) presentado por Demanet (2019), para el parámetro EM solo en el tratamiento Micorriza muestra cifra admisible al contenido del silo de maíz.

En cuanto al porcentaje de ceniza (% Ceniza) y porcentaje de fósforo (% Fósforo) los datos presentados en este ensayo son similares a los resultados obtenidos por Gingis, (2013) en tres de los tratamientos (Testigo, bacteria y micorriza), para el tratamiento bacteria/micorriza los números están por debajo del rango.

El porcentaje de calcio (% Calcio) en el tratamiento con bacteria nitrificadora, el valor es parecido al obtenido por Gingis, (2013); mientras que, los datos de los tratamientos testigo, micorriza y bacteria/micorriza está por debajo del rango.

Evaluando los datos del análisis económico presentado en la Tabla 8, el valor más alto de ingresos por hectárea (2,243.22 B/.) se presenta en el tratamiento Bacteria/Micorriza seguido de Micorriza, Testigo y Bacteria, con diferencias de 375.50 B/., 1243.00 B/ y 1309.50 B/., respectivamente, al mayor ingreso. Para Relación beneficio/costo el valor más alto (2.55) se presenta en el tratamiento Bacteria/Micorriza seguido de Micorriza, Testigo y Bacteria, con diferencias de 0.22, 0.84 y 0.89, respectivamente, al mayor costo/beneficio. En el Porcentaje de rentabilidad el valor más alto (155.26 %) se presenta en el tratamiento Bacteria/Micorriza seguido de Micorriza, Testigo y Bacteria, con diferencias de 22.4 %, 83.81% y 89.61% con respecto a la mayor rentabilidad.

Atendiendo al rendimiento reportado en el ensayo presentado por Wilcox y Rivera (2021), donde no se utilizó organismos eficientes en la producción, sería recomendable realizar investigaciones aplicando la tecnología planteada en este ensayo y evaluar los resultados en la época de lluvia.

En cuanto a la fertilización, los preceptos aportados por Elliott et al., (2020); Frew, (2020) y Parra et al., (2002), sobre la capacidad de disminución de los fertilizantes minerales con el uso de organismos eficientes, la evaluación de distintos niveles de abonamiento combinados con biofertilizantes es imperante en aras de una agricultura sustentable ecológica y económicamente.

Conclusiones:

Atendiendo al objetivo general de esta investigación, evaluar el efecto de *Rhizophagus irregularis* y *Azospirillum brasilense* en la producción de biomasa de maíz. Estadísticamente, se acepta la hipótesis nula (H_0), ya que, solo se presentó diferencia significativa en el parámetro largo de hoja, sin embargo, no existió diferencia significativa a nivel 0.05 en los parámetros rendimiento y bromatología.

A pesar de esto, es importante considerar el análisis económico, donde se observa una marcada diferencia en el ingreso por hectárea, relación costo/beneficio y el porcentaje de rentabilidad, dando como resultado positivo la aplicación del tratamiento Bacteria/Micorriza. Considerando lo anteriormente expresado, es recomendable el uso de *Rhizophagus irregularis* y *Azospirillum brasilense* en la producción de biomasa de maíz.

Referencias bibliográficas:

- Bonfante, P. y Venice, F. (2020). *Mucoromycota: Going to the roots of plant-interacting fungi*. *Fungal Biology Reviews*,. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2019.12.003>
- Brundrett, M. y Tedersoo, L. (2018). *Evolutionary history of mycorrhizal symbioses and global host plant diversity*. *New Phytologist*, <https://doi.org/10.1111/nph.14976>
- Cofré, P. y John E. (1998). *Ensilaje de Maíz*. INIA bit.ly /3sMIWB6.
- Demagnet, R. (2017). *Ensilaje de Maíz. "Tiempo entre Sellado y Apertura"*. Plan Lechero WATT'S N° 3. Universidad de La Frontera. bit.ly /3GTC9uu
- Demagnet, R. (2019). *Manual de especies forrajeras*. <https://goo.su/Cs8CE>
- Demagnet, R. y Canales, C. (2020). *Manual. Cultivo del maíz para ensilaje*. bit.ly /3BtZMZh
- Elliott, A. Daniell, T. Cameron, D. y Field, K. (2020). *A commercial arbuscular mycorrhizal inoculum increases root colonization across wheat cultivars but does not increase assimilation of mycorrhiza- acquired nutrients*. *Plants, People, Planet*. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10094>

- Frew, A. (2020). *Contrasting effects of commercial and native arbuscular mycorrhizal fungal inoculants on plant biomass allocation, nutrients, and phenolics*. *Plants, People, Planet*. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10128>
- Gálvez, R. y Rodríguez, I. (2009). MIDA - FAO. *Programa Nacional de Zonificación Agro-Ecológica. Resultados de la Zonificación Agro-Ecológica de 20 Especies de Pastos y Forrajes en la República de Panamá*. bit.ly/3BowETg
- Gingis, M. (2013). Gordón, R. (2012). *Cómo interpretar un análisis de ensilaje de maíz*. <https://goo.su/xZ02HI>
- Manejo Integrado del Cultivo de Maíz. Guía Técnica. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Impresora Central S. A. Panamá
- Hernández R. Fernández C. y Batista P. (2014). *Metodología de la Investigación 6a Edición*. Recuperado de <https://www.uca.ac.cr>
- Köhl, L. Lukasiwicz, C. y Vander H. (2016). *Establishment and Effectiveness of Inoculated Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Agricultural Soils*. *Plant, Cell and Environment*, <https://doi.org/10.1111/pce.12600>
- Kuehl, R. (2001). *Segunda Edición. Diseño de Experimentos Principios Estadísticos para el Diseño y Análisis de Investigación*. THOMSON EDITORES, S. A. México.
- Muñoz A. (Marzo 2020). *Hablemos de ensilaje de maíz. Su importancia como recurso forrajero y la relevancia del monitoreo periódico*. *Revista Infortambo Lechería Chile*. Edición 202, 34-38. bit.ly/3gPosBZ
- Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA). (2021). *Producción de leche en Panamá a buen ritmo decrecimiento*. bit.ly/3l7GrQ
- Oehl, F. Sieverding, E. Palenzuela, J. Ineichen, K. Da silva y Gladstone A. (2011). *Advances in Glomeromycota taxonomy and classification*. IMA Fungus, <https://doi.org/10.5598/imafungus.2011.02.02.10>
- Parra, Y. Cuevas, F. (2002). *Potencialidades de Azospirillum como inoculante para la agricultura Cultivos Tropicales*. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193218120004.pdf>

- Pérez, C. (2001). *Técnicas Estadísticas con SPSS*. PERSON EDUCACION, S. A. Madrid.
- Rivera-Solís, J.A. (2021). Depósitos eólicos del trópico húmedo: Caso de la franja marino-costera del este de la Península de Azuero, Panamá. *Rev. Geográfica América Central*. 66, 79–105. DOI: <https://doi.org/10.15359/rgac.66-1.4>
- Rivera-Solís, J.A. (2023). Estimación de la Capacidad Erosiva de Lluvia según Índice Modificado de Fournier: Caso de la Cuenca Hidrográfica 126, República de Panamá. *Gobernanza, Comunidades Sostenibles & Espacios Portuarios*. (pp. 1291 – 1307). España. Editorial/ Asociación de Geógrafos Españoles (AGE). DOI: <https://doi.org/10.21138/dl/2023.lc>.
- Savary, R. Masclaux, F. Wyss, T. Droh, G. CruzJ. Machado, A. Morton, J. y Sanders, I. (2018). *A population genomics approach shows widespread geographical distribution of cryptic genomic forms of the symbiotic fungus *Rhizophagus irregularis**. <https://academic.oup.com/ismej/article/12/1/17/7501425>
- Schussler, A (2020). *Glomeromycota species list. Glomeromycota: Phylogeny and Taxonomy of Glomeromycota (Arbuscular Mycorrhizal (AM) and Related Fungi)*. <http://www.amf-phylogeny.com/>
- Stürmer, S. y Kimmelmeier, K. (2021). *The Glomeromycota in the Neotropics*. *Frontiers in Microbiology*, <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.553679>
- Valencia, A. Hernández, A. y López, L. (Mayo•Agosto 2011). El ensilaje: ¿qué es y para qué sirve. *Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Universidad Veracruzana*. Volumen XXIV, Número2, 9. bit.ly/3gN0ojn
- Wilcox, F. y Rivera, J. (2021). Evaluación de rendimiento en biomasa de cuatro cultivares de maíz: caso de la cuenca baja del río Purio, provincia de los santos, año 2021. *Revista Tecnociencia*. Vol. 25, Nº2: 81-104. Julio a diciembre 2023. ISS L 2415-0940

**PISTAS DULCES-ÁCIDAS EN LA DIETA DEL MONO
AULLADOR (*ALOUATTA PALLIATA AEQUATORIALIS*) DEL
PARQUE NACIONAL SOBERANÍA, PANAMÁ**

**SWEET-ACID TRACKS IN THE DIET OF THE HOWLER MONKEY
(*ALOUATTA PALLIATA AEQUATORIALIS*) OF SOBERANIA
NATIONAL PARK, PANAMA**

Jeami Newbold

Universidad de Panamá
Grupo de Investigación de Primatología (GIP-UP). Panamá
jeaminewbold@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0006-7866-6939>

Adyani Arias

Universidad de Panamá
Grupo de Investigación de Primatología (GIP-UP) Panamá
Autor de correspondencia: ady.arias14@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0009-5692-9998>

Pedro G. Méndez-Carvajal

Universidad de Panamá
Grupo de Investigación de Primatología (GIP-UP), Panamá
mendez55.pm@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-1306-5869>

Karol M. Gutiérrez-Pineda

Grupo de Investigación de Primatología (GIP-UP) Panamá
Autor de correspondencia: gutierrezpinedakm@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-9129-7716>

Recepción
26/02/2024

Aprobación
31/05/2024

DOI: <https://doi.org/10.48204/j.scientia.v34n2.a5332>

Resumen.

Algunas especies de primates utilizan las cualidades dulce-acidas para determinar la presencia de carbohidratos y evitar compuestos que impidan la ingesta adecuada de nutrientes. Nuestro objetivo fue evaluar los efectos de la sacarosa y pH en la aceptación de las partes vegetales (PV) por *Alouatta palliata aequatorialis* en el Parque Nacional Soberanía. Localizamos a los individuos por medio de búsqueda directa e indirecta por rastro. Realizamos 76 animales focales (AF) para evaluar la frecuencia de aceptación de las PV (hojas, frutos, peciolas y estípulas), las cuales fueron colectadas posteriormente para ser identificadas. También colectamos las PV evaluadas (aceptadas/rechazadas) para medir la sacarosa mediante un refractómetro y el pH con tiras reactivas. Obtuvimos que los AF se alimentaron principalmente de frutos (36.4%), hojas (33.9%) y peciolas (29.7%) de 10 especies vegetales. Las PV consumidas presentaron un porcentaje de sacarosa (Brix%) entre 4.3 a 14.3 (\bar{x} 9.1 \pm SD3.2), con diferencia entre ellas (F:10.1668, gl:2, p:0.0003). El pH presentó un rango de 4 a 7 (\bar{x} :5.5 \pm SD:0.9), con diferencias entre las PV (Chi²:10.77, gl:2, p:0.0046). No hubo dependencia en la frecuencia de aceptación de las PV con respecto a la sacarosa (p:0.07191) y el pH (p:0.3621). Esto apoya a que los monos aulladores pueden utilizar estas cualidades como un indicativo, pero sin un efecto en la aceptación. Para completar esta investigación, proponemos que se evalúen las cualidades astringentes y amargas para determinar su efecto en la aceptación.

Palabras Clave: Conducta alimentaria, partes vegetales, pH, recompensa energética, sacarosa.

Abstract

Some primate species use sweet-sour qualities to determine the presence of carbohydrates and avoid compounds that prevent adequate nutrient intake. Our objective was to evaluate the effects of sucrose and pH on the acceptance of plant parts (PV) by *Alouatta palliata aequatorialis* in Soberanía National Park. We located individuals through direct and indirect trail search. We conducted 76 focal animals (AF) to evaluate the frequency of acceptance of the PVs (leaves, fruits, petioles and stipules), which were subsequently collected to be identified. We also collected the evaluated PVs (accepted/rejected) to measure sucrose using a refractometer and pH with test strips. We obtained that AF fed mainly on fruits (36.4%), leaves (33.9%) and petioles (29.7%) of 10 plant species. The consumed PV presented a percentage of sucrose (Brix%) between 4.3 to 14.3 (\bar{x} 9.1 \pm SD3.2), with a difference between them (F:10.1668, df:2, p:0.0003). The pH presented a range of 4 to 7 (\bar{x} :5.5 \pm SD:0.9), with differences between the PVs (Ch²:10.77, gl:2, p:0.0046). There was no dependence in the frequency of acceptance of PV with respect to sucrose (p:0.07191) and pH (p:0.3621). This supports that howler monkeys may use these qualities as an indication, but without any effect on acceptance. To complete this research, we propose that astringent and bitter qualities be evaluated to determine their effect on acceptance.

Keywords: Feeding behavior, plant parts, pH, energy reward, sucrose.

Introducción

Los monos aulladores (*Alouatta* sp.) son folívoros-frugívoros y diariamente buscan mantener el balance energético (tasa metabólica de campo promedio de $355 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$) consumiendo diferentes proporciones de diferentes partes de especies vegetales (frutas, hojas, peciolo y estípulas) (Nagy y Milton, 1979; Milton, 1999; Felton et al., 2009). Cuando este balance energético no es adecuado, el metabolismo de los individuos utiliza la grasa almacenada y los aminoácidos para compensar (Milton, 1990). Esto causa una deficiencia en las concentraciones de aminoácidos necesarios para sintetizar las proteínas, disminuyendo su presencia en el hígado y afectando la resistencia del organismo a efectos de compuestos tóxicos (Milton, 1990).

Los carbohidratos son macronutrientes esenciales en la dieta de las especies del género *Alouatta* para obtener un balance energético adecuado (Fernández, 2014). Dentro de ellos, están los carbohidratos no estructurales (CNE) que se dividen en monosacáridos (glucosa y fructosa) y disacáridos (sacarosa) (Milton, 1999; Hladik, 1967; García y Pérez-Urria, 2009). Estos CNE se absorben y digieren rápidamente, ofreciendo 4 kcal/g al metabolismo de los individuos (Fernández, 2014). Esto ha promovido el desarrollo de estrategias eficientes para la búsqueda, detección y evaluación de las características organolépticas de las diferentes partes vegetales que conforman su dieta (Dominy, 2004). Considerando la evaluación gustativa como clave en la decisión de último minuto, aceptación de las partes vegetales (Dominy, 2004).

Se ha encontrado que diversas especies de primates no humanos utilizan la percepción gustativa para evaluar el contenido nutricional o la toxicidad potencial de un alimento (Hladik et al., 2002; Hladik et al., 2004) Pueden determinar la madurez y palatabilidad a través de las sensaciones dulces/ácidas de las diferentes partes

vegetales (Dominy et.al., 2004; Dominy, 2004). Estos estudios muestran que los umbrales gustativos y de aceptación a azúcares por parte de los primates han coevolucionado con las plantas que producen frutas con pulpa dulce, asegurando la dispersión de sus semillas (Hladik, 1993; Dominy, 2004).

Un estudio realizado con monos araña frugívoros (*Ateles geoffroyi*) y babuinos omnívoros (*Papio hamadryas anubis*) tuvo como objetivo conocer los umbrales de diferencia de sabor para sacarosa, por medio de diferencias apenas perceptibles (JND) (Laska et.al.,1999). Encontrando que los JND eran similares entre ambas especies e igual de bajos como en los humanos, concluyendo que tanto el mono araña como los babuinos pueden usar la dulzura como criterio para la selección de alimentos, con una correlación entre la capacidad de discriminar diferentes concentraciones de sacarosa y los hábitos dietéticos de estas especies (Laska et.al.,1999).

Otro estudio realizado con monos aulladores (*Alouatta palliata*) estimaron las concentraciones de sacarosa en los frutos que consumieron, donde encontraron que el contenido de sacarosa fue más alto en las frutas maduras seleccionadas por los monos aulladores que en las frutas inmaduras (Sánchez-Solano et.al., 2022).

En Panamá, Nagy y Milton (1979) realizaron estudios con el mono aullador (*A. p. aequatorialis*) en Isla Barro Colorado, con el objetivo de estimar el metabolismo energético y consumo de alimentos. Los investigadores, estimaron que los monos aulladores obtienen la mayor parte de sus calorías de los carbohidratos (65%) y las grasas (18 %). En Monkey River al sur de Belice, Behie et.al (2010) investigaron la variación de los niveles de cortisol en el mono aullador negro (*Alouatta pigra*), encontrando que cuando la disponibilidad de fruta era baja, el cortisol aumentaba, probablemente porque la disponibilidad de fruta ofrece una fuente segura de carbohidratos. Por lo tanto, para entender la ecología alimentaria

de los monos aulladores, no solo se debe conocer la variabilidad de las especies y las partes vegetales consumidas, también se debe conocer los valores de sacarosa y pH (ácido/básico) de las partes vegetales, ya que es la forma en que los monos aulladores pueden evaluar rápidamente el contenido nutricional o la potencial toxicidad de su alimento, por las sensaciones dulce-acidas que perciben (Dominy et.al., 2004; Dominy, 2004).

En esta investigación se propone al mono aullador (*A. palliata aequatorialis*) como nuestro sujeto de estudio, donde el objetivo fue evaluar los efectos de la sacarosa y pH en la aceptación de las partes vegetales (PV) por *Alouatta palliata aequatorialis* en el Parque Nacional Soberanía. Hipotetizamos que, la frecuencia de aceptación de las partes vegetales va a depender de la concentración de sacarosa y el pH. Por lo que, la concentración de sacarosa y el pH va a diferir por parte vegetal. Este trabajo nos ayudará a entender más sobre la ecología alimentaria del mono aullador en Panamá.

Materiales y Métodos

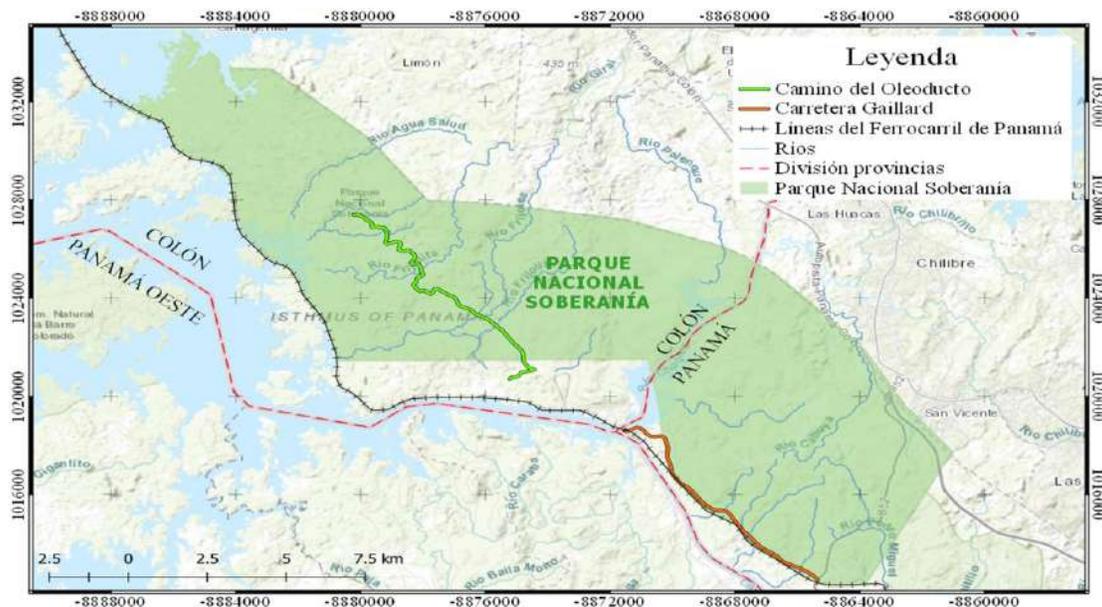
Área de estudio

Este estudio se llevó a cabo en el Camino del Oleoducto del Parque Nacional Soberanía, Colón, Panamá (9°7'12.52"N, 79°42'22.70"W) (Figura 1). Esta área presenta una gran biodiversidad, posee un bosque mixto heterogéneo, con especies de árboles que llegan a alcanzar 40 o más metros de altura y con diámetros alrededor de 2 metros a la altura del pecho (ANAM, 1999; Félix, 2000). Posee una extensión territorial de 24.92 km². De acuerdo con el sistema de clasificación Holdridge, es un Bosque Húmedo Tropical (Carrión et al., 2013). La precipitación media anual es de 1,917.3 mm y una humedad relativa promedio anual de 75.7 %.

La temperatura a lo largo del año oscila entre 20.8°C y 33.9°C, con un promedio de temperatura anual de 27.3°C (ETESA, 2018).

Figura 1.

Área de estudio Parque Nacional Soberanía, Colón, Panamá. Camino del Oleoducto (línea continua verde).



Localización de los grupos de *A. palliata aequatorialis*

Se hicieron recorridos a una velocidad promedio de 2 km/h en un transecto lineal sin estimación de distancia dentro del Camino del Oleoducto. Donde se realizaron búsquedas directas en el dosel de los árboles e indirectas por rastro (ramas rotas, heces, olor) (Méndez-Carvajal, 2012). También, se implementó el método poste de escucha, el cual consistió en hacer un Azimut para estimar la distancia en grados y localizar los grupos más cercanos dentro del bosque (Méndez-Carvajal, 2012). La identificación y diferenciación entre grupos se realizó con base

en las observaciones de cicatrices faciales y manchas en las patas, manos, cola y testículos de algunos individuos del grupo con binoculares (Bushnell Engage X 10x42).

Observación de la conducta de alimentación

Las observaciones fueron realizadas durante cuatro días por mes, de mayo a junio del 2022. Para evaluar la frecuencia de aceptación de las partes vegetales se realizaron 76 animales focales (AF), con un tiempo total de 293.7 minutos, promedio de $4.02 \pm SD 2.18$ (rango 1 a 8) min/ind. Se consideró aceptación cuando el AF consumió más del 75% de la parte vegetal. Estos AF fueron escogidos de manera aleatoria o por ser el más próximo al observador (Altman, 1974). Para evitar sesgos en la selección de alimentos asociados a la experiencia del individuo, sólo se tomó datos de machos adultos, hembras adultas y subadultos de la subespecie *A. p. aequatorialis*. Los machos adultos a comparación de las hembras son de mayor tamaño, presentan barba más larga, mentón más prominente y el escroto completamente colgante y blanco, en cambio las hembras desarrollan sus glándulas mamarias y la vulva es visible de color rosado (Glander, 1992; Glander, 1980). En el caso de los subadultos que no presentan los órganos sexuales visibles, se tomó en cuenta que estén totalmente independientes de la madre (Balcells y Baro, 2009). El proyecto de investigación se apega a los criterios de ética y bioseguridad establecidos por el Ministerio de Ambiente de Panamá. Está bajo el permiso de colecta de datos emitido por el Departamento de Biodiversidad y Vida Silvestre, Áreas Protegidas y Vida Silvestre del Ministerio de Ambiente de Panamá número ARB-0028-2021.

Colecta, medición de pH y sacarosa

Las plantas consumidas por los AF fueron colectadas y etiquetadas, luego fueron fotografiadas y enviadas a especialistas botánicos para su identificación (Hostettmann et.al., 2008). Luego se colectaron las partes vegetales que fueron aceptadas por los AF, de igual manera se colectaron su contraparte no consumida

y a ambas se le realizaron las mediciones de sacarosa (%Brix) y pH. Para esto se obtuvieron extractos por medio de maceración con un molinillo eléctrico (Bodum modelo 11160-294US-3) y luego se utilizó un exprimidor de ajo para extraer el líquido de las partes vegetales. Para la medición de la sacarosa se utilizó un refractómetro de 0-53% Brix (modelo PAL Digital Hand-held "Pocket" marca ATAGO) (Pablo-Rodríguez et.al., 2005; Sánchez-Solano et.al., 2022). Se colocó una gota del extracto de la parte vegetal en el prisma del refractómetro, cuando las muestras eran aceitosas o presentaban sólidos en suspensión se agitaba en el prisma mientras se realizaba la medición. Estas mediciones se realizaron por triplicado. Para las mediciones del pH se utilizaron tiras reactivas de prueba universal (marca OF), con escala de 0-14. Las tiras de pH estuvieron en contacto por 10 segundos con el líquido extraído de las diferentes partes vegetales y de igual manera se realizaron tres réplicas (Vindell-Blandón y Ochoa-Aguirre, 2015).

Análisis de Datos

Se utilizó el programa Excel para ordenar la base de datos y el Software JMP® Pro-versión 14.0.0 para realizar los análisis estadísticos no inferenciales e inferenciales de los datos. Se estimó el porcentaje de la frecuencia de aceptación de las partes vegetales y de las especies vegetales. Se realizaron las medidas de tendencia central y dispersión (promedio, media, desviación estándar y rangos) de los %Brix (sacarosa) y pH de las partes vegetales que consumían los AF.

Se realizó una comparación en la frecuencia de consumo de las diferentes partes vegetales por animal focal, por lo que, se procedió a verificar la normalidad de los datos con la prueba W de Shapiro-Wilk, ($W: 0.7070$, $p: <.0001$) y la homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene ($F:19.7570$, $gl: 2$, $p:0001$). Al no cumplir con estos supuestos se realizó la prueba Kruskal Wallis y la prueba de Wilcoxon para todas las comparaciones individuales posibles. De igual manera, se compararon los %Brix (sacarosa) y pH de las partes vegetales (fruto, hoja y peciolo) de las diferentes especies vegetales. Los valores de %Brix presentaron una distribución normal ($W: 0.9496$, $p: 0.0797$) e igualdad de las varianzas ($F: 2.9208$,

gl: 2, p: 0.0668), se realizó ANOVA de un factor y luego la prueba de t-Student para todas las comparaciones posibles. El pH no presentó normalidad de los datos (W: 0.8883, p:0.0010) y varianzas iguales (F: 2.2605, gl:2, p: 0.1189), se realizó la prueba de Kruskal Wallis y la prueba de Wilcoxon para todas las comparaciones individuales posibles.

Se compararon los valores obtenidos de %Brix y pH de las partes vegetales consumidas por los AF con su contraparte no consumida. Se procedió a comprobar los supuestos de los datos: distribución normal (W de Shapiro-Wilk) (Tabla 1).

Para evaluar la dependencia entre la aceptación y las mediciones de sacarosa y pH se realizaron dos modelos de regresión lineales simples, los cuales no cumplieron con los supuestos de normalidad y homocedasticidad, por lo que se procedió a realizar un ajuste logarítmico de los datos y se volvió a realizar los modelos de regresión lineal.

Tabla 1.

Verificación del supuesto de normalidad para la comparación de los valores de %Brix y pH de las partes vegetales consumidas por los AF con su contraparte no consumida.

Especie vegetal	Variable	Prueba de normalidad	Estadístico aplicado
<i>Castilla elastica</i> (fruto semimaduro vs fruto verde)	%Brix	W: 0.8483, p: 0.1526	t-Student
	pH	W: 0.8662, p: 0.2117	t-Student
<i>Ficus insipida</i> (fruto maduro vs fruto verde)	%Brix	W: 0.8279, p: 0.0423	U de Mann-Whitney
	pH	W: 0.8379, p: 0.0548	t-Student
<i>Ficus insipida</i> (hoja nueva vs hoja madura)	%Brix	W: 0.8080, p: 0.0693	t-Student
	pH	W: 0.4961, p: 0.0001	U de Mann-Whitney
<i>Henriettea fascicularis</i> (fruto maduro vs fruto verde)	%Brix	W: 0.8295, p: 0.1065	t-Student
	pH	W: 0.6399, p: 0.0014	U de Mann-Whitney
<i>Poulsenia armata</i> (hoja nueva vs hoja madura)	%Brix	W: 0.7294, p: 0.0124	U de Mann-Whitney
	pH	W: 0.6399, p: 0.0014	U de Mann-Whitney
<i>Samanea saman</i> (hoja nueva vs hoja madura)	%Brix	W: 0.8980, p: 0.3625	t-Student
	pH	W: 0.6827, p: 0.0040	U de Mann-Whitney

Resultados

Los monos aulladores (*A. palliata aequatorialis*) del Camino del Oleoducto del Parque Nacional Soberanía se alimentaron principalmente de fruto (36.4%), hojas (33.9%) y peciolo (29.7%) de 10 especies vegetales pertenecientes a siete familias (Tabla 2, Figura 2). Las especies con mayor frecuencia de consumo por parte vegetal fueron *Ficus insipida* (35%), *Poulsenia armata* (11%), *Samanea saman* (11%), *Clarisia biflora* (10%) y las demás especies contemplan el 33%.

Tabla 2.

Partes vegetales por especie y familia vegetal que consumió A. palliata aequatorialis en el Parque Nacional Soberanía, Colón, Panamá.

Familia	Especie vegetal	PV
Arecaceae	<i>Astrocaryum standleyanum</i>	FM
Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i>	P
Fabaceae	<i>Samanea saman</i>	HN
Tiliaceae	<i>Apeiba tibourbou</i>	HN
Melastomataceae	<i>Henriettea fascicularis</i>	FM
Moraceae	<i>Castilla elastica</i>	FSM
Moraceae	<i>Clarisia biflora</i>	HN
Moraceae	<i>Ficus insipida</i>	FM, HN, P, E
Moraceae	<i>Poulsenia armata</i>	HN
Urticaceae	<i>Cecropia obtusifolia</i>	HN

***Leyenda:** Parte vegetal (PV), fruto maduro (FM), fruto semimaduro (FSM), hoja nueva (HN). Peciolo (P) y estipula (E).

Figura 2.

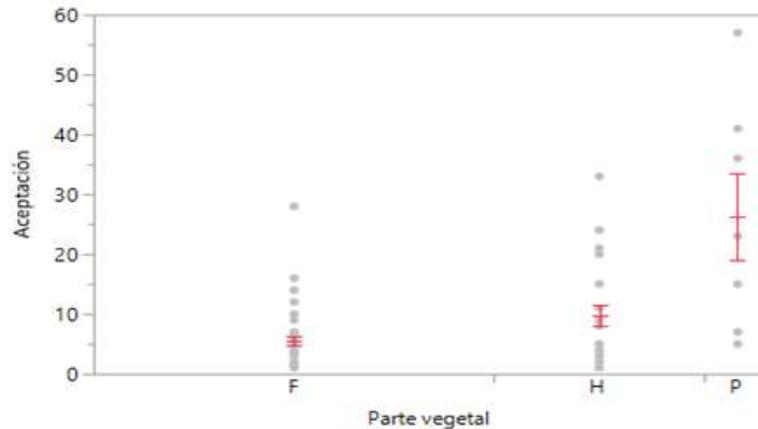
*Partes de diferentes especies vegetales que conforman la dieta de los animales focales de *Alouatta palliata aequatorialis* en el Parque Nacional Soberanía. **A)** Fruto maduro de *Astrocaryum standleyanum*. **B)** Estipula de *Ficus insipida*. **C)** Hoja nueva de *Cecropia obtusifolia*.*



Encontramos diferencia en el consumo en las partes vegetales por AF ($\chi^2:13.3969$, $gl:2$, $p:0.0012$). Al comparar la frecuencia de consumo de fruto con hoja por AF hubo diferencia ($Z:1.9791$, $p:0.0478$), peciolo y hoja también tuvieron diferencia ($Z:2.2732$, $p:0.0230$), al igual que peciolo y fruto tuvieron diferencias de consumo por AF ($Z:3.3127$, $p:0.0008$) (Figura 3).

Figura 3.

Gráfica de la media y error estándar de la frecuencia de consumo de las partes vegetales por Animal focal. F (fruto), H (hoja) y P (peciolo).



En este estudio se observó que el fruto maduro de *F. insipida* tuvo una frecuencia de aceptación entre 1 a 10 con un $\bar{x} : 4 \pm SD: 2.6$. Por otro lado, los animales focales consumieron diferentes partes vegetales con porcentaje de sacarosa (% Brix) entre 4.3 a 14.3 ($\bar{x} : 9.1 \pm SD 3.2$) y un pH entre 4 a 7 ($\bar{x} : 5.5 \pm SD: 0.9$). Sin embargo, solo *F. insipida* y *H. fascicularis* presentaron diferencias en los %Brix de los frutos maduros en comparación con los frutos verdes (Tabla 3). Encontramos que existe una diferencia en las medias del %Brix (sacarosa) entre las partes vegetales que consumieron los individuos observados (F:10.1668, gl:2, p:0.0003). Las frutas en comparación con hojas nuevas (t:3.7018, p:0.0009) y peciolo (t:4.4699, p:0.0004) presentaron diferencias, donde las frutas tuvieron mayor %Brix (Figura 4). Las hojas nuevas y el peciolo no tuvieron diferencias (t:0.9312, p:0.3618) (Figura 4). Los valores de pH para las partes vegetales presentaron diferencias (Chi²: 10.77, gl:2, p:0.0046). Al igual que en sacarosa, los valores de pH de las frutas en comparación con hojas nuevas (Z: 2.2141, p:0.0268) y peciolo (Z:2.9922, p:0.0028) presentaron diferencias, mientras que las hojas nuevas y el peciolo no presentaron diferencias (Z:1.601, p:0.1045).

Tabla 3.

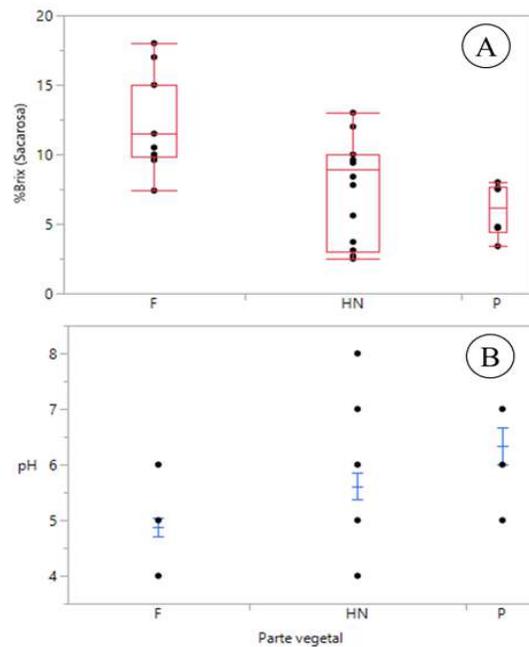
Promedio de los %Brix y pH de las partes vegetales aceptadas por *A. palliata aequatorialis* en el Parque Nacional Soberanía, Colón, Panamá.

Especies vegetales	PV	Aceptación	Media %Brix	Comparación %Brix	Media pH	Comparación pH
<i>Castilla elástica</i>	FSM	53	14.3	t: -0.5039, p: 0.3234	4.7	t: 2.1213, p: 0.9494
	FV	0	8.7		5.7	
<i>Ficus insipida</i>	FM	72	11.1	Z: -2.3351, p: 0.0195*	5.2	t: -6.3246, p: 0.0007*
	FV	0	5.0		5.5	
<i>F. insipida</i>	P	133	7.7		5.7	
<i>F. insipida</i>	HN	11	12.0	t: 11.6743, p: 0.9998	6.0	Z: -0.66667, p: 0.5050
	HM	0	1.5		6.3	
<i>Clarisia biflora</i>	HN	59	10.0		6.7	
<i>Astrocaryum standleyanum</i>	FM	55.5	9.2		5.0	
<i>Henriettea fascicularis</i>	FM	44	9.8	t: -7.5248, p: 0.0075*	4.0	Z: 1.3176, p: 0.1876
	FV	0	4.3		4.7	
<i>Poulsenia armata</i>	HN	67	7.3	Z: -1.7457, p: 0.0809	6.7	Z: 1.3176, p: 0.1876
	HM	0	8.6		6.0	
<i>Cecropia obtusifolia</i>	HN	2	2.8		4.7	
<i>Samanea saman</i>	HN	68	9.7	t: 7.06997, p: 0.9989	5.0	Z: -1.9876, p: 0.0469*
	HM	0	7.8		6.0	
<i>Cordia alliodora</i>	P	51	4.3		7.0	
<i>Apeiba tibourbou</i>	HN	3	3		4.7	

Leyenda: PV (parte vegetal), FSM (fruto semimaduro), FM (fruto maduro), FV (fruto verde), P (peciolo), HN (hoja nueva), HM (hoja madura).

Figura 4.

A) Gráfica de la mediana, primero y segundo cuartil, máximo y mínimo del %Brix (sacarosa) de las frutas (F), hojas nuevas (HN) y pecíolos (P) que consumieron los animales focales de *A. palliata aequatorialis* en el Parque Nacional Soberanía. B) Gráfica de la media y el error estándar del pH de las frutas (F), hojas nuevas (HN) y pecíolos (P) que consumieron los animales focales de *A. palliata aequatorialis* en el Parque Nacional Soberanía.



Nuestros datos muestran que no hubo una dependencia entre la frecuencia de aceptación de las diferentes partes vegetales con respecto a los porcentajes de sacarosa ($P:0.07191$, $R^2:0.2882$) y valores de pH ($P:0.3621$, $R^2:0.0836$).

Discusión

Nuestros datos de conducta alimenticia folívora-frugívora (Tabla 2) coinciden con la reportada para el género *Alouatta*, quienes deben combinar partes de diferentes especies vegetales para lograr obtener cantidades adecuadas de los nutrientes (Milton, 1990; Nagy y Milton, 1979).

Consideramos que las diferencias en el consumo de las partes vegetales pueden estar influenciado por la distribución del alimento o por las condiciones estacionales en el hábitat (fenología), donde se dan picos de producción de hojas, flores y frutos de diferentes especies vegetales de manera no sincrónica a lo largo del año (Figura 3).

Esto concuerda con un estudio realizado con grupos de *A. p. mexicana* en Los Tuxtlas, México, donde concluyen que las características del hábitat interactúan con la estacionalidad (distribución y disponibilidad) de las plantas para determinar la dieta de los grupos (Hostettmann et.al., 2008). Otro estudio realizado con *A. p. mexicana* en isla Agaltepec en México, encontraron que la dieta de este primate dependió de la disponibilidad del recurso, donde la fenología de las especies arbóreas muestra que los grupos cuentan con un mayor número de especies en floración o fructificación en meses específicos. En contraste, ocurre una oferta constante de follaje a lo largo del año (Quintana-Morales, 2015). Concordamos con esto estudios, ya que los individuos mostraron una mayor frecuencia de aceptación de frutos de la especie *F. insipida*, *A. standleyanum* y *C. elástica*, las cuales se encontraron en pico de fructificación durante el estudio. Por otro lado, la especie *F. insipida* ha sido reportada con frecuencia en la dieta del género *Alouatta* (Serio-Silva et.al., 2002). Siendo considerada como una especie clave que proporciona cuatro partes vegetales al consumo de los monos aulladores (hoja nueva, fruto maduro, peciolo y estípula) (Dias y Rangel-Negrín, 2015; Milton, 1980; Milton, 1979).

Un registro realizado con monos aulladores (*A. p. aequatorialis*) durante 44 años (1974-2018) en la isla Barro Colorado en Panamá muestra que la disminución de densidad de dos especies de árboles, *Ficus yoponensis* y *F. insipida*, afecta la población de los monos aulladores en la isla, ya que juntos proveen alrededor del 36% de la dieta anual de estos primates (Milton et.al., 2019). Es importante mencionar que los requerimientos nutricionales varían de acuerdo con las especies de primates no humanos (Sánchez-Solano et.al., 2022), por lo que nuestros

resultados coinciden con lo reportado anteriormente para los monos aulladores donde se ha visto que las frutas en comparación con las hojas presentan mayor cantidad de carbohidratos no estructurales, ofreciendo una recompensa energética más directa que las hojas (Milton,1979; Fernández, 2014). Un estudio reciente realizado con monos aulladores *A. p. mexicana*, encontró que el contenido de sacarosa fue más alto en las frutas maduras consumidas con respecto a las frutas inmaduras (Sánchez-Solano et.al., 2022). Esto coinciden con lo que encontramos, ya que el porcentaje de sacarosa era mayor en los frutos maduros de *F. insipida* y *H. fascicularis* (Tabla 3). Sin embargo, se ha reportado que los monos aulladores no basan su selección de las partes vegetales en la obtención de energía directa, ya que consumen altas cantidades de hojas, por lo general más hojas nuevas en comparación a hojas maduras, que a su vez presentan mayor cantidad de fibra nutricional y menos concentraciones de carbohidratos no estructurales (Milton,1979).

Se ha estimado que los monos aulladores al ingerir hojas obtienen un 1020 kJ/kg-día, del cual solo asimilan el 35% de la energía ingerida, perdiéndose la diferencia en las heces (64%) y la orina (4%) (Nagy y Milton, 1979; Serio-Silva et.al., 2002; Fuentes, 2003). Esto se debe a que presentan un tracto digestivo pequeño y especializado, con adaptaciones, donde los lugares potenciales para fermentación por el microbiota intestinal, como el colon y ciego, generan productos terminales, ácidos grasos volátiles que pueden ser absorbidos y usados como fuente de energía (Milton,1980). Esto coincide con lo que encontramos en este estudio, ya que no hubo una dependencia entre la frecuencia de aceptación de las diferentes partes vegetales. De igual manera, coinciden con lo reportado para la subespecie *A. p. aequatorialis* en la isla Barro Colorado, donde encontraron que la elección de las partes vegetales va a depender de más de un factor nutricional, de riesgo, requerimientos fisiológicos de cada individuo o la relación costo/beneficio (Milton,1979; Fernández, 2014). En el caso de las hojas, los factores más

importantes (relacionados con el contenido de alimentos) fueron el contenido de proteína y fibra, quizás con alguna influencia de los compuestos secundarios, por lo que para monos aulladores la relación proteína-fibra puede ser un buen predictor de aceptación de las hojas (Milton, 1979).

Por otro lado, consideramos que la presencia de sacarosa al ser mucho más alta en los frutos puede ser el factor de importancia en la aceptación de esta parte vegetal, ya que a nivel del sentido gusto es un indicativo de madurez (Sánchez-Solano et.al., 2022). Además, los niveles de acidez son también considerados como un indicador del estado de madurez, como observamos en las frutas en donde aumentan de pH a medida que maduran, ya que los ácidos se convierten en azúcares (Dominy et al., 2004). Sin embargo, en plena madurez, la mayoría de las frutas que consumen los primates están en un rango de pH ácido (García y Pérez-Urria, 2009; Dominy et.al., 2004). Los pH ácidos también pueden representar la presencia de compuestos astringentes, que en altas concentraciones pueden evitar el procesamiento de otros nutrientes, pero si hay bajas concentraciones de estos compuestos y a la vez se encuentra una mayor proporción de otros nutrientes, se reducen los efectos negativos, aumentando la aceptación de las partes vegetales (García y Pérez-Urria, 2009; Felton et.al., 2009). Estos dos factores, sacarosa y acidez en los frutos son cualidades consideradas como una pista dulce-acida, permitiendo una evaluación efectiva, sinónimo de recompensa energética (Dominy et.al., 2004; Dominy, 2004). De acuerdo con, lo reportado en este estudio recomendamos que para seguir comprendiendo la ecología alimentaria de los monos aulladores, se debe seguir ampliando la información nutricional y fitoquímica de las partes vegetales que consumen los monos aulladores del PNS, a fin de establecer estrategias efectivas de conservación que respondan a los requerimientos nutricionales mínimos para los monos aulladores, ya que la composición de los bosques sustenta las poblaciones de las especies del género *Alouatta* en Panamá.

Conclusiones

Con este estudio reportamos que en las partes vegetales (hojas, frutos y peciolas)

de 10 especies que pertenecen a 7 familias consumidas por los *A. palliata aequatorialis* del Parque Nacional Soberanía presentan concentraciones de sacarosa(%Brix) bajos (rango 4.3 a 14.3) con niveles de pH que van de ácidos a neutros (rango 4 a 7). Estos valores de sacarosa y pH de las partes vegetales no tuvieron un efecto en la aceptación, siendo considerados solo como un factor de varios que puedan estar utilizando los monos aulladores la evaluación y aceptación de su dieta.

Agradecimientos

Agradecemos al Proyecto de Ecología Química de los Primates de Panamá de la Fundación Pro-Conservación de los Primates Panameños (FCPP) por el financiamiento del proyecto. A los botánicos Rodolfo Flores y José Polanco por la identificación de las especies de plantas.

Referencias Bibliográficas

- Altman, J. (1974). Observational study of behavior: Sampling methods. *Behaviour*, 49(3–4), 227–266.
- ANAM Autoridad Nacional del Ambiente (1999). Plan de Manejo Ambiental del Parque Nacional Soberanía. República de Panamá. 193 pp
- Balcells, C. D., & Baró, J. J. V. (2009). Developmental stages in the howler monkey, subspecies *Alouatta palliata mexicana*: a new classification using age-sex categories. *Neotropicales primates*, 16(1), 1–8. <https://doi.org/10.1896/044.016.0101>
- Behie, A. M., Pavelka, M. S. M., & Chapman, C. A. (2010). Sources of variation in fecal cortisol levels in howler monkeys in Belize. *American Journal of Primatology*, 72(7), 600–606. <https://doi.org/10.1002/ajp.20813>

- Blandón, A. M., & Ochoa Aguirre, T. P. (2015). Determinación de la concentración de pH en hojas de cultivares clonales *Spondias purpurea* L, en el arboretum Alain Meyrat de la Universidad Nacional Agraria [Tesis doctoral] Universidad nacional Agraria, Managua, *Nicaragua*.
- Carrión, J. F., Víquez, K. E., Mendieta, J. A., Carrasquilla, L., & Vergara, C. (2013). Caracterización florística y estructural de una parcela de bosque semicaducifolio en el parque nacional Soberanía, Panamá. *Tecnociencia*, 15(2), 71-84.
- Dias, P. A., & Rangel-Negrín, A. (2015). Diets of Howler Monkeys *Howler Monkeys*, 21–56. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1960-4_2
- Dominy, N. J. (2004). Fruits, fingers, and fermentation: The sensory cues available to foraging primates. *Integrative and Comparative Biology*, 44(4), 295–303. <https://doi.org/10.1093/icb/44.4.295>
- Dominy, N. J., Lucas, P. W., Osorio, D., & Yamashita, N. (2004). The sensory of primates food perception. *Evolutionary Anthropology*, 10, 171–186.
- Dunn, J. C., Cristóbal-Azkarate, J., & Veà, J. J. (2010). Seasonal variations in the diet and feeding effort of two groups of howlers in different sized forest fragments. *International Journal of Primatology*, 31(5), 887–903. <https://doi.org/10.1007/s10764-010-9436-0>
- Empresa de Transmisión Eléctrica S.A, (2018). Clima anual de la República de Panamá. <http://www.hidromet.com.pa/documentos.php?sec=14>.
- Félix, M. G. (2000). Comparación de la capacidad de fijación de dióxido de carbono en los bosques de los parques nacionales Soberanía, Chagres y Camino de Cruces [Tesis de maestría] Universidad de Panamá, Panamá.
- Felton, A. M., Felton, A., Lindenmayer, D. B., & Foley, W. J. (2009). Nutritional goals of wild primates. *Functional Ecology*, 23(1), 70–78. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2008.01526.x>
- Fernández, V. A. (2014). Ecología nutricional del mono aullador negro y dorado (*Alouatta caraya*) en el límite sur de su distribución [Tesis doctoral]. *Universidad de Buenos Aires*.

- Fuentes, E., Estrada, A., Franco, B., Magaña, M., Decena, Y., Muñoz, D., & García, Y. (2003). Reporte preliminar sobre el uso de recursos alimenticios por una tropa de monos aulladores, *Alouatta palliata*, en el parque la venta, Tabasco, México". *Neotropical Primates*, 11(1), 24–28.
- García, A. Á., & Pérez-Urria Carril, E. (2009). Metabolismo secundario de plantas". *Reduca (Biología). Serie Fisiología Vegetal*, 2(3), 119–145.
- Glander, K. E. (1980). Reproduction and population growth in free-ranging mantled howling monkeys. *American Journal of Physical Anthropology*, 53(1), 25-36.
- Glander, K. E. (1992). Dispersal patterns in Costa Rican Mantled Howling Monkeys. *Int. J. Primatol*, 13(4), 415–435.
- Hladik, C. M (1993) Fruits of the rain forest and taste perception as a result of evolutionary interactions. *Tropical Forests, People and Food: Biocultural interactions and applications to development.*, pp.73-82 UNESCO-Parthenon Paris.
- Hladik, C. M. (1967). Surface relative du tractus digestif de quelques primates, morphologie des villosités intestinales et correlations avec le regime alimentaire. *Mammalia*, 31(1). <https://doi.org/10.1515/mamm.1967.31.1.120>
- Hladik, C. M., Pasquet, P., & Simmen, B. (2002). New perspectives on taste and primate evolution: the dichotomy in gustatory coding for perception of beneficent versus noxious substances as supported by correlations among human thresholds". *American Journal of Physical Anthropology*, 117(4), 342–348.
- Hladik, C. M., Pasquet, P., & Simmen, B. (2004). Cultural o biológico: ¿qué significado tienen umbrales gustativos en términos evolutivos? En A. Millán-Fuertes, L. Cantarero, X. Medina, & M. M. J. Montejano (Eds.), *Arbitrario cultural. Racionalidad e irracionalidad del comportamiento comensal. Homenaje a Igor de Garine* (pp. 475–488).
- Hostettmann, K., Gupta, M. P., Marston, A., & Ferreira, E. (2008). Manual de estrategias para el aislamiento de productos naturales bioactivos. *Programa iberoamericano de Ciencia y Tecnología. CYTED*.
- Laska, M., Scheuber, H.-P., Sanchez, E. C., & Rodriguez Luna, E. (1999). Taste difference thresholds for sucrose in two species of nonhuman primates. *American Journal of Primatology*, 48(2), pp.153–160. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1098-2345\(1999\)48:2<153::aid-ajp6>3.0.co;2-7](https://doi.org/10.1002/(sici)1098-2345(1999)48:2<153::aid-ajp6>3.0.co;2-7)

- Mendez-Carvajal, P. (2012). Population study of Coiba howler monkeys (*Alouatta coibensis coibensis*) and Coiba Capuchin monkeys (*Cebus capucinus imitator*), Coiba island National Park, republic of panama. *Journal of primatology*, vol.1. no.2, pp, 1-5. <https://doi.org/10.4172/2167-6801.1000104>
- Milton, K. (1979). Factors Influencing Leaf Choice by Howler Monkeys: A Test of Some Hypotheses of Food Selection by Generalist Herbivores". *The American Naturalist*, 114(3), 362–378. <https://doi.org/10.1086/283485>
- Milton, K. (1980). The foraging strategy of howler monkeys. A study in primate economics. *Columbia University Press.*, New York, 1980, pp. 165.
- Milton, K. (1990). Calidad dietética y regulación demográfica de una población de monos aulladores *Alouatta palliata* En E. G. Leigh, A. S. Rand, & D. M. Winsor (Eds.), *Smithsonian* (pp. 357–373).
- Milton, K. (1999). Nutritional characteristics of wild primate foods: Do the diets of our closest living relatives have lessons for us? *Nutrition*, 15(6), 488-498.
- Milton, Katharine, Armitage, D. W., & Sousa, W. P. (2019). Successional loss of two key food tree species best explains decline in group size of Panamanian howler monkeys (*Alouatta palliata*). *Biotropica*, 51(4), 600–614. <https://doi.org/10.1111/btp.12679>
- Nagy, K. A., & Milton, K. (1979). Energy metabolism and food consumption by wild howler monkeys (*Alouatta palliata*)". *Ecology*, 60(3), 475–480.
- Pablo-Rodríguez, M., Hernández-Salazar, L. T., Aureli, F., & Schaffner, C. M. (2015). The role of sucrose and sensory systems in fruit selection and consumption of *Ateles geoffroyi* in Yucatan, Mexico". *Journal of Tropical Ecology*, 31(03), 213–219. <https://doi.org/10.1017/s0266467415000085>
- Pozo-Montuy, G., & Serio-Silva, J. C. (2006). Comportamiento alimentario de monos aulladores negros (*Alouatta pigra* Lawrence, Cebidae) en hábitat fragmentado en Balacán, Tabasco, México". *Acta zoológica mexicana*, 22(3), 53–66.
- Quintana-Morales, P. C. (2015). Influencia de la disponibilidad y distribución del alimento en la dinámica intergrupala del mono aullador de manto (*Alouatta palliata*); *Instituto de Neuroetología*.

- Sánchez-Solano, K. G., Reynoso-Cruz, J. E., Guevara, R., Morales-Mávil, J. E., Laska, M., & Hernández-Salazar, L. T. (2022). Non-visual senses in fruit selection by the mantled howler monkey (*Alouatta palliata*). *Primates; Journal of Primatology*, 63(3), 293–303. <https://doi.org/10.1007/s10329-022-00984-4>
- Serio-Silva, J., Rico-Gray, V., Hernandez-Salazar, L., & Espinosa-Gómez, R. (2002). The role of *Ficus* (Moraceae) in the diet and nutrition of a troop of Mexican howler monkeys, *Alouatta palliata mexicana*, released on an island in southern Veracruz, Mexico". *Journal of Tropical Ecology*, 18(06), 913–928. <https://doi.org/10.1017/s0266467402002596>

RASTREO DE Rn-222 EN ÁREAS VOLCÁNICAS DE PANAMÁ

TRACKING OF Rn-222 IN VOLCANIC AREAS OF PANAMA

Omayra Janeth Pérez Castro

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología,
Departamento de Física. Panamá

<https://orcid.org/0000-0002-7080-5598>

Autor de correspondencia: omayra.perezc@up.ac.pa

Bernardo Fernández García

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología,
Departamento de Física. Panamá

<https://orcid.org/0000-0002-7947-3147>

bernardo.fernandezg@up.ac.pa

Luis Antonio Marín Díaz

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología,
Departamento de Física. Panamá.

<https://orcid.org/0000-0001-8580-4128>

luis.marin-d@up.ac.pa

Juan Manuel Rodríguez Cisneros

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología,
Departamento de Física. Panamá

<https://orcid.org/0000-0002-2013-6752>

juan-m.rodriquez-c@up.ac.pa

Recepción
26/01/2024

Aprobación
21/04/2024

DOI: <https://doi.org/10.48204/j.scientia.v34n2.a5334>

Resumen

El mapa de la radiación de fondo de la región occidental de la República de Panamá muestra un mayor fondo radiactivo, en áreas volcánicas. Estas áreas coinciden con zonas termales identificadas. Se estudió los niveles de gas radiactivo derivado del uranio (el radón), en esas zonas volcánicas de la República de Panamá. Los resultados señalan la presencia, medible, de una mayor actividad del radón, en áreas volcánicas. Los resultados se contrastaron con los de otras zonas no volcánicas, como la de "Arraiján". Entre los sitios volcánicos evaluados, la zona de Cerro Pando, que también es termal, se destacó por presentar los niveles más elevados de radón. Estos datos respaldan la hipótesis señalada por varios autores sobre la existencia de una correlación entre la actividad volcánica y la concentración de radón en las regiones termales, pues su actividad es influenciada por procesos geotérmicos. Es decir, las regiones termales pueden albergar concentraciones más altas de radón y nuestros resultados apuntan hacia una confirmación de dicha hipótesis. Este estudio no sólo contribuye al conocimiento de la distribución del radón en el territorio panameño, sino que también plantea una base para futuros trabajos sobre los posibles riesgos asociados a altas exposiciones, en caso de que estas existan, para establecer criterios básicos y así proponer regulaciones de la actividad humana en zonas con estas condiciones. Para la detección de radón se utilizó el RAD 7, un equipo que ha demostrado ser una herramienta efectiva para la detección y medición precisa en dichas áreas.

Palabras clave: Fondo radiactivo, radiación, Panamá, radón, volcanismo, termal.

Abstract

The map of Panama shows a greater radioactive background, in volcanic areas. These areas coincide with identified thermal zones. In these thermal zones of the Republic of Panama, the incidence of a radioactive gas derived from uranium (radon) was studied. The results indicate the measurable presence of radon activity, particularly in areas with volcanic manifestations. This contrasts with other non-volcanic areas, such as Arraiján. Among the volcanic sites evaluated, the Cerro Pando area stood out for presenting the highest levels of radon. These data support the hypothesis indicated by several authors about the existence of a correlation between volcanic activity and the concentration of radon in thermal regions as it is influenced by geothermal processes. That is, thermal regions can host higher concentrations of radon, which in our case suggests confirmation of this hypothesis. This study not only contributes to the knowledge of the distribution of radon in the Panamanian territory, but also provides a basis for future research on the possible risks associated with high exposures, if these exist, to establish basic criteria and thus propose regulations for the human activity in areas with these conditions. For the detection of radon, the RAD 7 was used, a device that has proven to be an effective tool for the detection and precise measurement in these areas.

Keywords: Radioactive background, radiation, Panamá, radon, volcanism, thermal.

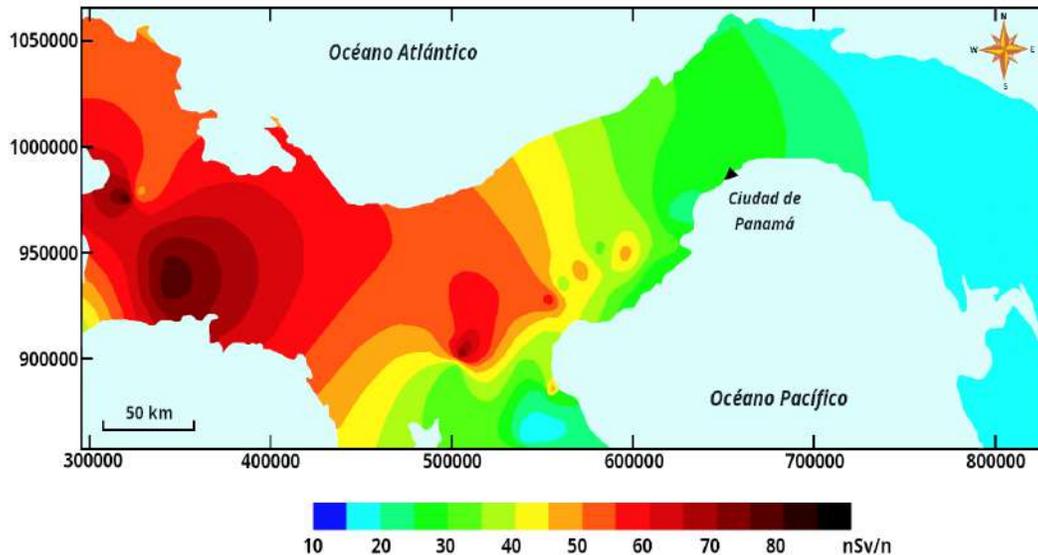
Introducción

El uranio 238 es un elemento natural radiactivo que emite partículas alfa y es el isótopo padre del radón 222 (Rn-222). Básicamente se encuentra en casi todas las rocas de la corteza terrestre superior, con una concentración promedio de 2,8 $\mu\text{g/g}$, (Balaram et al., 2022), aunque a veces está en cantidades muy pequeñas, entre (2-6) ppm (Segura, 2022). Además, en casi todo el mundo, se procesa aproximadamente un total de mil millones de metros cúbicos de uranio, con fines básicamente energéticos o militares (Balaram et al., 2022) y esta actividad expone al ser humano a un exceso de radiación del uranio. Por otro lado, estudios como el de Otton (citado en Ramos, 2018) indican que los isótopos de uranio se localizan, de forma natural y en mayor cantidad, en rocas volcánicas, principalmente de tipo granito o lutitas oscuras y en sedimentos de rocas que contienen fosfato y las que se derivan de estas. También se encuentra en minerales volcánicos como la uraninita, monacita y circón (Sasaki et al., 2017). Por ello, debería haber un interés especial en el estudio de la radiación por radón que proviene del uranio en las áreas volcánicas con el interés de tomar medidas de protección radiológica, en el caso requerido.

Un mapa preliminar sobre la radiación de fondo de la República de Panamá (Figura 1), usando un detector de radiación ambiental, modelo Exploranium GR320, fue elaborado por los colaboradores de la estación RN50 del CTBTO (siglas en inglés de la organización que administra el Tratado de Prohibición Completa de Ensayos Nucleares, TPCEN).

Figura 1.

Mapa de la radiación de fondo de la región occidental de la República de Panamá.



El mapa de la radiación de fondo de la región occidental de la República de Panamá muestra, por lo menos, cuatro áreas con valores de radiación más altos que el resto. Las áreas identificadas con estos valores coinciden con una geología caracterizada por la existencia de rocas de origen volcánico. Se trata de los sitios termales identificados en un estudio hecho por el IRHE-810-0LADE (Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación - Organización Latinoamericana de Energía - Banco Iberoamericano de Desarrollo, 1987) sobre la geología volcánica relacionada con la presencia de aguas termales en Panamá. Estas áreas son: El Volcán Barú, El Valle de Antón, La Yeguada y Tonosí-Pedasí. Por ello suponemos que esto es indicador de la presencia del Rn-222.

Sobre la relación entre volcanismo y radón, la literatura indica que las fallas geológicas activas, las cuales son comunes en áreas volcánicas, son buenas conductoras de la desgasificación del terreno (Sosa, 2023). Esa desgasificación se encuentra generalmente correlacionada positivamente con la concentración del gas radón en el suelo, el cual es una de las fuentes principales de la radiación de fondo. Meza et al. (2018) exploraron la relación entre la sismicidad de fracturas y las emisiones de radón-222, en la región volcánica de los Coconucos (El Cauca,

Colombia). Allí identificaron anomalías en las concentraciones de gas radón que excedían los valores promedio y que, además, mostraron correlación con la presencia de sismos de magnitudes locales (normalmente conocida como magnitud Richter).

Sobre la relación entre la presencia de aguas termales y radón, se ha observado que ambas son características comunes en las regiones volcánicas. Según el estudio “Calderas volcánicas y su relación con recursos geotermales en el sur del Perú” de Díaz y Gómez (2021), las aguas termales provienen de la infiltración de aguas de lluvia que se han producido en diferentes tiempos geológicos. Este estudio explica que las aguas meteóricas, al filtrarse a través de fallas o fracturas geológicas, aumentan su temperatura por el gradiente geotérmico. Díaz y Gómez también sugieren que, en ciertas condiciones, estas aguas se calientan adicionalmente por la presencia de cuerpos magmáticos y focos calientes situados en regiones volcánicas durante la fase de distensión tectónica. Además, identifican que las estructuras conocidas como calderas volcánicas se forman cuando la cámara magmática subyacente se vacía parcialmente, causando el hundimiento del terreno superior. Este fenómeno no solo indica la presencia de cuerpos magmáticos y focos calientes, que a su vez calientan las aguas infiltradas generando reservorios geotérmicos, sino que también destaca su potencial como fuente de energía geotérmica.

Otros autores indican que la circulación profunda de estas aguas termales hace que, en el trayecto, se enriquezcan con elementos radiactivos procedentes de minerales uraníferos emplazados en diferentes partes de la sección geológica atravesada, principalmente en su porción volcánica (Villalba et al., 2015). De allí la presencia de radón en aguas termales.

En el convenio de cooperación técnica “IRHE-810-0LADE” de 1987, se incluyó la realización de un “Estudio de Reconocimiento Geotérmico Nacional”. En él se señala que se trata de una evaluación crítica de la información existente sobre las condiciones geológicas, estructurales e hidrotermales, así como estudios fotogeológicos y de imágenes de satélite, de toda la región occidental de Panamá, en búsqueda de recursos geotérmicos de alta entalpía. Las áreas que se

encontraron como prometedoras para cumplir con el objetivo del estudio están indicadas en la Figura 2: a) Complejo del Volcán Barú, b) La Yeguada, c) El Valle de Antón y d) Tonosí-Pedasí.

Figura 2.

Puntos de medición y su ubicación en un mapa topográfico de la República de Panamá.

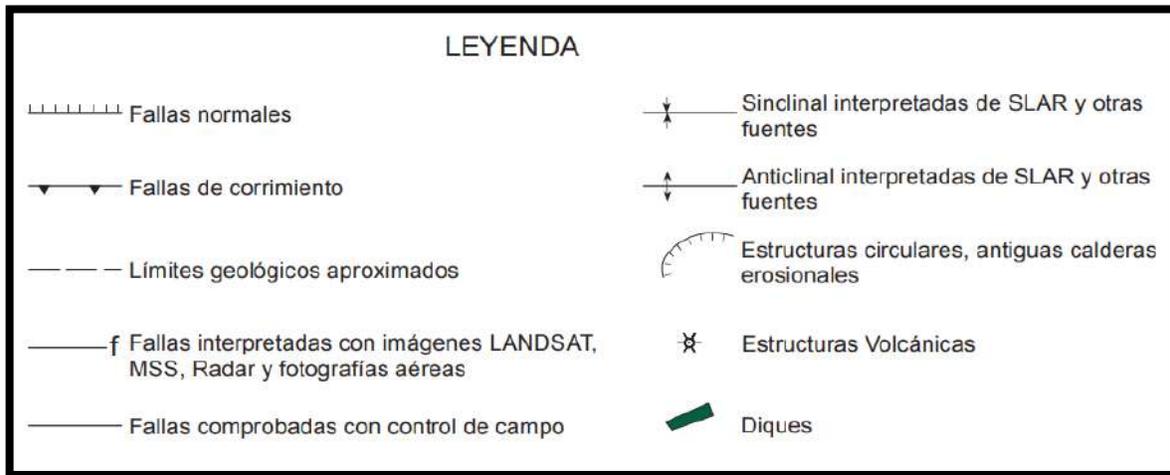


Nota: Adaptado del Mapa topográfico de Panamá, por El CapitalFinanciero.com, enero 10 de 2011 (<https://elcapitalfinanciero.com/minas-potencial-vs-sacrificio-ambiental/>).

Según informes de Recursos Minerales del Ministerio de Comercio e Industrias de Panamá, la cartografía geológica revela, por su interés particular, una variedad de formaciones y características geológicas. Dentro de este espectro geológico, se pueden observar fallas geológicas y estructuras volcánicas, todas meticulosamente identificadas y clasificadas según la leyenda que se presenta en la figura 3.

Figura 3.

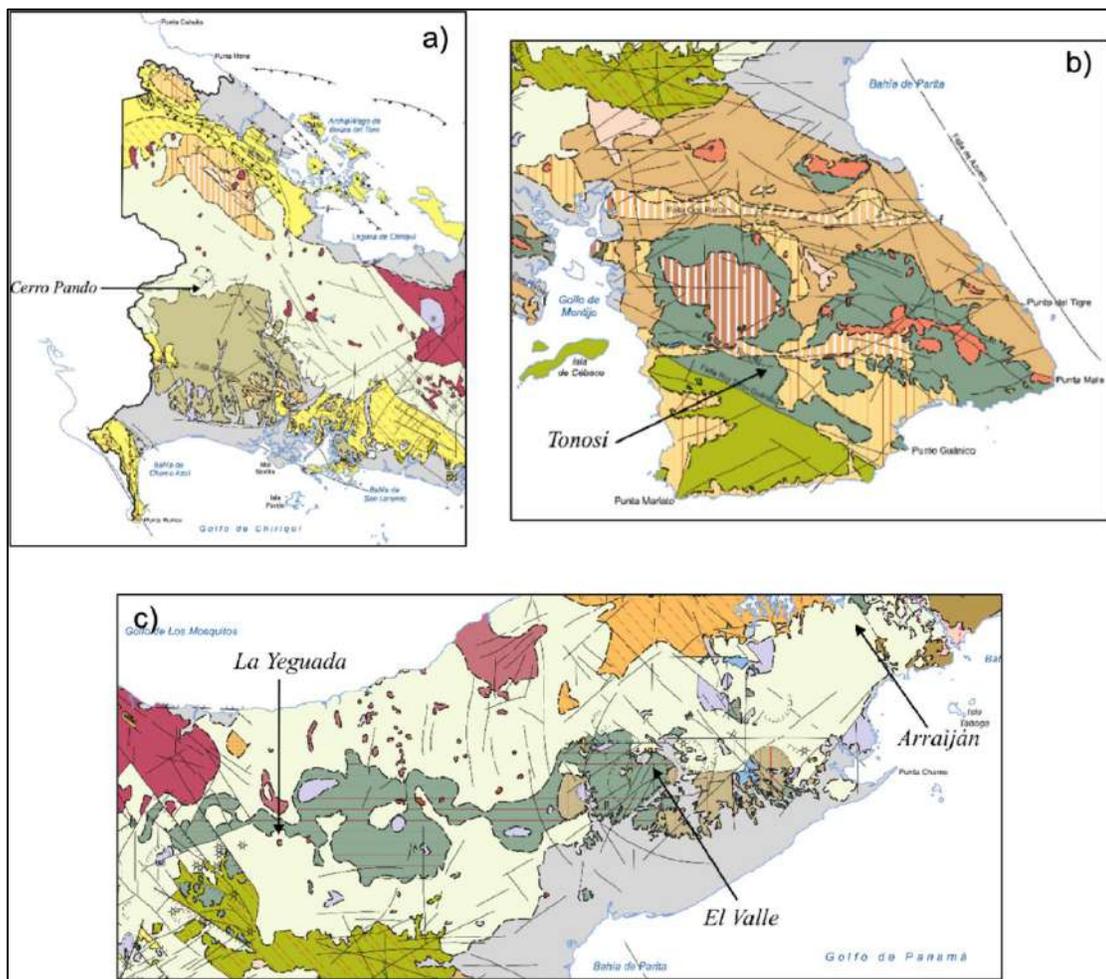
Leyenda de fallas geológicas y estructuras volcánicas identificadas en el mapa geológico de la República de Panamá. Dirección de Recursos Minerales – Ministerio de Comercio e Industrias (2018).



En la figura 4., presentamos partes del mapa geológico, que proporcionan información detallada sobre la composición, estructura, y procesos geológicos locales, lo que sirve como un recurso integral para la comprensión de la diversidad geológica de Panamá. El estudio de estos elementos es crucial, ya que permite una mejor comprensión de los fenómenos terrestres en la región y posibilita la identificación de áreas propicias para la exploración de zonas volcánicas.

Figura 4.

Ubicación de los puntos de medición en las cercanías de: a) El Volcán Barú, Provincia de Chiriquí, b) Tonosí, Provincia de Los Santos, c) La Yeguada, Provincia de Veraguas y c) El Valle, Provincia de Coclé. Nota. Adaptado del mapa geológico de Panamá, de la Dirección de Recursos Minerales – Ministerio de Comercio e Industrias (2018).



Panamá, por ser de formación relativamente reciente dentro del contexto del continente americano, hipotéticamente debería tener una actividad volcánica intensa como es el caso de los países centroamericanos. Ese volcanismo debería estar acompañada de una alta detección de radón, en esas zonas.

Además, Panamá, siendo parte de América Central, al igual de los demás países de esta región, debería contar con una alta actividad sísmica y volcánica. Si ese fuera el caso, la actividad sísmica y volcánica indicarían que no es un sitio recomendable para construir un canal interoceánico, necesario para el comercio mundial, a pesar de ser un estrecho Istmo. Pero los hechos señalan que Panamá no tiene esas esperadas: alta sismicidad y volcanismo. La sismicidad registrada por el Instituto de Geociencias (UP) así lo indica. Si Panamá fuese un lugar con alta actividad volcánica, encontrar niveles altos de radón, en las áreas volcánicas, así como otros parámetros típicos del vulcanismo, podrían ser las señales. Pero como veremos en este trabajo, tampoco se registran altos niveles. Es probable que estas dos situaciones de poca sismicidad y bajo volcanismo, que hacen a Panamá diferente del resto de América Central (Centroamérica), se deban a la forma como se dio la evolución geológica particular del Istmo de Panamá y lo hace geográficamente diferente del resto de América Central. De allí la confirmación de que es necesario hacer la diferencia entre “Centroamérica” y América Central, no sólo desde la perspectiva histórica, sino también desde la geología. Los niveles de radón, al igual que otros parámetros típicos del vulcanismo, nos indican, que Panamá es un lugar con baja actividad volcánica. _

Materiales Y Metodos

A inicios de la presente década, como parte de una iniciativa de la estación RN50, alineada con su compromiso de contribuir con la salud pública en el dominio de la protección radiológica, se hicieron una serie de exploraciones iniciales para detectar la actividad de radón en dos áreas de fácil acceso. Para las mediciones se escogieron dos tipos de sitios representativos de la presencia y ausencia de volcanismo:

a) para la región no volcánica: dos escuelas de Panamá, una en la Región Educativa de Panamá Centro y otra en la Región Educativa de Panamá Norte (Marín, L. 2020).

b) para la región de origen volcánico: el Valle de Antón (Santana, L., 2022).

Además de su representatividad, estas primeras exploraciones tenían la finalidad de familiarizarse con el equipo RAD7. En la primera exploración, establecer las condiciones de base para las mediciones y estudiar las rutinas con las que contaba el equipo. En la segunda, determinar el modo de trabajo de medición de radón en tierra (zona volcánica), en una zona tropical como la de Panamá, en la que las condiciones de pluviosidad y humedad del suelo pueden afectar la detección (Santana, L., 2023). Con los resultados de estas primeras exploraciones, se pudo establecer un plan de trabajo y diseñar una metodología orientada al estudio de la medición de la actividad del radón, en el suelo, en áreas de interés de origen volcánico, que en general son de mayor dificultad de acceso: La Yeguada, El Volcán Barú y Tonosí. Con estas exploraciones se determinó que la mejor estación climática para detectar mayor actividad de radón en la tierra es la estación climatológica llamada seca (1 de noviembre al 31 de marzo).

A manera de contraste (o referencia) se escogió una zona simple. Un lugar donde, en principio, no había manifestaciones de actividad volcánica (manifestaciones como fallas, estructuras de origen volcánico, entre otras), una zona de fácil acceso, cercana, en el distrito de Arraiján, provincia de Panamá Oeste.

Se tomó en cuenta la necesidad de contar con un equipo robusto y adaptable a trabajos de campo, que pudiese resistir y funcionar en distintas condiciones ambientales. Además, que fuese un instrumento versátil, portátil, de lectura simple y poco procesamiento inicial de la data, con modalidades de medición orientados al rastreo y medición en tierra. Para ello, se eligió el RAD7 (figura 5) para los muestreos. Posee una sólida construcción y un diseño ergonómico. Para nuestros propósitos, lo hace menos vulnerable a condiciones ambientales adversas, garantizando, en situaciones variadas, la integridad de las mediciones. Las mediciones hechas en las localidades de interés se almacenan. Además, permite elaborar gráficos de barras detallados y suministrar toda la información necesaria, para poder hacer, posteriormente, un análisis exhaustivo. O sea, los datos recopilados pueden ser visualizados directamente en el dispositivo o exportados a un computador para su análisis y procesamiento adicional, facilitando así la interpretación y comparación de los resultados.

El equipo es fabricado por la empresa DurrIDGE. Se trata de un espectrómetro de estado sólido de alta precisión y sensibilidad, fue diseñado para detectar y cuantificar gases nobles (incluye radón) en diversas matrices y entornos (DURRIDGE Company Inc., 2014). Su sistema de purga, para no afectar la precisión de las mediciones, se asegura de que el aire medido esté bastante libre de contaminantes. Con ese fin, está equipado con una cámara de detección avanzada y un sistema eficiente de purga, lo que le permite realizar mediciones confiables y precisas, que incluye estudios en condiciones ambientales variables.

Figura 5.

Equipo de detección de radón, RAD7.



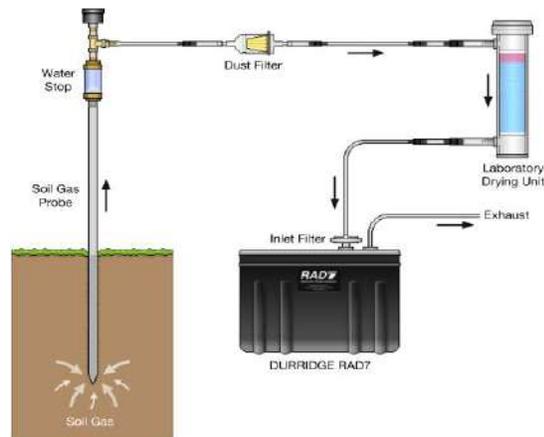
Nota. Adaptado del manual de usuario del Detector de Radón RAD7.

<https://durrige.com/documentation/RAD7%20Manual%20Spanish.pdf>

La medición de radón en el suelo utilizando el RAD7 implica un proceso meticuloso para garantizar resultados precisos y fiables. Inicialmente, se lleva a cabo una selección cuidadosa del sitio de medición, que debe ser representativo del área de estudio y estar libre de interferencias. La preparación adecuada del equipo es crucial; el RAD7 debe estar calibrado y configurado correctamente, asegurando su óptimo funcionamiento. Una vez preparado el equipo y seleccionado el sitio, se procede a la instalación de una sonda o tubo de acceso al suelo (figura 6). Esta sonda se introduce hasta una profundidad que se considera adecuada, basándose en los objetivos de la medición y las características específicas del suelo. Posteriormente, se conecta el tubo de muestreo del RAD7 a la sonda instalada, asegurando un sellado hermético en todas las conexiones para evitar contaminaciones con el aire ambiente.

Figura 6.

Configuración estándar de la sonda para medición en suelo.



Nota. Descripción adaptada de *SOIL GAS PROBE* (p. 8), por DurrIDGE, 2022. (<https://durrIDGE.com/documentation/Soil%20Gas%20Probe%20Manual.pdf>)

Antes de iniciar la medición, es esencial purgar el sistema, eliminando cualquier traza de aire ambiente y asegurando que solo se mida el radón proveniente del suelo. Una vez que el sistema está establecido y purgado, el RAD7 comienza a registrar las concentraciones de radón durante un periodo predeterminado, que puede variar en función del modo seleccionado.

En nuestro caso específico, debe ser el modo GRAB y la duración es de 30 minutos por punto. Al finalizar el periodo de medición, los datos recopilados son primeramente almacenados en una memoria interna del propio detector. Una vez descargados en un computador, los datos pueden ser analizados detalladamente con un software específico para el equipo “Capture de DurrIDGE”, que permite exportar los datos para su análisis en softwares específicos, destinados para tal fin, por ejemplo, Qtiplot.

El software permite visualizar la actividad por unidad de volumen en cada punto de medición, junto con la incertidumbre asociada, o elegir un conjunto de lecturas (puntos) y realizar tratamientos estadísticos, haciendo correcciones automáticas de los resultados al considerar condiciones ambientales, como la temperatura y la humedad, ya que pueden influir en estos últimos.

Nuestras zonas estudiadas son aquellas donde se han encontrado manifestaciones de aguas termales, que en general, están asociadas a actividad de tipo volcánica. Como se mencionó previamente estas son: El Valle, en Coclé, La Yeguada, en Veraguas, Tonosí, en Los Santos y Caldera, en Chiriquí. Se agregó Cerro Pando, por sus cualidades especiales identificadas “in situs”. A continuación, se presenta información que describe las zonas de estudio, como su extensión superficial y las coordenadas geográficas (Tabla 1).

Tabla 1.

Extensión de las áreas exploradas y sus correspondientes coordenadas geográficas.

Ubicación	Área de estudio (m ²)	Coordenadas
El Valle	10 000	8°35'51.1"N 80°08'15.4"W
Cerro Pando	74 000	8°52'06.5"N 82°41'35.4"W
Caldera 1	130 000	8°39'59.1"N 82°20'53.8"W
Caldera 2	100 000	8°38'01.3"N 82°21'18.4"W
La Yeguada	330 000	8°30'51.4"N 80°54'07.7"W
Tonosí	50 000	7°27'20.1"N 80°36'25.2"W
Arraiján	10 000	8°57'16.1"N 79°40'49.7"W

Una vez hechas las mediciones, se efectúa un análisis exploratorio de los datos (AED) utilizando el software Qtiplot, el cual nos permite emplear diversos métodos gráficos de visualización y tratamientos estadísticos de la información. Este análisis exploratorio tiene como objetivo principal descubrir y entender posibles relaciones entre las diferentes variables de estudio, estudiar la naturaleza y distribución de los datos, identificar patrones subyacentes y detectar comportamientos inusuales, o atípicos, en el conjunto de datos.

El AED, mediante el uso de Qtiplot, facilita la manipulación de los datos, permitiendo identificar tendencias, correlaciones y características clave del conjunto de datos, lo que resulta crucial para la toma de decisiones informadas y la formulación de hipótesis sólidas en trabajos subsiguientes.

Figura 7.

Fotografías de las mediciones realizadas en algunos de los puntos de interés. Estos sitios son: Tonosí (Azüero), La Yeguada (Veraguas), Caldera (Chiriquí) y Cerro Pando (montaña fronteriza entre Costa Rica y Panamá, que marca un tripunto entre las fronteras de las provincias de Bocas del Toro y Chiriquí y la línea fronteriza con Costa Rica).



Tonosí



La Yeguada



Caldera



Cerro Pando

Resultados

Para determinar si los niveles de Radón son significativamente “altos” en regiones de manifestaciones de tipo termal (pozos termales), primero se muestran los resultados de la medición de radón en el suelo de una zona panameña sin manifestaciones geológicas de tipo volcánica, en este caso, en una zona específica de Arraiján, Provincia de Panamá Oeste. Los resultados de estas mediciones se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2.

Valores de la radiactividad por unidad de volumen medida en distintos puntos de la zona de referencia, ubicada en Arraiján, su valor promedio y las desviaciones.

Medición	Actividad (Bq/m^3)
Punto 1	(0 ± 71)
Punto 2	(0 ± 71)
Punto 3	(0 ± 71)
Punto 4	(8 ± 16)
Punto 5	(0 ± 71)
Punto 6	(30 ± 30)
Punto 7	(55 ± 45) *
Punto 8	(0 ± 71)
Punto 9	(18 ± 26)
Punto 10	(0 ± 71)
Promedio	(14,5 ± 8,4)

Utilizando estos valores como referencia de la actividad de radón en áreas panameñas no volcánicas, podemos realizar una comparación con las que han sido designadas como áreas de interés. Esta comparación permite entender de manera más profunda las diferencias y similitudes entre estos dos tipos de zonas, y establecer si existen variaciones significativas en los niveles de radón presentes.

Este análisis es crucial para determinar las potenciales implicaciones y

riesgos asociados con la presencia de radón en diferentes entornos, y contribuirá a la formación de estrategias más informadas y efectivas para el monitoreo y manejo de este elemento radiactivo en diversas localidades.

A continuación, se presentan los resultados de las mediciones realizadas en las áreas de interés.

Tonosí

En Tonosí, se presenta una afloración natural de aguas termales y la zona de medición es atravesada por un río de la localidad (Río Tonosí). Esto podría influir en la actividad medida en la zona, a causa de la intrusión de agua.

Tabla 3.

Valores de la actividad radiactiva por unidad de volumen medida en distintos puntos de la zona de interés de Tonosí, y su valor promedio.

Ubicación	Actividad (Bq/m^3)
Punto 1	(1 110 ± 230)
Punto 2	(2 480 ± 340) *
Punto 3	(520 ± 150)
Punto 4	(193 ± 93)
Punto 5	(16 ± 32)
Punto 6	(320 ± 120)
Punto 7	(290 ± 120)
Punto 8	(2 090 ± 310)
Promedio	(877 ± 71)

La Yeguada

En la región de La Yeguada se presentan ojos de agua termal, además de rocas de origen volcánico. Cercano a la zona, según los moradores, se encuentra lo que sería el cráter del volcán La Yeguada. En esta zona, debido a las dificultades de movilización (topografía compleja), se realizaron mediciones en los puntos de más fácil acceso. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4.

Valores de la actividad radiactiva por unidad de volumen medida en distintos puntos de la zona de interés de La Yeguada, y su valor promedio.

Ubicación	Actividad (Bq/m^3)
Punto 1	(6 270 ± 530)
Punto 2	(1 920 ± 290)
Punto 3	(2 140 ± 310)
Punto 4	(1 160 ± 230)
Punto 5	(270 ± 120)
Punto 6	(8 530 ± 620) *
Punto 7	(6 470 ± 530)
Promedio	(3 820 ± 160)

El Valle

En la zona de El Valle donde se realizaron las mediciones, no se encontraron manifestaciones superficiales de aguas termales naturales, por el contrario, las aguas termales a las que se tiene acceso son extraídas mediante perforaciones a

nivel del suelo y posteriormente desviadas hacia otros puntos. Debido a que los terrenos colindantes con la zona de medición son privados, se tuvo limitaciones con respecto a la cantidad de puntos en los que se podía medir. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5.

Valores de la radiactividad, por unidad de volumen, medida en distintos puntos de la zona de interés de El Valle, y su valor promedio.

Ubicación	Actividad (Bq/m^3)
Punto 1	(1 410 \pm 250)
Punto 2	(2 100 \pm 300) *
Punto 3	(280 \pm 110)
Punto 4	(20 \pm 28)
Promedio	(1 000 \pm 100)

Cerro Pando

Cerro Pando es una zona montañosa caracterizada por la presencia de varios ojos de aguas de tipo termal que no han sido intervenidos por el hombre. De los puntos de interés, donde fueron realizadas mediciones, es la zona con mayor altura sobre el nivel del mar. Los resultados obtenidos en la zona se presentan a continuación (Tabla 6).

Tabla 6.

Valores de la actividad radiactiva por unidad de volumen medida en distintos puntos de la zona de interés de Cerro Pando, y su valor promedio.

Ubicación	Actividad (Bq/m^3)
Punto 1	(330 ± 120)
Punto 2	(1 870 ± 270)
Punto 3	(2 820 ± 340)
Punto 4	(12 710 ± 740) *
Punto 5	(8 400 ± 600)
Punto 6	(740 ± 180)
Promedio	(4 470 ± 180)

Caldera (Ubicación 1)

En esta zona se encuentran cerca de tres ojos de agua termal, sin embargo, es una zona con mucha humedad en la tierra, debido a que fluye el río Chiriquí Nuevo a un costado del terreno. Los datos de esta primera ubicación de la zona se muestran a continuación (Tabla 7).

Tabla 7.

Valores de la actividad radiactiva por unidad de volumen medida en distintos puntos de la primera ubicación en la zona de interés de Caldera, y su valor promedio.

Ubicación	Actividad (Bq/m^3)
Punto 1	(980 ± 210)
Punto 2	(152 ± 81)
Punto 3	(1 130 ± 220)
Punto 4	(161 ± 86)
Punto 5	(4 970 ± 470) *
Punto 6	(520 ± 150)
Promedio	(1 319 ± 98)

Caldera (Ubicación 2)

A diferencia de la primera ubicación de Caldera, esta zona no cuenta con ojos de agua naturales. Las aguas termales que se encuentran provienen de una perforación cercana realizada en el suelo. Al igual que en la primera ubicación, cerca de los puntos de medición fluyen las aguas de una quebrada. Los resultados de las mediciones en esta segunda ubicación se detallan en la Tabla 8.

Tabla 8.

Valores de la actividad radiactiva por unidad de volumen medida en distintos puntos de la segunda ubicación en la zona de interés de Caldera, y su valor promedio.

Ubicación	Actividad (Bq/m^3)
Punto 1	(207 ± 93)
Punto 2	(490 ± 140)
Punto 3	(630 ± 160) *
Punto 4	(166 ± 86)
Punto 5	(98 ± 66)
Promedio	(318 ± 52)

A modo de comparación entre una zona de referencia (Arraiján) y las de interés, se presentan los siguientes dos gráficos:

1. Los promedios de actividad de Radón de las distintas zonas de interés, y la referencia (Figura 8).
2. Los valores más altos de actividad de Radón detectados (marcados con un * en cada tabla de resultados) en las distintas zonas de interés, y la referencia (Figura 9).

Figura 8.

Valores actividad promedio de radón en las distintas zonas de interés.

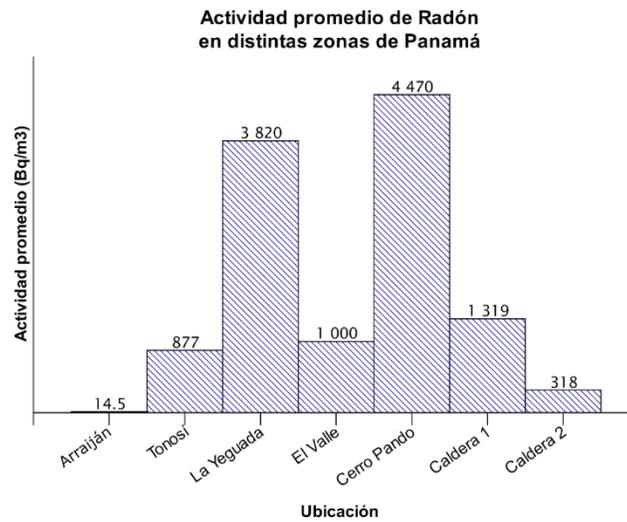
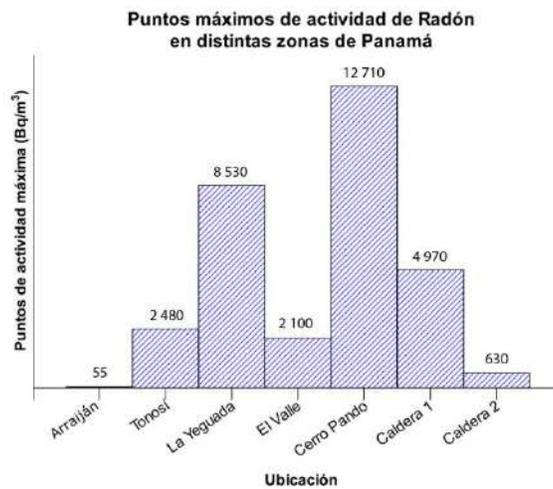


Figura 9.

Valores actividad máxima de radón detectada en las distintas zonas de interés.



Discusión

El presente estudio proporciona evidencia robusta de la correlación entre la actividad volcánica y altas concentraciones de radón, especialmente en zonas con manifestaciones termales y geológicas activas. Esta correlación es importante no solo para la comprensión de sus características geológicas, sino también para la salud pública y la planificación territorial, dado que por su radiactividad el radón representa un riesgo potencial. Los datos recopilados ofrecen una base para futuras normativas que regulen la ocupación humana y las actividades en áreas con altas concentraciones de radón. Esto es crucial para mitigar los posibles riesgos de salud asociados con la exposición prolongada a este gas radiactivo, que es conocido por ser, entre otros, un factor de riesgo para el cáncer de pulmón.

La utilización del equipo RAD 7 para la detección de radón ha demostrado ser efectiva y precisa. Este estudio resalta la importancia de seleccionar adecuadamente los puntos de muestreo y asegurar la calibración y configuración correcta del equipo, lo que garantiza la fiabilidad de los datos obtenidos. Por otro lado, se observa una notable variabilidad en las concentraciones de radón, incluso dentro de zonas geológicamente similares. Esto sugiere que factores como la composición específica de las rocas, la historia volcánica y las dinámicas hidrogeológicas pueden influir significativamente en los niveles de radón. Además, subraya la necesidad de estudios geológicos detallados para comprender mejor estas dinámicas.

El estudio del radón en Panamá y su correlación con áreas volcánicas provee resultados significativos que están en línea, con hallazgos en otras latitudes. La detección de radón en áreas como Cerro Pando y su comparación con zonas menos activas como Arraiján revelan una mayor actividad radiactiva en la primera, lo cual

es consistente con estudios similares realizados en áreas volcánicas activas alrededor del mundo.

Por ejemplo, el estudio en el área volcánica de Tatun en Taiwán reveló comportamientos variados de radón en relación con la actividad sísmica y volcánica local. La utilización de detectores de estado sólido y técnicas de discriminación radón-torón, resaltaron variaciones que podrían ser señales precursoras de actividad tectónica o volcánica (Arvind et al., 2018). Esta correlación también se observa en el sur de Perú, donde la presencia de estructuras “caldéricas” y la correlación con recursos geotérmicos destacan una alta concentración de radón en áreas de actividad geotermal significativa (Díaz & Gómez, 2021).

En el contexto de Panamá, estos resultados refuerzan la hipótesis de que áreas con un fondo geológico volcánico presentan mayores concentraciones de radón, lo cual podría ser indicativo de un mayor riesgo radiológico ambiental y necesitaría de regulaciones específicas para la protección de la salud pública y el manejo del territorio. Este entendimiento se alinea con las recomendaciones de Kumar y colaboradores (2018), quienes enfatizan la importancia del monitoreo continuo del radón para entender mejor su dinámica y potencial, como indicador de fenómenos geológicos. Al contrastar sus hallazgos con los obtenidos en el presente trabajo, se resalta la importancia universal del monitoreo de radón en áreas geológicamente activas, pero también subraya cómo la variabilidad local (por ejemplo, la geología, el clima y la tectónica) puede influir en las concentraciones y el comportamiento del radón. Tanto el estudio de Kumar como este trabajo demuestran la relevancia de adaptar las estrategias de monitoreo y mitigación, a las condiciones específicas de cada región estudiada.

La conexión entre la estructura y manifestaciones geológicas con las radiológicas superficiales es clara, tanto en los estudios de Díaz & Gómez (2021) como en el nuestro, pero se centran en diferentes aspectos del ambiente geológico (calor vs radiactividad). La identificación de estructuras “caldéricas” y su relación con los sistemas geotermales en el estudio de Díaz y Gómez puede proporcionar un marco valioso para futuros trabajos, en Panamá, donde estructuras similares podrían indicar áreas de alta radiactividad de radón. Pero también señalarían potenciales recursos geotérmicos, tal como fue planteado en los estudios que desarrolló el IRHE (1987). Esta integración de conocimientos podría llevar a una comprensión más holística de cómo las características geológicas pueden influir en múltiples fenómenos naturales, desde la radiactividad hasta los recursos energéticos, facilitando una mejor gestión y aprovechamiento de los recursos naturales en regiones volcánicas. Además, enfatiza la importancia de establecer una vigilancia ambiental continua y adoptar regulaciones adaptadas a las características específicas de cada región geológica, para proteger la salud pública y promover un uso sostenible de los recursos naturales.

La comparación de los estudios encontrados en la literatura, con los resultados preliminares obtenidos en Panamá, no solo valida los métodos utilizados, sino que también amplía la comprensión del radón como un trazador efectivo de procesos geológicos subterráneos. Además, con estos resultados, se propone un marco para futuros trabajos que podrían enfocarse en áreas específicas identificadas con alta radiactividad y así proponer estudios más detallados con la finalidad de elaborar medidas preventivas.

Los trabajos futuros podrían beneficiarse del desarrollo de modelos predictivos que integren variables radiológicas y geológicas, similar a lo visto en Taiwán, donde se ha hecho un esfuerzo considerable para vincular la actividad del

radón con eventos sísmicos y volcánicos específicos. Esto no solo ayudará a mejorar la seguridad pública sino también a informar de cómo adoptar políticas de desarrollo y uso de la tierra, en regiones volcánicas.

Por último, se plantea la necesidad de continuar los estudios para entender más profundamente las fuentes y variabilidades del radón en diferentes zonas volcánicas. Esto podría incluir estudios más extensos y detallados en áreas con concentraciones altas de radón, así como investigaciones comparativas en zonas con baja actividad volcánica para establecer un perfil más completo del riesgo radiactivo, a nivel nacional.

Conclusiones

La estación RN50 del Tratado de Prohibición Completa de Ensayos Nucleares de Panamá detecta una baja radiación de fondo, como promedio anual, a pesar de que Panamá, como el resto de América Central, es de origen volcánico. Pero sabemos que, desde la Geología, hay diferencias entre la formación de Panamá y la de los otros países de América Central. Al inicio la pregunta clave era, ¿las mediciones de parámetros como la medición de la baja radiación de fondo detectada por la estación RN50 es un resultado local, del área de la Universidad de Panamá, o bien hay otros indicadores al respecto? Los resultados encontrados para radón, en las áreas registradas como de actividad volcánica, indican que también hay una radiación de fondo relativamente baja, pero que hay que tomar en cuenta. Para el estudio, se escogió, en primera instancia, a Arraiján, al ser un punto de referencia, por no tener origen volcánico, según indica la información tomada del mapa geológico de Panamá de la Dirección de Recursos Minerales – Ministerio de Comercio e Industrias. De los puntos estudiados, Arraiján presentó los valores más bajos de actividad radiactiva, tanto en valores promedio como en máximos. Se

supone que las zonas de origen volcánico tienden a tener una concentración más alta de radón en suelo.

Globalmente la radiación de fondo es baja y los valores de radón también. La variabilidad entre los valores promedio y máximos en cada zona de medición sugiere una variabilidad geológica local, que podría estar relacionada con diferencias en el tipo, edad o actividad del material volcánico presente.

Los puntos de las zonas de La Yeguada y Cerro Pando presentaron las mayores concentraciones de radón, tanto en valores promedio como máximos. A diferencia de las otras zonas, en estos puntos se tenía acceso a los puntos de afloración de aguas termales, y sus cercanías, lo que podría ser un reflejo más fiable de los niveles de concentración de radón que se alcanzan en zonas cuya geología local se caracteriza por contener material rocoso de origen volcánico.

En las ubicaciones 1 y 2 de Caldera, a pesar de ser zonas con afloraciones de aguas termales, presentaron niveles relativamente bajos de radón, lo que sugiere que no todas las áreas volcánicas poseen la misma concentración de materiales radiactivos, o que la geología y las condiciones de ventilación y drenaje en esa área específica reducen la acumulación de radón. Esto también puede coincidir con el hecho de que los puntos en los que se realizaron mediciones (cercanías de los pozos) no coincidían, necesariamente, con afloraciones naturales. Además, en los puntos tomados en la zona de Caldera 1, el terreno tenía concentraciones altas de humedad, que, según el estudio de Santana, L., et al (2023) indica que puede afectar las concentraciones de radón medidas.

Aunque los valores de actividad en las zonas de Tonosí y El Valle son significativos, respecto a la referencia (Arraijan), son intermedios en comparación con otras zonas volcánicas como La Yeguada y Cerro Pando. Esto podría estar relacionado con diferencias en la actividad volcánica histórica, la composición de

las rocas y la permeabilidad del suelo, lo que afectaría la movilidad y acumulación del gas radón. Estos resultados, comparados con los de la literatura (referencias utilizadas), se consideran relativamente bajos.

A pesar de que este estudio proporciona una visión general de la actividad del radón en áreas termales y de origen volcánico, en Panamá, sería beneficioso realizar investigaciones más detalladas en áreas con altas concentraciones (si existen) para entender mejor las fuentes y variabilidades del radón, y, al mismo tiempo realizar en zonas de origen natural distinto, para poder hacer una caracterización más detallada del fondo radiactivo a nivel nacional.

Referencias Bibliográficas

Balaram, V., Rani, A., Rathore, D.P.S. (2022). *Uranium in groundwater in parts of India and world: A comprehensive review of sources, impact to the environment and human health, analytical techniques, and mitigation technologies*. Geosystems and Geo environment, Volume 1, Issue 2, 100043, ISSN 2772-8838,

<https://doi.org/10.1016/j.geogeo.2022.100043>.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S277288382200022X>

Díaz, G., & Gómez, E. (2021). Calderas volcánicas y su relación con recursos geotermales en el sur del Perú. *Rev. Inst. investig. Fac. minas metal. cienc. geogr.*, 57–62.

Durridge Company INC. (2014). *Detector de radón rad7*.

<https://durridge.com/documentation/RAD7%20Manual%20Spanish.pdf>

Durridge Company INC. (2022). *Soil Gas Probe*.

<https://durridge.com/documentation/Soil%20Gas%20Probe%20Manual.pdf>

Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación - Organización Latinoamericana de energía – Banco Interamericano de Desarrollo. (1987). *Informe final del estudio de reconocimiento de los recursos geotérmicos de la República de Panamá*. Programa IRHE-BID-OLADE. Convenio de Cooperación Técnica IRHE-OLADE, 77 p.

<https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0168.pdf>

Kumar A., Walia, V., Sung, Y.-C., Lin, S.-J., Lee, H.-F., Lin, C.-H., Fu, C.-C., & Chen, C.-H. (2018). Integrated radon monitoring in Tatum Volcanic Areas of Northern Taiwan. *Terr. Atmos. Ocean. Sci.*, 261–273.

Marín D., L. A. (2020). *Identificación de los criterios básicos para la utilización del RAD 7 en la medición de radón en centros educativos de la República de Panamá* [Universidad de Panamá].

Ministerio de Comercio e Industrias, D. G. de R. M. (2018). *Mapa de la Geología de la República de Panamá*. ArcGis.

<https://www.arcgis.com/home/item.html?id=fdadd3da67ec4ab4a3045e218256b303>

Meza, I. f., Londoño, J. M., Alpala, R. L., & Narváez, A. (2018). Anomalías de gas radón asociadas a la sismicidad en la región volcánica de los Coconucos (Cauca, Colombia). *Boletín Geológico*, 44, 101–114.

<https://doi.org/10.32685/0120-1425/boletingeo.44.2018.37>

Neri, M., Ferrera, E., Giammanco, S. *et al.* Soil radon measurements as a potential tracer of tectonic and volcanic activity. *Sci Rep* 6, 24581 (2016).

<https://doi.org/10.1038/srep24581>

Nota: Adaptado del Mapa topográfico de Panamá, por El CapitalFinanciero.com, enero 10 de 2011 (<https://elcapitalfinanciero.com/minas-potencial-vs-sacrificio-ambiental/>).

Nota. Descripción adaptada de *SOIL GAS PROBE* (p. 8), por DurrIDGE, 2022.

(<https://durridge.com/documentation/Soil%20Gas%20Probe%20Manual.pdf>)

Ramos, J. (2018). *Distribución Espaciotemporal de Radón en Interiores Urbanos de San Luis Potosí* [Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C.]. <http://hdl.handle.net/11627/3974>

- VILLALBA, M., COLMENERO-SUJO, L., RUBIO-ARIAS, H., PINALES-MUNGUÍA, A., ESPINO VALDÉS, M., GARZA, R., SILVA-HIDALGO, H., & VIRAMONTES-OLIVAS, O. (2015). *Cuantificación de radón (^{222}Rn) en aire y dosis de radiación en baños termales del norte de México*. Nova scientia, 7(15), 153-167.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07052015000300153&lng=es&tlng=es
- Santana Muñoz, I. a. (2022). *Comparación de los resultados de medición de radón durante tres períodos del año en un área del Valle de Antón* [Universidad de Panamá]. <http://up-rid.up.ac.pa/6384/>
- Santana, I. A., Marín, I. A., Rodríguez, J., Arroyo, A., Dreyfus, C., Fernández, B., & Castro, O. J. P. (2023). Incidencia del Radón-222 en la radiactividad de fondo en algunas viviendas de El Valle de Antón, Panamá. *Tecnociencia*, 25(2), 121-137.
- Sasaki, T., Koukami, T., Kobayashi, T., Kirishima, A., Murakami, H., Amano, y., Mizuno, T., Jwatsuki, T., Sasamoto, H., & Miyakawa, K. (2017). *Determination of dissolved natural thorium and uranium in Horonobe and Mizunami Underground Research Laboratory groundwater and its thermodynamic analysis*. *Journal of Nuclear Science and Technology*, 54(3), 373-381, DOI: 10.1080/00223131.2016.1273801 To link to this article: <https://doi.org/10.1080/00223131.2016>
- Segura, C. (2022). *Estimación de la concentración de actividad específica de radionucleidos en el suelo de la Provincia de Tungurahua* [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esepoch.edu.ec/handle/123456789/17502>
- Sosa, M. (2023). *Estudio geofísico de la porción sur del campo volcánico Los Encinos a través de métodos potenciales, espectrometría de rayos gamma y concentración de radón en subsuelo* [Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C.]. <http://hdl.handle.net/11627/6470>

**EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE
GESTIÓN DE CONOCIMIENTO Y COMUNICACIÓN CON
MICROSOFT 365 EN LA FACULTAD DE INFORMÁTICA,
ELECTRÓNICA Y COMUNICACIÓN**

**EVALUATION OF THE KNOWLEDGE AND COMMUNICATION
MANAGEMENT MODEL WITH MICROSOFT 365 IN THE FACULTY
OF COMPUTING, ELECTRONICS AND COMMUNICATION**

Fabiola Mabel Montero González

Universidad de Panamá. Panamá

<https://orcid.org/0000-0002-4681-9471>

Autor de correspondencia: fabiola.monterog@up.ac.pa

Francisco Luis Royer Climent

Universidad de Panamá. Panamá

<https://orcid.org/0000-0002-9364-7035>

francisco.royer@up.ac.pa

Angélica Maria Pierre Ward

Universidad de Panamá. Panamá

<https://orcid.org/0000-0002-6854-7518>

angelica.pierre@up.ac.pa

Yariela Yazmín Hernández Castilla

Universidad de Panamá. Panamá

<https://orcid.org/0000-0001-8373-9182>

yariela.hernandez@up.ac.pa

Isis Del Carmen De Los Ríos Agrazal

Universidad de Panamá. Panamá

<https://orcid.org/0000-0003-2076-465X>

isis.delosrios@up.ac.pa

Recepción
26/02/2024

Aprobación
31/05/2024

DOI: <https://doi.org/10.48204/j.scientia.v34n2.a5335>

Resumen

El objetivo de este artículo es presentar los resultados de la evaluación de la implementación del Modelo de Gestión de Conocimiento y Comunicación con Microsoft 365 para las unidades administrativas de la Facultad de Informática, Electrónica y Comunicación (FIEC) en el Campus Central. Esto se logró, luego de realizar un diagnóstico de la situación de la gestión de conocimiento y comunicación, en el que se encontró que el intercambio de información entre las unidades administrativas de la FIEC, tanto internas como externas, no abarca todas las necesidades de gestión de conocimiento y comunicación, y que no existe una metodología de trabajo estructurada, lo que justifica la implementación de un modelo de trabajo que garantice un mejor control de la información en la facultad. Para implementar el modelo se utilizó la plataforma Microsoft 365 y se capacitó a todo el personal involucrado en esta. Los resultados de la evaluación muestran que la implementación del modelo de trabajo ha mejorado significativamente los procesos administrativos y académicos diarios, además, el uso de Microsoft 365 como plataforma de trabajo colaborativa en la nube permitió automatizar los procesos y mejorar el control del manejo del conocimiento y la comunicación dentro de la facultad.

Palabras clave: Gestión, procesos, comunicación, conocimiento, documentación.

Abstract

The objective of this article is to present the results of the evaluation of the implementation of the Knowledge and Communication Management Model with Microsoft 365 for the administrative units of the Faculty of Computing, Electronics and Communication (FIEC) on the Central Campus. This was achieved after carrying out a diagnosis of the situation of knowledge management and communication, in which it was found that the exchange of information between the administrative units of the FIEC, both internal and external, does not cover all management needs. of knowledge and communication, and that there is no structured work methodology, which justifies the implementation of a work model that guarantees better control of information in the faculty. To implement the model, the Microsoft 365 platform was used and all personnel involved in it were trained. The results of the evaluation show that the implementation of the work model has significantly improved daily administrative and academic processes, in addition, the use of Microsoft 365 as a collaborative work platform in the cloud made it possible to automate processes and improve control of knowledge management and communication within the faculty.

Keywords: Management, processes, communication, knowledge, documentation.

Introducción

La gestión de la información es un proceso que implica la recopilación, organización, almacenamiento, recuperación y uso efectivo de la información dentro de una organización. Según varios autores, la definición de gestión de la información puede variar ligeramente. A continuación, se presentan algunas definiciones de destacados expertos en el campo.

Para Ponjuán (2004) la administración de la información se refiere a un procedimiento en el cual se adquieren, presentan o emplean diversos recursos fundamentales (económicos, físicos, humanos, materiales) con el propósito de gestionar información tanto interna como para beneficio de la sociedad a la que se dirige. Este discernimiento se basa primordialmente en el desarrollo organizacional.

En el artículo de Sánchez (2006) acerca de Peter Drucker, reconocido como el padre austriaco de la gestión empresarial moderna, se destacan aspectos significativos relacionados con la gestión de información. Entre estos, resalta la idea fundamental de Drucker de que aquello que no puede ser medido carece de la capacidad de ser controlado. Lo que no puede ser controlado, a su vez, escapa a la posibilidad de ser gestionado y lo que no puede ser gestionado se vuelve intrínsecamente difícil de mejorar.

Una idea de gestión de información con un planteamiento integral lo propone Rodríguez (2017) quien manifiesta que:

La gestión de información se concibe como un proceso estratégico de planificación, organización, dirección y control, de forma eficaz y eficiente, de las estrategias, recursos, procesos, sistemas, productos, servicios, y demás capacidades informacionales existentes en una organización o en la sociedad, con el objetivo de mejorar el desempeño, la toma de decisiones, la adaptación al cambio,

y la creación de fortalezas y ventajas competitivas por parte de los individuos, las organizaciones y la administración pública.

En referencia a la gestión de la comunicación empresarial, Trelles (2001) indica que la comunicación organizacional:

Centra su atención en el análisis, diagnóstico, organización y perfeccionamiento de las complejas variables que conforman los procesos comunicativos en las organizaciones, a fin de mejorar la interrelación entre sus miembros, y entre estos y el público externo; fortalecer la identidad y mejorar el desempeño de las entidades.

Por su parte, Argenti (2014) reconocido a nivel mundial en el ámbito de la comunicación corporativa, sostiene que la comunicación empresarial implica de manera estratégica el establecimiento y mantenimiento de relaciones sólidas y mutuamente beneficiosas entre una organización y sus diversos públicos, con el fin de lograr los objetivos empresariales.

Glowacka (2021) señala que para que la comunicación empresarial sea eficaz deben construirse puentes entre los empleados y la gerencia, fomentando el trabajo en equipo dentro de toda la empresa y ayudando a mejorar los procesos, aumentar la eficiencia, reducir errores y alcanzar objetivos.

Por otro lado, Saló (2005) destaca que en las organizaciones es necesario que la comunicación tenga una función de carácter estratégico, que contenga la formulación de un plan de comunicación que se base en el análisis de necesidades, a través de un proceso de integración entre los objetivos, acciones de dirección y auditoría que, permita definir una estrategia global con posibles ventajas y beneficios.

De acuerdo con los puntos de vista de Ponjuán (2004) y Rodríguez (2017) podemos determinar la gestión de la información como el proceso mediante el cual

se obtiene, se organiza, se almacena y se utiliza la información de manera eficiente y efectiva. A su vez, podemos señalar que la gestión de la información incluye una serie de actividades y tareas relacionadas con la adquisición, el procesamiento y la distribución de la información.

En cuanto a lo expuesto por Trelles (2001) y Saló (2005) acerca de la gestión de la comunicación podemos precisarla como la actividad a través de la cual se planifica, se ejecuta y se evalúa el uso efectivo y eficiente de la comunicación para alcanzar objetivos específicos. La gestión de la comunicación incluye una serie de actividades y tareas relacionadas con la planificación, la ejecución y la evaluación de la comunicación.

Los Sistemas de Gestión de Conocimiento y Comunicación Colaborativos (SGCCC) son herramientas y plataformas que permiten a las personas y a las organizaciones trabajar juntas de manera efectiva. No obstante, los autores consultados tienen diferentes enfoques y puntos de vista sobre estos sistemas.

Para Dalkir (2005) los sistemas de gestión colaborativos son aquellos que permiten a las personas compartir información, conocimiento y trabajo de manera efectiva. Estos sistemas pueden incluir plataformas de colaboración en línea, como wikis y blogs, así como herramientas de gestión del conocimiento, como bases de datos y sistemas de recomendación. De acuerdo con Alavi y Leidner (2001) los sistemas de gestión colaborativos son aquellos que utilizan tecnologías de la información para facilitar la colaboración y el trabajo en equipo. Estos sistemas pueden incluir plataformas de comunicación, como correo electrónico y chat, así como herramientas de gestión del proyecto, como tableros de tareas y gestores de documentos. Para Okoli y Schabram (2010) los sistemas de gestión colaborativos son aquellos que utilizan tecnologías de la información para facilitar la colaboración y el trabajo en equipo en contextos virtuales. Estos sistemas pueden incluir

plataformas de colaboración en línea, como wikis y foros, así como herramientas de videoconferencia y compartición de pantalla.

De acuerdo con los enfoques anteriores podemos definir los SGCCC como aquellos sistemas que permiten a varias personas trabajar juntas en un proyecto o actividad de manera coordinada y eficiente. Estos sistemas suelen incluir una plataforma en línea que permite a los miembros del equipo compartir documentos, realizar videoconferencias, discutir ideas y trabajar en tareas conjuntas. Son muy útiles en entornos de trabajo que requieren la colaboración de personas en diferentes ubicaciones geográficas o en entornos de trabajo que implican la participación de un gran número de personas en un proyecto o actividad.

En este sentido, la implementación de un Modelo de Gestión de Conocimiento y Comunicación en la FIEC Campus Central, que pueda mejorar significativamente la forma en que se comparte la información, la colaboración entre todo el personal y aumente la productividad en general, es de gran importancia puesto que luego de obtener el diagnóstico de la situación actual, se encontró que el intercambio de información entre las unidades administrativas de la FIEC Campus Central, tanto internas como externas, no abarca todas las necesidades de gestión de conocimiento y comunicación, y que no existe una metodología de trabajo estructurada. Además, se logró identificar diversos problemas en el envío y recepción de documentación a otras unidades administrativas y académicas, dentro y fuera de la FIEC, así como de su almacenamiento, que afectan procesos sensibles en la facultad, lo cual nos confirma la urgente necesidad de implementar un modelo de gestión de conocimiento.

Con el objetivo de implementar un modelo de trabajo para mejorar los procesos, se llevó a cabo una evaluación de diversas herramientas dedicadas a la gestión del conocimiento y la comunicación. Se otorgó prioridad a dos herramientas

líderes en el mercado disponibles para estudiantes, administrativos y personal docente de la Universidad de Panamá debido a su accesibilidad económica y soporte. Estas herramientas, Microsoft 365 y Google Workspace, han sido reconocidas como líderes según múltiples estudios, destacando por sus capacidades en gestión del conocimiento y comunicación. A continuación, se presentan estudios realizados, que respaldan la posición de liderazgo tanto de Microsoft 365 como de Google Workspace en el mercado de plataformas de gestión del conocimiento y comunicación.

En el estudio *The State of Enterprise Collaboration in 2023*, realizado por Forrester Research (2023), una destacada empresa de investigación y consultoría de renombre que ofrece análisis detallados sobre tecnología para orientar a las empresas en la toma de decisiones informadas respecto a qué tecnologías y proveedores son más apropiados para sus necesidades específicas, posicionó a Microsoft 365 como la plataforma líder en colaboración empresarial. El estudio destacó su capacidad para facilitar la comunicación, el intercambio de información y la colaboración en tiempo real entre equipos.

Por otro lado, en el *Cuadrante Mágico de Suites de Productividad en la Nube*, publicado anualmente por Gartner (2023), una firma líder en investigación y asesoramiento tecnológico que proporciona análisis y orientación estratégica sobre tecnología de la información y negocios reconoció a Google Workspace como líder, enfatizando su enfoque en la colaboración, interfaces intuitivas y precios competitivos.

Rodríguez (2021) en su estudio de caso sobre la gestión del conocimiento y de la gestión de la organización utilizando Google Workspace, respalda que el modelo de trabajo colaborativo de esta herramienta aprovecha al máximo las

potencialidades de los trabajadores y ha tenido éxito en la gestión del conocimiento al romper los esquemas tradicionales en términos de innovación.

Ortíz (2021) en su trabajo de grado titulado *Propuesta para implementar un sistema de almacenamiento de datos como método para optimizar los servicios ofrecidos por la empresa Transcointer S.A.S dentro del campo de Negocio Internacional*, resalta la importancia de contar con sistemas de almacenamiento y gestión de datos adecuados para mejorar la eficiencia y productividad laboral. Tras una exhaustiva comparación de opciones, se optó por el aplicativo de Google Workspace debido a su amplia gama de servicios integrados, facilidad de uso y excelente relación costo-beneficio. Esta elección resulta especialmente relevante para el área operativa y la gestión de procesos de comercio exterior de Transcointer S.A.S.

Huang y Lin (2023) en su artículo *The Impact of Microsoft 365 on Employee Collaboration and Productivity in Remote Work Settings* analizan el impacto de Microsoft 365 en la colaboración y la productividad de los empleados en entornos de trabajo remoto. Los autores encuentran que Microsoft 365 puede mejorar significativamente la colaboración y la productividad de los empleados al proporcionar herramientas para la comunicación, el uso compartido de archivos y la gestión de proyectos.

Guerrero y Barragán (2023) realizaron un estudio donde abordan la necesidad de aprovechar las “herramientas disponibles en Microsoft 365, una suite de aplicaciones y servicios empresariales líder en el mercado” (p.104). Sugieren que esta estrategia puede presentarse como una solución efectiva, sumamente adaptable y escalable para afrontar los desafíos cruciales que enfrentan las organizaciones empresariales en la actualidad, particularmente en términos de gobernanza, gestión de riesgos y cumplimiento normativo.

La investigación presentada por López y Fernández (2022) en el artículo *El impacto de Microsoft 365 en la productividad y la colaboración en el lugar de trabajo* revela que Microsoft 365 tiene un impacto significativo en la productividad y la colaboración en el lugar de trabajo y que la plataforma facilita la comunicación, el intercambio de información y la gestión de proyectos, lo que se traduce en un aumento de la eficiencia y la satisfacción de los empleados.

Tanto Microsoft 365 como Google Workspace, brindan un conjunto completo de aplicaciones y servicios en línea, diseñados para mejorar la colaboración, la eficiencia y el flujo de trabajo en el entorno académico y administrativo.

Microsoft 365, desarrollado por Microsoft, proporciona diversas aplicaciones y servicios como Word, Excel, PowerPoint y Outlook. Permite a los usuarios crear y editar documentos, hojas de cálculo, presentaciones y correos electrónicos de manera intuitiva. Además, ofrece almacenamiento en la nube a través de OneDrive para facilitar el acceso y la sincronización de archivos en varios dispositivos.

Google Workspace, en cambio, ofrece una suite de herramientas en línea basadas en la nube, que incluye aplicaciones Google Docs, Sheets, Slides y Gmail. Estas aplicaciones posibilitan la colaboración en tiempo real, el intercambio y la edición simultánea de documentos, promoviendo un entorno de trabajo colaborativo y flexible.

Aunque ambas plataformas para gestión de la comunicación e información cuenten con características muy similares justificamos la elección de Microsoft 365 sobre Google Workspace para este proyecto en particular, por las siguientes razones:

1. Compatibilidad con el entorno existente: Si el entorno tecnológico y la infraestructura de la Universidad de Panamá están principalmente basados en tecnología Microsoft, la elección de Microsoft 365 resulta natural.

2. Experiencia y conocimiento previo: Si el equipo de trabajo ya está familiarizado con las aplicaciones y herramientas de Microsoft 365, es conveniente seguir utilizando esa plataforma.

4. Soporte técnico y actualizaciones: Microsoft 365 cuenta con el respaldo de soporte técnico y actualizaciones regulares por parte de Microsoft, gestionado a su vez por la dirección de informática.

Después de seleccionar la plataforma a utilizar, se procedió a levantar el Modelo de Gestión de Conocimiento y Comunicación de las Unidades Administrativas de la FIEC (MGCCUA-FIEC). Este modelo fue diseñado específicamente para la implementación de la nueva plataforma tecnológica, con el objetivo de abordar las necesidades identificadas durante el diagnóstico de la situación actual, el cual se muestra en la figura 1.

Figura 1

Modelo de Gestión de Conocimiento y Comunicación



Las unidades administrativas se han organizado en grupos de trabajo con el objetivo de facilitar una comunicación efectiva entre el personal y establecer una

ubicación centralizada en la nube para una gestión organizada. Esto permite que cada empleado del grupo acceda a esta plataforma para cumplir con sus responsabilidades.

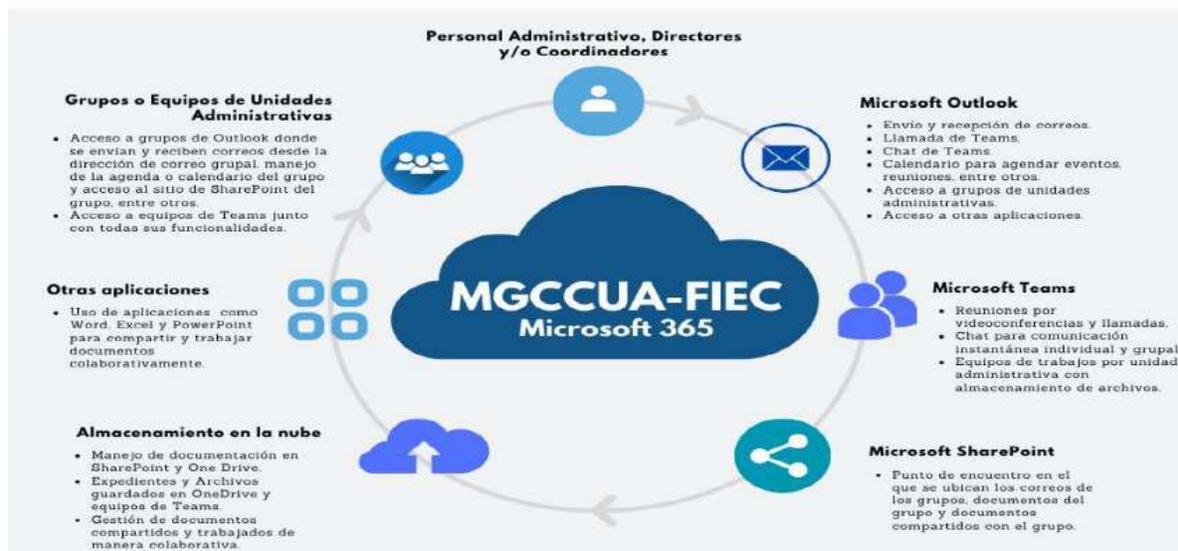
En este modelo, se emplea Outlook Online como la aplicación central o portal desde el cual los usuarios pueden acceder a diversas aplicaciones de Microsoft 365, como SharePoint, Teams y OneDrive. Microsoft SharePoint se utiliza para almacenar la información pertinente a cada unidad administrativa o grupo, incluyendo documentos, correspondencia, adjuntos de correos recibidos, informes, entre otros. Y, con Microsoft Teams, el personal tiene la capacidad de realizar llamadas o chats con otros colaboradores dentro de su unidad administrativa o facultad, tanto de forma individual como grupal.

En la Figura 2 se detallan las actividades que se realizan con el Modelo de Gestión de Conocimiento y Comunicación de las unidades administrativas de la FIEC Campus Central.

Figura 2

Actividades que se realizan con el modelo elaborado

ACTIVIDADES QUE SE REALIZAN CON EL MODELO DE GESTIÓN DE CONOCIMIENTO Y COMUNICACIÓN DE LAS UNIDADES ADMINISTRATIVAS DE LA FIEC



Posteriormente, se realizaron dos capacitaciones para el personal administrativo, directores y coordinadores de la FIEC Campus Central, centradas en las herramientas de Microsoft 365 para la implementación del Modelo de Gestión del Conocimiento y Comunicación. La primera capacitación abordó el uso de estas herramientas, mientras que la segunda se enfocó en reforzar su aplicación y la implementación del modelo. Posteriormente, se llevó a cabo una encuesta para evaluar la aceptación del modelo entre los directores/coordinadores y el personal administrativo, tras la implementación y la segunda capacitación.

En este contexto, el presente estudio está enfocado en la FIEC Campus Central de la Universidad de Panamá y tiene como objetivo presentar los resultados de la Implementación del Modelo de Gestión de Conocimiento y Comunicación destinado a las unidades administrativas de la FIEC en el Campus Central.

Materiales y métodos

Esta investigación es de tipo descriptiva, no experimental, exploratoria, la cual utiliza diversos tipos de instrumentos para recoger la información: encuestas, entrevistas, fuentes documentales y fuentes bibliográficas, legislaciones y normativas de la Universidad de Panamá, capacitaciones, entre otras.

La población para este estudio fue el personal administrativo y los directores/coordinadores de las unidades administrativas de la FIEC Campus Central.

El estudio se llevó a cabo mediante la recopilación de datos relacionados con la evaluación de la implementación del Modelo de Gestión de Conocimiento y Comunicación de las Unidades Administrativas de la FIEC Campus Central con el fin de conocer el uso y el nivel de aceptación de dicho modelo en estas unidades. En este sentido, se aplicó una encuesta tanto a los directores/coordinadores como al personal administrativo, después de la segunda capacitación sobre las herramientas Microsoft 365 y la implementación del modelo.

De un total de 30 miembros del personal administrativo y 18 directores/coordinadores de la FIEC Campus Central, se recibieron respuestas de 25 y 13, respectivamente. Asimismo, se llevaron a cabo entrevistas con 9 directores/coordinadores, que incluyeron la secretaria administrativa (1), el decano (1), 5 directores de escuelas y 2 directores de departamento, permitiendo una mayor profundización en la información recopilada en las encuestas. Además, se recabó información de procesos similares llevados a cabo en otras universidades y documentación interna de la facultad.

Seguidamente, se procedió al análisis de los datos obtenidos por los diversos instrumentos, utilizando gráficos que permitieron llevar a cabo este proceso de forma exhaustiva.

Resultados

Los resultados encontrados se detallan a continuación, organizados por indicador.

Indicador 1: Utilización de Microsoft 365

a. Uso específico de características de Microsoft Teams

En la figura 3 y 4, se puede apreciar el uso de la herramienta Microsoft Teams en diversas actividades, relacionadas con las labores diarias tanto de los directores/coordinadores como del personal administrativo.

Figura 3

Uso de características de Microsoft Teams por parte de directores/coordinadores.

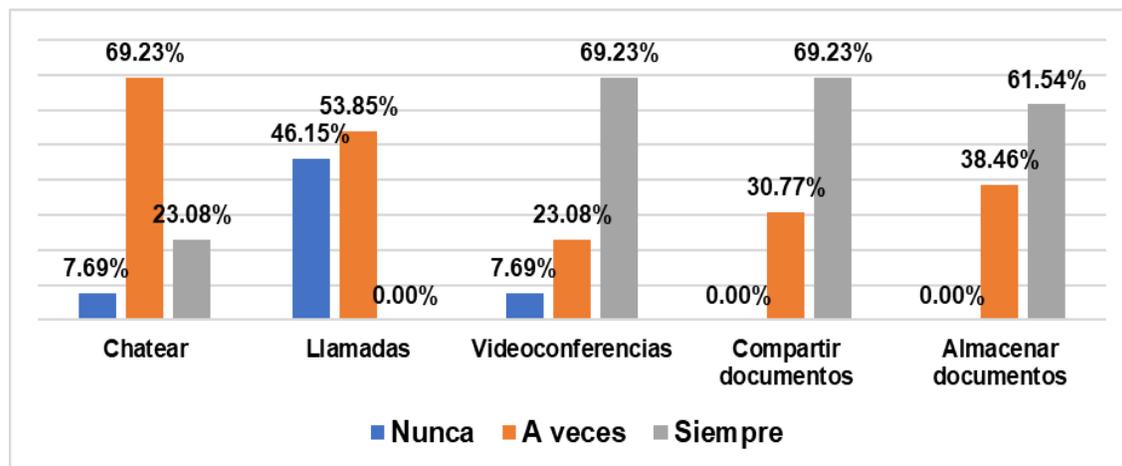
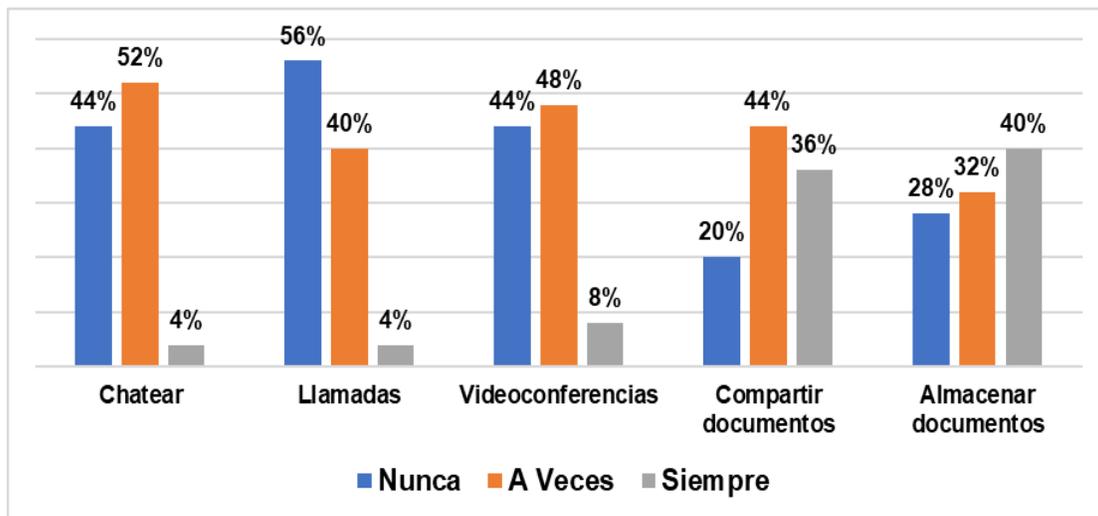


Figura 4

Uso de características de Microsoft Teams por parte del personal administrativo.



b. Uso específico de características de Microsoft Outlook

En las figuras 6 y 7, se puede visualizar el uso de la herramienta Microsoft Outlook en diferentes actividades tanto por parte de los directores/coordinadores como del personal administrativo.

Figura 6

Uso de características de Microsoft Outlook por parte de directores/coordinadores.

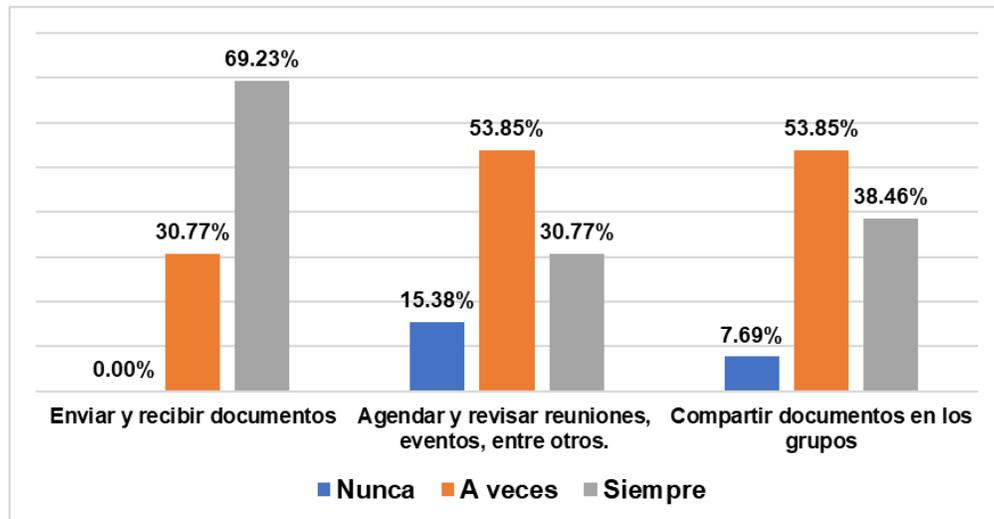
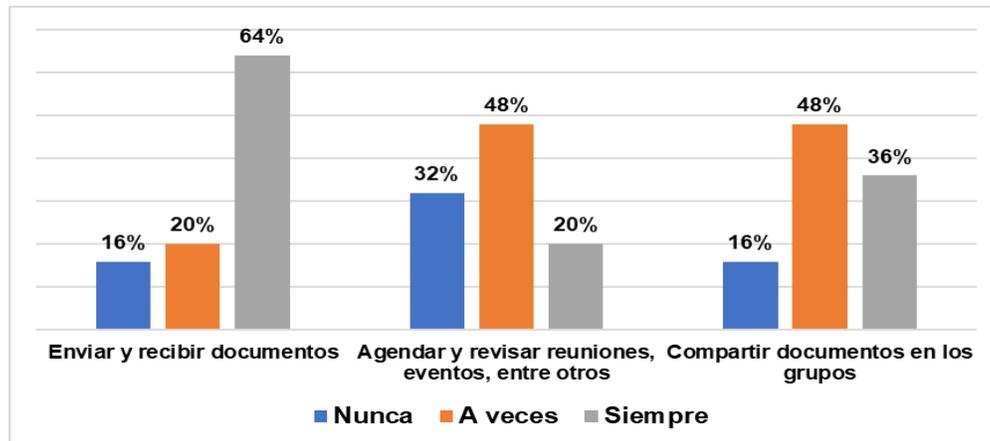


Figura 7

Uso de características de Microsoft Outlook por parte del personal administrativo.



c. Uso de Microsoft SharePoint

En las figuras 8 y 9, se evidencia el empleo de la herramienta Microsoft SharePoint en diversas actividades tanto por parte de los directores/coordinadores como del personal administrativo.

Figura 8

Uso de Microsoft SharePoint por parte de los directores/coordinadores.

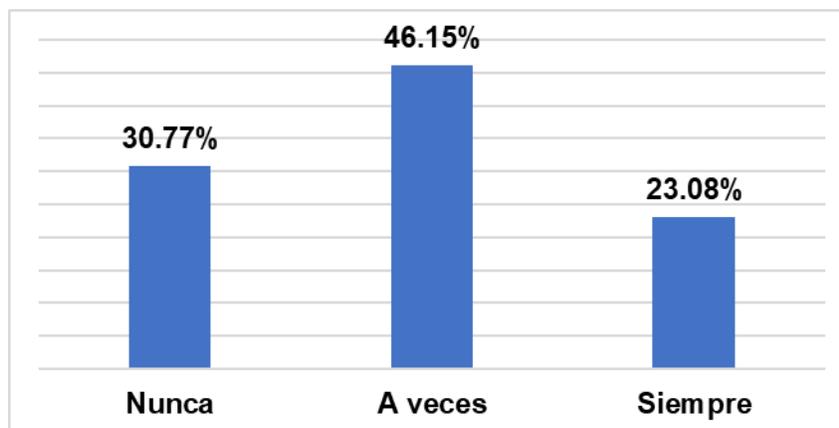
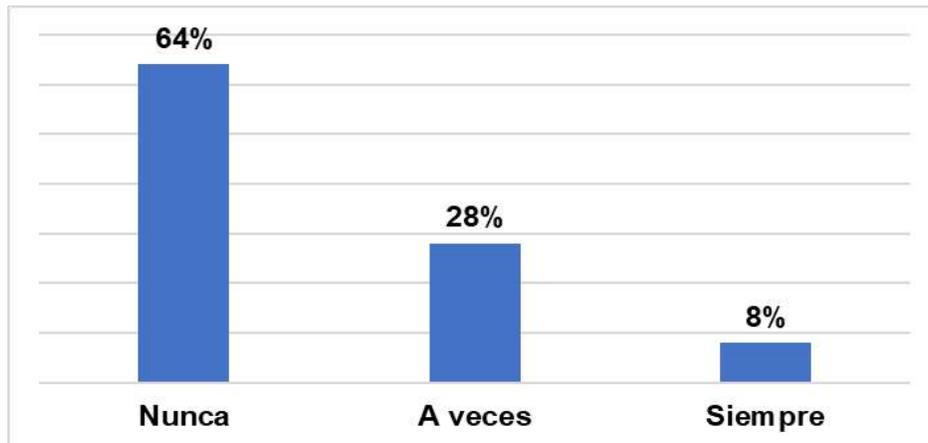


Figura 9

Uso de Microsoft SharePoint por parte del personal administrativo.

**d. Uso de aplicaciones de oficina**

En las figuras 10 y 11, se puede apreciar el uso de las aplicaciones de oficina, como Word, Excel y PowerPoint de forma colaborativa, a través del acceso desde Microsoft Outlook y/o Microsoft Teams tanto por parte de los directores/coordinadores y del personal administrativo.

Figura 10

Uso de aplicaciones de oficina por parte de los directores/coordinadores.

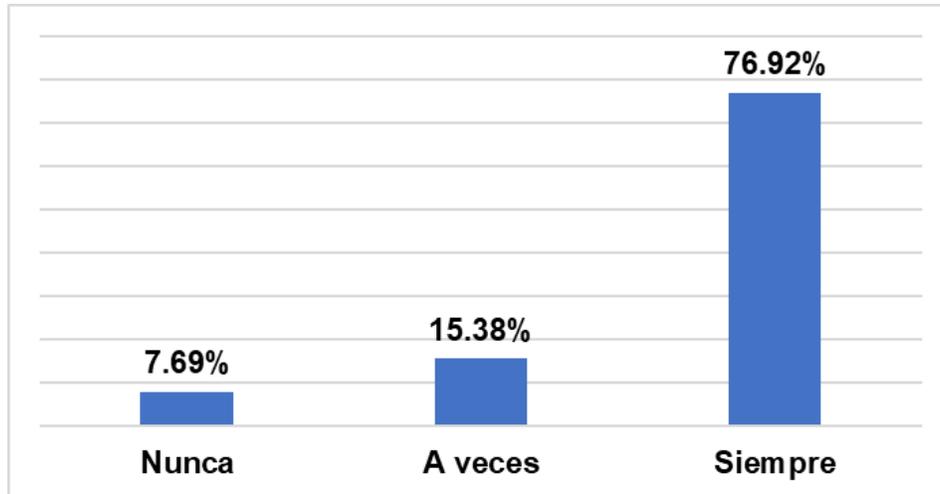
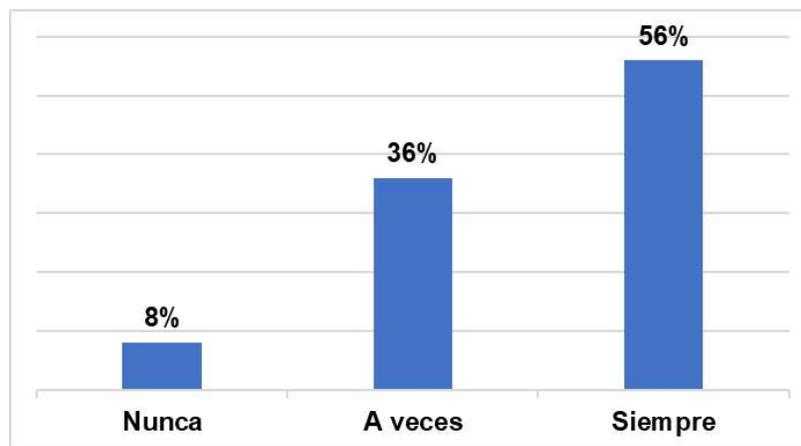


Figura 11

Uso de aplicaciones de oficina por parte del personal administrativo.



Indicador 2: Aceptación del Modelo de Gestión de Conocimiento y Comunicación

a. Evaluación del Modelo en base a diversos aspectos

En las figuras 12 y 13, se presenta la evaluación del Modelo de Gestión de Conocimiento y Comunicación realizado por los directores/coordinadores y el personal administrativo, respectivamente.

Figura 12

Evaluación del modelo por parte de los directores/coordinadores.

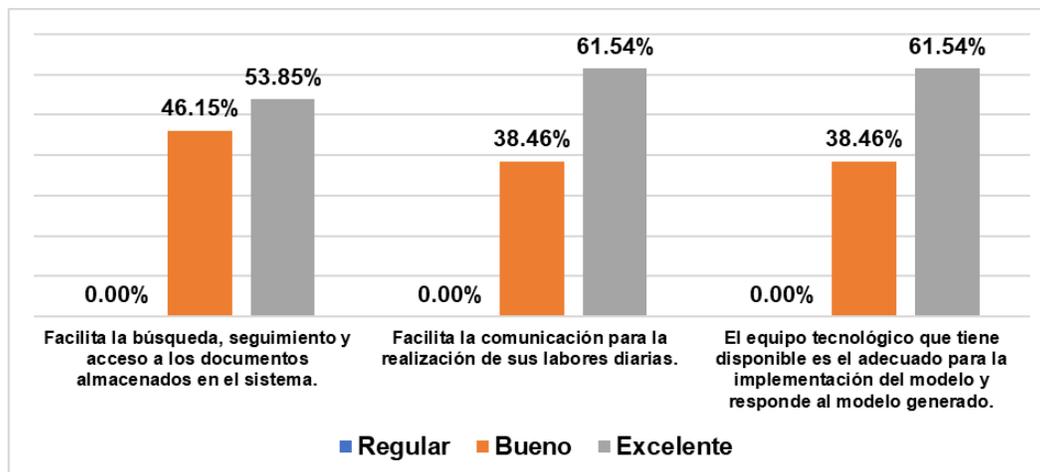
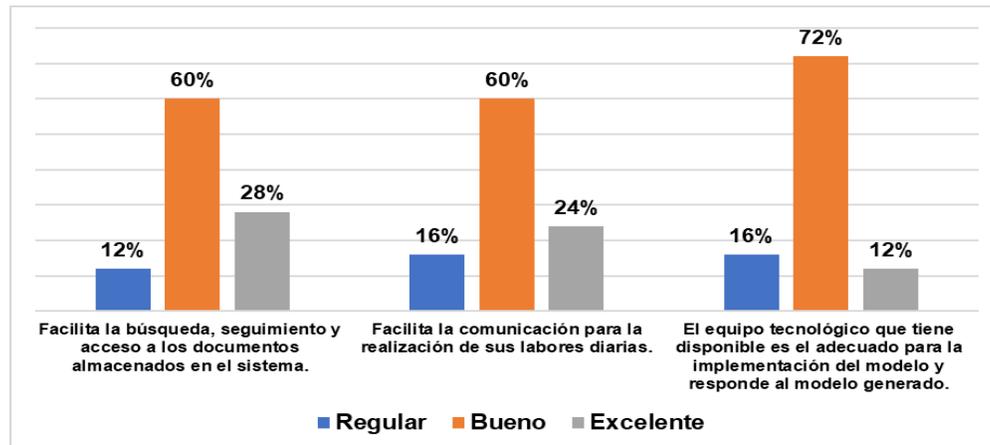


Figura 13

Evaluación del modelo por parte del personal administrativo.



b. Nivel de satisfacción del Modelo de Gestión de Conocimiento y Comunicación

En las figuras 14 y 15, se muestra el grado de satisfacción expresado tanto por los directores/coordinadores como por el personal administrativo con respecto a la implementación del Modelo de Gestión de Conocimiento y Comunicación mediante la plataforma Microsoft 365.

Figura 14

Nivel de satisfacción de los directores/coordinadores.

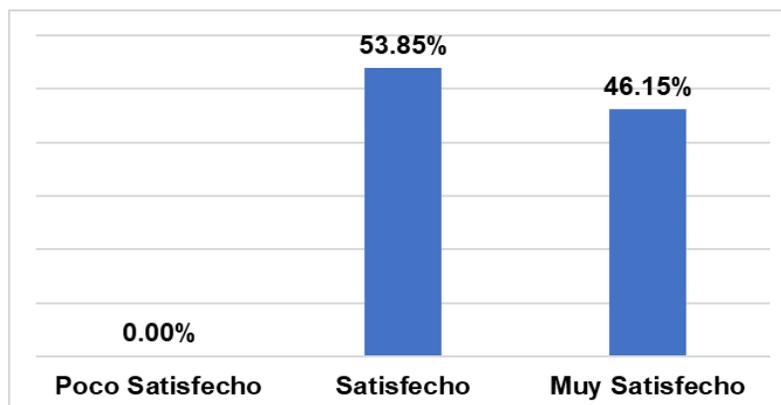
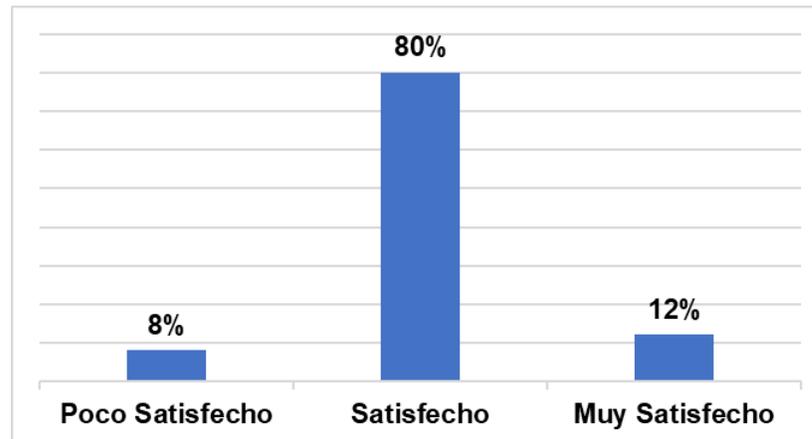


Figura 15

Nivel de satisfacción del personal administrativo



Discusión

En el trabajo realizado por Vásconez et al. (2018) se implementaron:

Diversos procesos para la elaboración, modificación, almacenamiento y búsqueda de documentos, a la vez se normalizaron los procesos realizados por el personal encargado de las secretarías y direcciones de escuelas de las unidades académicas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, a través de un Sistema de gestión documental utilizando el proceso de desarrollo SCRUM.

Cortés et al. (2019) en su trabajo de investigación titulado La importancia de la gestión del conocimiento en los medios de comunicación en una institución educativa en México concluyen que:

En un medio de comunicación es importante tratar de diseñar estrategias y sistemas o modelos basados en la gestión del conocimiento para una administración óptima de los recursos en una primera etapa y en una segunda etapa, generar recursos propios que permitan un crecimiento y desarrollo sostenible. En este

sentido, validaron su hipótesis de que la gestión del conocimiento afecta la productividad de los medios de comunicación, pudiendo así identificar su importancia en la comunicación.

Flores (2019) en su proyecto titulado Propuesta de mejora para el sistema de comunicación interna en la Facultad de Ciencias Psicológicas de la Universidad de Guayaquil plasma lo siguiente:

El objetivo fue presentar propuestas de mejora para el sistema de comunicación interna en la Facultad de Ciencias Psicológicas de la Universidad de Guayaquil, indica que el tipo de investigación utilizada en la facultad de Ciencias Psicológicas fue descriptiva y no experimental. Se trabajó con una muestra entre los miembros de la institución donde 25 eran administrativos, 542 estudiantes y 60 profesores a los cuales se le aplicaron encuestas. Además, se utilizó la técnica de grupo focal utilizando 6 estudiantes. Como medio para solucionar y mejorar los problemas de comunicación interna utilizaron la estrategia de benchmarking competitivo. Los resultados obtenidos permitieron comprender la situación actual de la comunicación interna en la facultad.

Por otro lado, Egea (2021) en su trabajo titulado Elaboración de un plan de adopción de 365 en la Universidad Politécnica de Cartagena propone lo siguiente:

Contar con un modelo de colaboración a través, del diseño de un plan para mayor utilización de Microsoft 365 acompañado de un sistema de gobierno en la Universidad Politécnica de Cartagena, con el cual se desea ayudar a los distintos estamentos que componen la universidad a compartir y colaborar de manera eficaz con la utilización de Teams, SharePoint y las diferentes aplicaciones de la PowerPlatform.

En este proyecto primero se definió el plan de trabajo a seguir, posteriormente se realizó un estudio de las aplicaciones de colaboración existentes

del ámbito educativo, se realizó un estudio de las herramientas de office, se diseñó un plan y modelo de gobierno para cada una de las aplicaciones de Microsoft 365 a utilizar. Para la prueba se utilizó al departamento de Matemática Aplicada y Estadística como modelo piloto y finalmente se realiza una validación de la propuesta de adopción del Microsoft 365 previo a su implementación.

Gavilanes y Chasi (2022) en su investigación titulada Sistema de correspondencia cero papeles y su incidencia en la gestión de la información del personal administrativo de la Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación de la Universidad Técnica de Ambato, desean:

Sensibilizar y concientizar el valor de los adelantos tecnológicos mediante un sistema de correspondencia cero papeles, el cual debería tener la capacidad de gestionar la información con la reducción sistemática del uso del papel, mediante la sustitución de los flujos documentales en papel por medios electrónicos, a través de la creación, gestión y almacenamiento de documentos de archivo en soportes electrónicos. Además, analizaron la situación actual en el tema de gestión de la información, luego se determinaron las necesidades de un sistema de gestión de la información y los procesos dentro de cada departamento. Finalmente, se propone una alternativa de solución al problema planteado, el cual ayuda a mejorar la gestión de la información

Después de examinar proyectos similares en otras universidades, presentamos el análisis de los resultados de las encuestas aplicadas. En relación con la pregunta sobre el uso de la herramienta Microsoft Teams en diversas actividades para las labores diarias, según las respuestas de directores/coordinadores (Figura 4), se destaca su amplio uso en videoconferencias, compartir y almacenar documentos, aunque su empleo para chatear y realizar llamadas es limitado. En contraste, el personal administrativo

utiliza la herramienta principalmente para compartir y almacenar documentos, con un uso más reducido en chat, llamadas y videoconferencias (Figura 5). Se destaca en ambos grupos que la herramienta es muy utilizada para la gestión de documentos.

Con respecto a la pregunta sobre el uso de la herramienta Microsoft Outlook en diversas actividades, se observa que tanto los directores/coordinadores (Figura 6) como el personal administrativo (Figura 7) la utilizan en su gran mayoría “Siempre”, para enviar y recibir documentos. Además, su empleo es frecuente “A veces”, para agendar y revisar reuniones y eventos, mientras que, para compartir documentos en los grupos, la tendencia es variada entre “Siempre” y “A veces”. Estos resultados indican que Microsoft Outlook es una herramienta esencial y ampliamente utilizada en las actividades diarias.

Para la pregunta sobre el uso de Microsoft SharePoint para ubicar correos, documentos de los grupos y documentación compartida, los directores/coordinadores mayoritariamente respondieron entre “Nunca” y “A veces” (Figura 8). En el caso del personal administrativo, el 64% indicó que “Nunca” utiliza la herramienta y el 28% la utiliza “A veces” (Figura 9). Se deduce que, tras la capacitación, los encuestados han comenzado a utilizar SharePoint, pero es necesario promover sus beneficios para aumentar los porcentajes en la opción “Siempre”.

En cuanto a la pregunta sobre el uso colaborativo de las aplicaciones de oficina, como Word, Excel y PowerPoint desde el acceso en Microsoft Outlook y/o Microsoft Teams, el 76.92% de los directores y coordinadores (Figura 10) y el 56% del personal administrativo indica que lo hace “Siempre”. Por otro lado, el 36% del personal administrativo utiliza esta opción “A veces” (Figura 11). Estos resultados señalan que la gran mayoría de los encuestados emplea de manera colaborativa

las herramientas de oficina, lo cual es esencial para la implementación exitosa del Modelo de Gestión de Conocimiento y Comunicación.

Con relación a la pregunta sobre la evaluación de diversos aspectos del Modelo de Gestión de Conocimiento y Comunicación con la plataforma Microsoft 365, el grupo de directores/coordinadores muestra una evaluación mayoritariamente “Excelente”. Se destaca que el modelo facilita la búsqueda, seguimiento y acceso a los documentos almacenados, facilita la comunicación para las labores diarias, y el equipo tecnológico disponible es considerado el adecuado (Figura 12). En contraste, el personal administrativo evalúa en más del 80% los aspectos considerados entre “Bueno” y “Excelente” (Figura 13). Estos resultados indican una percepción positiva en ambos grupos con respecto al modelo implementado.

Con respecto a la pregunta sobre el sentimiento respecto a la implementación del Modelo de Gestión de Conocimiento y Comunicación con la plataforma Microsoft 365, el 100% de los directores/coordinadores manifestó sentirse entre “Satisfecho” y “Muy Satisfecho” (Figura 14). Por otro lado, el 80% del personal administrativo indicó sentirse “Satisfecho” con la implementación del modelo (Figura 15). Estos resultados reflejan una satisfacción generalizada en ambos grupos con respecto a la implementación del modelo.

Conclusiones

Después de implementar el Modelo de Gestión de Conocimiento y Comunicación, los resultados indican que la implementación del Modelo de Gestión de Conocimiento y Comunicación con Microsoft 365 ha generado resultados positivos, y el personal ha mostrado una buena disposición para utilizar estas herramientas, lo que beneficia sus actividades diarias y fomenta una cultura de colaboración y comunicación efectiva dentro de la unidad académica. Con esta

investigación, se ha logrado establecer un modelo eficiente y estructurado para la gestión de conocimiento y la comunicación en las unidades administrativas de la FIEC Campus Central, además optimiza los flujos de información, agiliza procesos y asegura un adecuado manejo de la información. Estos hallazgos ofrecen una perspectiva valiosa para otras facultades que buscan mejorar su productividad y eficiencia en la gestión del conocimiento y la comunicación al implementar Microsoft 365.

Referencias Bibliográficas

- Alavi, M., & Leidner, D. E. (2001). Review: Knowledge management and knowledge management systems: Conceptual foundations and research issues. *MIS Quarterly*, 25(1), 107-136.
- Argenti, P. A. (2014). Comunicación estratégica y su contribución a la reputación. *Nuevas Tendencias*, 24-25. Recuperado el 1 de noviembre de 2023, de <https://revistas.unav.edu/index.php/nuevas-tendencias/article/view/34408/29318>
- Cortés, Guerrero & Muriel (2019), La importancia de la gestión del conocimiento en los medios de comunicación en una institución educativa en México. Recuperado el 27 de julio de 2022, de <https://www.redalyc.org/journal/687/68766646003/html/>
- Dalkir, K. (2005). Knowledge management in theory and practice. Cambridge, MA: MIT Press.
- Egea Caballero, F. J. (2021). Elaboración de un plan de adopción de 365 en la Universidad Politécnica de Cartagena. Trabajo de Grado. Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena. Recuperado el 20 de junio de 2022, de <https://repositorio.upct.es/handle/10317/9170>
- Flores Carvajal, L. I. (2019). Propuesta de mejora para el sistema de comunicación interna en la Facultad de Ciencias Psicológicas de la Universidad de Guayaquil, año 2019. Guayaquil, Ecuador. Recuperado el 22 de julio de 2022, de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/45824>

- Forrester Research. (Agosto de 2023). Forrester. Obtenido de The Total Economic Impact™ Of Microsoft 365 E5:
<https://www.microsoft.com/content/dam/microsoft/final/en-us/microsoft-brand/documents/TEI-of-Microsoft-365-E5-August-2023.pdf>
- Gartner, Inc. (2023). Gartner Peer Insights. Recuperado el 25 de abril de 2024, de <https://www.gartner.com/reviews/market/workplace-social-software>
- Gavilanes López, W. L., & Chasi Guamán, D. T. (s.f.). Sistema de correspondencia cero papeles y su incidencia en la gestión de la información del personal administrativo de la Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación de la Universidad Técnica de Ambato. Trabajo de Investigación. Universidad Técnica de Ambato, Ambato. Recuperado el 2 de agosto de 2022, de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/12392>
- Glowacka, M. (26 de octubre de 2023). *Preply Business*. Recuperado el 1 de noviembre de 2023, de La importancia de la comunicación empresarial y sus beneficios para tu empresa: <https://preply.com/es/blog/b2b-beneficios-comunicacion-empresarial/>
- Guerrero Jiménez, D. U., & Barragán Pérez, O. (julio-diciembre de 2023). Desarrollo de un GRC (Governance, Risk, and Compliance) con Herramientas de Microsoft Office 365. *Investigación Aplicada, un Enfoque en la Tecnología*(16), 104-112.
- Huang, R., & Lin, C. (2023). The Impact of Microsoft 365 on Employee Collaboration and Productivity in Remote Work Settings. *Journal of Business Research*, 144, 74-83. Recuperado el 20 de abril de 2024
- López, M. A., & Fernández, R. (2022). El impacto de Microsoft 365 en la productividad y la colaboración en el lugar de trabajo. *SMSPlus*. Recuperado el 20 de abril de 2024 de <https://www.smsdatacenter.com/sobre-nosotros/?lang=es>
- Okoli, C., & Schabram, K. (2010). A guide to conducting a systematic literature review of information systems research. *Sprouts Working Papers on Information Systems*, 10, 26.

- Ortíz, J. (2021). Propuesta para implementar un sistema de almacenamiento de datos, como método para optimizar los servicios brindados por la empresa transcointer S.A.S [Universidad Autónoma de Bucaramanga]. Recuperado el 22 de abril de 2024 de <https://repository.unab.edu.co/handle/20.500.12749/15121>
- Ponjuán, G. D. (2004). Gestión de información: dimensiones e implementación para el éxito organizacional. Rosario: Nuevo Paradigma.
- Rodríguez Cruz, Yunier, & del Pino Más, Tania. (2017). Rutas para una gestión estratégica y articulada de la información y la comunicación en contextos organizacionales. *Alcance*, 6(14), 3-31. Recuperado el 1 de agosto de 2022, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2411-99702017000300002&lng=es&tlng=es
- Rodríguez Zárate, G. A. (2021). Estudio de caso de Google respecto de la gestión del conocimiento y la gestión de la organización. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada. Recuperado el 24 de Abril de 2024, de <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/39796>
- Saló, N. (2005). Aprender a comunicarse en las organizaciones. ISBN: 84-493-1771-1. Barcelona, España: Ediciones Paidós Ibérica, S.A.
- Sánchez Murillo, A. J. (2006). Peter Drucker, innovador maestro de la Administración de Empresas. *Cuadernos Latinoamericanos de Administración*, II(2), 69-89. Recuperado el 1 de noviembre de 2023, de <https://www.redalyc.org/pdf/4096/409634344005.pdf>
- Trelles, I. (2001). Comunicación organizacional: Selección de lecturas. Buenos Aires: La Crujía.
- Vásconez Portilla, D. R., López Sevilla, G. M., Medina Chicaiza, R. P., & Freire
- Aillón, T. M. (2018). Gestión documental basado en sharepoint para potenciar los procesos académicos de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador - Ambato. Investigación. Universidad Católica del Ecuador, Ambato.