



Revista

MINERVA

VOL. 6, NÚM. 3 2023
JULIO / DICIEMBRE
ISSN 2521-9794

REVISTA MINERVA

Revista Científica Multidisciplinaria

Volumen 6, Número 3
Número Ordinario Julio - Diciembre
ISSN 2521-8794
<https://minerva.sic.ues.edu.sv>

Universidad de El Salvador

Secretaría de Investigaciones Científicas. Final
Avenida Héroes y Mártires del 30 de Julio de 1975,
Ciudad Universitaria "Dr. Fabio Castillo Figueroa",
San Salvador, El Salvador.

Teléfono:

+503 2225-8434

Correo electrónico:

revista.minerva@ues.edu.sv

Periodicidad:

Se publica semestralmente, con dos números
anuales correspondientes a los períodos enero-junio
y julio-diciembre.

Objetivo:

Difundir investigaciones inéditas y originales, de
calidad científica, elaboradas por los miembros de
la comunidad académica y profesional nacional e
internacional.

Alcance:

Revista Minerva cumple con los principios de
acceso abierto. Publica artículos científicos de las
diferentes áreas del conocimiento entre ellas la
Física, la Química, la Biología, las Matemáticas,
Ciencias Ambientales, Ciencias Sociales, Ciencias
Humanísticas, Medicina, Ingeniería, entre otras. La
revista acepta artículos de investigación, revisión y
reflexión en español.

ACLARATORIA

LAS IDEAS Y OPINIONES CONTENIDAS
EN LOS TRABAJOS Y ARTÍCULOS SON DE
RESPONSABILIDAD EXCLUSIVA DE LOS AUTORES
Y NO EXPRESAN NECESARIAMENTE EL PUNTO DE
VISTA DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.



MINERVA es una revista con
licencia creative commons 4.0
CC BY: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Ing. Agr. M.Sc. Juan Rosa Quintanilla Quintanilla
Rector

Dra. Evelyn Beatriz Farfan Mata
Vicerrectora Académica

M.Sc. Roger Armando Arias Alvarado
Vicerrector Administrativo

Lic. Pedro Rosalío Escobar Castaneda
Secretario General

Lic. Carlos Amilcar Serrano Rivera
Fiscal General

M.Sc. Carlos Armando Villalta
Presidente Asamblea General Universitaria (AGU)

Ing. Agr. M.Sc. José Miguel Sermeño Chicas
Secretario de Investigaciones Científicas; Director
Ejecutivo del Consejo de Investigaciones Científicas

COMITÉ TÉCNICO

Director Editor
Isidro Galileo Romero
isidro.romero@ues.edu.sv

Correctores de Estilo
Cristina Isabel Guzmán Cruz
cristina.guzman@ues.edu.sv

Selvin Mauricio Montano Quintanilla
selvin.montano@ues.edu.sv

Edición Adjunta y Maquetación
Ever Martínez
ever.martinez@ues.edu.sv

Saul Antonio Vega
saul.vega@ues.edu.sv

Soporte Técnico
Saul Antonio Vega
saul.vega@ues.edu.sv

COMITÉ EDITORIAL

Brenda Iliana Gallegos

Docente de Educación Alimentaria y Nutricional, Facultad de Medicina, Universidad de El Salvador

Dagoberto Pérez

Docente de Cultivos Anuales, Departamento de Ciencias Agronómicas, Facultad Multidisciplinaria Paracentral, Universidad de El Salvador

David A. Hernández

Coordinador Becas de Posgrado, Universidad de El Salvador

Evelin P. Gutiérrez de Doradea

Investigadora, Unidad de Investigación, Facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales, Universidad de El Salvador

José Roberto Ramos López

Docente, Escuela de Ingeniería Eléctrica, Universidad de El Salvador

Rudis Yilmar Flores

Docente Investigador, Facultad Multidisciplinaria Oriental, Universidad de El Salvador

Mario Ernesto Parada Jaco

Laboratorio de Parasitología Vegetal. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA)

Luis Pineda

Técnico en Gestión de Cuencas y Humedales. Autoridad Científica en Fauna Silvestre - CITES. Dirección General de Ecosistemas y Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, MARN, El Salvador

COMITÉ CIENTÍFICO

Andrea L. Joyce

Assistant Professor, University of California, Merced. Estados Unidos

Ignacio Aisur Agudo Padrón

Gerente Investigador Projeto "Avulsos Malacológicos - AM", Florianópolis, Santa Catarina / SC, Brasil

James Iffland

Professor in the Languages department at Boston University

José Rutilio Quezada

Consultor Internacional. Manejo Integrado de Plagas y Control Biológico, Estados Unidos

Luis A. Mejía

Adjunct Professor, Department of Food Science and Human Nutrition University of Illinois, Urbana-Champaign

Mónica Lara Uc

Profesora Investigadora, Universidad Autónoma de Baja California Sur, México

Paul Almeida

Professor and Chair of Sociology, University of California, Merced. Estados Unidos

Pedro José Toruño

Profesor, Departamento de Agroecología, Escuela de Ciencia Agraria y Veterinaria, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León (UNAN-LEÓN)

Randy Atencio Valdespino

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá

Tania Vianney Gutiérrez Santillán

Estancia Postdoctoral, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, México

Víctor D. Carmona-Galindo

Professor, Biology Department, Natural Science Division, University of La Verne, La Verne, California, USA

William R. Fowler

Cross College Scholar, Founder and Editor-in-Chief, Ancient Mesoamerica, Associate Professor, Department of Anthropology / Vanderbilt University. Estados Unidos

Carmen Aída Escobar Ramírez

Profesora-Investigadora, Universidad Autónoma de Nuevo León, México

REVISTAS CONSORCIADAS

Revista Iberoamericana Ambiente y Sustentabilidad

Red Iberoamericana de Medio Ambiente (REIMA, A.C.) y Pan American Foundation for International Cooperation for Sustainable Development

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS | SCIENTIFIC ARTICLES

- Nuevos Registros de Xylariales (Ascomycota) para El Salvador** 5
 New Records of Xylariales (Ascomycota) for El Salvador
 Roberto Amado Vásquez Díaz
- Monitoreo de microplásticos superficiales en el lago de Coatepeque, 2021-2022** 17
 Monitoring of superficial microplastics in Coatepeque lake, 2021-2022
 Jose Enrique Barraza Sandoval, Verónica Melara
- Contaminación enteroparasitaria en perillas de puertas, en un liceo de Barquisimeto, Venezuela** 27
 Enteroparasitic contamination in doorknobs, in a high school in Barquisimeto, Venezuela
 Luis Eduardo Traviezo Valles
- Vigilancia epidemiológica de enfermedades bucales de población atendida en Unidades de Salud en el año 2021** 37
 Epidemiological surveillance of oral diseases in the population served in Health Units in the year 2021
 Ruth Bernardina Esau Fernandez-de-Quezada, Guillermo Alfonso Aguirre Escobar, Wendy Yesenia Escobar de González, Francisco José Rivas Cartagena, Stefany María Santos Anaya
- El Diagnóstico del manejo de Residuos Peligrosos Biológico Infeccioso generados en Hospital Nivel II en México** 55
 Diagnosis of the management of Biological Infectious Hazardous Waste generated in Hospital Level II in Mexico
 Marco Arturo Arciniega Galaviz
- Diseño y construcción de un anemómetro ultrasónico de bajo costo** 67
 Design and construction of a low-cost ultrasonic anemometer
 Diego Lopez, Jose Ezequiel Torres Torres

NOTAS TÉCNICAS | TECHNICAL REPORTS

- Efecto de la inflación y posibles alternativas en la ganadería lechera** 89
 The effect of inflation and possible alternatives in dairy farming
 Juan Fernando Contreras Morales, Juan Carlos Valdez
- Movimientos vespertinos de la Lora Nuca Amarilla (Amazona auropalliata) en la ciudad de San Salvador, El Salvador** 101
 Evening movement of the Yellow-naped Parrot (Amazona auropalliata) in the city of San Salvador, El Salvador
 Néstor Herrera
- Vegetación utilizada por aves dentro del Campus de la Universidad de El Salvador, El Salvador** 111
 Vegetation used for birds within the University Campus of the University of El Salvador, El Salvador.
 Rebeca Marleni Figueroa Eguizábal, Dora Alicia Armero Durán, Fabiola Mayandi Guerra Mina



DOI:10.5377/revminerva.v6i3.17349

Artículo Científico | Scientific Article

Nuevos Registros de Xylariales (Ascomycota) para El Salvador

New Records of Xylariales (Ascomycota) for El Salvador

Roberto Amado Vásquez Díaz¹

Correspondencia:
roberto.vasquez@ues.edu.sv

Presentado: 22 de marzo de 2023
Aceptado: 28 de junio de 2023

¹ Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales y Colección de Referencia de Pteridophytas, Universidad de El Salvador

RESUMEN

Se describen e ilustran tres especies de Xylariales (macrohongo) que constituyen nuevos registros para El Salvador, todas ellas pertenecientes a la familia Xylariaceae: *Podosordaria mexicana* Ellis & Holw., que se encontró creciendo sobre estiércol de equino en zona de pastoreo y bosque de *Quercus* spp; y *Xylaria aristata* Mont., y *Xylaria sicula* Pass. & Beltrani., que se observaron creciendo sobre las láminas y peciolos de hojas caídas y en descomposición de *Ternstroemia tepezapote*, en bosque de galería. El material analizado y descrito fue recolectado en el cerro La Palma, Chalatenango, El Salvador, durante los meses de julio, agosto y septiembre de dos mil veintidós. La descripción de las especies se realizó con base a criterios morfológicos y anatómicos. Las muestras herborizadas y debidamente identificadas serán depositadas en el Herbario ITIC de la Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad de El Salvador. El propósito principal es aportar al conocimiento de este grupo de hongos para el país y establecer las bases para futuras investigaciones en este taxon y en otros del reino Fungi.

Palabras clave: Xylariales, *Xylaria*, *Podosordaria*, El Salvador, Ascomycota.

ABSTRACT

Three species of Xylariales (macrofungi) that constitute new records for El Salvador are described and illustrated, all of them belonging to the Xylariaceae family: *Podosordaria Mexicana* Ellis & Holw., which was found growing on equine manure in grazing areas and *Quercus* spp forest; and *Xylaria aristate* Mont., and *Xylaria sicula* Pass. & Beltrani, which were observed growing on the blades and petioles of fallen and decomposing leaves of *Ternstroemia tepezapote*, in gallery forest. The analyzed and described material was collected on La Palma hill, Chalatenango, El Salvador, during

the months of July, August, and September of two thousand and twenty-two. The description of the species was made based on morphological and anatomical criteria. The herbalized and duly identified samples will be deposited in the ITIC Herbarium of the Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad de El Salvador. The main purpose is to contribute to the knowledge of this group of fungi for the country and establish the bases for future research in this taxon and in others of the Fungi kingdom.

Key words: Xylariales, *Xylaria*, *Podosordaria*, El Salvador, Ascomycota.

INTRODUCCIÓN

Se considera que probablemente el orden *Xylariales* es un grupo polifilético, en el cual se agrupan aproximadamente 800 especies distribuidas en 7-8 familias y 92 géneros (Smith et al., 2003; Webster y Weber, 2007). Las especies que forman parte de este orden se caracterizan por la producción de peritecios oscuros embebidos en un estroma, las ascas poseen un aparato apical positivo a solución de yodo (Webster y Weber, 2007). *Xylariaceae* es una de las familias más conocidas de Ascomycetes; agrupa organismos que presentan una morfología muy diversa y hábitos de vida saprófitos como degradadores de material vegetal y asociados a nidos de termitas. Se incluyen dentro de esta familia a 35 géneros (Agüero et al., 2010; Firdousi y Khan, 2021, Osorio-Navarro, 2022), el género tipo es *Xylaria* Hill ex Schrank, el cual se caracteriza por agrupar organismos con formas y tamaños muy diversos, usualmente con muchos peritecios incrustados en la parte fértil y pueden ser estipitados o sésiles, muchas de sus especies requieren de hospederos específicos y pueden desarrollarse en una gran diversidad de sustratos como madera, suelo, frutas, semillas, hojas, peciols, tallos herbáceos y otros (Hashemi et al., 2014) además, presentan una distribución cosmopolita, con mayor diversidad en zonas tropicales, subtropicales y templadas, se han reportado más de 300

especies pertenecientes a este género (Medel et al., 2010; Soto y Bolaños, 2013; Ma et al., 2022). Taxonómicamente se considera un género bastante complejo, su descripción se ha basado principalmente en caracteres morfológicos en los que se incluyen formas irregulares, globoides simples o ramificadas, con estípite o sin este, y anatómicamente caracterizadas por presentar ascas (de subcilíndricas a cilíndricas), alargadas, con anillo apical que usualmente se tiñe de azul al contacto con yodo; en su interior se desarrollan a menudo ocho ascosporas de color marrón claro y oscuras, casi negras en la madurez y con poro germinal generalmente visible (Hladki y Romero, 2007; Hashemi et al., 2014; Firdousi y Khan, 2021). *Podosordaria* Ellis & Holw es un género que agrupa especies con hábitos coprófilos, se ha reportado creciendo sobre estiércol de burro, caballo, conejo y vaca (Poroca y de Lira, 1986, Daranagama et al., 2018); presenta un estípite corto, estroma capitado y subgloboso (Deepna y Manimohan, 2012), con pocos o muchos peritecios incrustados en el estroma y con presencia de ostiols de color oscuro casi negros, 8 ascosporas por asca (Daranagama et al., 2018). Para El Salvador el género *Xylaria* ha sido reportado en estudios de biodiversidad en los trabajos de Díaz Hernández (1997), Juárez y Rodríguez (2003), Delgado (2010), Toledo (2011), Vásquez Díaz (2017) y Martínez Ventura (2021). Del género *Podosordaria* se ha registrado a *P. entosulphurea* en la plataforma de ciencia ciudadana INaturalist (2021). El objetivo principal de la presente investigación es contribuir al conocimiento de los macrohongos de El Salvador, para este caso del orden Xylariales y sentar las bases para futuras investigaciones en los diferentes taxones pertenecientes al reino Fungi.

METODOLOGÍA

Sitio de estudio

El cerro La Palma, se ubica en el municipio de La Palma, este limita al norte con los municipios

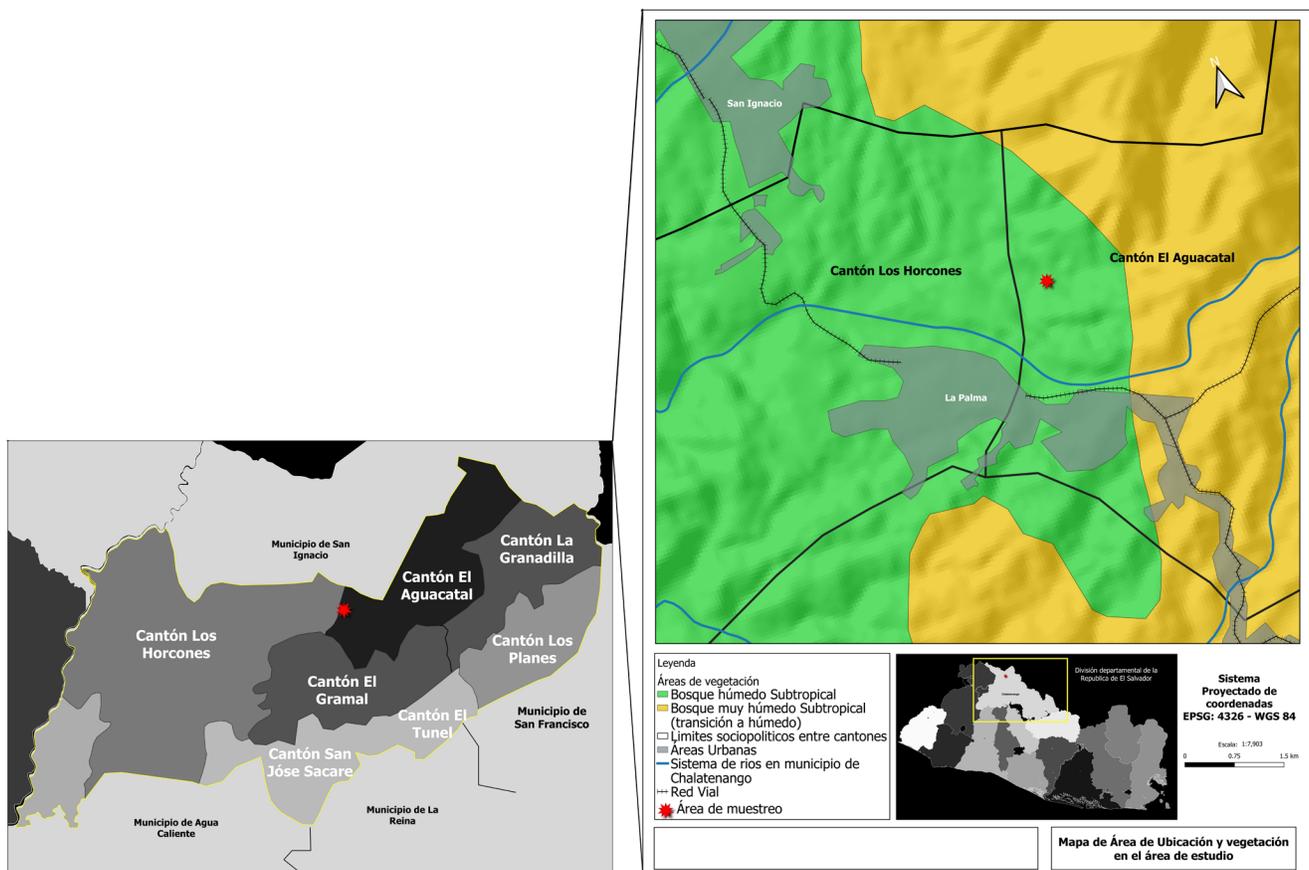
de San Ignacio y Citalá, al sur con La Reina y Agua Caliente, al este con San Fernando y el vecino país de Honduras, y al oeste con Metapán (Santa Ana), forma parte del departamento de Chalatenango y pertenece al área de conservación Alotepeque, La Montañona, dentro de la cual se pueden encontrar diversidad de ecosistemas como bosque tropical siempre verde, bosque tropical semidecíduo, bosque tropical deciduo latifoliado, bosque de galería, entre otros (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales [MARN], 2011). En la Figura 1 se muestra el sitio de estudio con sus límites geográficos y señalado con punto rojo la zona de muestreo del material estudiado.

Muestreo en campo

La recolecta de material se realizó en los meses de julio, agosto y septiembre de dos mil veintidós, se aplicó muestreo aleatorio-opportunidad (Mueller et al. 2004; Mueller et al. 2007) y se extrajeron las muestras necesarias con parte del sustrato para la identificación taxonómica y el análisis de sus características morfológicas y anatómicas. Las especies de *Xylaria* Hill ex Schrank, fueron recolectadas en una misma área del sitio de estudio en la que predomina bosque de galería con especies vegetales como *Syzygium jambos*, *Ternstroemia tepezapote*, *Bursera simaruba*, entre otras. Mientras que *Podosordaria*

Figura 1

Zona de muestreo del material biológico analizado.



Nota. Elaborado por Guillermo Recinos.

mexicana, fue encontrada creciendo sobre estiércol de equino, en una zona de pastoreo con presencia de árboles de *Quercus* spp.

Identificación y preservación del material

Para el análisis de las características y descripción de las especies se utilizó un estereoscopio (CARL ZEISS STEMI-DV4), y un microscopio de campo claro (Motic SFC-18), se realizaron preparaciones microscópicas al fresco para la observación de peritecios, setas, ascas y ascosporas. Para verificar la reacción al yodo se utilizó reactivo de Lugol al 5 %. La medición de las esporas se realizó mediante el uso del programa *Piximètre* versión 5.10 (<http://www.piximetre.fr/>), que permite la medición de las dimensiones espaciales de las esporas (largo, ancho y alto), su uso ha sido reportado en diferentes investigaciones como Serrano et al. (2007), Ruiz y Cerdán (2016), Traba Velay (2016), entre otros. La identificación y clasificación taxonómica se realizó con base a caracteres morfológicos y anatómicos de la fase teleomórfica; para dicho proceso, se utilizó literatura especializada como Escobar (1976), Poroca y Lira (1986), García y López (1993), San Martín y Rogers (1995), Medel et al., (2008), Fournier, (2014), Pan et al., (2022), entre otros. El nombre de las especies se corroboró en el *Index fungorum* (www.indexfungorum.org). El secado del material se llevó a cabo utilizando una secadora artesanal, con temperaturas de 50 °C a 60 °C durante 3 días ininterrumpidos, luego se colocaron en *freezer* a -5 °C, durante 24 horas, pasado ese tiempo se volvieron a secar durante 24 horas para finalmente colocar las muestras en bolsas de plástico selladas y luego dentro de una caja de cartón con su correspondiente ficha de identificación taxonómica, estas han sido depositadas en la Colección Micológica de Referencia Científica y Didáctica del Herbario ITIC, Escuela de Biología, Universidad de El Salvador, y se prevé resguardar una muestra de respaldo de las especies *P. mexicana* y *X. sicula*, en el Herbario Nacional de El Salvador (MHES).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se reportan un total de tres especies pertenecientes al orden Xylariales, de las cuales a la fecha no se tenía registro de su presencia en el país: una perteneciente al género *Podosordaria* spp., y dos al género *Xylaria* spp., en la Tabla 1 se registran las generalidades de cada una de estas especies, luego se presenta la descripción tanto morfológica como anatómica y las imágenes de referencia para cada una de ellas.

Descripción de las especies

***Podosordaria mexicana* Ellis & Holw. Código Herbarium: ITIC-14030722:** Las muestras fueron recolectadas de estiércol de equino (Figura 2). Poroca y de Lira (1986), reportan que esta especie es común sobre estiércol de conejo, vaca, caballo y burro, por otra parte, Daranagama et al. (2018), mencionan que es saprófito sobre estiércol de vaca. Ascocarpos creciendo de forma gregaria sobre el sustrato, presentan una forma irregular y una longitud total de 2-4 mm, el estípite corto de 0.5-1mm de alto, de color oscuro, inmerso totalmente

Tabla 1

Lista de los taxa reportados con su respectivo número de colección, origen de las muestras y hospederos.

Especie	Registro Herbario*	Hospedero
<i>Podosordaria mexicana</i> Ellis & Holw.	ITIC-14030722	Estiércol de Equino.
<i>Xylaria aristata</i> Mont.	ITIC-74060822	Vena media y peciolo de <i>Ternstroemia tepezapote</i> .
<i>Xylaria sicula</i> Pass. & Beltrani.	ITIC-75060822	Lámina de hoja de <i>Ternstroemia tepezapote</i> .

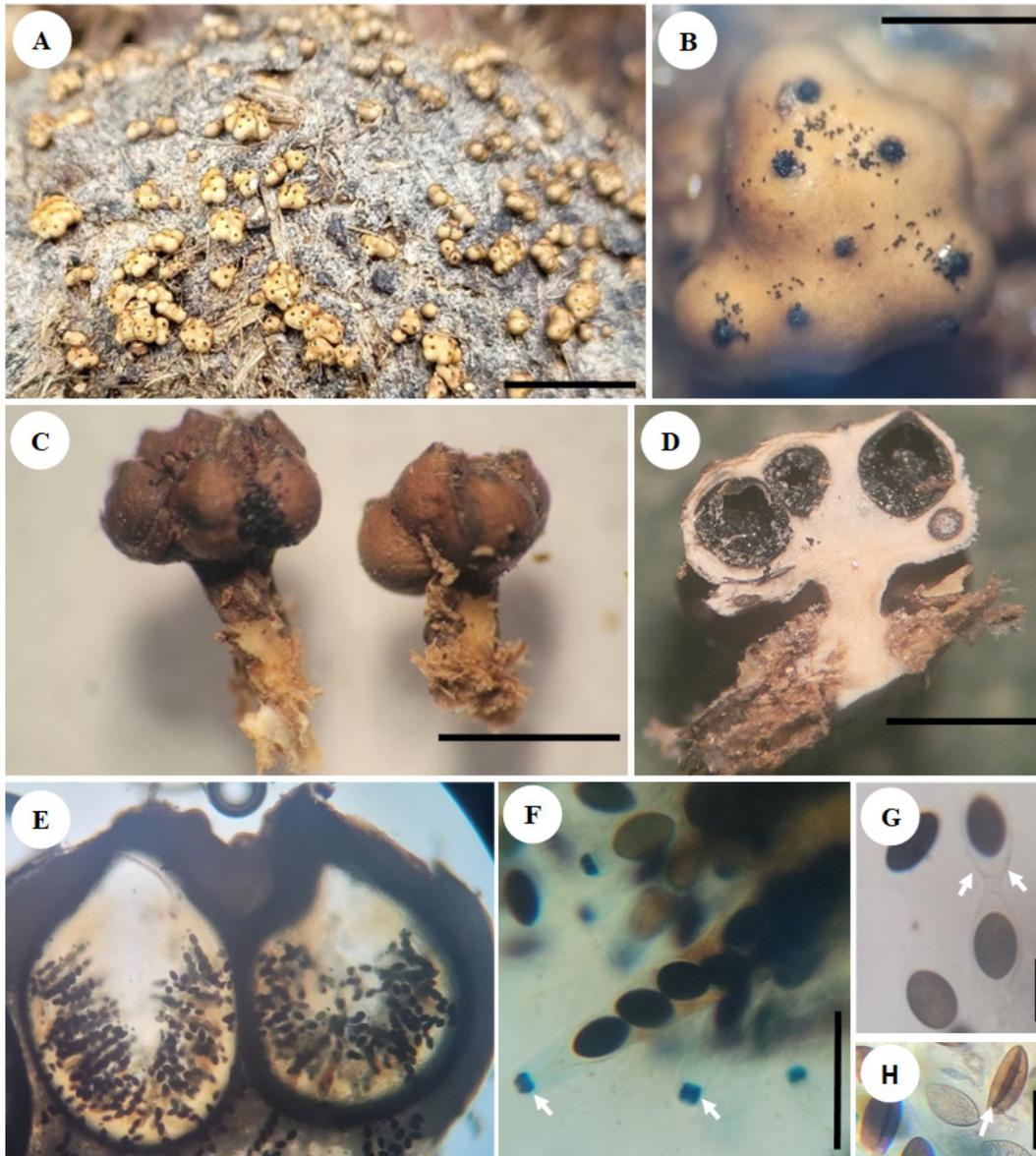
Nota. (*) El código de herbario es provisional, para fines de la investigación y registro del material de herbario. Origen de muestra: Cerro La Palma, Chalatenango, El Salvador.

en el sustrato, con la superficie estriada o arrugada, la parte fértil se ubica en el extremo superior por encima del sustrato, de 1.5-2 mm de diámetro, de color café claro-amarillento a café oscuro, presenta ostiolos de color negro

muy evidentes y estroma conformado por tejido blanco sobre el cual se encuentran inmersos los peritecios de forma mamiforme, las características morfológicas observadas en el material estudiado coinciden con las

Figura 2

Podosordaria mexicana Ellis & Holw.



Nota. *Podosordaria mexicana* Ellis & Holw. **A**, vista general de los ascocarpos en el sustrato, **B**, vista de los ostiolos en un ascocarpio, **C**, ascocarpos estipitados extraídos del sustrato, **D**, vista del estroma blanquecino con varios peritecios, **E**, vista de los peritecios al microscopio, **F**, vista de las ascas con ascosporas, se evidencia el ápice amiloide (reacción positiva a Lugol), **G**, vista de las ascosporas con vaina mucilaginosas, **H**, vista de las ascosporas mostrando la línea germinal. Barra, **A** = 5 mm; **B,C,D** = 1 mm; **E** = 0.5mm; **F** = 50 μ m; **G,H** = 30 μ m.

descritas por Poroca y de Lira (1986), García y López (1993), y Daranagama et al. (2018).

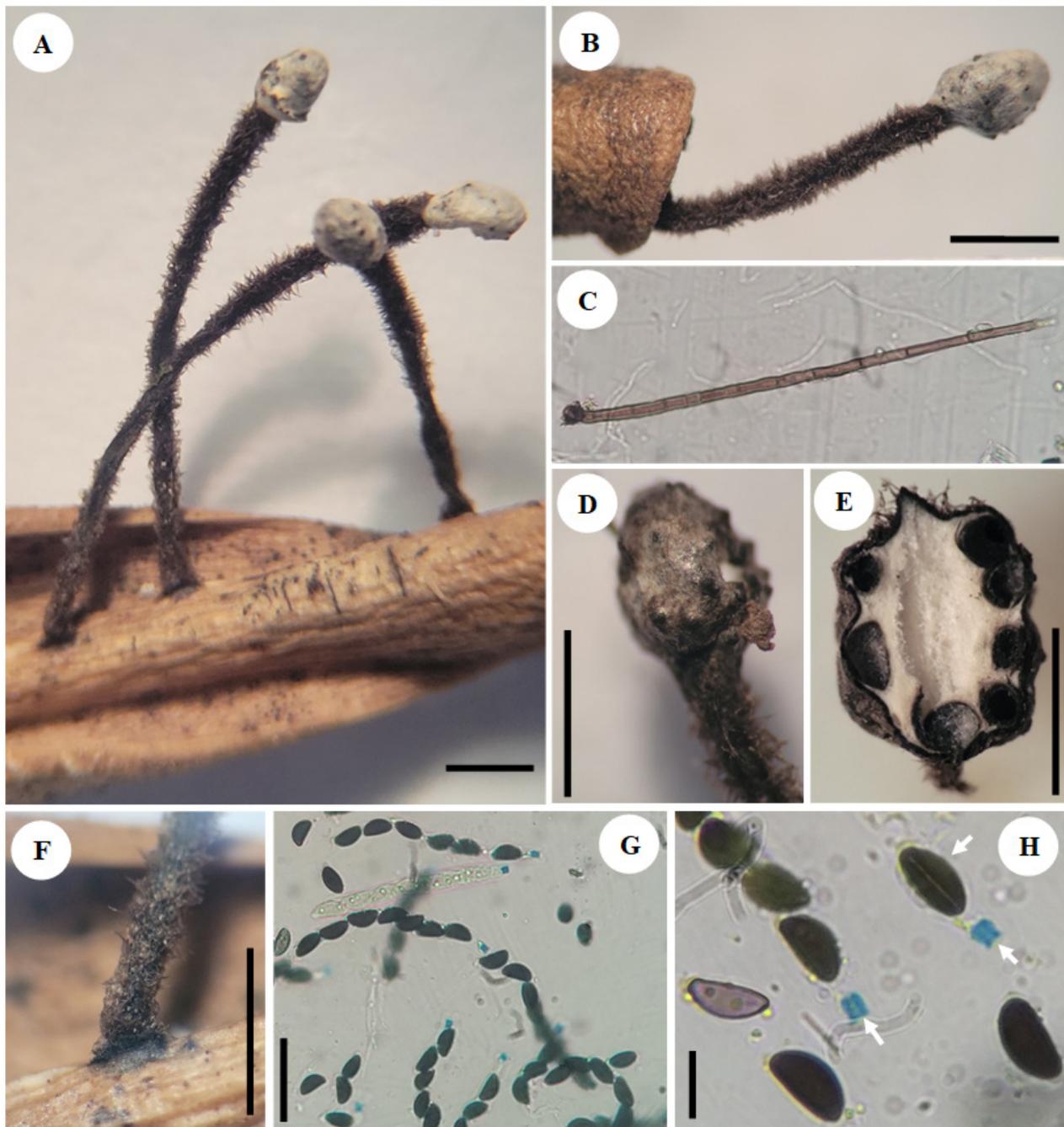
Anatómicamente se evidenciaron ascas cilíndricas con ocho ascosporas en el interior, con el ápice redondeado y anillo apical con reacción positiva a Lugol al 5 %. Las ascosporas de color café claro volviéndose oscuras, casi negras en la madurez, uniseriadas y con línea germinal más corta que la longitud total de la ascospora (en algunas puede ser muy evidente), cubiertas por una vaina gelatinosa, miden de 29-37 μm x 18-21 μm . Daranagama et al. (2018), reportan reacción positiva de anillo apical con solución de Meltzer, lo que indica que presenta reacción a soluciones iodadas, por otra parte, reportan que las ascosporas pueden presentar longitud de hasta 41 μm . En la presente investigación no se evidenciaron ascosporas con longitud mayor a 37 μm , sin embargo, las medidas se mantienen en el rango de medición reportado por García y López (1993). No se evidenciaron paráfisis, en concordancia por lo reportado por Daranagama (2018).

Xylaria aristata Mont. Código Herbarium: ITIC-74060822: Ascocarpos en forma de cerillo, creciendo en forma gregaria o solitaria sobre la vena media y peciolo de *Ternstroemia tepezapote*, presenta estípote filiforme de 6-12 mm de longitud y 0.1-0.2 mm de diámetro, cubierto en toda su extensión por numerosas setas o pelos de color café oscuro a negro, (las setas con ápice terminado en punta) en el extremo superior se ubica la zona fértil de forma globosa, de color grisáceo, de más o menos 1-2 mm de diámetro, presenta varios peritecios operculados de color negro y estroma blanco. Ascosporas de color café a café oscuro, casi negras, de 9-11 μm x 4-6 μm , con presencia de línea germinal muy evidente en el lado ventral que abarca casi todo el largo de la espora, sin presencia de vaina mucilaginosa. Ascas cilíndricas, con el ápice redondeado y aparato apical tubular que presenta reacción positiva al Lugol (Figura 3).

Las características del material analizado concuerdan con San Martín y Rogers (1995), quienes reportan su crecimiento sobre frutos de angiospermas en México, sin embargo, mencionan que también se puede desarrollar sobre restos de hojas como en este caso, mientras que Medel et al., (2008), reportan su crecimiento en zonas con vegetación tropical. De la misma forma Medel et al., (2008), mencionan que el estroma con la zona fértil en forma globosa o de cabezuela en el extremo superior del estípote, y el tamaño de las esporas "9- 10 (- 12) x 4- 5 μm " (p. 102), son caracteres diferenciales que permiten la identificación de esta especie. Las características de las ascas y ascosporas concuerdan con lo reportado por Fournier et al., (2020).

Xylaria sicula Pass. & Beltrani. Código Herbarium: ITIC-75060822: Ascocarpos de color negro, creciendo sobre la lámina de *Ternstroemia tepezapote*, presentan estípote filiforme de 3.5 cm hasta 10-12 cm de longitud y de 0.2-0.5 mm de diámetro, con una zona fértil de forma globosa a subglobosa de color negro o grisáceo, de 2-3 mm de diámetro, con múltiples peritecios, operculados de color negro que se incrustan sobre el estroma de color blanco, se caracteriza porque sobre esta zona fértil se extiende un apéndice estéril largo de forma filiforme y de superficie color negro que en ocasiones puede poseer una longitud mayor a la del estípote; se evidenció de 4.5 cm hasta 12-15 cm. Las ascosporas de color café oscuro cuando maduran, de 9-12 μm x 4-6 μm , con una fina línea germinal sobre la base que recubre todo el largo de la ascospora, presenta apéndice celular basal. Presenta ascas cilíndricas, con el ápice redondeado y presencia de aparato apical tubular con reacción positiva al Lugol (Figura 4).

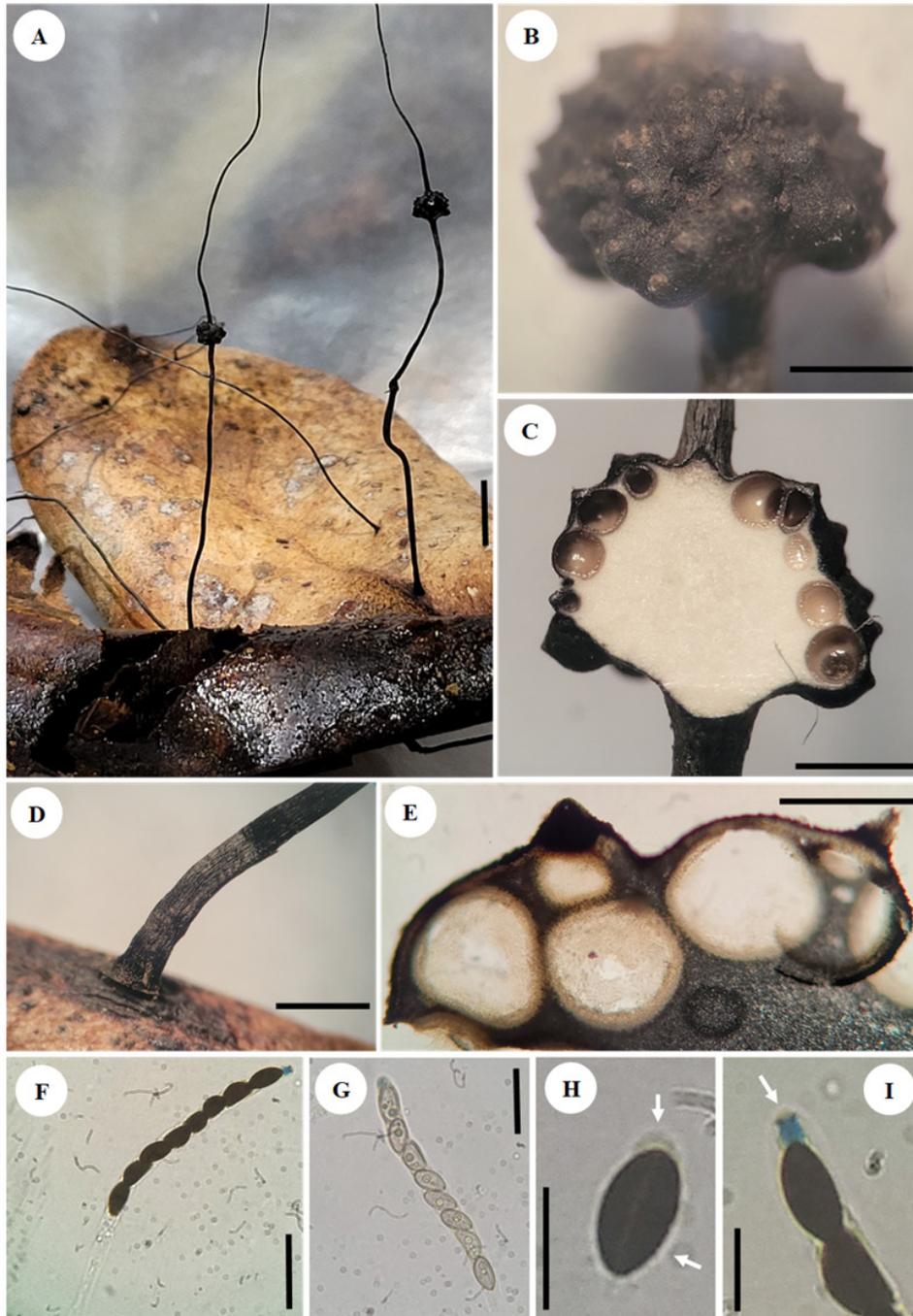
Se ha descrito como una especie europea que crece sobre hojas de *Olea* spp. (Fournier, 2014). Pan et al., (2022), describen que *X. sicula*, presenta un apéndice estéril alargado sobre la zona fértil, además presenta esporas de

Figura 3*Xylaria aristata* Mont.

Nota. *Xylaria aristata* Mont. **A** y **B**, vista general de los ascocarpos en el sustrato (**A**, vena media y **B**, peciolo de hoja), nótese el estípite filiforme con numerosas setas; **C**, vista de pelo o seta del estípite, **D**, vista aumentada de la zona globosa a subglobosa fértil con los ostiolos de cada peritecio, **E**, estroma blanco con los peritecios, **F**, inserción del ascocarpio al sustrato (vena media de hoja), **G**, vista de las ascas con ascosporas en diferentes estadios de maduración, **H**, Ascosporas, nótese la línea germinal en la zona ventral y los aparatos apicales de las ascas con reacción positiva a Lugol (coloración azul). Barra, **A**, **B**, **D**, **F** = 1 mm; **E** = 0.5 mm; **G** = 30 μ m; **H** = 10 μ m.

Figura 4

Xylaria sicula Pass. & Beltrani.



Nota. *Xylaria sicula* Pass. & Beltrani. **A**, vista general de los ascocarpos en el sustrato (lámina de la hoja), **B**, vista aumentada de la zona fértil mostrando los ostiols, **C**, vista del estroma blanco y de los peritecios, **D**, inserción del ascocarpo al sustrato, **E**, vista de los peritecios inmaduros al microscopio, **F** y **G**, vista de las ascas con ascosporas en diferentes estadios de maduración, se evidencia el ápice con reacción positiva a Lugol (coloración azul), **H**, vista de la ascospora con apéndice celular basal y línea germinal a lo largo de la espora, **I**, aparato tubular en el ápice de la asca con reacción positiva a Lugol. Barra, **A**, **D** = 1 cm; **B**, **C**, = 1 mm; **E** = 0.3 mm; **F** = 30 μ m; **G** = 20 μ m; **H**, **I** = 10 μ m.

tamaño similar a lo observado en la muestra estudiada (9–13(–15) × (3–) 4.5–6 (–7) μm).

CONCLUSIONES

Gracias a la presente investigación se registran tres nuevas especies de Xylariales, las cuales enriquecen el conocimiento sobre la diversidad de la micobiota para El Salvador. El conocimiento sobre los macrohongos en el país es bajo con relación a otros países de la región, por lo que este tipo de investigaciones genera bases importantes para su estudio. Además, se reporta para cada una de estas especies su hospedero correspondiente, lo que indica la variedad de sustratos en la que pueden desarrollar su ciclo de vida cuando los demás requerimientos ecológicos y ambientales son los adecuados. En el ámbito del análisis en laboratorio es importante recalcar que la observación de las estructuras anatómicas es una herramienta vital e importante para determinar las diferentes especies, a partir de las características que se evidencian para cada uno de los organismos que se estudian, dado que en muchas ocasiones no basta con solo observar las características morfológicas que presentan. Por otra parte, la preservación y curaduría del material estudiado, enriquece las colecciones de referencia didáctica y científica de las diferentes instituciones que resguardan, protegen y promueven el patrimonio natural del país.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos especiales a las autoridades de la Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad de El Salvador, por su apoyo en el préstamo del equipo necesario para la observación de las estructuras microscópicas, a Jenny Elizabeth Menjívar Cruz, curadora del Herbario Nacional, Museo de Historia Natural de El Salvador (MUHNES), por su apoyo en la identificación de la especie vegetal en la que se encontraron las especies de *Xylaria* y a Guillermo Recinos por

la elaboración del mapa del sitio de estudio. Al equipo editorial de Revista Minerva y a los revisores por sus observaciones que sin duda han enriquecido el presente documento.

REFERENCIAS

- Agüero, A. N., Hladki, A. I., y Dios, M. M. (2010). La familia Xylariaceae (Xylariales) en la provincia de Catamarca (Argentina). *Lilloa*, 3-9.
- Daranagama, D.A., Hyde, K.D., Sir, E.B. et al. (2018) Towards a natural classification and backbone tree for Graphostromataceae, Hypoxylaceae, Lopadostomataceae and Xylariaceae. *Fungal Diversity* 88(), 1–165. <https://doi.org/10.1007/s13225-017-0388-y>
- Deepna Latha K.P., y Manimohan, P. (2012). Two remarkable xylariaceous ascomycetes associated with elephant dung. *Mycosphere* 3(2), 261–265. Doi: 10.5943/mycosphere/3/2/10. https://www.mycosphere.org/pdf/MC3_2_No10.pdf
- Delgado García S.V. (2010). *Diversidad y abundancia de macromicetos del Bosque las Lajas del área natural Complejo San Marcelino, Santa Ana, Sonsonate, El Salvador*. [Tesis de Licenciatura, Universidad de El Salvador].
- Díaz Hernández, O.E. (1997). *Estudio de la distribución y la abundancia de macromicetos en el volcán de Conchagua, departamento de La Unión*. [Tesis de Licenciatura, Universidad de El Salvador].
- Escobar, G. (1976). Claves para Identificar algunos géneros de los Ascomycetes. Universidad de El Salvador.
- Firdousi, S.A. y Khan, T.A. (2021). Diversity of Xylaria Hill Ex Schrank from The Jalgaon District, Maharashtra, India. *Plant Archives*, 21, (1), 1958-1961 <https://doi.org/10.1007/s13225-017-0388-y>

- org/10.51470/PLANTARCHIVES.2021.v21.S1.318
- Fournier, J. (2014). Update on European species of *Xylaria*. Documento Online: <http://www.ascofrance.fr/uploads/xylaria/201406.pdf>
- Fournier, J., Lechat, C. y Courtecuisse, R. (2020). The genus *Xylaria* sensu lato (Xylariaceae) in Guadeloupe and Martinique (French West Indies) III. Taxa with slender upright stromata. *Ascomycete.org*, 12 (3), 81-164. Doi: 10.25664/ART-0302 <https://ascomycete.org/Journal/Article/art-0302>
- García A, J. y López R, A. (1993). *Podosordaria leporina* y *Podosordaria mexicana*. *Notas técnicas, Centro de Genética Vegetal U.V.* (7), 1-2.
- Hashemi, S.A., Khodaparast, S.A., Zare, R. y Elahinia, S.A. (2014). Contribution to the identification of *Xylaria* species in Iran. *Rostaniha*, 15(2), 153-166. https://www.researchgate.net/publication/281457427_Contribution_to_the_identification_of_Xylaria_species_in_Iran#fullTextFileContent
- Hladki, A. I. y Romero, A.I. (2007). New records of the genus *Xylaria* (Ascomycota, Xylariaceae) from the República Argentina. *Darwiniana* 45(1): 28-44.
- iNaturalist (2022). *Podosordaria entosulphurea*. Online: <https://www.inaturalist.org/observations/69108909>
- Index fungorum (2022). Online: <https://www.indexfungorum.org/names/names.asp>
- Juárez, M. y Rodríguez, R. 2003. *Diversidad de Macrohongos del Parque Nacional Montecristo, Metapán. Departamento de Santa Ana*. [Tesis de Licenciatura, Universidad de El Salvador].
- Ma, H., Song, Z., Pan, X., Qu, Z., Yang, Z., Li, Y. y Zhu, A. Four New Pale-Spored Species of *Xylaria* (Xylariaceae, Xylariales) with a Key to Worldwide Species on Fallen Fruits and Seeds. *Biology*, 11(6):885. <https://doi.org/10.3390/biology11060885>. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9220042/pdf/biology-11-00885.pdf>
- Martínez Ventura, D.R. (2021). *Biodiversidad y distribución de Macromicetes a través de un gradiente altitudinal en el volcán de San Vicente, El Salvador*. [Tesis de Licenciatura, Universidad de El Salvador].
- Medel, R., Castillo, R. y Guzmán, G. (2008). Las especies de *Xylaria* (Ascomycota, Xylariaceae) conocidas de Veracruz, México y discusión de nuevos registros. *Revista Mexicana de Micología*, 28(), 101-118.
- Medel, R., Guzmán, G. y Castillo, R. (2010). Adiciones al conocimiento de *Xylaria* (Ascomycota, Xylariales) en México. *Revista Mexicana de Micología*, 31(), 09-18.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2011). *Fichas de las Áreas de Conservación de El Salvador*. World Institute for Conservation and Environment. https://www.birdlist.org/downloads/cam/el_salvador/areas_protegidas_prioritarias_el_salvador.pdf
- Mueller G.M, Bills G.F y Foster M.S. (2004). *Biodiversity of fungi: inventory and monitoring methods*. Elsevier Academic Press, London, Amsterdam.
- Mueller G.M., Schmit J.P., Leacock P.R., Buyck, B., Cifuentes, J., Desjardin, D.E., Halling, R.E., Hjortstam, K., Iturriaga, T. y Larsson, K.H. (2007). Global diversity and distribution of macrofungi. *Biodiversity and Conservation*, 16(), 37-48.
- Osorio Navarro, Y. S., Valenzuela, R., Bautista Hernández, S., Mendoza González, A.C., Mateo Cid, L.E. y Raymundo, T. (2022). El

- género *Xylaria* (Xylariaceae, Ascomycota) en el bosque tropical caducifolio de México. *Acta Botanica Mexicana*, 129(e2025), 1-27. <https://doi.org/10.21829/abm129.2022.2025>
- Pan X.Y., Song Z.K., Qu Z., Liu T.D., y Ma H.X. (2022) Three new *Xylaria* species (Xylariaceae, Xylariales) on fallen leaves from Hainan Tropical Rainforest National Park. *MycKeys*, 86(), 47-63. <https://doi.org/10.3897/mycokeys.86.71623>
- Poroca, D.M.J y de Lira, N.P. (1986). Primeira ocorrência de *Podosordaria mexicana* Ellis & Holway no Brasil. *Boletín Micológico*, 3(1), 21-24.
- Ruiz, A. y Cerdán, D. (2016). El complejo "radiata" del género *Coprinopsis* en las zonas ganaderas de Vinuesa (Soria). *Bol. Micol. FAMCAL* 11: 23-39.
- San Martín, F., y Rogers, J. D. (1995). Notas sobre la historia, relaciones de hospedante y distribución del género *Xylaria* (Pyrenomycetes, Sphaeriales) en México. *Acta Botanica mexicana*, (30), 21 - 40.
- Serrano, F., Ribes, M.A., Pancorbo, F. y Cuesta, J. (2007). *Sarcoscypha jurana*, una especie poco frecuente en España. *Bol. Soc. Micol. Madrid* 31: 17-20.
- Smith, G.J.D., Liew, E.C.Y. y Hyde, K.D. (2003). The Xylariales: a monophyletic order containing 7 families. *Fungal Diversity* 13(), 185-218.
- Soto Medina E., y Bolaños Rojas, A.C. (2013): Xylariaceae en un Bosque de Niebla del Valle del Cauca (Colombia). *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 37 (144): 343-351, 2013. ISSN 0370-3908.
- Traba Velay, J.M. (2016). 5.- *Russula velenovskyi*, una especie poco citada en la Península Ibérica, presente en Galicia. *Lactarius* 25: (2016), 35-44.
- Toledo Ascencio, J. D. (2011). *Inventario de Macrohongos Área Natural Protegida El Espino–Bosque Los Pericos - Parque del Bicentenario*. Fundación Salvanatura. San Salvador, El Salvador.
- Vásquez Díaz, R.A. (2017). *Biodiversidad y Distribución altitudinal de macromycetes en el cerro La Palma, municipio La Palma, departamento de Chalatenango, El Salvador*. [Tesis de Licenciatura, Universidad de El Salvador]. Repositorio institucional UES. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/8924/>
- Webster, J. y Weber, R. (2007). *Introduction to Fungi*. Cambridge University Press.

Esta página está dejada intencionalmente en blanco



DOI: 10.5377/revminerva.v6i3.17351

Artículo Científico | Scientific Article

Monitoreo de microplásticos superficiales en el lago de Coatepeque, 2021-2022

Monitoring of superficial microplastics in Coatepeque lake, 2021-2022

José Enrique Barraza¹

Verónica Melara²

Correspondencia:
neanthesuccinea@gmail.com

Presentado: 9 de mayo de 2023

Aceptado: 26 de julio de 2023

1 Gerencia de Ecosistemas, Dirección de Ecosistemas y Biodiversidad, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, neanthesuccinea@gmail.com, [Orcid.org/0000-0001-6804-5617](https://orcid.org/0000-0001-6804-5617)

1 Investigadora independiente., [Orcid.org/0000-0002-2728-7393](https://orcid.org/0000-0002-2728-7393)

RESUMEN

En El Salvador hay escasa investigación sobre micropartículas de plástico flotantes (< 5 mm) en ecosistemas lénticos continentales. Con el objetivo de determinar los niveles de ese material en el lago de Coatepeque, se realizaron muestreos mediante transectos entre febrero de 2021 a enero de 2022. Las concentraciones oscilaron entre 0.001 y 0.258 micropartículas/m³, también hubo algunos lugares donde este material estuvo ausente. Los valores más altos ocurrieron en las zonas norte, central y este del lago, lo que se puede asociar a actividades antropogénicas, dirección y velocidad del viento. La prueba de Kruskal-Wallis determinó diferencias significativas ($p < .05$) entre los niveles registrados en las épocas seca y lluviosa. Factores atmosféricos y actividades antropogénicas inciden en la distribución espacial de esta materia flotante en el cuerpo de agua.

Palabras clave: concentración, microplásticos superficiales, transectos, viento.

ABSTRACT

In El Salvador there is scarce research about floating plastic microparticles (< 5mm) in lentic continental ecosystems. With the purpose of determining the levels of such material at Coatepeque lake, samplings were carried out through transects between February 2021 to January 2022. Concentrations oscillated between 0.001 and 0.258 microparticles/m³, also there were some places where this material was absent. The highest values occurred in the north, central and east zones of the lake, which could be associated with anthropogenic activities, wind direction and speed. Kruskal-Wallis test determined significant differences ($p < .05$) between registered levels in dry and wet seasons. Atmospheric factors and anthropogenic activities have an impact on the concentration and spatial distribution of this floating matter in this waterbody.

Keywords: concentration, superficial microplastics, transects, wind.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la civilización humana fabrica y utiliza materiales plásticos debido a su bajo costo de producción, resistencia a la degradación, versatilidad, entre otras propiedades (Cole *et al.* 2011). Este material se fragmenta lentamente y crea pequeñas partículas denominadas microplásticos (< 5 mm) que han contaminado ecosistemas acuáticos y terrestres (Wagner y Lambert, 2018). Una estimación global reciente indica que anualmente se depositan entre 9 a 23 millones de toneladas métricas de residuos plásticos a ríos, lagos y océanos (Borelle *et al.*, 2020). Lo que ha causado importantes impactos ambientales, incluyendo la preocupación por la transferencia de contaminantes orgánicos en las cadenas alimenticias acuáticas (Hirai *et al.* 2011; Zarfl *et al.* 2011; Carbery *et al.* 2018; Rochman, 2018).

Las principales fuentes de contaminación por microplásticos en lagos provienen de escorrentías superficiales y ríos confluyentes. Se ha comprobado la ingestión de estos desechos sólidos por fauna de agua dulce como crustáceos, gasterópodos y peces, aunque los efectos toxicológicos son desconocidos. Además, estas partículas de menos de 5 mm de longitud pueden actuar como vectores de microbios patógenos asociados a las superficies plásticas, agregando otra amenaza a las comunidades acuáticas incluyendo humanos que accidentalmente ingieran este tipo de material (Wagner *et al.* 2014).

En la actualidad el estudio de microplásticos, en ecosistemas acuáticos continentales, en Latinoamérica es reducido, posiblemente asociado a una mayor tendencia al estudio de este material en ambientes marinos (Orona-Návar *et al.* 2022). Algunas investigaciones sobre la presencia de microplásticos en ecosistemas acuáticos continentales en Centroamérica

incluyen la determinación de microplásticos en agua superficial en el lago Petén Itzá (Mejía-Sáenz de Tejada, 2019) y en tracto digestivo de especímenes de *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) recolectados en el lago Amatitlán (Oliva-Hernández *et al.* 2021), ambos casos en Guatemala. También, se han encontrado fibras sintéticas en el contenido estomacal del pez *Profundulus kreiseri* Matamoros, Schaefer, Hernández & Chakrabarty 2012 recolectado en el río Sumpul (Barraza-Sandoval, 2018).

El objetivo de esta investigación es registrar la concentración y distribución espacial de microplásticos en agua superficial del lago de Coatepeque por un período de 11 meses entre 2021 y 2022.

MATERIALES Y MÉTODO

Sitio

El lago de Coatepeque (13° 51' 48.0" N, -89° 32' 45.9" W) abarca 25.3 km² de superficie acuática y su origen está asociado al colapso de un antiguo volcán (Cabassi *et al.*, 2019). La cuenca de este cuerpo de agua es endorreica (Quiñonez-Basagoitia, 2019) y se ubica entre los departamentos de Sonsonate y Santa Ana en la zona oeste del país, aproximadamente a 740 metros sobre el nivel del mar. Presenta importante desarrollo de diferente tipo de infraestructura en casi toda la orilla (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2018).

Muestreo

La captura de partículas flotantes de plástico en la superficie de lago se realizó mediante el uso de una red manta trawl (75, 40.5 y 200 cm de ancho, alto y longitud, respectivamente) con un tamiz de retención de 40 µm de poro. La velocidad de la embarcación fue entre 1.8 a 2.3 km/h y el tiempo de arrastre de 8-10 minutos. La Figura 1 y Tabla 1 presenta la ubicación y distancia de los transectos de muestreo entre febrero de 2021 y enero de 2022, con

Figura 1

Ubicación aproximada de las estaciones de muestreo (transectos) en el lago de Coatepeque. Centro (C), este (E), norte (N), oeste (O), sur (S). Mapa de El Salvador en recuadro pequeño.

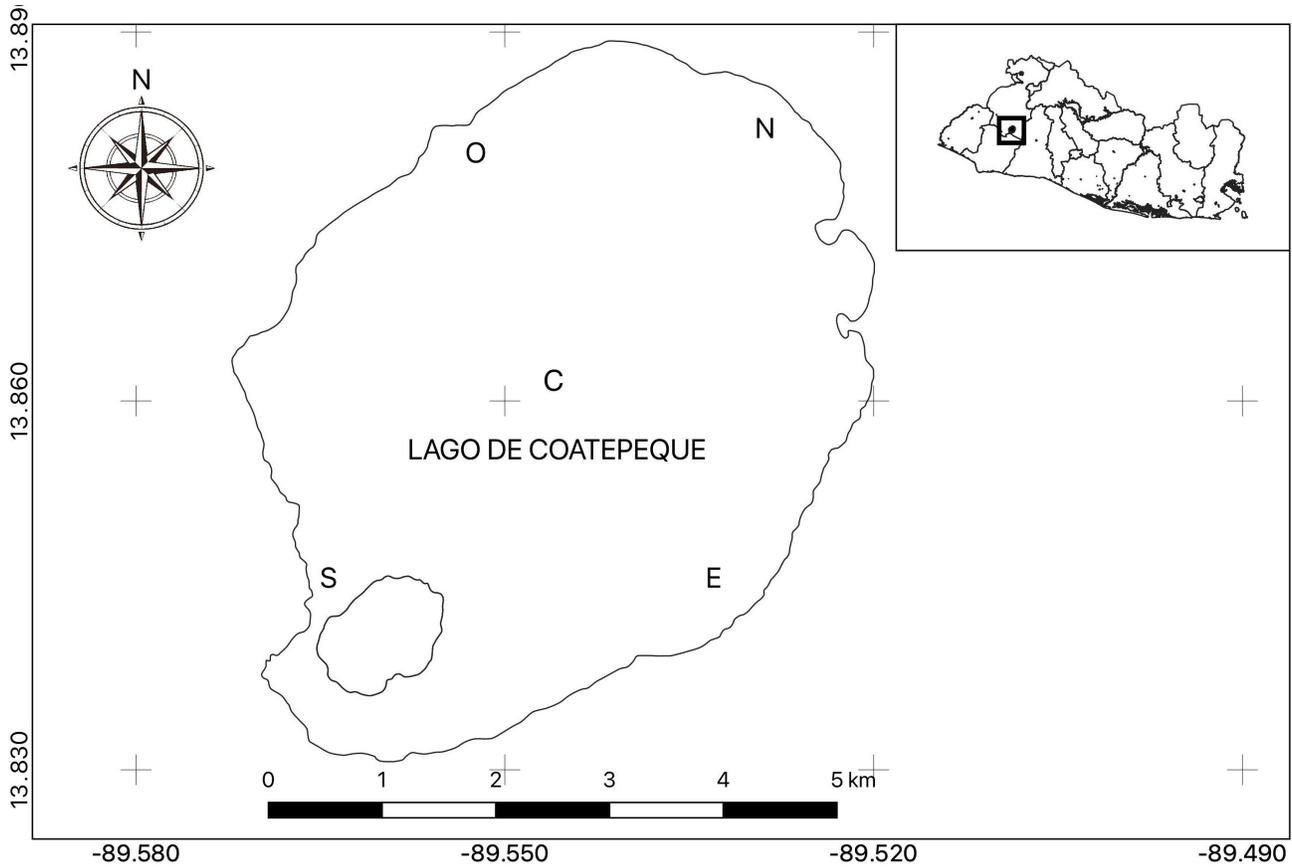


Tabla 1

Coordenadas geográficas aproximadas de los transectos utilizados para muestreo de micropartículas flotantes superficiales en el lago de Coatepeque. Febrero 2021 – enero 2022. Norte (N), oeste (O).

LUGARES	INICIO						FIN					
	N			O			N			O		
NORTE 1	13	52	44.2	-89	31	32.1	13	53	10	-89	31	45.5
NORTE 2	13	53	10.5	-89	31	45.5	13	52	51.5	-89	31	35.5
ESTE 1	13	51	34.5	-89	31	37.5	13	51	13.5	-89	31	40.0
ESTE 2	13	51	21	-89	31	39.5	13	51	28.9	-89	31	33.2
CENTRO 1	13	51	30.9	-89	32	24.9	13	51	35.3	-89	32	50.9
CENTRO 2	13	51	37.6	-89	32	52.5	13	51	28.3	-89	32	40.8
SUR 1	13	50	52	-89	33	56.0	13	50	33.2	-89	34	1.3
SUR 2	13	50	34.2	-89	34	1.8	13	50	54.4	-89	33	58.5
OESTE 1	13	52	54	-89	33	30.9	13	53	10.2	-89	33	12.5
OESTE 2	13	53	10.4	-89	33	12.5	13	53	0.0	-89	33	25.9

excepción de noviembre, mes en que no se realizó recolecta de micropartículas. La Tabla 2 presenta las distancias recorridas y cantidad de microplásticos recolectados en los diferentes lugares y meses de muestreo.

Análisis

El material retenido en un tamiz de 40 µm se drenó en *beakers* lavados previamente con agua destilada filtrada. Debido a que las muestras presentaron materia orgánica (plancton), se agregaron 10 ml de peróxido de hidrógeno (30 % V/V) en *beakers* de 250-600 ml y se mantuvieron en placa caliente (60 °C) por 24 horas aproximadamente. El material retenido y filtrado (10-30 ml aproximados) se trasladó a una caja de Petri sellada con cinta aislante para prevenir cualquier contaminación exterior. Posteriormente se removió la placa superior y se realizaron los recuentos de fibras y fragmentos de plástico de manera visual a través de un microscopio estereoscópico MEIJI EMZ (7X – 45X). Las primeras se consideraron como filamentos de 5 mm o menos de longitud y 0.1 mm de grosor aproximadamente, los fragmentos a cualquier tipo de estructura

poliédrica o poligonal entre alrededor de 0.1 a 5 mm de diámetro. Además, se comprobó mediante contacto físico, con agujas metálicas calientes (60 °C), que el material considerado plástico presentara deformaciones o movimientos (Marine and Environmental Research Institute, 2012)

Se determinaron medidas de tendencia central como promedio, mediana y desviación estándar de los valores de microplásticos por unidad de volumen de agua (MP/m³). Para comparar las cantidades de MP/m³ entre época seca y lluviosa se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis, considerando que la prueba de homogeneidad de varianza no se cumplió mediante la prueba de Levine ($p = .057$, $n = 143$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La ubicación de las coordenadas de inicio y final de cada transecto, se presentan en la Tabla 1. La distancia de cada tramo de muestreo y cantidad de micropartículas encontradas por metro cúbico de agua superficial, se presentan en la Tabla 2. El total de micropartículas

Tabla 2

Longitud de los transectos y cantidad de microplásticos recolectados en cada lugar de muestreo durante el período de estudio (febrero 2021 – enero 2022). Lugares de muestreo (L) centro (C), este (E), norte (N), oeste (O), sur (S), distancia metros (D), cantidad de micropásticos (P).

L	FE		MR		AB		MY		JN		JL		AG		SE		OC		DI		EN	
	D	P	D	P	D	P	D	P	D	P	D	P	D	P	D	P	D	P	D	P	D	P
N1	819	0	819	3	893	4	706	3	558	2	610	7	521	8	426	4	505	5	799	10	655	57
N2	659	1	659	9	645	1	345	9	452	6	506	2	454	4	524	2	432	5	375	5	645	13
E1	681	3	681	0	653	0	642	0	397	13	577	8	520	1	578	22	433	10	604	3	849	40
E2	735	6	735	5	712	3	464	5	450	0	404	2	491	0	500	2	345	3	821	3	540	24
C1	792	5	792	5	792	1	869	5	560	7	546	10	576	6	489	4	411	4	674	2	857	43
C2	454	1	454	1	457	0	650	1	271	6	422	2	484	0	580	1	538	18	551	1	973	10
S1	602	9	602	8	549	0	527	8	505	4	583	0	568	4	428	14	292	4	710	2	695	10
S2	632	8	632	0	632	2	696	0	520	1	458	4	615	2	560	3	681	10	656	1	678	9
O1	745	4	745	5	707	0	513	5	486	1	519	7	575	3	510	4	554	2	602	15	509	3
O2	514	5	514	5	514	0	625	5	499	1	472	5	613	1	492	0	521	19	492	2	596	4

(fibras y fragmentos) encontrado en lago de Coatepeque fue 645. La Figura 2 presenta dos fibras recolectadas de muestras de agua.

Figura 2

Microfibras de material plástico. Longitud de un lado de la imagen: 1.5 mm.



El promedio, desviación estándar y mediana que se obtuvo para el conjunto de datos, de 11 meses, fueron: 0.028 ± 0.039 y 0.014 MP/m³ respectivamente. La Tabla 3 presenta estadísticos de tendencia central obtenidos para el período de muestreo divididos en época seca y lluviosa. Sobresale la alta dispersión de datos de la época seca, causada principalmente por un dato elevado de la zona norte del lago de Coatepeque y otros picos menos elevados en las zonas este y centro (Tabla 2, Figura 3). También, en esta época se recolectaron 351 partículas en cinco meses, cantidad mayor a los 294, que se registraron en el período lluvioso de seis meses. Este dato elevado del mes de enero coincide con el período de mayor intensidad de vientos del norte en el país (Mancuso-Figueroa y Valencia-Azahar, 2017), que pudo causar movimiento de MP desde tierra al agua y suspensión de ese material en sedimentos de la orilla del lago como se observó en el lago Bolsena, Italia (Fischer et al. 2016). Además,

Kye et al. (2023) consideraron que el desarrollo urbano, tamaño y morfología del cuerpo de agua, así como la hidrodinámica local inciden en la abundancia y distribución de MP, lo que coincide con los altos niveles observados en la zona de muestreo norte, donde existe una concentración importante de infraestructura dedicada al turismo. También se ha asociado a las actividades agrícolas y conductas de turistas con la contaminación por MP en lagos (Henny et al., 2022). Posiblemente los vientos están asociados a la dispersión espacial y abundancia de MP al centro y al este del lago de Coatepeque en el mes de enero (Figura 1), aunque su origen no se pudo documentar.

Estas concentraciones presentan un rango mínimo de $1.68 \times 10^3 - 1.16 \times 10^5$ MP/km² (equivalente a $0.001 - 0.258$ MP/m³, respectivamente) que es menor en comparación al lago Peten Itzá en Guatemala ($3.1 \times 10^4 - 8.2 \times 10^5$ MP/km²) (Mejía-Saenz de Tejada, 2019). Una revisión reciente sobre las cantidades de microplásticos en 98 lagos del planeta reflejó que oscilaron entre 0.27 a 3.4×10^4 MP/m³. (Dusaucy et al., 2021), ubica los resultados de este estudio en un nivel (Figura 1 y Tabla 3) que coincide parcialmente con los valores mínimos, indicando contaminación importante en otros lagos del planeta.

Al comparar los niveles de MP/m³ entre la época seca (febrero-abril 2022, diciembre 2022-enero

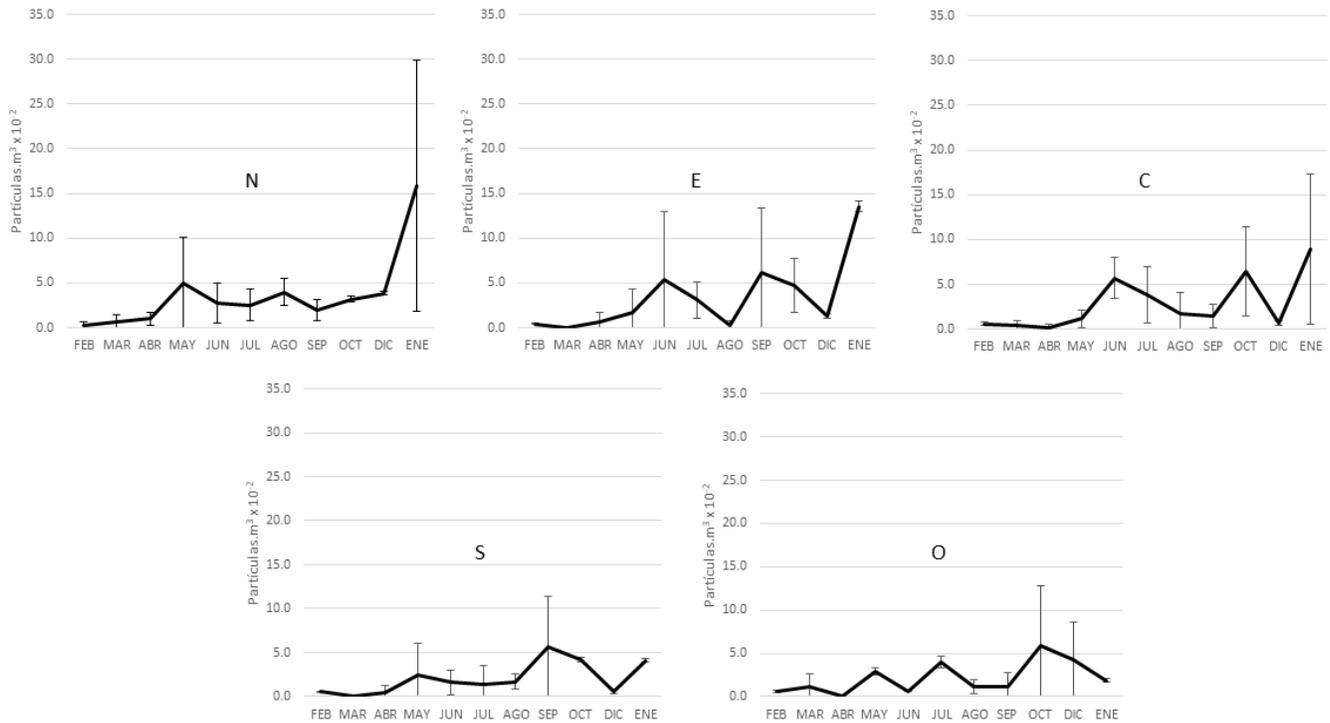
Tabla 3

Estadísticos de tendencia central de la cantidad de MP/m³ obtenidos durante los muestreos de febrero 2021 a enero 2022 (noviembre no se realizó). Promedio (A), desviación estándar (DST), máximo (MAX), mediana (MED) mínimo (MIN) cantidad de fibras o fragmentos (P).

ÉPOCA	A(MP/m ³)	DST	MED	MIN	MAX	P
SECA	0.025	0.048	0.007	0.000	0.258	351
LLUVIOSA	0.031	0.029	0.026	0.000	0.113	294

Figura 3

Promedios mensuales de la cantidad de MP/m³ superficial con sus respectivas desviaciones estándar (barras verticales) entre febrero de 2021 a febrero de 2022 con excepción de noviembre. Estaciones de muestreo: norte (N), este (E), centro (C), sur (S), oeste (O).



2023) y lluviosa (mayo-octubre 2022) (Figura 3), mediante la prueba de Kruskal-Wallis se detectaron diferencias significativas ($H = 16.767, p = .004 (1, N = 143) \alpha = .05$), reflejando que las concentraciones de esas partículas fueron más elevadas en la época seca. Esta distribución espacial de MP está asociada principalmente a factores atmosféricos como dirección e intensidad de los vientos, como se ha comprobado en lagos de Kenya e Irán (Migwi et al. 2020; Akhbarizadeh et al. 2021, respectivamente).

Los resultados de este estudio reflejan que factores ambientales como actividades antropogénicas, corrientes acuáticas, intensidad y dirección del viento y corrientes pueden incidir en la cantidad y distribución

de microplásticos flotantes en ecosistemas acuáticos continentales.

CONCLUSIONES

Los valores de partículas plásticas superficiales en el lago de Coatepeque oscilaron entre 0.001 a 0.258 MP/m³ en el período de muestreo de febrero de 2021 a enero de 2022.

El área con mayor concentración de microplásticos flotantes fue la zona norte, también la parte este y central en el mes de enero de 2022, reflejando influencia de los vientos de componente norte.

Se detectó diferencia significativa entre los niveles de MP/m³ de la época seca y lluviosa.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Fundación Coatepeque por proporcionar el transporte acuático y apoyo con personal durante los muestreos. Se reconoce el soporte con equipo y logística terrestre facilitados por la Universidad Francisco Gavidia. La información y respaldo técnico por parte del MARN fue clave para elaborar este manuscrito, particularmente el apoyo de Marco Antonio Córdova en asuntos informáticos.

REFERENCIAS

- Akhbarizadeh, R., Dobaradaran, S., Torkmahalleh, M. A., Saeedi, R., Aibaghi, R., & Ghasemi, F. F. (2021). Suspended fine particulate matter (PM_{2.5}), microplastics (MPs), and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in air: their possible relationships and health implications. *Environmental Research*, 192, 110339. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110339>
- Barraza-Sandoval, J.E. (2018). Hábitos alimentarios del bute *Profundulus kreiseri* Matamoros, Schaefer, Hernández & Chakrabarty 2012 en cuerpos fluviales de El Salvador. VII Simposio Latinamericano de Ictiología. Universidad de Mérida.
- Basagoitia, J. C. Q. (2019). Water Quality in the Americas: El Salvador. *Water Quality in the Americas. Risks and Opportunities*. Inter-American Network of Academies of Sciences. 325 pp.
- Borrelle, S.B., Ringma, J., Lavender Law, K., Monnhahan, C.C., Lebreton, L., McGivern, A., Murphy, E., Jambeck, J., Leonard, G.H., Hilleary, M.A., Eriksen, Possingham, H.P., De Frond, H., Gerber, L.R., Polidoro, B., Tahir, A., Bernard, M., Mallos, N., Barnes, M., Rochman, C.M. (2020). Predicted growth in plastic waste exceeds efforts to mitigate plastic pollution. *Science* 369(6510):1515-1518. <https://doi.org/10.1126/science.aba3656>
- Cabassi, J., Capechciacci, Magi, F., Vaselli, O., Tassi, F., Montalvo, F., Esquivel, I., Grassa, F., Caprai, A. (2019). Water and dissolved gas geochemistry at Coatepeque, Ilopango and Chanmico volcanic lakes (El Salvador, Central America). *Journal of Vulcanology and Geothermal Research* 318: 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2019.04.009>
- Carbery, M., O'Connor, W., Thavamani, P. (2018). Transfer of microplastics and mixed contaminants in the marine food web and implications for human health. *Environment International* 115: 400-409. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.03.007>
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., Galloway, T.S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin* 62(12): 2588-2597. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025>
- Dusaucy, J., Gateuille, D., Perrette, Y., Naffrechoux, E. (2021). Microplastic pollution of worldwide lakes. *Env. Poll.* 284, 117075. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117075>
- Fischer, E. K., Paglialonga, L., Czech, E., & Tamminga, M. (2016). Microplastic pollution in lakes and lake shoreline sediments—a case study on Lake Bolsena and Lake Chiusi (central Italy). *Environmental pollution*, 213, 648-657. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2016.03.012>
- Henny, C., Rohaningsih, D., Suryono, T., Santoso, A. B., & Waluyo, A. (2022). Microplastic pollution in the surface water of Lake Singkarak, Indonesia. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1118, No. 1,

- p. 012050). IOP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/1118/1/012050>
- Hirai, H., Takada, H., Ogata, Y., Yamashita, R., Mizukawa, K., Saha, M., Kwan, C., Moore, C., Grat, H., Laursen, D., Zettler, E.R., Farrington, J.W., Reddy, C.M., Peacock, E.E., Ward, M.W. (2011). Organic micropollutants in marine plastics debris from the open ocean and remote and urban areas. *Marine Pollution Bulletin* 62: 1863-1692. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.06.004>
- Migwi, F. K., Ogunah, J. A., & Kiratu, J. M. (2020). Occurrence and spatial distribution of microplastics in the surface waters of Lake Naivasha, Kenya. *Environmental toxicology and chemistry*, 39(4), 765-774. <https://doi.org/10.1002/etc.4677>
- Kye, H., Kim, J., Ju, S., Lee, J., Lim, C., & Yoon, Y. (2023). Microplastics in water systems: A review of their impacts on the environment and their potential hazards. *Heliyon* e14359. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14359>
- Mancuso-Figueroa, V.D., Valencia-Azahar, R.Y. (2017). Análisis de reducción **áreal** de lluvias intensas en El Salvador. Tesis de ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de El Salvador. 255 pp. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/13348/1/Análisis%20de%20reducción%20áreal%20de%20lluvias%20intensas%20en%20El%20Salvador.pdf>
- Mejía-Saenz de Tejada, A. (2019). Contaminación por microplásticos en un lago endorreico de tierras bajas: El caso de Petén Itzá. Informe de Tesis. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 82 pp. <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/Tesis/B295.pdf>
- Marine and Environmental Research Institute. (2012). Guide to Microplastic Identification.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2018). Inventario Nacional de Humedales. 96 pp. <https://cidoc.marn.gob.sv/documentos/inventario-nacional-de-humedales-el-salvador/>
- Oliva-Hernández, B. E., Santos-Ruiz, F. M., Muñoz-Wug, M. A., & Pérez-Sabino, J. F. (2021). Microplastics in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) from Lake Amatitlán. *Revista Ambiente & Agua*, 16. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2754>
- Orona-Návar, C., García-Morales, R., Loge, F. J., Mahlkecht, J., Aguilar-Hernández, I., & Ornelas-Soto, N. (2022). Microplastics in Latin America and the Caribbean: A review on current status and perspectives. *Journal of Environmental Management*, 309, 114698. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114698>
- Rochman, C.M. (2018). Microplastics research—from sink to source. *Science* 360: 28-29. <https://doi.org/10.1126/science.aar7734>
- Wagner, M., Lambert, S. (Ed). (2018). Freshwater microplastics. Emerging Environmental Contaminants? The Handbook of Environmental Chemistry 58. Springer Open. 309 pp.
- Wagner, M., Scherer, C., Alvarez-Muñoz, D., Brennhotl, N., Bourrain, X., Buchinger, S., Fries, E., Grosbois, C., Klasmaier, J., Marti, T., Rodriguez-Mozaz, S., Urbatzka, R., Vethaak, A.D., Winther-Nielsen, M., Reifferscheid, G. (2014). Microplastics in freshwater ecosystems: what we know and we need to know. *Environmental Sciences Europe* 26: 1-12. <https://doi.org/10.1186/s12302-014-0012-7>

Zarfl, C., Fleet, D., Fries, E., Mathies, M. (2011).
Microplastics in oceans. *Marine Pollution
Bulletin* 62: 1589-1591. [https://doi.
org/10.1016/j.marpolbul.2011.02.040](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.02.040)

Esta página está dejada intencionalmente en blanco



DOI:10.5377/revminerva.v6i3.17352

Artículo Científico | Scientific Article

Contaminación enteroparasitaria de perillas en puertas de un liceo con estudiantes adolescentes de Barquisimeto, Venezuela

Enteroparasitic contamination of doorknobs in a high school with adolescent students from Barquisimeto, Venezuela

Luis Eduardo Traviezo Valles¹

Michael Aguirre Marchan¹

Correspondencia
luisetraviezo@hotmail.com

Presentado: 17 de julio de 2023
Aceptado: 26 de septiembre de 2023

1. Universidad Centrocidental Lisandro Alvarado (UCLA),
Decanato de Ciencias de la Salud, Barquisimeto,
Venezuela.

RESUMEN

Introducción: no existían estudios en Venezuela que incriminaran a las perillas de las puertas como vectores pasivos en la transmisión de parásitos entéricos, por esto se originó el presente estudio.

Metodología: se realizó un estudio descriptivo, transversal, con muestra accidental, donde se examinaron las perillas de 20 puertas, para cada puerta se frotó la perilla interna y externa tres veces (cada una) con un hisopo estéril humedecido con solución salina isotónica 0,85 % (SSI), colocándolo en un tubo con 5 ml de SSI, el cual fue centrifugado a una velocidad de 3000 rpm por diez minutos, para luego separar el sobrenadante y seguidamente montar el sedimento entre lámina y laminilla (SSI y lugol) para posteriormente observar al microscopio.

Resultados: el 80 % de las perillas analizadas estaban contaminadas, también, se determinaron 13 especies de parásitos: *Endolimax nana* (70 % del total de muestras examinadas), *Blastocystis* sp (50 %), *Giardia lamblia* (20 %), *Cryptosporidium* sp (20 %), *Entamoeba histolytica/E. dispar* (10 %), *Entamoeba coli* (10 %), *Chilomastix mesnili* (5 %), *Entamoeba hartmanni* (5 %), *Iodamoeba butschlii* (5 %), *Cystoisospora belli* (5 %), *Ascaris lumbricoides* (15 %), *Hymenolepis nana* (5 %) y *Trichuris trichiura* (5 %).

Discusión: las distintas especies enteroparasitarias detectadas y su abundancia, se corresponden con lo señalado en investigaciones de prevalencia parasitaria humana del estado Lara, igualmente se relaciona con contaminaciones señaladas en intercomunicadores, billetes y pasamanos en Barquisimeto. **Conclusión:** la ausencia del correcto y frecuente aseo en las perillas, favorece potencialmente la transmisión de enteroparásitos en miembros de esta comunidad educativa, lo cual quizás, se podría extrapolar a otras instituciones en condiciones parecidas.

Palabras clave: *Blastocystis*, *Endolimax nana*, fómites, parásitos, perillas, Venezuela.

ABSTRACT

Introduction: there were no studies in Venezuela that incriminated doorknobs as passive vectors in the transmission of enteric parasites, for this reason the present study originated. **Methodology:** a descriptive, cross-sectional study was carried out, with an accidental sample, where the knobs of 20 doors were examined. For each door, the internal and external knob was rubbed three times (each one) with a sterile swab moistened with isotonic saline solution 0,85% (SSI), placing it in a tube with 5 ml of SSI, which was centrifuged at a speed of 3000 rpm for ten minutes, to then separate the supernatant and then mount the sediment between slides (SSI and Lugol) for then observe under a microscope. **Results:** 80% of the analyzed knobs were contaminated, obtaining 13 species of parasites, which were: *Endolimax nana* (70% of the total samples examined), *Blastocystis sp* (50%), *Giardia lamblia* (20%), *Cryptosporidium sp* (20%), *Entamoeba histolytica/E. dispar* (10%), *Entamoeba coli* (10%), *Chilomastix mesnili* (5%), *Entamoeba hartmanni* (5%), *Iodamoeba butschlii* (5%), *Cystoisospora belli* (5%), *Ascaris lumbricoides* (15%), *Hymenolepis nana* (5%) and *Trichuris trichiura* (5%). **Discussion:** the different enteroparasitic species detected and their abundance correspond to what has been indicated in investigations of human parasitic prevalence in Lara state, it is also related to contamination indicated in intercoms, tickets and handrails in Barquisimeto. **Conclusion:** the absence of the correct and frequent cleaning in the knobs, potentially favors the transmission of enteroparasites in members of this educational community, which perhaps could be extrapolated to other institutions in similar conditions.

Keywords: *Blastocystis*, *Endolimax nana*, fomites, parasites, knobs, Venezuela.

INTRODUCCIÓN

Durante décadas, se ha señalado como las enfermedades parasitarias han sido responsables de un mayor número de muertes que las producidas por las guerras en la historia de la humanidad (Flores *et al.*, 2018) y de todas

ellas, las enteroparasitosis representan un problema recurrente y continuo a lo largo y ancho del planeta, se calcula que anualmente en el mundo se infectan con parásitos intestinales, unos 50 millones de personas y fallecen unas 100.000 no obstante, estos reportes solo representan el 25 % de los infectados, que son los sintomáticos (entran en las estadísticas) mientras que el 85 % del resto de infectados se presentan como portadores asintomáticos (no son tratados) que son los responsables de perpetuar la transmisión. De aquí se tiene que, particularmente, en Latinoamérica se han llegado a enfermar, por consecuencia de infecciones enteroparasitarias, entre el 20 % y el 30 % de toda la población, casuística que nuevamente excluye a los portadores asintomáticos (Solano *et al.*, 2018; Ukamaka *et al.*, 2021).

Las altas prevalencias van siempre asociadas a la contaminación fecal, precarias condiciones culturales y socioeconómicas, deficiencias en los servicios sanitarios, mala higiene, susceptibilidad del hospedador, escases de agua potable, incorrecta disposición de excretas, componentes geográficos y climáticos, deficiencias inmunológicas, elementos ecológicos y la proliferación de vectores (Villarreal *et al.*, 2017; Flores *et al.*, 2018; Lovón & Tapia R, 2018; Solano *et al.*, 2018; Traviezo *et al.*, 2019).

Para el estado Lara, la prevalencia de parásitos intestinales ronda entre el 27 % y 71 % de la población susceptible, presentando en muchos de los casos, mayor cantidad de protozoarios que de helmintos, de tal manera que, *Blastocystis spp* (Bh), es el primordial parásito diagnosticado, seguido por el comensal *Endolimax nana* (En), constituyendo estos dos taxones, la asociación parasitaria (taxones distintos en un mismo individuo) más prevalente en pacientes del estado Lara, así como del resto de Venezuela (Galíndez *et al.*, 2016; Traviezo *et al.*, 2019).

En todo el estado Lara la impregnación de enteroparásitos en fómites (vectores

pasivos) son un elemento importante en su propagación y transmisión, por ejemplo, también se ha reportado el papel moneda con 29 % de contaminación, especialmente con *Endolimax nana* y *Blastocystis spp* y (Traviezo *et al.*, 2016) de la misma manera, en lechugas (vegetales) se señala un 71 % de contaminación enteroparasitaria, con una variedad de once especies diferentes, presentándose reiteradamente *Blastocystis spp* y *E. nana* como los enteroparásitos mayormente encontrados (Traviezo *et al.*, 2013; Traviezo *et al.*, 2019).

Por lo tanto, no es absurdo señalar que, elementos de uso frecuente y público, cuyo mejor ejemplo son las perillas de las puertas, tengan presencia de distintas formas parasitarias, reportes que son inexistentes en Venezuela (en perillas). Por esto se ejecutó la presente investigación con la finalidad de determinar la presencia y frecuencia de enteroparásitos que impurifiquen las perillas de las puertas de distintas áreas de un liceo público, de adolescentes, ubicado en Barquisimeto, estado Lara, Venezuela, discriminando la diversidad de especies diagnosticadas y sistematizando la prevalencia de cada taxón.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio descriptivo, transversal, con muestra accidental, el cual se ejecutó entre marzo y abril del 2023, en las instalaciones del Liceo Público, Gran Mariscal de Ayacucho, en Barquisimeto, específicamente en las Coordenadas Geográficas LN 10°05'55.4"-LO 69°19'33.7", en el estado Lara, Venezuela, situado a una altitud de 520 m s. n. m., con precipitación media anual de 624 mm y temperatura media anual de 24,5 °C, con una clasificación climática de Semiárido Cálido (Ministerio del Ambiente, 1998).

Se eligieron las perillas de las 20 puertas con mayor manipulación del Liceo, para cada puerta se muestreaba tanto la perilla interna como la externa, lo cual representaba una sola muestra (una misma puerta). Por no existir precedentes

en el estudio de perillas como vectores pasivos de enteroparásitos, estandarizamos nuestra propia técnica, basada en las descritas en otras superficies inanimadas en Venezuela (Traviezo *et al.*, 2013, 2019 y 2020).

Las muestras sobre las perillas se obtenían por hisopado, utilizando un palillo estéril de madera de 153 mm de longitud, el cual presentaba cubierta de algodón aséptico, únicamente en uno de sus extremos, el cual era humedecido previamente en solución salina isotónica aséptica al 0,85 %, esta punta acuosa se rozaba con movimientos rotatorios, tridireccionales y firmes sobre el exterior de la perilla durante treinta segundos, luego se metía en un tubo de ensayo (16 x 150 mm) estéril de tapa plástica de rosca, el cual disponía de 5 ml de solución salina estéril, se agitaba el hisopo dentro de la SSI (para liberar los parásitos en la solución) y se sacaba el hisopo del tubo de ensayo, este proceso se repetía dos veces., Luego se pasaba a la perilla posterior de la misma puerta y con el mismo hisopo se frotaba la perilla posterior, igualmente con movimiento giratorio sobre la parte externa durante treinta segundos, seguidamente se metía en el mismo tubo de ensayo estéril de tapa plástica, se agitaba el hisopo en la solución salina, se retiraba el hisopo del tubo y se repetía la técnica (en la perilla posterior) dos veces más.

De tal manera que se frotaba la perilla anterior tres veces y resuspendía en la solución salina y luego tres veces en la perilla posterior (30 segundos cada hisopado).

Finalmente se colocaba el hisopo completo en el tubo de vidrio estéril, se tapaba (tapa de rosca), identificaba y se llevaba verticalmente en cava refrigerada (5 °C) hasta el laboratorio para su análisis en un período inferior a las veinticuatro horas siguientes a la toma de las muestras (Figura 1) (Traviezo *et al.*, 2019).

Una vez en el laboratorio se retiraban las tapas de los tubos, se sacudía suavemente el hisopo en el interior de la solución salina, desprendiendo los parásitos unidos al algodón y luego se sacaba el hisopo, a continuación los tubos se graduaban,

tapaban y se centrifugaban a 3000 rpm durante 10 minutos, inmediatamente se separaba el sobrenadante, ubicando (el sobrenadante) en nuevos tubos estériles (previando la posible necesidad de repetir alguna observación) y el sedimento o pellet que quedaba en el primer tubo, se resuspendía con agitación suave contra la palma de la mano, para seguidamente poner dos gotas (izquierda y derecha de la lámina portaobjeto) a la gota del lado izquierdo se le colocaba seguidamente la laminilla 22x22 mm, mientras que a la del lado derecho se le agregaba, antes de colocar la laminilla, una gota de lugol para que se pudieran colorear las posibles formas parasitarias, para seguidamente observar en microscopio fotónico (AxioLab, Carl Zeiss) con aumento de 100X y luego aumento de 400X para evaluar detenidamente las estructuras parasitarias presentes (Figura 1) (Traviezo *et al.*, 2019).

Luego de la observación de los sedimentos, las pocas muestras que eran sospechosas para *Cryptosporidium* spp o *Cyclospora cayetanensis*, eran fijadas en lámina a parte y coloreadas con la técnica de Ziehl Neelsen para poder confirmar ooquistes de estas especies.

Las perillas que carecían de contaminación parasitaria se identificaban como negativas o no contaminadas; mientras que en las que se detectó por lo menos un taxón de protozoarios (quistes-ooquistes) o de helmintos (huevos-larvas) se identificaban como positivas o contaminadas.

Las muestras que presentaban una sola especie contaminando las perillas de una misma puerta, se señalaban como “monocontaminadas” y las que presentaban dos o más especies simultáneamente en las perillas de una misma puerta, se identificaban como “policontaminadas”.

RESULTADOS

Se detectó que el 80 % de las puertas analizadas (dos perillas por puerta) estuvieron contaminadas con uno o más enteroparásitos, el 30 % de las muestras analizadas estaban monocontaminadas mientras que un 50 % estaban policontaminadas (dos o más taxones).

De las puertas (dos perillas por puerta) policontaminadas, 1 presentó nueve especies, 1 seis, 1 cinco; 2, cuatro taxones; 4, dos taxones y 6 presentaron solo una especie.

Figura 1

Procedimiento de obtención y detección de los parásitos que estuvieron en las perillas analizadas



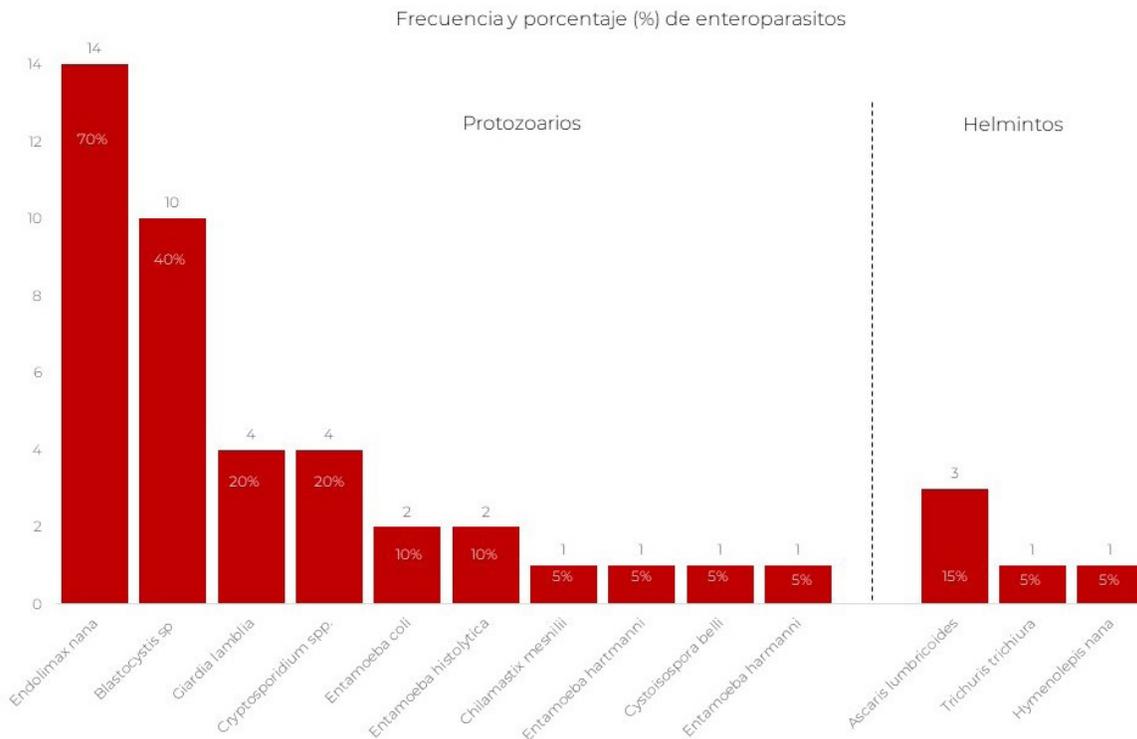
Se consiguió una diversidad de 13 taxones de enteroparásitos, tal que los protozoarios encontrados fueron *Endolimax nana* (70 % del total de muestras examinadas), *Blastocystis* sp (50 %), *Giardia lamblia*/*Giardia intestinalis* (20 %), *Cryptosporidium* spp (20 %), *Entamoeba histolytica* / *E. dispar* (10 %), *Entamoeba coli* (10 %), *Chilomastix mesnili* (5 %), *Entamoeba hartmanni* (5 %), *Iodamoeba butschlii* (5 %), *Cystoisospora belli* (5 %); mientras que los helmintos fueron, *Ascaris lumbricoides* (15 %), *Hymenolepis nana* (5 %) y *Trichuris trichiura* (5 %). De tal manera que los dos enteroparásitos más frecuentes detectados fueron *Endolimax nana* y *Blastocystis* spp (Figura 2).

La asociación parasitaria con mayor frecuencia (se diagnosticaban juntos en una misma muestra) fue la de *E. nana* con *Blastocystis* sp, por cuanto el 40 % de las puertas policontaminadas tenían esta dupla.

El detalle de perillas contaminadas por zonas,

Figura 2

Frecuencia y porcentajes de enteroparásitos encontrados en perillas de puertas de un liceo de Barquisimeto, Venezuela.



se determinó así: puerta principal de entrada al Liceo (5 taxones), las puertas de los baños de las damas (9T) y de los caballeros (3T), el salón de clases “B” (6T), el almacén (4T) y la entrada a la cancha (4T), estas fueron las perillas más contaminadas por presentar la más alta variedad de parásitos.

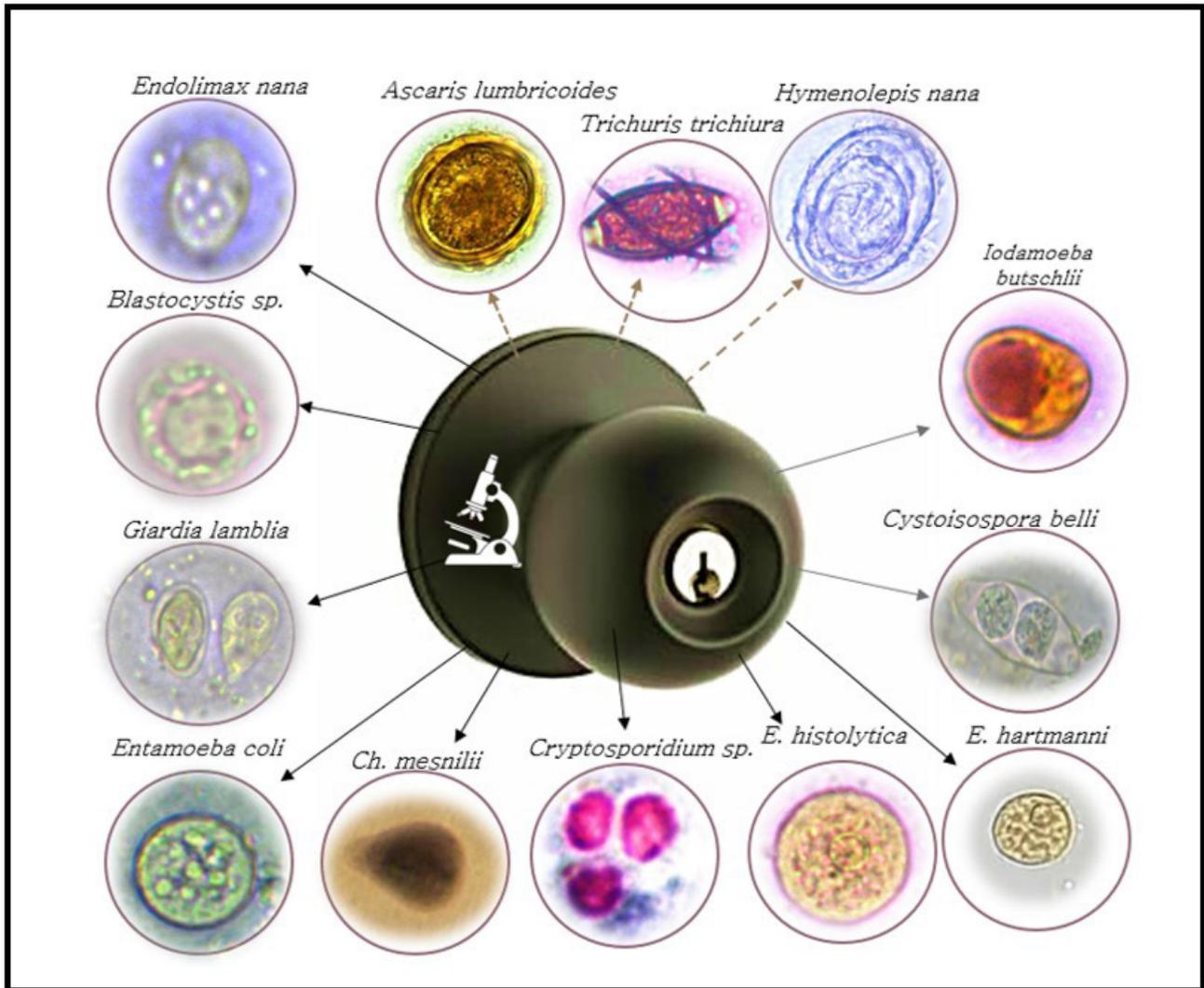
En las muestras carentes de parásitos y monocontaminadas se apreciaron igualmente, escasas células epiteliales planas (CEP) provenientes de la parte externa de la piel de los usufructuarios de las perillas, mientras que en la mayoría de las muestras policontaminadas (55 %) se detectaron CEP moderadas o abundantes, tal que presentaban mayor número de células.

DISCUSIÓN

La elevada frecuencia de contaminación enteroparasitaria en las perillas del Liceo (80 %) las coloca por encima de la frecuencia que existe en manijas de puertas de la Universidad

Figura 3

Enteroparásitos encontrados contaminando las perillas de puertas de un liceo de Barquisimeto.



de Nnamdi en Nigeria (31 %), mientras que para el mismo estado Lara, es también superior a lo reportado en otros fómites tales como los billetes que circulan en esta zona, 29 % (Traviezo et al., 2016), presencia en lechugas, 43 % (Traviezo et al., 2013), contaminación de intercomunicadores, 65 % (Traviezo et al., 2019) y contaminación en pasamanos de autobuses, 16 % (Traviezo et al., 2020).

La variedad de parásitos diagnosticados fue diversa (trece especies) y de estas, *Endolimax nana* (70 % de las perillas estudiadas) y *Blastocystis sp* (50 %) fueron los más reportados, como también lo señalan artículos

internacionales en localidades de Costa Rica 24 % *Blastocystis spp* y 8 % *Endolimax nana* (Solano et al., 2018); Cuba 87 % *Blastocystis spp* y 72 % *E. nana* (Mendoza et al., 2003); Bolivia 55 % *Blastocystis spp* y 31 % *E. nana* (Villarroel et al., 2017); México 30 % *Blastocystis spp* y 29 % *E. nana* (Flores et al., 2018); en empleados de una universidad de El Salvador, 22 % *Blastocystis spp* y 9 % *E. nana* (Avelar & Santos, 2014) y en pacientes de Colombia con 58 % *Blastocystis spp* (Londoño et al., 2014; Traviezo et al., 2019).

Igualmente, estas dos especies son las más reportadas en vectores pasivos de Venezuela, tal es el caso de papel moneda que circulan en el

estado Falcón, donde se aprecia contaminación hasta con un 47 % *Blastocystis* spp y 17 % *E. nana* (Morales *et al.*, 2014); en intercomunicadores de edificios de Barquisimeto y Cabudare con *Blastocystis* spp (49 %) y *Endolimax nana* (36 %) (Traviezo *et al.*, 2019) o en pasamanos de autobuses que transitan en Barquisimeto, *Blastocystis* spp 14 % y *E. nana* 5 % (Traviezo *et al.*, 2020).

Este predominio de *Blastocystis* sp y *Endolimax nana* también es invariable en estudios coproparasitológicos en pacientes del estado Lara, con frecuencias de *Blastocystis* spp tanto en el campo como en la ciudad, frecuencias que rondan entre un 27 % y un 71 % (Galíndez *et al.*, 2016). Esta alta prevalencia de Bh (único Chromista que afecta al hombre) es resaltante clínicamente, ya que la blastocistosis, en el humano, puede estar coligada a alternancia diarrea, malestar general, tenesmo, flatulencia, vómito, náuseas, dolor abdominal, fiebre, constipación, disminución del peso, anorexia y prurito anal (Traviezo *et al.*, 2013; Londoño *et al.*, 2014; Morales *et al.*, 2014; Traviezo *et al.*, 2019).

Blastocystis sp es un enteroparásito con una gran habilidad para adecuarse y sujetarse a diversidad de fómites, tal que ha sido detectado en uñas (42 % del total de estudiados), agua del chorro (39 %), agua de panela (48 %), juguetes (30 %), cáscaras de huevos (27 %), verduras (25 % a 65 %), biberones (19 %), igualmente se ha incriminado su presencia en frutas, pisos de madera, de tierra y baldosas, propiedad adaptativa que explicaría su alta frecuencia (Londoño *et al.*, 2014; Traviezo *et al.*, 2019).

Aunque las cifras de *Blastocystis* spp que aquí son reportadas en perillas, son mayores que los señalados en otros ejemplos de objetos inertes (50 % de las perillas contaminadas) estos deben ser superiores, debido a que al procesar las muestras, antes son centrifugadas y está reportado que este Chromista (*Blastocystis* spp) se destruye o deforma con la centrifugación o se agrupa en fase de anillos de residuos, lo cual obstaculiza y reduce su capacidad de análisis

(Mendoza *et al.*, 2003; Londoño *et al.*, 2014; Traviezo *et al.*, 2019).

En referencia al tercer patógeno más diagnosticado, *Giardia lamblia* (20 % de las perillas) fue mayor al 14 % reportado en perillas en Nigeria (Ukamaka *et al.*, 2021). Este es un protozooario que tiene una distribución mundial, que ronda entre 20 % y 50 %, siendo uno de los enteroparásitos dañinos más frecuentes en infantes de Cuba 7 %, Costa Rica (8 %) y Colombia (11 %) (Solano *et al.*, 2018; Villarroel *et al.*, 2017; Londoño *et al.*, 2014) encontrándose dentro de los tres principales enteroparásitos patógenos en pacientes del estado Lara y particularmente en papel moneda y lechugas (fómites) que transitan en Barquisimeto, también fue encontrado en un 7 % de los billetes que circulan en la población de Coro, Venezuela (Galíndez *et al.*, 2016; Traviezo *et al.*, 2016; Traviezo *et al.*, 2013; Morales *et al.*, 2014) y en el 7 % de intercomunicadores de Barquisimeto (Traviezo *et al.*, 2019).

Igualmente, la giardiasis presenta una significativa importancia médica, por su capacidad de originar náuseas, flatulencias, esteatorrea, mala absorción, igualmente ha sido relacionada con sintomatología bucal como queilitis, glositis y úlceras aftosas (Mendoza *et al.*, 2003; Londoño *et al.*, 2014; Morales *et al.*, 2014; Galíndez *et al.*, 2016; Villarroel *et al.*, 2017; Flores *et al.*, 2018; Solano *et al.*, 2018; Lovón & Tapia R, 2018).

Con respecto al *Cryptosporidium* sp, que también se presentó como el tercero más frecuente (20 % junto a *Giardia lamblia*) su sintomatología depende del estado inmune del paciente, tal que puede producir diarrea, cólicos abdominales, enteritis, cefalea, náuseas, vómitos, fiebre, mialgias, astenia, anorexia y pérdida de peso. Su presencia fue menor al 43 % señalado en perillas de la Facultad de Artes de la Universidad Nnamdi de Nigeria (Ekici *et al.*, 2022).

Entamoeba histolytica con una frecuencia del 10 %, fue más baja o discreta que lo reportado

en la Facultad de Artes de Nigeria (69 %) donde fue uno de los enteroparásitos de mayor prevalencia. Este protozooario es el responsable de la amibiasis, que puede presentarse con dolor abdominal, pujo, tenesmo y diarrea que puede estar acompañada de moco y sangre. Los quistes de *Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia* y ooquistes de *Cryptosporidium* spp presentan paredes gruesas que les permiten resistir la desecación y conservar su infectividad por mayores períodos (Ukamaka *et al.*, 2021).

Con respecto a los helmintos diagnosticados, *Ascaris lumbricoides* (15 %) y *Trichuris trichiura* (5 %) fueron los más frecuentes, estos dos helmintos también fueron los más frecuentes en perillas de Nigeria, pero con valores superiores (39 % y 7 % respectivamente) los huevos de ambas especies son capaces de soportar condiciones ambientales extremas lo cual también aumenta su infectividad (Ukamaka *et al.*, 2021).

Es importante señalar la presencia de vectores mecánicos en el Liceo (como las moscas) lo que resaltaría la diseminación de todos los enteroparásitos, particularmente de *Blastocystis* spp (Londoño *et al.*, 2014), vectores que pueden contribuir en el aumento de la contaminación de las perillas por Bh, tal como lo descrito en la población de Cabudare, estado Lara, donde se han señalado más de siete taxones de moscas contaminadas con 8 especies distintas de enteroparásitos y de los encontrados, se apreciaron nuevamente, *Blastocystis* spp y *E. nana*, lo cual está en concordancia con la investigación en perillas (Londoño *et al.*, 2014; Traviezo *et al.*, 2018).

Una característica que incrementa la supervivencia de los parásitos sobre las perillas es que estas están hechos en su parte externa, de acero inoxidable (poco porosas) el cual es un excelente material para la supervivencia de los quistes de *Giardia lamblia* y los ooquistes de *Cryptosporidium* spp (dos de los parásitos más frecuentemente encontrados en las perillas), contrastándolos con supervivencias inferiores sobre superficies de cerámica, fórmica y tela,

ya que las superficies de acero tienen inferiores tasas de muerte (con el tiempo) que otras superficies señaladas (aún más porosas) ya que los parásitos en zonas de alta porosidad, son sometidos a un incremento de su estrés osmótico (Traviezo *et al.*, 2019; Traviezo *et al.*, 2020).

De la misma manera, en el caso del papel moneda que transitan en Venezuela que son hechos principalmente con fibras de lino y algodón, los mismos contienen una superficie porosa y rugosa que permite que tanto los ooquistes como los quistes y huevos de parásitos intestinales se peguen más cómodamente. De la misma manera, en muestras procedentes de Colombia, se observó para *Blastocystis* spp, mayor relación sobre su presencia en la superficie de pisos de madera y tierra, que sobre pisos de cemento y cerámica (Morales *et al.*, 2014; Alum *et al.*, 2014; Londoño *et al.*, 2014; Traviezo *et al.*, 2016; Traviezo *et al.*, 2019).

Las perillas policontaminadas con mayor diversidad de taxones, fueron las de mayor tránsito de estudiantes y personal de la institución, tal que, a mayor contacto mayor contaminación y el hecho particular de las perillas del baño, podría estar relacionado con la ausencia del lavado de las manos luego de defecar, también el batido constante de estas puertas puede crear corrientes de aire que benefician la contaminación, ya que se ha confirmado que distintas formas parasitarias de resistencia, tienen la capacidad de mantenerse nebulizadas, activadas por la brisa, hasta por 21 días (Morales *et al.*, 2014).

Todo lo señalado confirma que, lavar las perillas, lavarse las manos al llegar al Liceo (antes de desarrollar cualquiera actividad), previo a las comidas o luego de defecar, son las medidas prioritarias para controlar la transmisión de parásitos por contaminación o por relación con estas perillas, ya que la falta de limpieza está muy asociada con las infecciones parasitarias y con la aparición de síntomas como el vómito y la diarrea (Flores *et al.*, 2018).

El hábito del lavado es escaso en Latinoamérica, estudios hechos en Perú indican que apenas el once por ciento de sus habitantes se lavan las manos luego de defecar, situación que siempre va acompañada del escaso uso del jabón (Alum *et al.*, 2014) hábito que en Venezuela también es deficiente, por problemas en el abastecimiento y disposición constante de agua potable, lo que complica la posibilidad de un correcto y periódico lavado de manos o fómites.

La presencia de células epiteliales planas (CEP) de moderadas a abundantes, en las muestras policontaminadas, quizás indique que mayor cantidad de estudiantes o personas hicieron uso de estas perillas o que la limpieza de las mismas fue menos frecuente o que el mal funcionamiento de las manijas obligaba que las personas hicieran mayor presión con la mano (superficie de la piel) sobre la perilla, en cualquiera de los casos, la presencia de CEP fue proporcional a la abundancia y diversidad de enteroparásitos, por lo que, el aumento de CEP en los sedimentos analizados podría utilizarse como un “indicador alterno” de probable contaminación parasitaria en las perillas (Traviezo *et al.*, 2020).

Igualmente es importante señalar, que la presencia de materia orgánica (células epiteliales planas) en la superficie, podría mejorar la supervivencia de algunos enteroparásitos, tal que, permitiría potenciar su transmisión (Londoño *et al.*, 2014; Alum *et al.*, 2014).

CONCLUSIONES

La contaminación en el 80 % de las muestras de las perillas estudiadas, con una variedad de trece taxones diferentes de parásitos, con un porcentaje importante de parásitos patógenos para el hombre (62 %: 8/13), indican el importante riesgo de transmisión de parásitos generadores de enfermedades en esta institución educativa, por esto, se recomienda higienizar constantemente estas perillas con productos que rompan el ciclo de estos enteroparásitos y de agentes infecciosos

afines tales como las bacterias, los virus y los hongos, que no se estudiaron en la presente investigación, pero que se diseminan a través de los mismos mecanismos de transmisión.

CONSIDERACIONES ÉTICAS

Se cumplió con las normas de la Declaración de Helsinki, actualizada en la Asamblea General de la Asociación Médica Mundial, en Fortaleza, Brasil, octubre del 2013.

AGRADECIMIENTOS

A la Dirección del Liceo, por el apoyo y la aprobación de los permisos para la ejecución del presente artículo.

CONFLICTO DE INTERESES

No existen conflictos de intereses pertinentes a este artículo.

REFERENCIAS

- Alum, A., Absar, I., Joseph, H., Rubino, J., Ijaz, K. (2014). Impact of Environmental Conditions on the Survival of *Cryptosporidium* and *Giardia* on Environmental Surfaces. *Interdiscip Perspect Infect Dis.* 2014(210385):1-7. <https://www.hindawi.com/journals/ipid/2014/210385/>
- Avelar, V., Santos, R. (2014). Presencia de parásitos intestinales en muestras de heces de empleados administrativos de una universidad privada. *CREA CIENCIA*, 9(1): 13-18.
- Ekici, A., Yilmaz, H., Emre Beyhan, Y. (2022). Prevalencia de la criptosporidiosis en seres humanos y terneros, y detección molecular del *Cryptosporidium parvum*. *Revista MVZ Córdoba*, 27(2): e2447. <https://doi.org/10.21897/rmvz.2447>
- Flores, U., Franco, L., Orozco, N., Trejo, I., Tlazola, R., Barragán, N. et al. (2018). Enfermedades parasitarias dependientes de los estilos

- de vida. *Journal of negative & no positive results*, 3(6): 398-411.
- Galíndez, A., Cárdenas, E., Traviezo, L. (2016). *Blastocystis* sp, un protozooario endémico en el estado Lara, Venezuela. *Bol Méd Post*, 32(1):70-72.
- Londoño-Franco, A., Loaiza, J., Lora, F., Gómez, J. (2014). Frecuencia y fuentes de *Blastocystis* sp. en niños de 0 a 5 años de edad atendidos en hogares infantiles públicos de la zona urbana de Calarcá, Colombia. *Biomédica*, 34: 218-227.
- Lovón, W., Tapia, R. (2018). Manifestaciones clínicas bucales detectadas en pacientes con diagnóstico de amebiasis, giardiasis en el Centro de Salud de Yauri. Espinar, Cusco. *Rev. Evid. Odontol. Clinic*, 4(2):1-8.
- Mendoza, D., Núñez, F., Escobedo, A., Pelayo, L., Fernández, M., Torres, D. *et al.* (2003). Utilidad de dos métodos coproparasitológicos y su empleo en un ensayo terapéutico antigiardiasico. *Rev Cubana Med Trop*, 55(3): 174-8.
- Ministerio del Ambiente. Atlas del Estado Lara. (1998). Servicio Autónomo de Geografía y Cartografía Nacional. Barquisimeto, Venezuela.
- Morales, P., Cazorla, D., Antequera, I., Navas, P., Acosta, M. (2014). Contaminación de billetes con enteroparásitos en Coro, estado Falcón, Venezuela. *Bol Mal Salud Amb*, 54(1): 38-46.
- Solano, M., Montero, A., León, D., Santamaría, C., Mora, A., Reyes, L. (2018). Prevalencia de parasitosis en niños de 1 a 7 años en condición de vulnerabilidad en la Región Central Sur de Costa Rica. *Acta Médica Costarricense*, 60(2): 19-29.
- Traviezo, L., Salas, A., Lozada, C., Cárdenas, E., Martín, J., Agobian, G. (2013). Detección de enteroparásitos en lechugas que se comercializan en el estado Lara, Venezuela. *Rev Méd-Cient "Luz Vida"*, 4(1):7-11.
- Traviezo, L., Cárdenas, E., Jaspe, G., Jaspe, M., Heredia, K., Morantes, L., Agobian, G. (2016). Enteroparásitos en papel moneda que circula en el eje Barquisimeto-Cabudare del estado Lara, Venezuela. *Rev Vzlaná Salud Pub*, 4(2):23-26.
- Traviezo, L., Machuca, B., López, A., Jiménez, A., Lozada, W., Lee, Y., López, M. (2019). Contaminación enteroparasitaria de intercomunicadores en edificios de Barquisimeto y Cabudare, Venezuela. *NOVA*, 17 (32): 65-74.
- Traviezo, L., Villamediana, C., Jaimes, L. (2020). Frecuencia de contaminación por enteroparásitos en pasamanos de autobuses de Barquisimeto. Venezuela. *MedUNAB*, 23(3): 434-440.
- Ukamaka Umeanaeto, P., Chukwuma, U., Chisom, M., Chidimma, Ch., Chigozie, Ch., Chinyere, S., Enoch, N. (2021). Assessment of Parasites and Bacterial Contamination of Office Door Handles in Nnamdi Azikiwe University, Awka, Anambra State. *American Journal of Biomedical and Life Sciences*. 9(2):120-127. doi: 10.11648/j.ajbls.20210902.13
- Villarroel, M., Hidalgo, R., Rojas, S., Martínez, G., Gómez, M., Escalera, D. *et al.* (2017). Prevalencia de Enteroparasitosis en niños menores de 12 años que asisten a la Guardería Niño de Praga de la localidad de Tiquipaya de la ciudad de Cochabamba, Bolivia, durante el semestre II/2015. *Revista de Investigación e Información en Salud*, 29:24-30.



DOI:10.5377/revminerva.v6i3.17353

Artículo Científico | Scientific Article

Vigilancia epidemiológica de enfermedades bucales de población atendida en Unidades de Salud en el año 2021

Epidemiological surveillance of oral diseases in the population served in Health Units in the year 2021

Ruth Bernardina Esau Fernandez-de-Quezada^{1,2}

Guillermo Alfonso Aguirre Escobar^{1,3}

Wendy Yesenia Escobar de González^{1,4}

Francisco José Rivas Cartagena^{1,5}

Stefany María Santos Anaya^{1,6}

Correspondencia:
ruth.fernandez@ues.edu.sv

Presentado: 23 de mayo de 2023

Aceptado: 7 de noviembre de 2023

- 1 Facultad de Odontología, Universidad de El Salvador
- 2 <https://orcid.org/0000-0002-2869-584X>
- 3 <https://orcid.org/0000-0003-0188-6379>
- 4 <https://orcid.org/0000-0001-9725-0783>
- 5 <https://orcid.org/0000-0002-9223-8088>
- 6 <https://orcid.org/0000-0003-3663-5297>

RESUMEN

Una de las líneas de estudio del Centro de Investigaciones de la Facultad de Odontología de la Universidad de El Salvador, es la vigilancia epidemiológica de la condición de salud bucal, siendo la encuesta nacional de salud bucal en el 2016 -2017 una de las primeras investigaciones realizadas en conjunto con el Ministerio de Salud. Siguiendo esa línea, se expone el estudio *Vigilancia epidemiológica de enfermedades bucales de población atendida en Unidades de Salud en el año 2021*, el cual presenta la prevalencia de enfermedades bucales, algunos factores asociados y necesidades de tratamiento. Posterior al confinamiento y distanciamiento social por la pandemia COVID -19, durante el 2021, se realizó una entrevista y examen clínico a 2000 pacientes de 5 a N años, atendidos en 20 establecimientos de salud distribuidos en diferentes regiones de El Salvador; los resultados serán la evidencia para evaluar y potenciar los planes de salud o la adopción de nuevas medidas de prevención y control. Así mismo en este sistema de vigilancia, se incluye población gestante. Del total de la población estudiada, el 74.85 % (1497) fueron del sexo femenino, de las cuales el 35.74 % fueron gestantes. El 65.11 % de los hombres y el 75.56 % de las mujeres, presentaron nivel óptimo de higiene bucal. El índice ceod/CPOD y el cariado va en aumento en relación con la edad, a los 12 años el porcentaje de niños con caries fue del 11.71 %; en el de 15 años 16.57 % y en los de 35 a 44 años el 53.71 %. En cuanto a la condición periodontal a través del CPITN las edades de 35 a 44 años el 80.68 % presentó cálculo sin bolsa periodontal. La rehabilitación protésica en general es muy baja y ningún adolescente está rehabilitado, siendo el 30.19 % de pacientes rehabilitados en las edades de 35 a 44 años.

Palabras clave: Caries dental, enfermedades bucales, tratamiento, medidas de prevención y control

ABSTRACT

One of the lines of study of the Research Center of the Faculty of Dentistry of the University of El Salvador is the epidemiological surveillance of oral health conditions, with the national oral health survey in 2016-2017 being one of the first investigations. carried out in conjunction with the Ministry of Health. Following this line, the *study Epidemiological surveillance of oral diseases of the population served in Health Units in 2021* is presented, which presents the prevalence of oral diseases, some associated factors and treatment needs. After confinement and social distancing due to the COVID -19 pandemic, during 2021, an interview and clinical examination was carried out on 2,000 patients aged 5 to N years, treated in 20 health facilities distributed in different regions of El Salvador; The results will be the evidence to evaluate and enhance health plans or the adoption of new prevention and control measures. Likewise, this surveillance system includes the pregnant population. Of the total population studied, 74.85% (1497) were female, of which 35.74% were pregnant. 65.11% of men and 75.56% of women presented an optimal level of oral hygiene. The ceod/DMFT index and caries are increasing in relation to age; at 12 years of age the percentage of children with caries was 11.71%; in those aged 15 years 16.57% and in those aged 35 to 44 years 53.71%. Regarding the periodontal condition through the CPITN, between the ages of 35 and 44, 80.68% presented calculus without a periodontal pocket. Prosthetic rehabilitation in general is very low and no adolescent is rehabilitated, with 30.19% of rehabilitated patients being between the ages of 35 and 44.

Keywords: Dental caries, oral diseases, treatment, prevention and control measures

INTRODUCCIÓN

En los años 2016-2017 se realizó la primera encuesta nacional de salud bucal de la población salvadoreña (Aguirre-Escobar et. al., 2020), de manera que, habiendo transcurrido 5 años es necesario realizar un nuevo estudio que permita vigilar la evolución de la prevalencia y

algunos factores asociados a la salud bucal tal como lo han realizado otros países, entre ellos España (Bravo Perez et. al., 2016). Por ello se propone este estudio denominado *Vigilancia epidemiológica de enfermedades bucales de población atendida en las UCSF¹ en el año 2021*.

La relevancia de este estudio radica en la recogida sistemática y periódica de las variables, una consolidación y análisis de los datos de varios puntos muestrales del país; abordando las principales enfermedades bucales, cuyos resultados de prevalencia e incidencia de algunas afecciones permitirán a las autoridades de salud del país la elaboración de planes de salud o el fortalecimiento de medidas de prevención y control, así como su evaluación. De igual manera los sistemas de vigilancia, permiten segregar poblaciones vulnerables y nuevas enfermedades, es por ello que este estudio en particular recogió información en embarazadas (García Piña & Navarro Sanchez, 2011).

La vigilancia epidemiológica de salud bucal, permite hacer estimaciones métricas como los años de vida ajustados por discapacidad (AVAD) y años vividos con discapacidad (YLD). Los AVAD por enfermedades bucales aumentaron un 20,8 % entre 1990 y 2010, principalmente debido al crecimiento y envejecimiento de la población. Reflejando que los AVAD aumentaron debido a periodontitis grave y caries no tratadas y, los AVAD por la pérdida de dientes disminuyeron. Los hallazgos destacan el desafío de responder a la diversidad de necesidades urgentes de salud bucal en todo el mundo, particularmente en las comunidades en desarrollo (Marcenes et. al., 2013).

Los resultados de este estudio se enmarcaron en determinar la condición bucal y necesidades de tratamientos de la población atendida en las unidades de salud en el año 2021; y de este se desglosaron los objetivos específicos para caracterizar a la población según variables

1 Unidad Comunitaria de Salud Familiar

sociodemográficas, condición sistémica y prácticas de salud bucal. Se determinó la higiene bucal de la población según el índice simplificado de higiene oral (ISHO). Se establecieron las prevalencias y necesidades de tratamiento de la gingivitis, periodontitis y experiencia y severidad de caries dental según CPO-D modificado con criterios ICIDAS. También se registraron la prevalencia y localización en cavidad bucal de lesiones elementales: úlcera, absceso, granuloma y otras. Finalizando con las causas de la pérdida dental en la población.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) (WHO, 2020) las enfermedades bucodentales son las enfermedades más comunes afectando a la mitad de la población mundial (3580 millones de personas), causando dolor y molestias. La caries dental en dientes permanentes es el trastorno más prevalente, seguida de las periodontopatías, las pérdidas de dientes y otras afecciones en la cavidad oral como los abscesos bucales que son una de las causas principales de asistencia a urgencias odontológicas (Marcenes et al., 2013; Ramírez & Pérez, 2010).

Los estudios epidemiológicos y de vigilancia requieren de la identificación de las características sociodemográficas como la edad, el sexo, la residencia y otros aspectos como la escolarización y los conocimientos de enfermedades para identificar problemas de salud con precisión, detectar aparición de brotes y eventos inusuales aislados de especial relevancia en determinados grupos poblacionales (García Piña & Navarro Sanchez, 2011; Marcenes et al., 2013). En ese sentido varios estudios reportan al sexo femenino como el más afectado por diversas afecciones bucales (Miranda et. al., 2010; Kuffel, 2010). La residencia es importante, debido al nivel de desarrollo de la zona en la que viva el paciente. Según la investigación realizada por Castillo *et. al.* (2017) en el año 2016, en relación con la pérdida dental, el área rural fue la más afectada desde un 66.05 % hasta un 97.70 %.

Este estudio abordó puntos importantes para conservar la salud bucal a través de indicadores que midieron las prácticas en salud bucal, entre ellas el cepillado y las visitas al odontólogo. El abordaje de las enfermedades periodontales involucra la gingivitis como fase inicial de la enfermedad periodontal, y se medirá con el índice gingival de Løe y Silness, este índice se introdujo originalmente en un estudio transversal de la gingivitis del embarazo, el cual incluye un componente hemorrágico además de los criterios visuales (Quijada & Figueroa, 2015). Sin embargo, sin una terapia adecuada al inicio de la enfermedad gingival, esta puede avanzar y volverse una periodontitis, la cual se define como una patología de etiología multifactorial que afecta al tejido de soporte del diente (encía, cemento y hueso) (Carranza, 1987). Una lesión elemental de tejidos blandos es el signo más simple, y generalmente son manifestaciones de procesos patológicos que afectan a la mucosa bucal, por lo que su diagnóstico oportuno tiene relación proporcional con la posibilidad de éxito terapéutico, siendo de suma importancia detectar y dar atención a este tipo de lesiones (Lanza & Pérez, 2015). Las aftas son lesiones frecuentes durante el embarazo, las cuales fueron descritas por Hipócrates en el año 400 a. C., suelen localizarse en la mucosa oral (labios, lengua, suelo de la boca, paladar blando, úvula) y faríngea; la ulceración es debida a una necrosis epitelial que sobrepasa la membrana basal, exponiendo terminaciones nerviosas lo que provoca molestias o dolor (Díaz Guzmán & Castellanos Suárez, 2004).

A pesar de los esfuerzos de las políticas y acciones preventivas que buscan preservar la salud bucal en muchos países como en El Salvador, la extracción dental sigue siendo un procedimiento odontológico frecuente (Ministerio de salud, 2012; Miranda & Reyes, 2016). Existen múltiples factores que causan la pérdida dental es así que varios estudios como el de Gómez-Delgado & Montero-Aguilar (2012) concuerdan que, en pacientes jóvenes

la razón más frecuente de pérdida dental es la caries dental, mientras que en los pacientes mayores de 30 años la enfermedad periodontal predomina como factor etiológico. Ramírez y Pérez (2010), concluyeron que la enfermedad periodontal es la segunda causa de pérdida dental con 21.4 %, a partir de los 50 años de edad. Entre otras causas Herrada & Hernández-Añaños (2012), menciona el traumatismo en el grupo de 7 a 10 años como causa de pérdida y, entre el 1 al 16 % de los incisivos centrales superiores son afectados debido a actividades deportivas, ocio y accidentes de tránsito. Miranda & Reyes (2016), reportan en dos municipios de El Salvador que el órgano dentario con mayor frecuencia de mortalidad es el 3-6; también reportan exodoncias de dientes supernumerarios con el 0.15 % a 3.8 %.

La caries dental es una enfermedad prioritaria para la vigilancia epidemiológica bucal y para darle seguimiento a la encuesta nacional de salud bucal se evaluará con el sistema internacional para la detección de caries (ICDAS) el cual determina la prevalencia, inicio y severidad de caries (Cerón-Bastidas, 2010). Esta metodología señala la experiencia de caries tanto presente como pasada, pues considera los dientes con lesiones de caries y con tratamientos previamente realizados. Se utiliza para obtener una visión global de cuánto ha sido afectada la dentición por enfermedades dentales (Wagle et. al., 2018). Con los resultados de ICDAS se calcula el índice Cariado Perdido Obturado por Diente (CPOD) para que este sea compatible con lo expuesto por la Organización Mundial de la Salud (OMS) que recomienda el uso de este índice para efectuar estudios epidemiológicos sobre experiencia de caries dental (León et al., 2002). Este se define como indicador de salud bucal de una población y de acuerdo con su valor establece una escala de gravedad de la afección con cinco niveles: muy bajo 0.0 – 1.1, bajo 1.2 – 2.6, moderado 2.7 – 4.4, alto 4.5 – 6.5, muy alto +6.6.

En El Salvador la vigilancia epidemiológica de la población atendida en las unidades de salud por diversas afecciones de salud bucal es limitada (Aguirre-Escobar et. al., 2020; MSPAS, 2012), es por ello que se realizó este estudio como una comprobación periódica de continuidad de las variables de la encuesta nacional de salud bucal.

METODOLOGÍA

Por ser un estudio de vigilancia epidemiológica, se clasifica como observacional, descriptivo y transversal.

La población objeto de estudio fueron pacientes mayores de 5 a N años de ambos sexos, atendidos en 20 unidades de salud durante el año 2021 y que aceptaron participar en el estudio. Excluyendo a los pacientes cuya condición sistémica imposibilitara realizarle el examen bucal, así como a los que llegaron en estado de ebriedad o que bajo los efectos de drogas.

Para determinar el tamaño de la muestra se hizo uso del muestreo estratificado por conglomerados, tomando como base la población de la encuesta nacional de salud bucal del 2016-2017 de El Salvador donde se evaluaron 3 881 salvadoreños, de ambos sexos procedentes del área urbana y rural, teniendo en cuenta que los encuestadores estuvieron en 20 establecimientos distribuidos en todo el país y dada la emergencia nacional y mundial por la pandemia del COVID-19 se estableció una muestra de 120 sujetos por punto muestral considerando un mínimo de 20 gestantes en cada punto. Quedando al final del proceso una población total de 2000 sujetos.

Con el fin de estandarizar el proceso con todos los encuestadores, se realizaron una serie de capacitaciones, incluyendo temáticas sobre el abordaje adecuado por el auxiliar a las unidades de análisis, verificando con la repetición de casos, que tanto las preguntas como las respuestas de las variables

sociodemográficas fuesen comprensibles para alcanzar fiabilidad. También se realizó entrenamiento para la unificación en los diferentes índices obteniéndose el 92.90 % al 97.62 % de concordancia entre ellos y el estándar, al aplicar el diagnóstico de caries con criterios ICDAS. Posterior a estas capacitaciones/calibraciones se realizó un estudio piloto en distintas unidades de salud realizándose las correcciones pertinentes a la ficha buco-epidemiológica, al consentimiento y asentimiento informado y al proceso mismo del paso de instrumento, así como se calculó el tiempo por cada paciente.

Etapas de la recolección de datos

Etapa 1: preparación de insumos a utilizar y permisos para la recolección: En cada punto muestral se provisionó la cantidad de 125 fichas buco-epidemiológicas, consentimientos y asentimientos informados, folletos educativos y cepillos dentales, para tener un margen por pérdida. Se aseguró de tener cada día 2 juegos de instrumental de diagnóstico, incluyendo dos sondas OMS. Se emitió una carta solicitando el permiso a la unidad de atención primaria del Ministerio de Salud, quienes posteriormente aprobaron dicha actividad.

Etapa 2: recepción del paciente en la clínica dental: Siguiendo los lineamientos y las medidas de bioseguridad por la pandemia COVID 19, establecidos en la atención odontológica del MINSAL, se solicitó la colaboración al paciente y la respectiva firma de consentimiento informado o asentimiento informado en caso de menores de edad, para poder participar del proceso.

Etapa 3: ejecución de entrevista: Una vez el paciente firmó el consentimiento informado, se procedió a realizar la entrevista, utilizando un lenguaje comprensible y claro; registrando la información en la ficha buco-epidemiológica con lapicero azul; iniciando con número de expediente, el código, fecha de examen,

sexo, fecha de nacimiento, residencia, nivel educativo, ocupación, condición sistémica, conocimiento y prácticas de salud bucal.

Etapa 4: ejecución de examen clínico: En esta etapa se solicitó al paciente el retiro de la mascarilla. Se le brindó colutorio de peróxido de hidrogeno al 1 % o cloruro de cetilpiridinio al 0.05-0.1 % según la existencia en cada UCSF y, se le indicó que se enjuagara por 30 segundos, para disminuir la carga viral. El examen clínico se realizó en orden siguiendo la guía de observación. Se inició con la evaluación de la placa dentobacteriana según el Índice de higiene oral simplificado (ISHO) de Greene y Vermillion, registrando en el recuadro, el valor correspondiente del hallazgo clínico. Se prosiguió con la evaluación de la encía a través del índice gingival de Löe y Silness para identificar el estado gingival de cada uno de ellos, secando con una torunda de algodón y observando el color, forma, textura, posición y presencia de sangrado, registrando el número correspondiente en el recuadro. Se continuó con el sondaje periodontal y registró el hallazgo en el sextante correspondiente. Luego se observó y palpó para detectar lesiones como abscesos, aftas o granulomas en la parte intraoral en cada una de las superficies de la cavidad oral determinando su localización. Si se detectó alguna lesión esta se documentó por medio de fotografía. Después con el cepillo dental y piedra pómez se realizó profilaxis dental, para poder evaluar la experiencia de caries dental con criterios ICDAS, anotando en el recuadro de registro SDENT la información detectada. Finalizando con el registro de las causas de extracción de los dientes ausentes o indicados para extracción.

Etapa 5: entrega del beneficio al paciente: Se solicitó al paciente que se colocara la mascarilla nuevamente, para explicarle su condición de salud bucal, se entregó el folleto informativo, se realizaron actividades de educación en salud bucal orientando al paciente sobre las acciones que debe llevar a cabo en casa para conservar

la salud bucal, en el caso necesidad de prescribir algún medicamento se dio la receta escrita al paciente, explicándole verbalmente su administración. Se agradeció al paciente por su colaboración entregándole el cepillo dental.

Etapas 6: resguardo de los instrumentos: Las guías de observación, fueron identificadas por el código correspondiente y archivadas en un sobre manila tamaño oficio rotulado con la fecha y el nombre del encuestador a cargo. Asimismo, al finalizar cada jornada, se escanearon las guías de observación recolectadas y se generó un respaldo electrónico en Google Drive.

Etapas 7: vaciado de los datos a la matriz: Se revisaron todos los instrumentos, y se vaciaron en una base diseñada en el sistema SPSSv26. Posteriormente fueron procesados con estadísticos descriptivos para presentar las tablas de resultados.

Consideraciones éticas

El protocolo fue aprobado por el Comité de Ética de la Facultad de Odontología de la Universidad de El Salvador bajo el dictamen Oficio N°: CEI-FOUES /2021/ 003. Este consistió en un estudio con intervención de riesgo mínimo ya que todas las acciones clínicas que se realizaron son consideradas de rutina en la práctica odontológica habitual, y respaldados con evidencia científica en otros estudios previamente realizados. Para garantizar un diagnóstico completo y certero, fue necesario el uso de diferentes índices visuales, como ISHO, ICDAS, CPITN, índice gingival de Løe y Silness; los cuales son avalados por la OMS, por su alta sensibilidad y especificidad al obtener los resultados. Los pacientes dieron su consentimiento de participar, y como beneficio recibieron educación y motivación sobre higiene bucal personalizada, de acuerdo a su condición; así como un cepillo dental, y un folleto informativo.

RESULTADOS

De los 2000 pacientes evaluados el 25.15 % (503) fueron del sexo masculino y 74.85 % (1497) del sexo femenino, de las cuales 535 (35.74 %) fueron embarazadas.

La evaluación de la higiene bucal y del estado periodontal es presentada únicamente para los pacientes que contaban con un diente o más, dados los criterios de los índices empleados. Se encontró una tendencia similar entre el sexo masculino (65 %) y femenino (75 %) con una higiene bucal en la categoría de óptimo según el índice simplificado de higiene oral, seguido de la categoría regular; por lo que las necesidades de tratamiento son mayoritariamente técnicas de higiene bucal con o sin raspaje. Las categorías de «malo» y «muy malo» están abajo del 20 % y se presenta más en los mayores de 45 años, siendo las necesidades de tratamiento THO más limpieza profesional con raspaje. La población infantojuvenil (5 a 17 años) presentó una higiene bucal mayoritariamente óptima (Tabla 2).

Al consultar ¿Con qué frecuencia cepilla sus dientes? Los mayores porcentajes en hombres y mujeres contestaron dos veces al día, seguido de 1 vez al día. Respecto a la visita al odontólogo en los últimos 12 meses tanto en hombres como mujeres contestaron ninguna, ambos arriba del 50 % (Tabla 3).

En los niños y niñas menores de 16 años se utilizó el índice gingival de LOE y Silnes coincidente con los otros índices la mayoría de pacientes jóvenes no presenta inflamación gingival, evidenciando que tanto para masculino como femenino la condición leve está abajo del 30 %. Por lo que las necesidades de tratamiento serán educativas y con baja intervención clínica. (Tabla 4).

Para evaluar la gravedad de la condición periodontal en los pacientes mayores de 16 años (N= 1487) se le aplicó el índice CPITN. El mayor porcentaje (32.49 % y 31.07 %) de

Tabla 1

Variables sociodemográficas y condición sistémica de la población estudiada.

Variables sociodemográficas	Hombres		Mujeres	
	F	%	F	%
Rangos de edad (años)				
5	18	3.58	31	2.07
6-12	163	32.41	216	14.43
13-17	45	8.95	107	7.15
18-30	90	17.89	668	44.62
31-45	57	11.33	298	19.91
46 a 60	71	14.12	119	7.95
61 a más	59	11.73	58	3.87
Educación				
Sin escolarización	47	9.34	89	5.95
Parvularia	67	13.32	81	5.41
Primer ciclo	130	25.84	237	15.83
Segundo ciclo	111	22.07	311	20.77
Tercer ciclo	63	12.52	380	25.38
Bachillerato	69	13.72	356	23.78
Superior (Técnico o Universitario)	16	3.18	43	2.87
Ocupación principal				
No estudia ni trabaja	44	8.75	236	15.76
Estudiante	235	46.72	376	25.12
Trabajo en casa (no remunerado)	10	1.99	669	44.69
Trabajo informal con ingreso	165	32.8	146	9.75
Trabajo formal (asalariado o propio)	37	7.36	67	4.48
Jubilado	12	2.39	3	0.2
Residencia				
Rural	309	61.43	899	60.05
Urbana	194	38.57	598	39.95
Condición Sistémica				
Embarazo	-		535	35.74
Diabetes	30	5.96	41	2.74
Hipertensión	58	11.53	109	7.28
Cardiopatías y afecciones circulatorias	2	0.4	2	0.13
Afección en sistema respiratorio	3	0.6	4	0.27
Afección en sistema Urinario/Insuficiencia Renal	3	0.6	4	0.27
Afección en sentidos especiales	2	0.4	0	0
Trastornos digestivos	2	0.4	3	0.2
Afección en SNC	5	0.99	1	0.07
Otros trastornos endocrinos/ obesidad	1	0.2	4	0.27
Alergia a penicilina	0	0	1	0.07

afectación periodontal tanto en los hombres como en mujeres se encuentra en la severidad dos «cálculo detectado durante el sondaje»,

Tabla 2

Clasificación de la higiene oral de la población estudiada, según ISHO

Clasificación ISHO	hombres(n=493)		mujeres (n=1485)	
	F	%	F	%
Óptimo	321	65.11	1122	75.56
Regular	107	21.70	271	18.25
Malo	46	9.33	74	4.98
Muy malo	19	3.85	18	1.21

cuya necesidad de tratamiento es THO, profilaxis más eliminación de cálculo dental (raspaje profesional) cabe destacar que el sexo femenino tiene un mayor porcentaje (30.73 %) de mujeres en la condición sano más que el masculino y, el sexo masculino tiene un mayor porcentaje (18.77 %) de condición severa más que el femenino. Al verificar cual sextante fue el más afectado en orden de mayor a menor fueron los sextantes postero inferiores, seguido de los postero superiores y los menos afectados los sextantes anteriores. (Tabla 5).

Tabla 3

Prácticas en salud bucal

Respuesta	Hombres N= 501		Mujeres N=1499	
	F	%	F	%
¿Con qué frecuencia cepilla sus dientes?				
Nunca	23	4.59	13	0.87
Una vez a la semana o menos	76	15.17	95	6.34
Una vez al día	141	28.14	278	18.55
Dos veces al día	178	35.53	702	46.83
Después de cada comida o más	78	15.57	410	27.35
No sabe, no contesta	5	1	1	0.07
¿Con qué frecuencia ha visitado al odontólogo los últimos 12 meses?				
Ninguna	308	61.48	764	50.97
Una vez	135	26.95	444	29.62
Dos veces	30	5.99	173	11.54
Tres o más veces	23	4.59	102	6.8
No sabe, no contesta	5	1	16	1.07

Tabla 4

Estado gingival según el índice de Gingival de LOE y Silnes en menores de 16 años

Índice gingival	Masculino (n=208)		Femenino (n= 295)	
	F	%	F	%
Encía normal	138	66.35	200	67.80
Leve	54	25.96	83	28.14
Moderado	16	7.69	12	4.07
Severo	0	0	0	0

Tabla 5

Estado periodontal y necesidades de tratamiento de la población estudiada según el índice periodontal comunitario y necesidades de tratamiento

Condición periodontal general	Masculino (n= 277)		Femenino (n=1178)	
	F	%	F	%
Sano	51	18.41	362	30.73
Sangramiento observado tras el sondaje	69	24.91	325	27.59
Cálculo detectado durante el sondaje.	90	32.49	366	31.07
Bolsa de 4 a 5 mm	52	18.77	104	8.83
Bolsa de 6 mm o más	15	5.42	21	1.78

En la mucosa bucal se evaluaron las siguientes lesiones: úlcera, absceso, granuloma y otras encontrando una prevalencia del 6.75 % en la población estudiada, de esos 2.85 % fueron los abscesos, seguido de las aftas o úlceras con el 0.9 % y granulomas del embarazo con el 0.75 %. También en la condición otros fueron detectados con el 0.95 % torus palatino. La estructura mayormente afectada fue la encía con el 4.55 %, en la cual el 2.7 % corresponde a abscesos, el 0.9 % corresponde a mancha melanótica y el 0.7 % a granulomas. (Tabla 6) Nota: estos datos por ser tan pocos no se desglosaron por sexo.

La experiencia de caries en dentición permanente es alta siendo en los hombres de 7 ± 0.70 y en las mujeres 8 ± 0.43 . en dentición

Tabla 6

Lesiones de la mucosa bucal

Estructura	Lesiones			
	Absceso	Aftas/ úlceras	Granuloma	Otros
Labio		4 (0.2)		4 (0.2)
Carrillo		6 (0.3)		
Encía	54 (2.7)	5 (0.25)	14 (0.7)	18 (0.9)
Surco mucogingival	2 (0.1)		1	
Zona retromolar	1 (0.05)			
Reborde alveolar		1(0.05)		
Paladar				19 (0.95)
Lengua		1(0.05)		4 (0.2)
Piso de boca		1(0.05)		

Nota. Porcentajes entre paréntesis.

temporaria es en los niños 4.44 ± 0.35 y en las niñas de 3.62 ± 0.26 . El CPO/d fue de 11 ± 0.74 en los hombres y en las mujeres de 12 ± 0.48 . (tablas 7 y 8).

En los 2000 pacientes, se examinaron 49363 dientes permanentes, de los cuales se detectó una mortalidad dental de 5288 dientes, de estos el 88.03 % presentó como causa principal lacaries dental y sus secuelas. En cuanto a las causas de la mortalidad (pérdida) dental en la población, se registró la causa de los dientes

Tabla 7

Índice CPOD

Índice	Sexo del paciente	
	Masculino	Femenino
c	4.44 ± 0.35	3.62 ± 0.26
e	1.12 ± 0.13	1.07 ± 0.12
o	0.22 ± 0.05	0.23 ± 0.048
ceo	5.78 ± 0.39	4.91 ± 0.29

Tabla 8

Índice ceod

Índice	Sexo del paciente	
	Masculino	Femenino
c	4.44 ± 0.35	3.62 ± 0.26
e	1.12 ± 0.13	1.07 ± 0.12
o	0.22 ± 0.05	0.23 ± 0.048
ceo	5.78 ± 0.39	4.91 ± 0.29

ya perdidos (prevalencia) y los indicados para extracción (incidencia) durante la recolección de la información se detectó una mortalidad de dientes permanentes de 5288. Tanto la prevalencia como la incidencia la principal causa fue la caries dental y sus secuelas en el 88.03 % de los que ya no estaban en boca y el 74.67 % en los indicados para extracción; como segunda causa se registró la enfermedad periodontal con el 10.85 % y el 24.01 %. (Tabla 9). También en la dentición temporaria la principal causa de perdida prematura es la caries dental 511 (13.31 % de los dientes temporarios examinados) y razones ortodóncicas 2 órganos dentales.

Tabla 9

Causas de pérdida dental por diente (prevalencia e incidencia)

Causas	Prevalencia		Incidencia		Total
	F	%	F	%	
Caries dental y secuelas	3852	88.03	681	74.67	4533
Enfermedad periodontal	475	10.85	219	24.01	694
Razones ortodóncicas/mal posición	41	0.94	4	0.44	45
Razones protésicas	2	0.05	7	0.77	9
Traumas/fracturas	6	0.14	1	0.11	7
Total dientes perdidos	4376	100.00	912	100.00	5288

Nota. Dientes examinados N=49,363

Del total de la población (N=2000) 872 (43.6 %) presentaron pérdida dental en dentición permanente. A los pacientes (Masculino n=212 y Femenino n=660) que presentaron mortalidad dental en dentición permanente, se les evaluó su estado protésico. Para determinar cuántos estaban rehabilitados. El 28.77 % de los hombres y el 33.79 % de mujeres poseían algún tipo de rehabilitación ya fuesen prótesis parciales fijas, prótesis parcial removible y prótesis completa o combinación de estas. (Tabla 10).

Tabla 10

Prevalencia por paciente causas de pérdida dental y rehabilitación protésica

Causa de pérdida	Masculino		Femenino		Total
	F	%	F	%	
Caries dental y secuelas	188	88.68	607	91.97	795
Enfermedad periodontal	19	8.96	35	5.30	54
Otras razones	5	2.36	18	2.73	23
F Total	212	-	660	-	872
Rehabilitado	61	28.77	223	33.79	284

En el grupo de las mujeres gestantes. El 41.68 % de las embarazadas estaban en el 2do trimestre de gestación y el 33.08 % en el primer trimestre. El índice gingival reveló que el 36.82 % presentó gingivitis leve y un 51.03 % estaba sana, el 2.62 % presentó granuloma gravídico, el 97.76 % ha tenido alguna experiencia de caries y una paciente presentó prótesis completa (Tabla 11).

Resultados en los rangos de edades según OMS

Al analizar los resultados en los rangos de edades de la OMS. Siempre encontramos un mayor porcentaje (69.14 %) de mujeres que asisten a las unidades de salud (Tabla 12).

El nivel óptimo de higiene bucal se encontró en niños y adolescentes, el cual va disminuyendo respecto de la edad. El nivel «regular y malo» se presenta, con altos porcentajes, en los adultos de 35 a 44 años y el de «muy malo» en los mayores de 65 años (Tabla 13).

Tabla 11

Condición bucal en gestantes

Gestantes N=535	F	%
Gestantes según trimestre de embarazo		
Primer trimestre	177	33.08
Segundo trimestre	223	41.68
Tercer trimestre	135	25.23
Índice gingival		
Encía normal	273	51.03
Leve	197	36.82
Moderado	54	10.09
Severo	10	1.87
N/A	1	0.19
Clasificación ISHO		
Óptimo	417	77.94
Regular	99	18.5
Malo	16	2.99
Muy malo	3	0.56
Estructura / Lesión	F	%
Labio / Aftas o úlceras	2	0.37
Carrillo / Aftas o úlceras	2	0.37
Encía / Absceso	10	1.87
Encía / Aftas o úlceras	2	0.37
Encía / Granuloma gravídico	14	2.62
Lengua / Aftas	1	0.19
Caries / Prevalencia de experiencia de caries	523	97.76
Caries / Prevalencia de Sano	12	2.24

Tabla 12

Distribución de la población según rangos OMS y sexo

Rango etario OMS	n	Sexo del paciente			
		Masculino		Femenino	
		F	%	F	%
5 a 6 años	111	50	33.33	61	18.15
12 años	52	20	13.33	32	9.52
15 años	62	15	10	47	13.99
35 a 44 años	212	39	26	173	51.49
65 a 74 años	49	26	17.33	23	6.85

La prevalencia de la experiencia de caries según el índice ceod/CPOD y la prevalencia del componente cariado va en aumento en relación con la edad. En el rango de edad de 12 años el porcentaje de niños con caries es del 11.71 %, en el de 15 años de 16.57 % y en el rango de 35 a 44 años el 53.71 % (Tabla 14).

Prevalencia de las enfermedades periodontales. En la Tabla 15 se exponen los porcentajes de sujetos en cada código del Índice periodontal comunitario máximo, reflejando una diferencia entre los rangos de edades de 35 a 44 años y 65 a 74 años, el primer rango presenta los

mayores porcentajes entre sano y la condición leve sin bolsa periodontal y el rango de 65 a 74 años presenta los mayores porcentajes en la condición de leve a moderado con bolsa periodontal (Tabla 15).

Tabla 13

Índice higiene oral simplificado en rangos OMS, clasificación ISHO

Rango etario OMS	Óptimo		Regular		Malo		Muy malo		
	N	F	%	F	%	F	%	F	%
5 a 6	111	94	84.68	11.00	9.91	2.00	1.80	0.00	0.00
12 años	52	45	86.54	7.00	13.46	0.00	0.00	0.00	0.00
15 años	62	50	80.65	10.00	16.13	2.00	3.23	0.00	0.00
35 a 44	212	129	60.85	57.00	26.89	23.00	10.85	1.00	2.04
65 a 74	49	18	36.73	8.00	16.33	8.00	16.33	10.00	9.01

Tabla 14

Prevalencia de experiencia de caries según rangos OMS

Rango etario OMS	Experiencia de caries (ceo/CPO)			Prevalencia de caries		
	F	%	(IC 95 %)	F	%	(IC 95 %)
5 a 6 (Temporal)	98	92.45	(86.27 - 96.37)	95	94.06	(88.17 - 97.48)
5 a 6 (Permanente)	24	6.25	(4.15 - 9)	23	6.57	(4.33 - 9.53)
12 años	42	10.94	(8.11 - 14.35)	41	11.71	(8.66 - 15.4)
15 años	59	15.36	(12.02 - 19.23)	58	16.57	(12.96 - 20.73)
35 a 44 años	210	54.69	(49.69 - 59.62)	188	53.71	(48.48 - 58.89)
65 a 74 años	49	12.76	(9.71 - 16.37)	40	11.43	(8.42 - 15.08)

Tabla 15

Índice periodontal comunitario en rangos OMS

Condición periodontal (CPITN) máximo				
35 a 44 (n=212)		F	% (IC 95 %)	
0= Sano		53	25	(19.54 - 31.14)
1= Sangramiento observado tras el sondaje		52	24.53	(19.11 - 30.64)
2= Cálculo detectado durante el sondaje		71	33.49	(27.39 - 40.03)
3= Bolsa de 4 a 5 mm		25	11.79	(7.97 - 16.64)
4= Bolsa de 6 mm o más		9	4.25	(2.12 - 7.6)
Paciente edéntulo (los 6 sextantes son X)		2	0.94	(0.2 - 2.99)
65 a 74 (n=49)		n	% (IC 95 %)	
0= Sano		3	6.12	(1.75 - 15.45)
1= Sangramiento observado, tras el sondaje		9	18.37	(9.5 - 30.85)
2= Cálculo detectado durante el sondaje		17	34.69	(22.54 - 48.59)
3= Bolsa de 4 a 5 mm		10	20.41	(11 - 33.19)
4= Bolsa de 6 mm o más.		2	4.08	(0.86 - 12.45)
Paciente edéntulo (los 6 sextantes son X)		8	16.33	(8.03 - 28.46)

Tabla 16
Prevalencia e incidencia mortalidad dental dientes permanentes según rangos OMS

Rangos OMS	N	Prevalencia de mortalidad dental			Incidencia de mortalidad dental		
		F	%	IC95 %	F	%	IC95 %
5 a 6	111	0	0	0	0
12 años	52	7	13.46	(6.23-24.62)	7	13.46	(6.23 -24.62)
15 años	62	10	16.13	(8.61-26.73)	7	11.29	(5.19 - 20.89)
35 a 44	212	152	74.06	(67.86-79.6)	56	26.42	(20.83-32.64)
65 a 74	49	39	93.88	(84.55-98.25)	23	46.94	(33.48- 60.75)

Tabla 17
Causas de perdida dental y rehabilitación en rangos OMS

Rangos OMS N=228	Caries dental y secuelas		Enfermedad periodontal		Otras razones		Rehabilitado	
	F	%	F	%	F	%	F	%
5 a 6 años	0	0.00	0	0.00	0	0	0	0
12 años	7	3.07	0	0.00	0	0	0	0
15 años	9	3.95	0	0.00	1	0.44	1	0.44
35 a 44	143	62.72	7	3.07	2	0.88	64	28.07
65 a 74	39	17.11	10	4.39	1	0.44	24	10.53
Total	198	86.84	17	7.46	4	1.75	89	39.04

Tanto la prevalencia como la incidencia de mortalidad dental de los dientes permanentes va en aumento con la edad. Y la rehabilitación protésica no se da en los pacientes jóvenes y adolescentes, el mayor porcentaje de pacientes rehabilitados está en el rango de 35 a 44 años de edad (Tabla 16 y 17).

DISCUSIÓN

Este estudio de vigilancia se dio posterior al confinamiento y restricciones de distanciamiento social por la pandemia COVID 19 y se recogieron los datos durante el año 2021, esta situación fue una limitante del estudio ya que la población fue exclusivamente usuaria de las UCSF de El Salvador, la cual tiene como característica que el porcentaje de mujeres que acuden a ellas es mucho mayor que la de los hombres (Tabla 1). Las variables sociodemográficas que se verificaron fueron edad, sexo, educación, ocupación principal y

residencia. También, se evaluó la condición sistémica, y en lo referente a la salud bucal se verificaron las prácticas de salud, la higiene bucal, gingivitis, periodontitis y experiencia y severidad de caries dental según CPO/D ceo/d con criterios ICDAS y de estas las necesidades de tratamiento. Además, se registraron lesiones de la mucosa: úlcera, absceso, granuloma y otras; para finalizar con las causas de la mortalidad dental y el estado protésico. Este estudio tiene como fortaleza el haber recogido datos de 20 puntos muestrales distribuidos en todo el país, así como el estudio de un considerable grupo poblacional de mujeres embarazadas. Por ello los resultados de este estudio conllevan a responder a la diversidad de necesidades de salud bucal en El Salvador. La validez de las mediciones se garantizó porque los encuestadores fueron calibrados previamente con varias repeticiones hasta que se obtuvo un mínimo del 80 % y un máximo del 97.78 % en los diversos índices.

El análisis de este estudio primordialmente establece relaciones, diferencias o semejanzas de los resultados de la encuesta nacional del año 2016-2017, teniendo presente que hubo 1 año (2020) que el servicio odontológico estuvo reducido al mínimo, dando atención únicamente a emergencias. Después del confinamiento la atención odontológica en salud pública está orientada a procedimientos preventivos como: profilaxis, aplicación de sellantes de fosas y fisuras y aplicaciones tópicas de flúor y a procedimientos curativos como obturación dental, pulpotomía, exodoncia, tratamientos periodontales, ajustes oclusales y tratamientos de conductos radiculares. (Ministerio de Salud El Salvador, 2021)²² Todos estos tratamientos están sujetos al equipo y a la adquisición de insumos que tenga cada UCSF.

En los diferentes grupos etarios las enfermedades bucales prevalentes siguen siendo la caries dental y sus secuelas, seguida de las periodontales entre ellas la gingivitis y periodontitis. En cuanto a la caries dental encontramos que en dentición temporaria en la edad de 5 años al 2021 se reporta para el sexo masculino 4.44 ± 0.35 y para el femenino 3.62 ± 0.26 , (Tabla 8) siendo diferente en la encuesta del 2016-2017 ya que reportó un promedio de 7.20 dientes cariados en ambos sexos (Aguirre-Escobar et. al., 2020).

Para los siguientes grupos de edades la caries dental en dentición permanente se detectó un índice de cariados de masculino 7 ± 0.70 y femenino 8 ± 0.43 (tablas 7 y 8). Podría decirse que estos valores son similares a los de la encuesta ya que el promedio de dientes cariados es de 7.46 (6.41- 8.11) (Aguirre-Escobar et. al., 2020). El porcentaje de pacientes afectado por caries en el grupo etario de 5 a 6 años en dentición temporaria fue de 92,45 %, y en dentición permanente de 6,25 % este último dato es alarmante pues son los dientes que están recién erupcionados en boca, en el mismo sentido se encontró que el grupo etario de 35 a 44 años presentó el 53.71 % afectado

por caries dental (Tabla 14). El mapeo de la condición bucal del país generado durante los años 2016-2017 (Aguirre-Escobar et. al., 2020)¹ arrojó que casi el total de la población desde los 12 años (97.06 %) ha tenido experiencia de caries dental.

En cuanto al estado periodontal, en los menores de 16 años se evaluó con el índice gingival de Løe y Silness encontrando que tanto hombres como mujeres no presentan inflamación gingival (66.35 % y 67.80 % respectivamente) seguida de porcentajes inferiores al 30 % con inflamación leve y la condición de inflamación moderada mucho menos, esta tendencia a la baja se mantiene hasta llegar a cero en la condición severa (Tabla 5). Siendo la gingivitis asociada a la higiene bucal (Carranza, 1987). Con estos datos se puede inferir que los menores de 16 años por estar en edad escolar muchos son supervisados por los padres en cuanto a la higiene bucal y reflejando en los resultados que este grupo presentó mayor frecuencia de cepillado. Esta forma de vigilancia la podemos comparar con España en el año 2020 registró que desde el año 2005 la frecuencia del cepillado ha mejorado notablemente en todos los grupos etarios, del 53.1 % al 76.0 % en los jóvenes de 15 años y del 57.0 % al 71.6 % en los de 35-44, expresando que esta mejoría no ha alcanzado el nivel deseable y necesario para un buen mantenimiento de la salud oral ya que esta mejora de la práctica de higiene oral no tiene su reflejo en un descenso de la patología inflamatoria periodontal.

A la población mayor de 16 años se aplicó el índice CPITN para determinar la condición periodontal. Encontrando el nivel 2 (presencia de cálculo durante el sondaje) el mayor porcentaje tanto para el sexo masculino con el 32.49 % y para el sexo femenino el 31.07 %. Siendo las necesidades de tratamiento para esta población las técnicas de higiene bucal, profilaxis profesional y raspaje (Tabla 5). Misma tendencia se dio en los grupos etarios según OMS donde la cohorte de 35 a 44 años esa

condición se evidenció en un 33.49 % y en la cohorte de 65 a 74 años un 34.69 %. Las prevalencias calculadas en El Salvador en el año 2016, con el valor máximo del IPCNT, son coincidentes en el grupo de 35 a 44 años con un 39.66 % (Aguirre-Escobar et. al., 2020).

Estas enfermedades están asociadas a las prácticas preventivas en específico de higiene bucal, teniendo como resultados que los mayores porcentajes en hombres y mujeres contestaron dos veces al día, seguido de 1 vez al día (Tabla 3). Esta tendencia se sigue manteniendo ya que en el año 2016-2017 fue similar. Dicha encuesta reportó que el cepillado dental después de cada comida principal presentó mayor frecuencia especialmente en menores de 12 años (>60 %), sin embargo, a partir de los trece esto disminuye es así que el 50 % de los mayores de 60 años realizan una o dos veces al día el cepillado dental (Aguirre-Escobar et. al., 2020). En El Salvador la encuesta reportó que el nivel de higiene oral, los individuos de 15 años de edad, el 46.23 % presentaba nivel «óptimo» de higiene, el grupo de 65 a 74 presenta el nivel «muy malo» en un 41.41 %. También reportaron que la importancia de asistir a la consulta odontológica la mayoría de la población dijo asistir regularmente y en un poco menos de la mitad la asistencia a la consulta dental es esporádica por dolor (Aguirre-Escobar, et. al., 2020).

Las visitas al odontólogo se vieron disminuidas y teniendo en cuenta que por motivo del COVID 19 estaba restringida la atención odontológica únicamente a emergencias, las respuestas a la visita al odontólogo fue ninguna en los últimos 12 meses siendo mayor en los hombres con el 61.48 % y del 50.97 % en mujeres (Tabla 4). Caso contrario se dio en la encuesta del 2017 todos los grupos etarios consideran importante asistir a la consulta odontológica regularmente de 6 meses a 1 año, aunque se reportó que su asistencia es en gran medida por dolor (Aguirre-Escobar et. al., 2020).

En los 2000 pacientes examinados la mortalidad de dientes permanentes sigue siendo un problema de salud pública, ya que el 41.9 % de pacientes tenían al menos 1 diente perdido (4 376 dientes en total) y sumado a ello se encontró una incidencia de 912 dientes \approx 20 % que se extrajeron durante este año 2021. La principal causa sigue siendo caries dental y secuelas (4 533 = 91.17%), seguida de enfermedad periodontal (694 \approx 15.31), razones ortodónticas/mal posición (45), razones protésicas (9) y traumas/fracturas (7). En cuanto a la dentición temporaria la principal causa de pérdida prematura también es la caries dental 511 y razones ortodónticas fueron solamente 2 dientes (Tabla 9 y 10). La cantidad de pacientes que poseen rehabilitación protésica ya sea fija, removible o completa es baja ya que el 77.90 % de los hombres y el 74.31% de mujeres evaluados no poseían ningún tipo de prótesis para sustituir los dientes perdidos. La rehabilitación fija es el tratamiento más utilizado para la rehabilitación, sin embargo, en relación a la necesidad de tratamiento sigue siendo bajo su porcentaje de uso siendo el 14.49 % para los hombres y 18.78 % en las mujeres (Tablas 10 y 17). Siendo esta una necesidad que debe prestársele atención en salud pública. Estos datos son comparables con España, ya que en el 2005 ellos reportan un 72.2 % sin rehabilitación y que actualmente este porcentaje ha disminuido considerablemente (Bravo Perez et. al., 2016).

Este estudio también evaluó la condición sistémica en la cual se encontró que el 3.55 % reportaron diabetes (71), el 8.35 % hipertensión (167) y diversas afecciones en otros sistemas (respiratorio, digestivo, urinario, nerviosos y sentidos especiales) fue el 1.85 % (Tabla 2). Una fortaleza importante de esta investigación fue incorporar en el grupo de mujeres a las que estaban en estado de gestación siendo este un 35.74 %; al segregar los resultados de las embarazadas se encontró que, respecto a higiene bucal un alto porcentaje (77.94 %) estaba en nivel óptimo, pero siempre un índice de caries de 9 ± 0.59 siendo este muy alto,

destacando que 12 mujeres (2.24 %) estaban sanas. El 51.03 % se encontraron con encía normal, un 36.82 % con gingivitis leve y un 10.09 % con gingivitis moderada. Cabe destacar que en lesiones de mucosa bucal el 2.62 % presentó granuloma gravídico, y el 1.86 % con abscesos en encía, importante detección para ser tratada adecuadamente (Tabla 12). La literatura expresa que el granuloma es una reacción inflamatoria proliferativa fibrovascular exagerada, aparece frecuentemente en mujeres (0,5-5 %) en torno al segundo trimestre del embarazo y crece alcanzando un tamaño que no suele superar los 2 cm, asociada a la cantidad de estrógenos circulando.(Khatibi et al., 2013) La importancia de detectar los abscesos es tratarlos de manera rápida evitando complicaciones como la diseminación hacia los espacios aponeuróticos; el tratamiento de abscesos es variado y depende de la causa, puede ser tratamiento de conducto radicular, drenaje de abscesos, curetaje y administración de farmacoterapia. La base de datos de la encuesta de El Salvador reporta que los abscesos representan la quinta lesión más prevalente con un 21,13 % de toda la población de estudio (Aguirre-Escobar et. al., 2020).

CONCLUSIONES

La población se concentró en los grupos etarios de 6 a 12 años y de 18 a 31, ambos con predominio del sexo femenino y con residencia rural.

Las visitas al odontólogo se vieron disminuidas debido a la epidemia de COVID 19 donde estaba restringida la atención odontológica a emergencias, por lo tanto, más del 50 % de los encuestados no habían asistido a las consultas durante los últimos 12 meses.

Teniendo en cuenta que un 46.83 % de los evaluados contestó cepillarse 2 veces al día, un gran porcentaje de población infantojuvenil presentó nivel óptimo del índice de higiene bucal, el grupo de adultos presentó menor porcentaje en óptimo y se incrementó en regular.

La lesión en tejidos blandos más detectada fue el absceso en la encía, indicativo que el paciente acudió por emergencia.

Se sigue observando la tendencia que la gravedad de la lesión periodontal se incrementa con la edad de los pacientes. En los menores de 16 años solo el 27 % presentó gingivitis y en la población adulta la afección de la encía presentó mayor severidad, pero los mayores porcentajes se mantuvieron en condición leve a moderada con necesidad de profilaxis profesional y raspaje.

La prevalencia y la incidencia de mortalidad dental de los dientes permanentes va en aumento con la edad y la rehabilitación protésica es bien limitada encontrando que los pacientes jóvenes como los adolescentes, no están rehabilitados a pesar de haber perdido sus órganos dentales y hay un incremento de pacientes rehabilitados en el rango de 35 a 44 años de edad puede considerarse que son población económicamente activa y con posibilidades de financiarse dichos tratamientos.

Las mujeres gestantes presentaron un comportamiento epidemiológico similar en la condición de salud bucal que el resto de la población. Con la excepción que alrededor del dos por ciento de ellas presentaron granuloma gravídico en sus encías.

REFERENCIAS

Aguirre-Escobar GA; Fernández de Quezada R; Ortega de Blanco AV; Escobar de González WY; Aguirre-de-Rodríguez KA. (2020). Encuesta Nacional de Salud Bucal en la Población Salvadoreña, año 2016-2017. *Base de Datos LILACS*, 1, 70. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1122047?lang=es>

Bravo Perez M, Almerich Silla JM, Ausina Márquez V, Avilés Gutierrez P, Blanco Gutierrez JM, Canorea Diaz E, Casals

- Peidró E, Gomez Santos G, Hita Iglesias C, Llodra Calvo JC, Mongue Tapies M, Montiel Company JM, Palmer Vich PJ, S. R. C. (2016). Encuesta de Salud Oral en España 2020. *Rcoe*, 21(1), 8–48. <https://www.consejodentistas.es/comunicacion/actualidad-del-consejo/publicaciones-del-consejo/revistas-del-consejo/revista-rcoe/item/1238-encuesta-de-salud-oral-en-espana-2015-revista-rcoe-junio-2016-vol-21-suplemento-1.html>
- Carranza, F. (1987). La Epidemiología de la enfermedad Gingival y Periodontal. In Interamericana (Ed.), *Periodontología Clínica de Glickman* (Novena, p. 327).
- Castillo Machuca, JJ; Escobar Cardoza, HD; Guevara De La O, P y Sánchez Navarro, B. (2017). *Mortalidad de dientes permanentes y sus principales causas en usuarios de Unidades Comunitarias de Salud Familiar de los municipios de san pedro Perulapán, san Rafael Cedros, Quezaltepeque y san juan Nonualco, El Salvador, 2016*. Universidad de El Salvador.
- Cerón-Bastidas, X. A. (2010). El sistema ICDAS como método complementario para el diagnóstico de caries dental. *MTS/IEEE Seattle, OCEANS 2010*, 28(2), 100–109. <https://doi.org/10.1109/OCEANS.2010.5664467>
- Díaz Guzmán, L. M., & Castellanos Suárez, J. L. (2004). Lesiones de la mucosa bucal y comportamiento de la enfermedad periodontal en embarazadas. *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal* (Ed. impresa), 9(5), 430–437. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1698-44472004000500009&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- León, G. R., García, R. G., & Guerrero, R. R. (2002). Relación entre la prevalencia de caries dental y embarazo. *Revista ADM Órgano Oficial de la Asociación Dental Mexicana*, 59(1), 5–9. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=5392>
- García Piña, R; Navarro Sanchez, C. (2011). Sistemas de vigilancia epidemiológica. In Panamericana (Ed.), *Manual de Epidemiología y Salud pública* (2a ed., pp. 125–129).
- Gómez-Delgado, A., & Montero-Aguilar. (2012). Razones para la extracción de piezas dentales en la Facultad de Odontología, Universidad de Costa Rica. *Odovtos - International Journal of Dental Sciences*, 0(13), 36–41.
- Herrada, L., & Hernández-Añaños, J. (2012). Traumatismos dentales en dentición permanente [Revista]. *Revista Estomatológica Herediana*, 22(1), 42–49.
- Khatibi, M., Niromanesh, S., Abhari, S. Y., & Falakaflaki, N. (2013). Prevalence of Pregnancy Tumor (Pyogenic Granuloma) and Related Factors in Pregnant Women Referred to Tehran Mirza Kuchak Khan Hospital during 2010-2011. *The Iranian Journal of Obstetrics, Gynecology and Infertility*, 16(71), 1–6. <https://doi.org/10.22038/IJOGI.2013.1942>
- Kuffel, V. (2010). *UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS; CLASIFICACIÓN DE LA POSICIÓN DE LOS TERCEROS MOLARES Y SU MAYOR INCIDENCIA;*
- Lanza, L., & Pérez, M. (2015). Lesiones elementales de la mucosa bucal. Guía para el diagnóstico clínico de patologías de la mucosa bucal. *Actas*

- Odontológicas*, 7, 14–20. <https://doi.org/https://doi.org/10.22235/ao.v12i1.917>
- Marcenes, W., Kassebaum, N. J., Bernabé, E., Flaxman, A., Naghavi, M., Lopez, A., & Murray, C. J. L. (2013). Global burden of oral conditions in 1990-2010: A systematic analysis. *Journal of Dental Research*, 92(7), 592–597. <https://doi.org/10.1177/0022034513490168>
- Marcenes W, Kassebaum NJ, Bernabé E, Flaxman A, Naghavi M, Lopez A, M. (n.d.). *Carga mundial de afecciones bucales en 1990-2010*.
- Ministerio de salud. (2012). *Diagnóstico nacional de salud bucal*. El Salvador; MINSAL. http://asp.salud.gob.sv/regulacion/pdf/otrosdoc/diagnostico_nacional_salud_bucal.pdf
- Ministerio de Salud El Salvador. (2021). *Manual de procedimientos clínicos odontológicos*.
- Miranda O; Reyes S. (2016). *Mortalidad de dientes permanentes y sus principales causas en usuarios de las Unidades Comunitarias de Salud Familiar de los municipios de Cuscatancingo y La Palma, El Salvador, 2016*. Universidad de El Salvador.
- MSPAS. (2012). *Diagnóstico Nacional de Salud Bucal, 2012*. Disponible en: http://asp.salud.gob.sv/regulacion/pdf/otrosdoc/diagnostico_nacional_salud_bucal.pdf.
- Quijada J, Figueroa N, R. L. (2015). *Factores socio-demográficos de las madres y su influencia en la severidad de caries de temprana infancia, en tres unidades comunitarias de salud familiar durante el año 2015*. [Tesis]. Universidad de El Salvador, Facultad de Odontología; 2015. Universidad de El Salvador.
- Ramírez, F., & Pérez, B. (2010). Causas más frecuentes de extracción dental en la población derechohabiente de una unidad de medicina familiar del Instituto Mexicano del Seguro Social. *Revista Asociación Dental Mexicana*, 67(1), 21–25.
- Wagle M, D'Antonio F, Reierth E, Basnet P, Trovik TA, Orsini G, et al. (2018). Dental caries and preterm birth: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open [Internet]*, 8(3).
- WHO. (2020). *Salud bucodental*. Ginebra: OMS; <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/oral-health>

Esta página está dejada intencionalmente en blanco



DOI: 10.5377/revminerva.v6i3.17354

Artículo Científico | Scientific Article

Diagnóstico del manejo de Residuos Peligrosos Biológicos Infecciosos generados en Hospital Nivel II en México

Diagnosis of the management of Biological Infectious Hazardous Waste generated in Hospital Level II in Mexico

Marco Arturo Arciniega Galaviz¹

Correspondencia:

marco.arciniega@uadeo.mx

Presentado: 6 de agosto de 2023

Aceptado: 24 de noviembre de 2023

¹ Universidad Autónoma de Occidente, Los Mochis, Sinaloa, México. <https://orcid.org/0000-0001-8532-7130>

RESUMEN

Dentro de los principales problemas que presentan las instituciones de atención a la salud es el manejo incorrecto de residuos peligrosos biológicos infecciosos (RPBI) lo cual representa un riesgo de infección para las personas y contaminación del medioambiente. El objetivo de la investigación es diagnosticar el manejo de RPBI de acuerdo a las especificaciones de la NOM-087-ECOL-SSA1-2002 en un hospital nivel II de Los Mochis, Sinaloa. Se diseñó y aplicó un cuestionario con 20 preguntas a 30 empleados de intendencia y enfermería, con el propósito de medir el conocimiento que poseen en la recolección, almacenamiento y transporte de los residuos. Se realizaron recorridos periódicos mediante una lista de verificación para revisar el cumplimiento de la norma. El 77 % del personal sabe cómo manejarlos y el cuidado que deben de tener especialmente con punzocortantes, el 80 % conoce el correcto almacenamiento de acuerdo al tipo de estas sustancias peligrosas y el 40 % de los empleados encuestados desconoce acerca del equipo de protección personal que debe de usar. Aunque existe, en México, una legislación en materia de manejo de RPBI, no es aplicada de manera efectiva por desconocimiento, falta de capacitación o supervisión dentro de los centros de atención a la salud.

Palabras clave: contaminación, residuos peligroso biológico infeccioso, salud, verificación

ABSTRACT

Among the main problems presented by health care institutions is the incorrect handling of infectious biological hazardous waste (RPBI), which represents a risk of infection for people and contamination of the environment. The objective of the research is to diagnose the management of RPBI according to the specifications of NOM-087-ECOL-SSA1-2002 in a level

II hospital in Los Mochis, Sinaloa. A questionnaire with 20 questions was designed and applied to 30 mayor and nursing employees, with the purpose of measuring the knowledge they have in the collection, storage and transport of waste, periodic tours were carried out through a checklist to review compliance of the rule. 77% of the staff knows how to handle them and the care they should have, especially with sharps, 80% know the correct storage according to the type of these dangerous substances and 40% of the surveyed employees are unaware of the personal protective equipment they must use. Although there is legislation in Mexico on the management of RPBI, it is not applied effectively due to ignorance, lack of training or supervision within health care centers.

Keywords: Pollution, Hazardous Biological Infectious Waste, health, verification

INTRODUCCIÓN

En el año 2002 se publica en México la NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002 «Protección Ambiental-Salud Ambiental Residuos Peligrosos biológico infecciosos- Clasificación y especificaciones de manejo» la cual tiene como objetivo establecer la clasificación de los residuos peligrosos biológicos infecciosos (RPBI) así como las especificaciones para su manejo, esta norma es de observancia obligatoria para los establecimientos que generen RPBI. En México existen 1380 hospitales públicos y 2885 privados, siendo los públicos los que más generan por tener una mayor cantidad de derechohabientes, por ejemplo, el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), atiende a 71.2 millones de mexicanos (IMSS, 2022). De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (2018), los países de ingresos elevados generan en promedio hasta 0,5 kg de desechos peligrosos.

Los residuos peligrosos son aquellos materiales generados durante los servicios de atención médica que contengan agentes biológico-infecciosos y que puedan causar efectos nocivos a la salud y al ambiente (SEMARNAT, 2002). Dentro de estos residuos se encuentran

la sangre y sus componentes (hemoderivados, células hematopoyéticas, células progenitoras), residuos patológicos (partes extirpadas como tejidos u órganos), punzocortantes (lancetas, bisturíes, agujas), no anatómicos (materiales de curación, recipientes desechables empapados con sangre o fluidos corporales) y cepas y cultivos (cultivo de agentes biológicos infecciosos, y utensilios desechables empleados para inocular, contener o transferir agentes biológicos infecciosos) (Mex et al, 2020).

Estos residuos deben de ser manejados, transportados y almacenados en los centros de trabajo donde se brinda atención médica de acuerdo a las especificaciones de la legislación ambiental en materia de RPBI, los contenedores, envases ya sean bolsas de plásticos o recipientes de plástico rígido deben de ser etiquetados con el símbolo universal de RPBI, los residuos patológicos que no se encuentren en formol deben de refrigerarse a no más de 4 °C, se deben emplear bolsas con colores de acuerdo al residuo que contenga, las bolsas y recipientes con residuos patológicos deben de ser de color amarillo, mientras que el resto son de color rojo (Perales y Gómez, 2012).

Es importante que los lugares que proporcionen servicios de atención médica determinen a qué categoría de generadores de residuos peligrosos infecciosos pertenecen, existen tres niveles (I, II y III), siendo los de nivel III los que más residuos generan, son unidades hospitalarias con más de 60 camas, o son laboratorios clínicos que realizan más de 200 análisis al día o establecimientos que generan más de 100 kilogramos de RPBI al mes (Jauregui et al, 2015). Dependiendo del nivel del establecimiento son las obligaciones que deben de cumplir de acuerdo a la NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002.

Como cualquier residuo peligroso, los RPBI deben de ser entregados a empresas autorizadas para que sean transportados y se les dé una disposición final adecuada, de manera segura para las personas y el medioambiente.

Los establecimientos de nivel III no deben de tener almacenados sus RPBI dentro de la empresa por más de siete días, nivel II, no más de 15 días y nivel I hasta 30 días (Mora, 2019)

Del total de residuos peligroso generados en México en el año 2018, el 6.9 % pertenecen a RPBI con una cantidad de 164 975 toneladas, el 56.3 % correspondió a residuos anatómicos, el 20.3 % fueron residuos patológicos, el 14.8 % objetos punzocortantes, el 5 % sangre y sus componentes y 3.7 % fueron cultivos y cepas (Semarnat, 2018).

Los daños a la salud de las personas pueden ocurrir por heridas con objetos punzocortantes al manipular agujas, lancetas, bisturíes que fueron utilizadas en pacientes sospechosos con enfermedades como VIH-Sida, hepatitis B o C, coronavirus, entre otros (Palomino, 2018).

El medioambiente también tiene riesgo de contaminación por los RPBI, al liberar microorganismos patógenos y sustancias tóxicas a cuerpos de agua, suelo y subsuelo. El aire también es contaminado al incinerar RPBI a una temperatura entre los 200 °C y 500 °C ya que se podrían generar dioxinas y furanos (Sarra, 2018) considerados como sustancias químicas cancerígenas (OMS, 2016), es por eso la importancia de que los centros de atención a la salud y actividades relacionadas conozcan y lleven a cabo las especificaciones marcadas en la legislación en materia de residuos peligrosos.

Debido a que los generadores de RPBI no conocen las normas y en caso de conocerlas no las ejecutan al 100 %, las autoridades, entre 2009 y 2017, realizaron 3 478 visitas de inspección a estos establecimientos, los cuales comprenden unidades de servicios médicos y hospitalarios, incluyendo clínicas, laboratorios y centros de investigación. De estas visitas 1 155 (33.2 %) presentaron total cumplimiento de la normatividad, 2 320 (66.7 %) presentaron infracciones menores y 3 requirieron de clausura temporal (0.09 %). En 2017 se realizaron 271 inspecciones, de las cuales, en 62 casos

(22.9 %) no se detectaron irregularidades y en 209 (77.1 %) se constataron irregularidades leves (Semarnat, 2018).

En México, la Procuraduría de Protección al Ambiente (PROFEPA), recibió denuncias, supervisó y sancionó lugares donde el manejo de los RPBI no era de acuerdo a la legislación ambiental (Tabla 1).

Con lo anterior se puede ver que existe en México un problema en el manejo de los RPBI, en los lugares donde se genera y en las empresas que proporcionan el servicio de transporte y almacenamiento, representando un riesgo a la salud de las personas que están en contacto con estas sustancias peligrosas y al medioambiente al ser depositados en basureros clandestinos y rellenos sanitarios.

Se han realizado estudios para saber que tanto conocen los empleados de hospitales el manejo correcto de los RPBI (Tabla 2).

El problema sobre el nivel de conocimiento y buenas prácticas de los residuos peligrosos biológicos infecciosos se presenta en diferentes países de América Latina. Quinto et al (2012), evaluaron el conocimiento y practica de los trabajadores en un hospital en Chocó, Colombia, el 40 % mostró conocimientos no satisfactorios, y en la practica el 17.9 % se desempeñó de manera regular, el personal del laboratorio clínico mostró el mayor conocimiento con un 89 %, la falta de conocimiento y practica en el manejo de residuos hospitalarios fue un problema de manera general en el hospital.

Vallejo et al (2017), en estudio sobre el manejo de desechos infecciosos hospitalario en un centro de salud en Ecuador encontraron que los derechos no estaban identificados, no se utilizaba el equipo de protección personal y que no se cumplía con las especificaciones de la legislación en materia de desechos infecciosos hospitalarios de Ecuador.

Torres (2004), en su tesis de maestría realizó un diagnóstico del manejo de desechos sólidos

Tabla 1

Supervisión y hallazgos de la PROFEPA en el manejo de los RPBI

Lugar	Año	Hallazgo
Municipio de Cuautinchán, Puebla, México	2023	El centro de acopio realizaba el servicio de recolección, transporte, acopio y tratamiento de RPBI sin contar con resolutive en materia de impacto ambiental, ni autorización de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) para prestar servicios de incineración y esterilización de estos residuos (PROFEPA, 2023).
Municipio de Nicolás Romero, en el Estado de México, México	2020	Se encontraron 3.5 toneladas de RPBI en 30 metros cuadrados, en donde aún se pudieron reconocer bolsas rojas con leyenda y símbolo universal de riesgo biológico que contenían residuos biológicos infecciosos no anatómicos como cepas y cultivos incinerados casi en su totalidad (PROFEPA, 2020).
Xonacatepec, Puebla, México	2020	Se encontró un total de 2.5 toneladas de RPBI sobre el suelo natural y a cielo abierto en las siguientes cantidades: 700 kg de sangre, 200 kg de cultivos y cepas, 1000 kg de no anatómicos, 200 kg de punzocortantes, 20 kg de patológicos y 400 kg de medicamento caduco (PRPFEP, 2020).
Municipio de Colima, Colima, México	2020	Se sancionó a hospital que no contaba con la bitácora de registro de la cantidad y tipo de residuos que genera periódicamente ni tampoco presentó los documentos que comprobaran que los residuos eran depositados en un lugar adecuado autorizado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) (PROFEPA, 2018).
Municipal de Cuxtal, en Mérida, México	2018	Se encontraron residuos peligrosos biológicos infecciosos sobre suelo natural y a cielo abierto, en el terreno se encontraban medicamentos caducos, objetos punzocortantes, utensilios utilizados para cultivos de agentes biológico infecciosos y residuos no anatómicos (PROFEPA, 2018).

hospitalitos en el sistema básico de salud integral en El Salvador, el 72.6 % del personal comentó que no han recibido capacitación en el manejo correcto de los desechos hospitalarios, algo importante es que el personal solo segrega en los hospitales residuos punzocortantes, de manera general, no existe un sistema de etiquetado, acumulación, recolección y transporte interno, por lo que recomiendan monitoreo y concientizar a todo el personal.

González (2021), en su tesis estudió el conocimiento, actitudes y prácticas en el manejo de desechos hospitalarios en un nosocomio de Nicaragua, encontró que el personal presenta un adecuado conocimiento, actitud y práctica.

METODOLOGÍA

Se realizó un estudio descriptivo, transversal y observacional, con el propósito de llevar a cabo el objetivo planteado en este trabajo de investigación, para esto se aplicaron dos instrumentos de investigación para evaluación al personal y a los procedimientos que se practican en el hospital, uno fue la aplicación de listas de verificación y un segundo fue aplicar una evaluación mediante cuestionarios al personal de todas las áreas de trabajo con el propósito de conocer cuáles son sus conocimientos acerca del manejo de RPBI.

Para revisión bibliográfica se seleccionaron trabajos de investigación realizando una

Tabla 2

Investigaciones realizadas sobre el manejo de los RPBI

Nombre del artículo	Año	Resultados
Manejo de residuos peligrosos biológico-infecciosos por el personal de enfermería del Hospital General de Iguala Guerrero	2014	Solo 39 % del personal de enfermería conoce satisfactoriamente las disposiciones que indica la NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002 (Lugo et al, 2014).
Estrategias de mejora del plan de manejo integral de residuos peligrosos biológicos infecciosos en el Hospital regional de zona 5 del IMSS en el municipio de Zacatepec, Morelos.	2022	<p>Se determinó que dentro del hospital no se implementa adecuadamente el manejo de RPBI conforme lo establece NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002.</p> <p>Se detectó un buen nivel de conocimientos de la normatividad en materia de RPBI entre los trabajadores del hospital, sin embargo, no se ejecuta como debiera, lo cual coloca al trabajador en riesgo laboral.</p> <p>Al momento de la recolección de los RPBI, los encargados no cuentan con el equipo adecuado para realizar esta actividad, así mismo carecen de bitácora, y báscula (Mora, 2022).</p>
Conocimiento sobre el Manejo de Residuos Peligrosos Biológicos Infecciosos en la Universidad de la Cañada	2015	El 45.5 % desconoce la definición de generación de residuo, el 100 % conoce la definición de residuo, el 94.5 % el de residuo peligroso y el 100 % el de residuo biológico infeccioso. Un 81.8 % de los alumnos conoce el símbolo utilizado para los residuos biológico-infecciosos, el 54.4 % conoce el color que deben tener las bolsas para almacenar residuos patológicos, un 81.8 % conocen el lugar correcto para colocar objetos punzocortantes, y un 72.7 % sabe dónde depositarlos, el 90.9 % sabe qué hacer cuando los contenedores de punzocortantes están llenos a su capacidad máxima, sin embargo, sólo el 50 % conoce qué debe hacerse con las excretas de un paciente (Zúñiga et al, 2015).
Manejo de Residuos Peligrosos Biológico-Infecciosos (RPBI) en una institución de salud	2015	<p>En la identificación y envasado, el 2.4 % no cumplió con las disposiciones legales.</p> <p>La fase de recolección interna de los RPBI, presentó un incumplimiento de 48.6 % y durante su manipulación, los RPBI se mezclaron con residuos de tipo no peligroso.</p> <p>El personal de limpieza (8 %) y la falta de equipo de protección para estos, propician el riesgo ocupacional (Jáuregui, 2015).</p>
Diagnóstico del cumplimiento ambiental en materia de residuos peligrosos biológicos infecciosos (RPBI) del Centro de Salud 2 Núcleos Básicos Santa Cruz, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas	2020	<p>El 90 % realiza de forma adecuada la separación, envasado y etiquetado de los Residuos Peligrosos.</p> <p>El 80 % del personal que laboratorio tiene un alto porcentaje de conocimiento sobre el manejo de los RPBI, pero relativamente bajo sobre la norma que la regula.</p> <p>El 100 % de señalización de aviso de RPBI es adecuada para su identificación (Gómez, 2020).</p>

búsqueda con las palabras clave: residuos peligrosos biológicos infecciosos, residuos hospitalarios y RPBI en sistemas de indización como Scielo, Redalyc, Redib y Doaj, en

directorios y catálogos como Latindex, Google académico, principalmente en artículos realizados en México y países de Latinoamérica.

Lista de verificación

Con el propósito de corroborar el correcto envasado, rutas de traslado y almacenamiento de los RPBI dentro del hospital se aplicó una lista de verificación con 15 puntos a revisar en los tres distintos horarios de trabajo (7 a. m.-3 p. m., 3 p. m.-11 p. m. y 11 p. m. -7 a. m.). Durante el recorrido se llenó la lista anotando «si cumple», «no cumple o no aplica» y se anotaron observaciones en caso de que hubiera.

La lista de verificación se diseñó de acuerdo a las especificaciones de la Norma Oficial Mexicana (NOM) en materia de RPBI, y se aplicó en todas las áreas del hospital.

Con este instrumento de investigación se evaluó si el envasado era el correcto, de acuerdo al color (rojo o amarillo) y tipo de envase (bolsa o recipiente rígido hermético), también se evaluó si los residuos no se mezclaban con otros, por ejemplo, los de manejo especial o residuos sólidos urbanos. Se revisó el nivel de llenado de los envases, la temperatura del refrigerador con patológicos la cual no debe superar los 4 °C, que la señalética estuviera presente y buenas condiciones, se revisó que el personal que maneja RPBI contara con el equipo de protección adecuado, que no hubiera residuos fuera de los lugares asignados y que el almacén estuviera funcionando de acuerdo a la NOM.

Evaluación del nivel de conocimiento del personal de la NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002

Se llevó a cabo una evaluación con ayuda de un cuestionario al personal de hospital, en específico a quienes están directamente relacionados con los RPBI, los cuales son enfermería e intendencia. La evaluación constó de 20 preguntas dividido en 5 categorías (Tabla 3) de acuerdo a lo establecido en la Nom-087-SEMARNAT-SSA1-2002.

Para la aplicación de la evaluación se tomaron 2 días de la semana: jueves y viernes, fijándose los horarios de manera que pueda ser atendido

Tabla 3

Categorización de las preguntas incluidas en el cuestionario de evaluación al personal del hospital

Categoría	Aspectos a evaluar
1	Identificación de residuos.
2	Envasado de los residuos.
3	Almacenamiento temporal.
4	Recolección y transporte externo.
5	Tratamiento.

por el personal. Se aplicaron 30 encuestas que corresponden al total de empleados que trabajan en el hospital en el área de enfermería e intendencia. Como parte de la evaluación se cuestionó a los empleados sobre el significado de las siglas RPBI, identificación del símbolo universal de este tipo de residuo, si conocían el color de los envases de acuerdo al residuo que se depositaría, capacidad máxima de llenado, se preguntó sobre el equipo de protección personal que se requiere de acuerdo a la actividad en el manejo de RPBI, la rutas que deben seguir los residuos desde el lugar que se generan hasta el almacén temporal.

Con los resultados obtenidos en las encuestas y lista de verificación, se elaboró una base de datos con el programa Excel, del cual se obtuvieron distribuciones de porcentajes y se construyeron gráficas de barra para poder representar los resultados.

Validación del instrumento de investigación

La validación de los instrumentos de investigación se realizó por juicio de expertos los cuales revisaron la lista de verificación y el cuestionario aplicado, como resultado de la revisión se realizaron algunos cambios en estos instrumentos, posteriormente se realizó una prueba piloto del cuestionario con 10 empleados del hospital con el objetivo de hacer cambios en caso de que las preguntas no fueran entendidas, mal interpretadas de tal manera que las respuestas sirvieran a la

investigación, de igual manera se realizaron algunos ajustes a este instrumento de investigación. Los aspectos a verificar de la lista fueron en base a las especificaciones de la NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1, se presentan el número de aciertos y errores en las encuestas aplicadas al personal del hospital.

Como resultado tenemos que el 80 % del personal conoce en qué tipo de bolsa deben de ir los residuos de acuerdo a sus características. Pero es importante mencionar que el 20 % que no tiene este conocimiento, podría colocar objetos punzocortantes, partes extirpadas de personas o animales en bolsas rojas representando un grave peligro de contaminación o daños a la salud de las personas que pudieran estar en contacto.

El 87 % del personal utiliza el color de bolsa adecuado para depositar la basura común y de esta manera evitar mezclarla con RPBI. Es importante este aspecto ya que, de lo contrario,

podrían ser depositados en los rellenos sanitarios o tiraderos a cielo abierto en caso de colocar RPBI en las bolsas de la basura común.

El 53 % del personal desconoce con qué frecuencia realizar la recolección, esto pudiera provocar que las áreas donde son colocados los RPBI generados rebasen la capacidad de almacenamiento de las bolsas o contenedores.

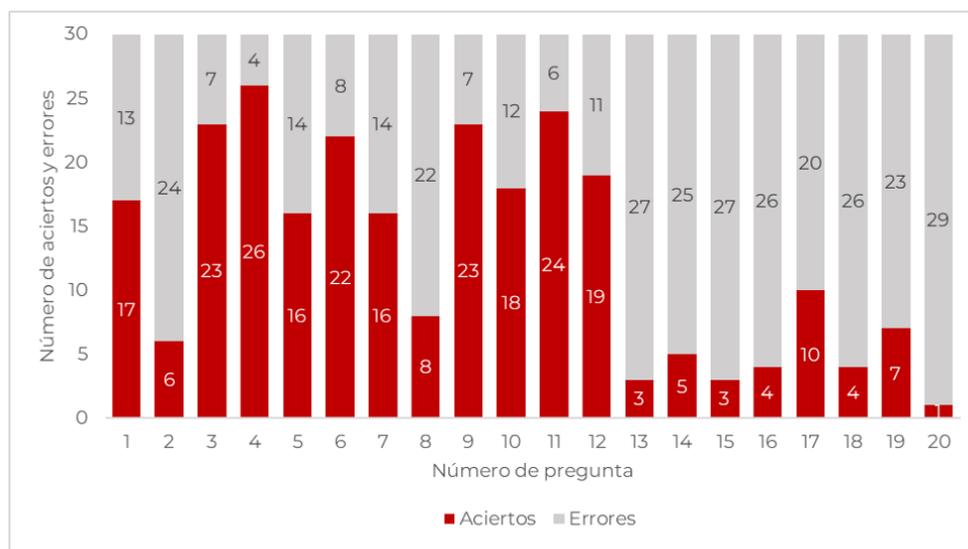
El 73 % de los encuestados identifica el símbolo universal de los RPBI, lo cual ayuda a que el personal se percate de la existencia de estos residuos en lugares inadecuados y tengan los cuidados suficientes en su manejo.

Los resultados arrojan que poco más de 50 % del personal conoce el sustento legal para el manejo adecuado de RPBI. Es importante este aspecto ya que son personas que constantemente estarán en contacto con los residuos peligrosos biológicos infecciosos.

El personal destaca por su conocimiento sobre el almacenamiento adecuado de los residuos patológicos, los cuales de acuerdo a la NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002 los RPBI deben depositarse en bolsas de color amarillo, como

Figura 1

Número de aciertos y errores en las preguntas del cuestionario



Nota. La figura muestra el número de aciertos y errores para las 20 preguntas que conforman la evaluación sobre el manejo de RPBI. Fuente: elaboración propia.

podieran ser, partes extirpadas de personas o animales.

En la Figura 2, se presentan los resultados obtenidos de las listas de verificación establecidas por la NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002, dentro del hospital.

Un error común es mezclar los residuos sólidos urbanos con residuos peligrosos, en esta ocasión se observaron contenedores con mezcla de residuos (40 %) del total de veces que se revisaron. Lo que representa un foco de infección para el relleno sanitario del municipio, ya que la basura recolectada en la ciudad es llevada para su control en este tipo de infraestructura.

Un 10 % no cumplieron la selección del tipo de envase de acuerdo al RPBI, del total de ocasiones que se revisaron los contenedores, el 90 % se encontraron los residuos en sus contenedores correspondientes, patológicos en contenedores amarillos y el resto en contenedores rojos.

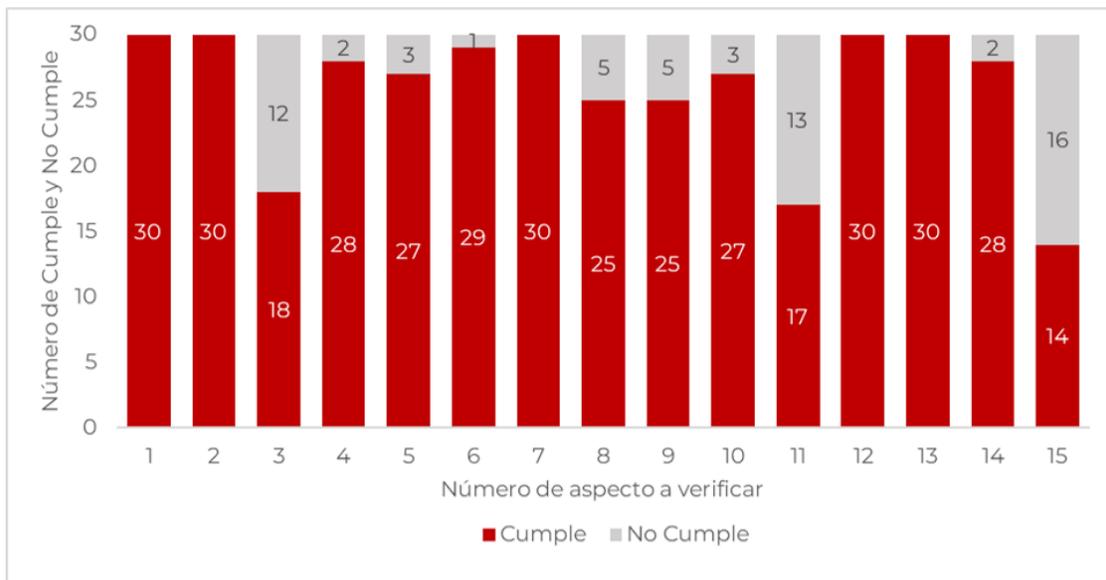
El 90% de las ocasiones en que se inspeccionaron los contenedores de los RPBI, no se rebasaba el 80 % de llenado lo que evita derrames, fugas de los residuos peligrosos biológicos infecciosos.

La mitad de las ocasiones que se realizó la verificación, se encontró que el personal no contaba con el equipo de protección personal adecuado al momento de realizar el manejo de los residuos, aumentando el riesgo de un accidente, como pinchadura con punzocortantes en el cuerpo, o salpicadura de algún líquido corporal en los ojos o boca.

El hospital nivel II tiene una alta incidencia de errores en cuanto al manejo del RPBI, debido a que el personal no tiene los conocimientos sobre las especificaciones de la norma oficial mexicana en materia de residuos peligrosos biológicos infecciosos, ni las instalaciones son las óptimas para realizar de manera adecuada una recolección, clasificación y disposición final de los residuos.

Figura 2

Resultado de aplicar la lista de verificación a las instalaciones del hospital



Nota. La figura muestra los resultados de la aplicación de la lista de verificación al hospital de acuerdo a la NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002. Fuente: elaboración propia.

Otro aspecto importante es que no hay personal que se dedique estrictamente a la recolección y manejo de RPBI, sino que dicha tarea es realizada por personal de intendencia sin el equipo de protección personal adecuado lo que implica que manejan de manera directa los residuos aumentando el riesgo de contraer alguna enfermedad por contagio. La ruta de traslado es directamente por la sala de espera exponiendo no solo a pacientes y trabajadores sino también a familiares que ahí esperan.

No se cuenta con un almacén temporal de residuos que cumpla con todas y cada una de las especificaciones que se establecen en la norma. Por ejemplo, un almacén temporal debe contar con un congelador ubicado en el área de lavadoras y secadoras del hospital, lo cual implica violación a la ley que rige esta clase de trabajos.

En la recolección externa del RPBI se observa que tampoco están apegados a la normativa vigente, esto porque el personal de recolección no está capacitado para ejercer estas labores, tampoco se cuenta con manifiestos de entrega y transporte de residuos peligrosos, destacando con esto que ni la empresa recolectora ni el hospital llevan un control de la cantidad de residuos y su clasificación que salen de las instalaciones.

Con base a lo anterior se recomienda:

- Mejoramiento de infraestructura, instalaciones y equipamiento para el manejo, transporte y almacenamiento de los residuos peligrosos biológicos infecciosos.
- Asignar a un responsable técnico, que se encargue del manejo de los RPBI, con los conocimientos, habilidades y responsabilidad de recolectar los RPBI, envasarlos, llevarlos al almacén, entregarlos a una empresa autorizada en México para dar los servicios de recolección, transporte y disposición

final, de igual manera capacitar a enfermeras, intendencia y médicos en el manejo correcto de los residuos y mantener una supervisión en las distintas áreas del hospital.

- Instalar un almacén temporal de residuos peligrosos dentro del hospital que cumpla con las especificaciones de la Norma, que se encuentre retirado de la cocina, sala de espera, oficinas, baños, farmacia, quirófanos y demás áreas donde se encuentren los pacientes. El almacén debe de contar con acceso restringido, refrigerador con una temperatura no mayor a 4 grados centígrados y contenedores para colocar los residuos recolectados dentro de las distintas áreas del hospital.
- Capacitación al personal para aumentar el nivel de conocimiento acerca del manejo de RPBI en la recolección dentro de los cuartos de envasado, que el envasado sea en las bolsas y recipientes de plástico de acuerdo a su color, trasladarlos al almacén por las rutas diseñadas para evitar el contacto con otras personas y en el uso del equipo de protección personal.
- Pedir a la empresa recolectora que cumpla con los requerimientos de acuerdo a los lineamientos legales para la manipulación y transporte del RPBI, para esto el encargado de entregar los residuos debe de verificar que sea la empresa autorizada, que los camiones se encuentren refrigerados, que el chofer esté en condiciones de conducir y se proporcione el manifiesto de entrega, transporte y disposición de los residuos.
- Es importante llevar un control de RPBI mediante bitácoras de generación de residuos, así como estadísticos que ayuden a determinar cuáles son los

errores más comunes que se realizan, que áreas del hospital son las que más generan residuos esto permitirá establecer estrategias para reducir la cantidad de residuos generados y minimizar los errores cometidos por el personal del hospital.

CONCLUSIONES

El mal manejo del RPBI se debe tanto a la falta de conocimiento del tema por parte del personal del hospital, así como a la falta de supervisión dentro del hospital. Además, es importante que las autoridades hagan cumplir la legislación ambiental mexicana con sus respectivas sanciones.

Es necesario para cumplir con las especificaciones de la NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002, que el hospital cuente con una infraestructura idónea, como un lugar seguro para almacenar de manera temporal a los residuos peligrosos biológicos infecciosos generados en las actividades diarias, contar con una persona exclusiva para llevar a cabo una inspección del manejo correcto de los RPBI y que se lleve un control a manera de bitácora de los movimientos realizados con los residuos dentro y fuera del hospital.

Aunque estos resultados se obtuvieron de un hospital nivel II en México, coincide con estudios realizados en otras ciudades del país y en otros lugares del mundo, la falta de conocimientos y supervisión dentro del hospital es un error común que puede producir accidentes de contagio de enfermedades que involucre al personal del hospital o a cualquiera que entre en contacto con los RPBI, de igual manera, se pueden ocasionar daños al suelo, aire y cuerpos de agua contaminando de esta manera a los ecosistemas.

REFERENCIAS

- Gómez-García, R. (2020). *Diagnóstico del cumplimiento ambiental en materia de residuos peligrosos biológico infecciosos (RPBI) del Centro De Salud 2 Núcleos Básicos Santa Cruz, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas* [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Chiapas]. Repositorio de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.
- González Navarro, Ana Carolina (2021) *Conocimientos, Actitudes y Prácticas del personal de salud en el manejo de los desechos sólidos hospitalarios en el Hospital Regional Santiago de Jinotepe.* [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua]. Repositorio de la UNAN.
- Jáuregui-Medina, C., Rodríguez-Castañeda, I., Ramos-Ramírez, L., C. Figueroa-Morales, J., R., y Roberto-Padilla Noriega, R. (2015). Manejo de Residuos Peligrosos Biológico-Infecciosos (RPBI) en una institución de salud. *Revista Waxapa*, 7(12), 22-26.
- Lugo-Galán, G., Alzúa-Ramírez, V., H., Fábian-Lagunes, A., Cuevas-Jaimes, B., L., Nevárez-Bustos, H. (2014). Manejo de residuos peligrosos biológico-infecciosos por el personal de enfermería del Hospital General de Iguala Guerrero. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*. Vol. 10, Núm. 20.
- México. Instituto Mexicano del Seguro Social. (2022). Con 79 años de existencia, el IMSS ha demostrado su capacidad de respuesta ante desastres naturales y crisis sanitarias. No. 030/2022. Gobierno de México.

- Mex-Álvarez, R. M. de J., Garma-Quen, P. M., & León-Reyes, W. del J. (2020). Manejo de residuos peligrosos biológicos e infecciosos en una escuela de química de nivel superior. *RIDE Revista Iberoamericana Para La Investigación Y El Desarrollo Educativo*, 10(20). <https://doi.org/10.23913/ride.v10i20.651>
- Mora-Martínez, D. (2022). *Estrategias de mejora del plan de manejo integral de residuos peligrosos biológicos infecciosos en el hospital regional de zona 5 del IMSS en el municipio de Zacatepec, Morelos*. [Tesina, Universidad Autónoma del Estado de Morelos Centro de Investigación en Biotecnología]. Repositorio Institucional de Acceso Abierto de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. <http://riaa.uaem.mx/xmlui/handle/20.500.12055/2211?show=full>.
- Organización Mundial de la Salud. (8 de febrero de 2018). *Desechos de las actividades de atención sanitaria*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/health-care-waste>.
- Palomino Rosas, F. S. (2018). El VIH/SIDA: Exposición del trabajador de salud en el Perú. *Biblioteca*. <https://www.aidtss.org/el-vih-sida-exposicion-del-trabajador-de-salud-en-el-peru>.
- Perales, G. y Gómez, C. (2012). Manual de procedimientos para el manejo de sustancias CRIT y RPBI. *Instituto Nacional de Salud Pública*. Morelos México. https://www.insp.mx/images/stories/INSP/Docs/normateca/RegCientifica/140116_Manual_CRETI_RPBI.pdf
- PROFEPA. (2023). *Clausura Profepa centro de acopio de residuos peligrosos biológico-infecciosos en Puebla, por no cumplir con su manejo adecuado*. Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.
- PROFEPA. (2020). *Supervisa Profepa la recolección y disposición final de los residuos hospitalarios abandonados en el municipio de Nicolás Romero*. Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.
- PROFEPA. (2020). *Supervisa Profepa el retiro de 3.2 toneladas de residuos peligrosos biológico - infecciosos de un predio en Xonacatepec, Puebla*. Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
- PROFEPA. (2018). *Sanciona Profepa a hospital de especialidades médicas por mal manejo de residuos peligrosos, en Colima*. Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.
- PROFEPA. (2018). *Clausura Profepa superficie de 500 m2 en reserva Cuxtal, Yucatán, por indebido manejo de residuos peligrosos biológico infecciosos (RPBI)*. Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.
- Quinto-Mosquera, Yulenny, Jaramillo-Pérez, Luz Marina, & Cardona-Arias, Jaiberth Antonio. (2013). Conocimientos y prácticas de los trabajadores de un hospital sobre el manejo de residuos hospitalarios, Chocó, Colombia, 2012. *Medicas UIS*, 26(1), 9-20. Retrieved September 22, 2023, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-03192013000100002&lng=en&tlng=es.
- Sarra, A. J. (2018). Dioxinas y furanos derivados de la combustión. *Perspectivas: Revista Científica de la Universidad de Belgrano*, V 1, No. 1, 2018. <https://revistas.ub.edu.ar/index.php/Perspectivas/article/download/15/16/>

Semarnat. (2018). *Residuos*. Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas. <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/tema/cap7.html>

Torres-Molina, E. (2004). Diagnóstico del manejo de los desechos sólidos hospitalarios en el Sistema Básico de Salud Integral (SIBASI), La Libertad, El Salvador. [Tesis de Maestría, Universidad de El Salvador]. Repositorio Institucional UES.

Vallejo, M., Cherres, J., Mas, M. y Muñoz, M. (2019). Manejo de desechos infecciosos hospitalarios en el centro de salud "Cordero Crespo". Ecuador 2017. *Revista de Investigación Talentos*. Volumen VI. (2). [file:///C:/Users/Admin/Downloads/Dialnet-ManejoDeDesechosInfecciosoSHospitalariosEnElCentro-8551284%20\(4\).pdf](file:///C:/Users/Admin/Downloads/Dialnet-ManejoDeDesechosInfecciosoSHospitalariosEnElCentro-8551284%20(4).pdf)

Zúñiga-Lemus, O., Sánchez-Meraz, J., A., González-Montiel, L., González-González J., S. (2015). Conocimiento sobre el Manejo de Residuos Peligrosos Biológico Infecciosos en la Universidad de la Cañada. *Revista Salud y Administración por Universidad de la Sierra Sur*, 2(4), 37-45.



DOI:10.5377/revminerva.v6i3.17356

Artículo Científico | Scientific Article

Diseño y construcción de un anemómetro ultrasónico de bajo costo utilizando tecnología IoT

Design and construction of a low-cost ultrasonic anemometer using IoT technology

Diego López¹

José Ezequiel Torres Torres¹

Correspondencia:
tt15002@ues.edu.sv

Presentado: 31 octubre de 2023
Aceptado: 1 de diciembre de 2023

¹ Escuela de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de El Salvador

RESUMEN

Los fenómenos meteorológicos como ráfagas de viento afectan a El Salvador y son monitoreados por distintas estaciones meteorológicas alrededor del país. Para complementar dichos equipos de manera local, se propuso la creación de un prototipo de anemómetro ultrasónico, agregándole otras variables de monitoreo, capacidad de transmitir datos de manera inalámbrica mediante redes IoT locales, desarrollado a partir de materiales de bajo costo y accesibles en el país, realizando una comparación entre ellos. Además, se presentaron los resultados de las pruebas de laboratorio para comprobar su funcionamiento con base a procesos normados para este tipo de instrumentos.

Palabras clave: anemómetro, ultrasonido, prototipo, medioambiente, internet de las cosas.

ABSTRACT

Meteorological phenomena such as gusts of wind affect El Salvador and are monitored by different weather stations around the country. To complement said equipment locally, the creation of a prototype of an ultrasonic anemometer was proposed, adding other monitoring variables, the ability to transmit data wirelessly through local IoT networks, developed from low-cost materials accessible in the country, making a comparison between them. Results obtained in laboratory tests were also presented to verify its operation based on standardized processes for this type of instruments.

Keywords: Anemometer, Ultrasound, Prototype, Environment, internet of things.

INTRODUCCIÓN

El anemómetro es un instrumento meteorológico que mide la velocidad del viento circundante al equipo, utilizado para el monitoreo ambiental de una zona de estudio, se ha utilizado a lo largo de su existencia como un transductor mecánico eléctrico mediante el movimiento de cazoletas y una veleta que envían señales de lectura a través de cableado a un instrumento de recolección o presentación de datos. (Caneppele, 2022)

En la actualidad y con el avance de la tecnología existen anemómetros ultrasónicos de distintos modelos, fabricados por empresas de instrumentos de meteorología (Viñas, 2020), sin embargo, estos modelos no son muy utilizados en El Salvador debido a que solo se fabrican en el exterior además de tener un alto precio excluyendo los gastos de importación. Por ello se utilizan más los anemómetros mecánicos, los cuales cumplen su función, no obstante, con el paso del tiempo sufren deterioro en sus partes móviles por la intemperie y movimiento constante. (Pindado et al., 2001).

Los anemómetros ultrasónicos comerciales que se han desarrollado son del tipo bidimensional y tridimensional, con brazos que sobresalen del cuerpo principal y terminaciones con sensores de ultrasonido formando ejes de trayectoria ultrasónica. Estos equipos basan su funcionamiento en el tiempo que la onda toma al salir del transductor emisor hasta llegar al receptor del lado opuesto, siendo el resultado, tiempo de vuelo de onda o Tof (Time of flight) (Adi Kuncara et al., 2020). Los modelos más modernos utilizan este mismo método con varias adiciones para mejorar la precisión y diseños más compactos (Hunan Rika Electronic Tech Co., 2020). Dichos anemómetros de venta se realizaban con cuerpos aleaciones metálicas, aunque con el tiempo se ha pasado a construirlos de materiales plásticos, la mayoría de ellos hechos a partir de ABS (acrilonitrilo butadieno estireno) siendo utilizado en varios

productos para exteriores (PCE Instruments, s.f.). Sin embargo, los costos de estos equipos oscilan entre los USD 200-USD 400 en sitios web de productos extranjeros enviados por correo desde China o EE.UU. (Alibaba, s.f.; Ebay, s.f.), algunos incluso superando los USD 1000. Esto vuelve menos atractivo optar por una versión ultrasónica conociendo que la versión mecánica o un anemómetro de mano son más accesibles en cuanto a costo y disponibilidad en el país (Electrónica Steren, s.f.).

Este proyecto por tanto consiste en el diseño y construcción de un prototipo de anemómetro ultrasónico que realice las mismas tareas que un anemómetro convencional (Figura 1). En su mayoría, los proyectos de anemómetros ultrasónicos consultados utilizan la técnica de tiempo de vuelo para realizar mediciones, ya sea formando ejes horizontales (Adi Kuncara et al., 2020) (Abdul Haseeb & Raja Asim, 2019) o mediante resonancia del ultrasonido (Itrium, 2020). Se realizó el diseño del prototipo basado en los modelos de ejes por poseer

Figura 1

Anemómetro ultrasónico 2D comercial (Alba Ambiente S.A., s.f.)



más información referencial. Se describe el procesamiento matemático y diseño del instrumento con base a estos modelos. Para el manejo de recepción y procesamiento de datos del anemómetro se propuso el uso del Microcontrolador Arduino Mega debido a sus características fundamentales de software libre, facilidad de programación y accesibilidad a las placas. El uso de la versión mega sobre la versión UNO más conocidas es por su mayor memoria Flash, RAM y puertos E/S (Arrow Electronics, 2017).

La mayoría de los proyectos consultados tienen un enfoque en la matemática, programación y disposición básica de los sensores, omitiendo otras áreas de la ingeniería como el diseño, normativa y estructura. Para profundizar en dichas áreas, se realizó una investigación de materiales de construcción para crear la estructura del instrumento, evaluando sus capacidades físicas, la forma de utilización y qué aplicación tienen en productos para uso en intemperie (AdrecoPlastics, s.f.)(SyBridge Technologies, 2021), junto a alternativas que sean accesibles dentro del país, que puedan ser realizadas de manera rápida y con bajo costo.

Además, para complementar el prototipo a construir se tomó la decisión de agregar otros sensores y funcionalidades. Entre los sensores agregados se dispuso de dos lecturas básicas de ambiente como son la temperatura y humedad, los cuales pueden tener un efecto sobre la velocidad del viento y el ultrasonido (masterDbplus, 2017; Trans-African Hydro-Meteorological Observatory [TAHMO], s.f.).

Se incluyó también un sensor capaz de detectar la intensidad de luz UV en la zona donde se ubica el instrumento. En el verano no solo sube la temperatura si no que la poca formación de nubes permite que los rayos UV incidan más sobre la salud de la población, los cuales pueden causar daños a la piel o cáncer al exponerse a ellos de manera prolongada (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2022). Existe una clasificación de la severidad

de la radiación solar con base a los índices UV, presentados por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2002) para determinar el riesgo a la salud debido a la exposición prolongada, mediante un sensor de intensidad UV es posible detectar la intensidad de radiación solar para prevenir la sobreexposición. (Centro De Aseroría Dr. Ferrer, s.f.)

Muchos anemómetros, ultrasónicos o mecánicos, comunican las lecturas percibidas en una salida RSA232 (TIA/EIA-232) o RSA485 (EIA/TIA-485) (Weis, 2020), por lo que es necesario conectarse a un equipo físico para la recepción de datos, además del software necesario para algunos modelos. Para optimizar la comunicación de datos se plantea la inclusión del prototipo a las tecnologías IoT o Internet de las cosas (MadeinWeb & Mobile, 2022; Burkhalter, 2020; Red Hat, 2023) como objetivo secundario del proyecto. Los dispositivos IoT suelen clasificarse en dos categorías: del tipo actuador para que el dispositivo enlazado realice una acción y del tipo sensor, el cual comunica el fenómeno que percibe al usuario (Cámara Valencia., s.f.). El anemómetro al ser un instrumento tipo sensor transmite la información que percibe del medio, sumado a los sensores adicionales del prototipo, el anemómetro se plantea acoplar a una red local para compartir de manera inalámbrica los datos que censa. Para sentar las bases IoT se enlazará el equipo a una red local en un área pequeña WLAN (Olivia, s.f.), mediante la inclusión de placa programables con capacidad de comunicación WiFi y/o Bluetooth (Rahul Awati, 2023), el enfoque principal será para una red WiFi con protocolo IEEE 802.11 (IEEE Standards Association [IEEE SA], 2023).

Para presentar los datos se realizó una aplicación web sencilla, mediante la conexión de un servidor y base de datos en la misma red local donde se enlaza el instrumento, detallando de manera superficial la programación y lenguajes de programación aplicados, ya que el enfoque

de este proyecto se centra más en el diseño, procesamiento matemático, construcción y comunicación IoT del prototipo.

Finalmente, se realizó una evaluación inicial del prototipo construido, explicando su diseño y posterior construcción, los materiales seleccionados, la ubicación de los sensores y aspectos relevantes al momento de diseñar. Además, mediante la normativa ASTM D6011 “Métodos de prueba estándar para determinar el funcionamiento de anemómetro/termómetro sónico” (ASTM International, 2022), la cual describe los pasos y equipos necesarios, se evaluó el instrumento. Se realizaron pruebas al prototipo siguiendo los procesos descritos, utilizando un anemómetro de mano para realizar lecturas de control y un túnel de viento casero adaptado al prototipo como parte de las herramientas necesarias para dichas pruebas. Además, se evaluaron las lecturas recopiladas por los demás sensores en un ambiente real y la capacidad de comunicación del instrumento a un servidor local mediante la comunicación inalámbrica WiFi.

DESARROLLO DE PROTOTIPO DE ANEMÓMETRO ULTRASÓNICO

En esta sección se describe el desarrollo para realizar el prototipo de anemómetro ultrasónico describiendo paso a paso el proceso desde su planteamiento hasta el diseño final. Se comienza por comprender el funcionamiento matemático que desarrolla un anemómetro, utilizando tecnología de ultrasonido (Adi Kuncara et al., 2020), listar y describir los componentes necesarios para formar el instrumento y su funcionamiento en conjunto. Se incluye una descripción de alternativas para realizar registro, almacenamiento, comunicación y presentación de datos una vez desarrollado el instrumento. Se realiza una comparación de materiales para seleccionar el más adecuado con el objetivo de proteger los componentes, buscando una opción que sea eficiente, resistente, cumpla condiciones

EMI básicas, sea fácilmente accesible y de bajo costo. Finalmente, presentar el conjunto de todos los puntos descritos para formalizar un diseño para el prototipo en software y hardware.

Análisis matemático de funcionamiento

Un anemómetro ultrasónico basa su principio en que la velocidad del viento afecta la velocidad del ultrasonido, actuando como dos vectores que se suman o restan dependiendo de sus trayectorias. Para realizar dicha tarea se utilizan dos transductores ultrasónicos, uno de transmisión y otro receptor, ambos se configuran para enviar una onda ultrasónica en el aire, formando un eje entre ambos transductores, el tiempo que toma la onda desde transmisor al receptor se denomina tiempo de vuelo de la onda (T_{of} Time of Flight por sus siglas en inglés), este valor es la salida del sensor de ultrasonido el cual se utiliza para calcular la velocidad.

Para mejorar la constancia de lecturas y disminuir el ruido se utiliza un filtro Kalman, el cual es un algoritmo de corrección y predicción matemático que permite reducir el ruido y mantener estables las lecturas de estado en un sistema dinámico de tiempo discreto (Pampliega Ruiz, 2008). Este filtro se puede implementar por medio de la programación de software al ser del tipo matemático, sin ningún hardware necesario, las ecuaciones del filtro para utilizar en el anemómetro se dividen en la parte de predicción (Ecuación 1 y 4) y corrección (Ecuación 2, 3, 5 y 6) de los valores

$$P_k^{(-)} = P_{k-1} + Q \quad (1)$$

$$K_k = P_k^{(-)} / (P_k^{(-)} + R) \quad (2)$$

$$P_k = P_k^{(-)} * (1 - K_k) \quad (3)$$

$$x_k^{(-)} = x_{k-1} \quad (4)$$

$$z_k = x_k^{(-)} \quad (5)$$

$$x_k = x_k^{(-)} + K_k * (lectura - z_k) \quad (6)$$

medidos (Rafi et. al., 2018).

Donde $x_k^{(-)}$ es el estado a priori estimado, $P_k^{(-)}$ es

la covarianza del error asociada a la estimación a priori. K_k es la ganancia de Kalman para minimizar el error posterior de P_k , z_k es la medición realizada con ruido y x_k es la salida corregida del filtrado, mientras que en lectura sería la entrada con la medición de T_{of} de los sensores, «Q» es la covarianza del ruido de procesamiento y «R» es la covarianza de ruido de medición. «Q» se elige arbitrariamente y causa que las lecturas varíen más rápido o más lento, mientras que «R» se define por la variancia de las lecturas sin filtrar.

La salida del filtro es T_{of} estabilizado cuyas unidades son microsegundos, además los transductores se separan a una distancia constante en centímetros. Sin embargo, el resultado a presentar debe estar en unidades

$$v_o = 1 \frac{cm}{\mu s} \tag{7}$$

$$1 \frac{cm}{\mu s} * \frac{1 m}{100 cm} * \frac{1000000 \mu s}{1 s} = 1000 \frac{m}{s} \tag{8}$$

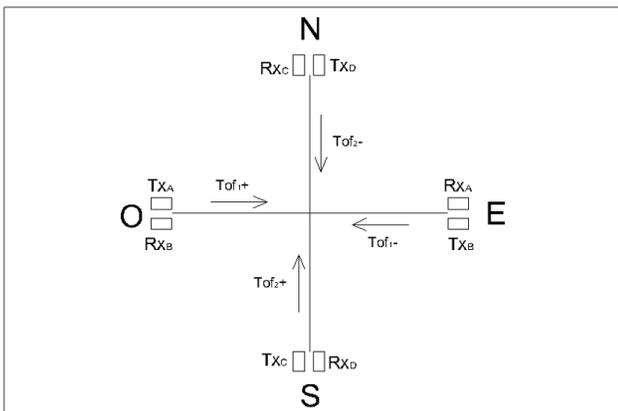
$$v_{final} = 1000 * v_o [m/s] \tag{9}$$

de metros sobre segundos, por lo que se hace la siguiente transformación.

El prototipo se planteó con base a tener 2 pares de transductores (Figura 2) por cada eje, el motivo es realizar una transmisión y recepción

Figura 2

Posicionamiento sensores de transmisión Tx y recepción Rx para formar arreglo de anemómetro ultrasónico (Adi Kuncara et al., 2020)



en cada dirección del eje, obteniendo una comparación entre dos tiempos de vuelo para determinar la velocidad. Se colocaron los transductores basándose en las posiciones cardinales N/S/E/O para facilitar el montaje en campo.

El comportamiento matemático de esta disposición de sensores en cada eje se define entonces por ecuaciones derivadas de la medición de flujo mediante ondas de ultrasonido en fluidos (aire en este caso), comparando dos pares de transmisión y recepción en el mismo eje (Canal It Might Be Worse., 2017). Si se toma por ejemplo el par Oeste-Este con una ráfaga de viento hacia el Este, se tendría las siguientes relaciones de los pares $R_{xA}-T_{xA}$ y $R_{xB}-T_{xB}$.

$$v_A = \frac{d}{T_{of}^+} = c - v_1 \tag{10}$$

$$v_B = \frac{d}{T_{of}^-} = c + v_1 \tag{11}$$

Donde V_A y V_B es la velocidad de transmisión hacia el Este y Oeste respectivamente en la Figura 2, T_{of}^+ sería el tiempo de vuelo de la onda ultrasónica con viento a favor, T_{of}^- el tiempo de vuelo de la onda ultrasónica con viento en contra, «c» es la velocidad del ultrasonido, «d» es la distancia entre transductores y v_1 es la velocidad del fluido en movimiento, viento en este caso. Al restar las ecuaciones 10 y 11 entre sí se obtiene la velocidad del viento despejando para v_1 .

$$c - v_1 - (c + v_1) = \frac{d}{T_{of}^+} - \frac{d}{T_{of}^-} \tag{12}$$

$$v_1 = \frac{d}{2} \left[\frac{T_{of}^+ - T_{of}^-}{T_{of}^+ T_{of}^-} \right] \tag{13}$$

Al ser la distancia constante e igual entre los pares de transductores se activa un par para obtener el T_{of} en una dirección y luego se activa el segundo par para obtener el tiempo de vuelo en dirección contraria, las dos lecturas se procesan en el filtro antes de usarse en la ecuación 13 para obtener la velocidad del viento vectorial en un eje, la cual puede ser positiva o

negativa dependiendo de donde se elijan los valores positivos del eje. Se da un retraso de 2 a 3 segundos entre la activación de pares de sensores para permitir las ondas remanentes esparcirse a través del medio y prevenir la lectura de ecos que causarían mediciones erróneas.

Se repiten los mismos pasos de medición, filtrado y cálculo aplicando las ecuaciones previas en el otro eje del anemómetro, esta vez para obtener v_2 , la velocidad del viento en el eje vertical en este ejemplo, cuyo valor igualmente es positivo o negativo. Obtenidas las dos velocidades de los ejes estas se utilizan como dos vectores perpendiculares que forman un vector final conocido como velocidad del viento (V), el cual tiene una magnitud y una dirección que se calculan con las ecuaciones 14 a 16.

$$\vec{V} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2 \quad (14)$$

$$|\vec{V}| = V = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} \quad (15)$$

$$\theta_v = \tan^{-1}\left(\frac{v_2}{v_1}\right) \quad (16)$$

Los signos de v_1 y v_2 cobran significancia al momento de definir la dirección, ya que el resultado es un ángulo en el rango de $\pm 180^\circ$ donde la referencia 0 estaría en el eje X positivo. La orientación cardinal de una brújula tiene como referencia el Norte a 0° girando hasta 360° en dirección de las agujas del reloj. El ángulo resultante de la ecuación 16 entonces tendría referencia en dirección Este, por lo que se implementa un algoritmo que redistribuye los ángulos de manera apropiada. Para realizar el cambio a la referencia en el eje vertical positivo se utilizan las siguientes ecuaciones condicionadas para obtener un ángulo entre 0° a 360° :

$$\theta = 90^\circ - \tan^{-1}\left(\frac{v_2}{v_1}\right); \text{ Si } v_1 > 0 \quad (17)$$

$$\theta = 270^\circ - \tan^{-1}\left(\frac{v_2}{v_1}\right); \text{ Si } v_1 < 0 \quad (18)$$

Así los resultados presentados al usuario tendrán una magnitud de velocidad del viento V y una dirección del viento θ definida por un ángulo y una dirección cardinal. La dirección cualitativa se representa siguiendo la Tabla 1 según los resultados de las ecuaciones anteriores.

Equipo de hardware propuesto

Para el desarrollo del prototipo de anemómetro se usaron varios dispositivos electrónicos, la mayoría de ellos encontrándose disponibles en tiendas de este rubro en El Salvador. Como base, el prototipo se construyó con la placa de desarrollo Arduino Mega (Arduino [Hoja de Datos], 2023), al ser una placa de desarrollo programable accesible y fácil de utilizar por su software libre, con mayor capacidad de puertos E/S (entrada salida), mayor memoria flash e 256 kB para códigos más extensos y mayor SRAM de 8 kB. Esta placa sería el cerebro principal para todos los dispositivos necesarios de la propuesta, entre los demás dispositivos utilizados se encuentra (Figura 3 y 4):

- Node MCU ESP8266 módulo de conexión WiFi. (Espressif Inc. [Hoja de Datos], 2023)

Tabla 1

Orientación del viento de manera cuantitativa y cualitativa

Ángulo	Orientación
$0 < \theta \leq 22.5$ y $337.5 < \theta < 360$	Norte
$22.5 < \theta \leq 67.5$	Noreste
$67.5 < \theta \leq 112.5$	Este
$112.5 < \theta \leq 157.5$	Sureste
$157.5 < \theta \leq 202.5$	Sur
$202.5 < \theta \leq 247.5$	Suroeste
$247.5 < \theta \leq 292.5$	Oeste
$292.5 < \theta \leq 337.5$	Noroeste

Figura 3

Placa de desarrollo Arduino Mega 2560 (Arduino, 2023)

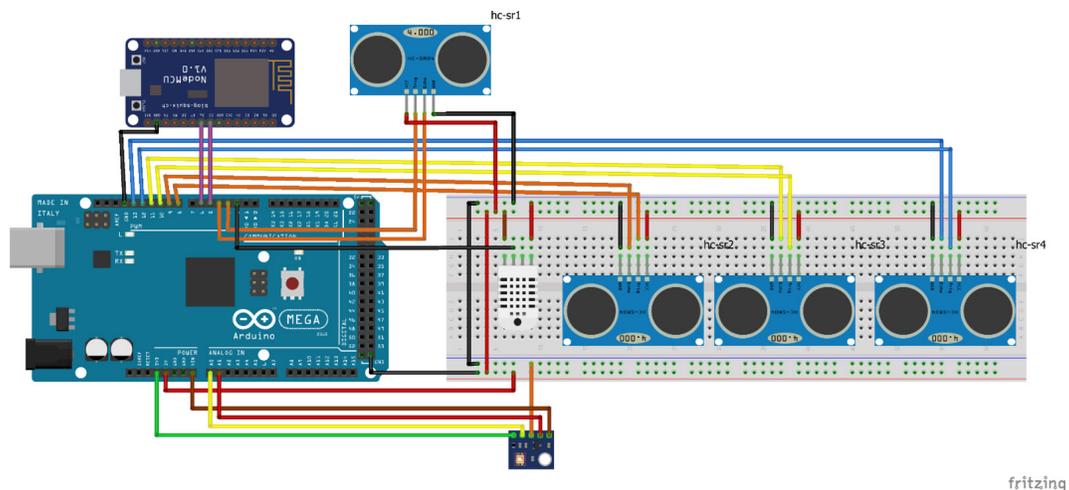


- ML8511 sensor UV. (LAPIS Semiconductor Co. [Hoja de Datos], 2013)
- HC-SR04 sensor ultrasónico. (ElecFreaks [Hoja de Datos], s.f.)
- DHT22 sensor temperatura/humedad. (Components101 [Hoja de Datos], 2018)

Mediante la utilización de otros componentes menores de hardware y software de Arduino junto con varias de sus librerías, se pueden programar todos los dispositivos mencionados para tomar lecturas del ambiente, interpretarlas, calcular valores utilizables para el usuario y envío de dichos valores mediante comunicación serial (protocolo UART) (Peña &

Figura 4

Diagrama esquemático de circuito eléctrico elaborado



Legaspi, 2020) y WiFi (protocolo IEEE 802.11). Todos estos dispositivos se encontraron en tiendas de venta de componentes electrónicos con precios relativamente bajos al ser el mayor el Arduino Mega por USD 33.00 y los demás por precios unitarios por debajo de USD 10.00, todos los componentes sumando un total de USD 100.00.

Disposición de los dispositivos

Se eligieron los sensores ultrasónicos HC-SR04 por su fácil utilización y precio bajo (menor a USD 5.00 por unidad), estos constan de dos transductores ultrasónicos de transmisión y recepción en una sola placa con 4 pines de conexión. En la Figura 4 se aprecia el uso de 4 sensores con las conexiones indicadas, la única diferencia con la disposición real es que los transductores que están soldados a las placas en la figura se separaron para ordenarse en los ejes vistos en la Figura 2, manteniendo la conexión con la placa a través de cableado y soldadura electrónica con estaño. Cada par se acciona secuencialmente, para obtener una lectura de tiempo de vuelo T_{of} de cada trayectoria y aplicar el procesamiento matemático explicado anteriormente.

La temperatura y humedad del ambiente se mide con un solo dispositivo conocido como

DHT22, este se programó a través de la librería DHT dedicada y retornar directamente un valor de temperatura en °C y humedad relativa en porcentaje.

El sensor ML8511 realiza mediciones de la intensidad de luz ultravioleta UV. Entrega una salida analógica de voltaje con valores máximos de 3.0V y mínimos de 0.99V, además el sensor se referencia al pin 3.3V de la placa Arduino para aumentar la precisión de lectura como se mostró en el diagrama eléctrico (SparkFun Electronics, s.f.). La lectura analógica es proporcional a la cantidad de luz UV que capta el sensor, para convertirla en voltaje analógico se aplica la siguiente expresión (ecuación 19).

$$Voltaje_{salida} = * (3.3 V / Voltaje_{ref}) * lectura_{analogica} \quad (19)$$

La placa Arduino al usar su conversor analógico-digital ADC para 5V o 3.3V tiene una salida de 10 bits (0-1023 valores posibles) (Arduino, s.f.) los cuales se aplican a la Tabla 2, por lo que para convertir el voltaje analógico del sensor se utiliza el mapeo.

El mapeo no es más que la redistribución de un rango de valores en otro rango de valores más pequeño o más grande. Para recuperar el umbral máximo digital de 1023 se mapea desde 0.99V a 3.0V en un rango de 0 a 1023. Ahora los datos son compatibles con la tabla de Índice UV y con un algoritmo se traslada el índice cuantitativo a un tipo de riesgo cualitativo.

Registro y comunicación inalámbrica

Como cualquier instrumento de monitoreo se necesitan obtener valores útiles del dispositivo y registrarlos para un análisis futuro, observar el comportamiento del fenómeno o para sacar conclusiones de dichos fenómenos, por tanto, se evalúan las distintas posibilidades de registro de la salida del instrumento.

- Data logger: un dispositivo independiente con la tarea de almacenar y registrar datos de forma autónoma en

Tabla 2

Índice UV y tipo de riesgo de acuerdo a lecturas del sensor ML8511 (Nagibvalejos, 2020)

Índice UV	Rango	Tipo de riesgo
0	<50	
1	<227	Bajo
2	<318	
3	<408	
4	<503	Moderado
5	<606	
6	<696	
7	<795	Alto
8	<881	
9	<976	Muy alto
10	<1079	
>= 11	<1170	Extremadamente alto

una memoria interna, estos se conectan a algún equipo y usualmente registran voltajes y corrientes para que el usuario conecte alguna PC o memoria extraíble. (Maloy Smith, 2020)

- Puertos de salida: una alternativa sería el uso de comunicación serial entre el dispositivo y una computadora para recibir los datos de manera local. La opción más común sería el uso de Excel con el complemento de “transmisor de datos” y una conexión por el puerto USB hacia la placa Arduino con protocolo UART.
- Transmisión inalámbrica: mediante un servidor web y conexión inalámbrica a Internet el instrumento puede anclarse a una red y enviar los datos obtenidos a una base de datos remota para almacenaje.

Para este proyecto, uno de sus objetivos secundarios es enlazar el instrumento de medición a una red local, como primeros pasos de implementar tecnología IoT, por lo que se propuso que el registro de datos se realice en un servidor web local mediante una base

de datos. Para este objetivo el anemómetro requiere la capacidad de comunicación con Internet para acceder e insertar los datos obtenidos (Figura 5), se logra este objetivo con el dispositivo de comunicación WiFi NodeMCU ESP8266 (Espressif Inc. [Hoja de Datos], 2023)

Entre sus capacidades esta la posibilidad de programarse con el mismo software para Arduino, conectarse a una red de internet local como cualquier otro dispositivo con tecnología WiFi, una antena de transmisión/recepción integrada y varios pines GPIO (entrada salida de propósito general) a los cuales se pueden conectar otros instrumentos, además de una entrada micro USB para programar o proveer alimentación eléctrica.

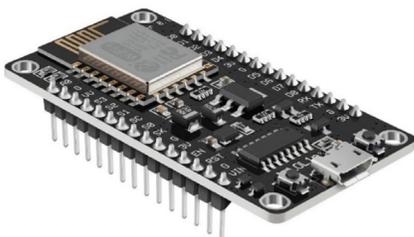
El proyecto esta centrado en el prototipo de anemómetro ultrasónico, por lo que la implementación IoT se contempló como un añadido/objetivo secundario, se espera sentar las bases únicamente de lo que, a futuro, sea una implementación completa a IoT

Presentación al usuario y almacenamiento

El instrumento final se enlazará a una red local mediante las credenciales necesarias del router, tal como lo haría un nuevo dispositivo con comunicación WiFi. Se desarrolló un servidor local en la misma red donde se creó una base de datos que almacene la información enviada por el anemómetro y un portal web sencillo (Figura 6) para la visualización en tres subdivisiones. La interfaz de usuario consiste

Figura 5

Placa Node MCU ESP8266



de los siguientes apartados:

- Página principal: en esta se presentan los datos más actuales entregados por el instrumento y se actualiza cada 15 segundos con datos nuevos.
- Página de gráficas: se grafica los datos almacenados de una fecha específica en periodos de 15 minutos, teniendo un promedio de varias variables que se desea visualizar.
- Página de tablas: se presentan los datos almacenados en forma de tabla, aquí se visualizan todos los datos disponibles de la última hora o por fecha escogida.

La comunicación entre instrumento y servidor se realiza con PHP (Hypertext Preprocessor) y PHP POST. El servidor tiene una base de datos propia elaborada con MySQL (My Structured Query Language), esta se utiliza para almacenar los datos a presentar. (Robledano, 2019; Lázaro, 2018).

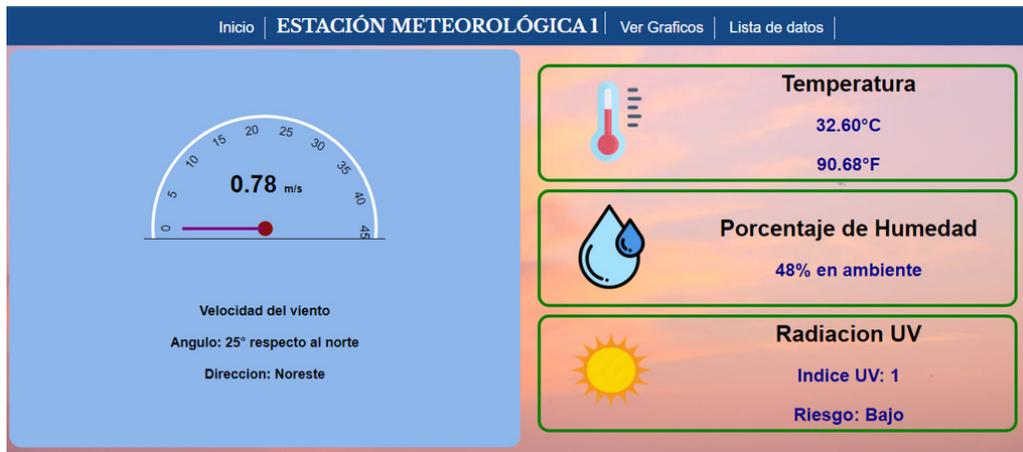
La interfaz web disponible al usuario consiste en una página sencilla realizada con estructura HTML (Hypertext Mark-up Language), mejorada estéticamente con CSS (Cascading Style Sheets) y aplicando dinamismo e interactividad mediante JavaScript y PHP (rafaella-brafallerini, 2021). El diseño está planteado para poder observar y analizar datos almacenados libremente, el usuario no necesita realizar un ingreso con credenciales, realizar cambios al anemómetro mediante comandos ni ingresar cambios a la página web. Ya que el objetivo de este proyecto es el anemómetro ultrasónico no se profundizará más en la sección de servidor, basta entender que si la comunicación entre instrumento y base de datos es exitosa el portal presentará los datos recolectados.

Evaluación de materiales

A partir de las referencias de anemómetros y equipos de exterior evaluadas se listaron algunos de los materiales más utilizados en instalaciones exteriores o destinados para

Figura 6

Portal Web de página principal creada, datos más recientes captados por anemómetro ultrasónico



uso en intemperie, entre los candidatos se encontró policarbonato, acrílico, policloruro de vinilo (PVC), y acrilonitrilo butadieno estireno (ABS). Se omitió la inclusión de metales como alternativas debido a que las señales WiFi que emite el instrumento, al ser de carácter electromagnético, son absorbidas parcial o totalmente por estructuras metálicas, causando interferencia para la implementación IoT. (SignalBoosters, 2022)

En Tabla 3 se puede comparar algunas de las propiedades físicas más importantes de los materiales presentados.

Analizando estas propiedades, el policarbonato es el que tiene mejores características seguido por el CPVC, PVC y por último el ABS. Cabe destacar que en la propiedad de dureza para el ABS se realizó con la escala Shore de dureza, para plásticos más suaves, mientras que la escala Rockwell es para plásticos más duros, estas escalas no son convertibles entre sí.

Los materiales a utilizar para proteger los dispositivos electrónicos y para formar la estructura del instrumento deben cumplir con ciertas características específicas con base a los objetivos planteados:

- Deben tener una clasificación IP 65 o superior, IP65 siendo una clasificación

de encapsulamientos o contenedores para electrónicos donde no ingresa el polvo o chorros de agua a través del material. (International Electrotechnical Commission [IEC], s.f.)

- Permitir el paso de señales de transmisión de 2.4 GHz y/o 5 GHz (comunicación por medio de tecnología WiFi) ya que el instrumento de comunicación inalámbrica estará dentro del dispositivo.
- Resistencia a la exposición prolongada al sol y lluvia sin degradarse o quebrarse.
- Tener un costo bajo y accesibilidad de compra de los materiales elegidos.

La clasificación IP (grado de protección o "Ingress protection") es un estándar de clasificación de materiales de la IEC (Comisión Electrotécnica Internacional) basado en la prevención del ingreso de cuerpos externos (sólidos y líquidos) hacia interiores a través del material. Esta clasificación es muy utilizada en materiales destinados a encapsular otros objetos, electrónicos o conexiones eléctricas.

Las comunicaciones a través de redes de Internet se hacen bajo protocolos TCP/IP en frecuencias de 2.4 GHz y 5 GHz en el espectro electromagnético, estas señales se transportan por el aire de manera inalámbrica de un

Tabla 3

Comparación de distintas propiedades para diferentes plásticos (Cyro, 2001; Ensinger, s.f.; International Polymer Solutions Inc., s.f.) [Hojas de Datos]

Propiedad	Unidad	ABS	Polycarbonato	PVC	CPVC	Acrílico
Resistencia a la tracción	MPa	32	69	51.71	56.54	69
Módulo de elasticidad (tracción)	MPa	1700	2200	2833.75	2964.75	2800
Resistencia a la flexión	MPa	49	97	88.25	103.42	117
Módulo de elasticidad (flexión)	MPa	1600	2300	3316.38	2826.85	3300
Dureza	Rockwell	75(Shore)	120	115	121	M-93
Temperatura de transición vítrea/deflexión	Celsius	104	149	80	103	105
Temperatura de operación continuo	Celsius	75	120	60	93	71
Resistencia dieléctrica volumétrica		10 ¹⁴	10 ¹⁴	5.4x10 ¹⁵	3.4x10 ¹⁵	10 ¹⁶

dispositivo a otro, siendo el enrutador el que conecta a los dispositivos en la red, por eso son requeridos materiales que tengan una baja o nula interferencia en la transmisión de estas señales. Varios materiales como metales, agua, ladrillos de concreto y otros afectan estas señales, provocando la interferencia electromagnética (EMI) (Cables RCT, 2021) por lo que es necesario evaluar aquellos materiales de construcción que causan la menor EMI, uno de los mejores en esta clasificación son los plásticos.

En cuanto a la emisión radiada del instrumento, de acuerdo a datos de placa del ESP8266 este chip tiene una potencia de transmisión promedio de 20 dBm o 0.1 W y pertenece a los equipos no licenciados operando en la banda ISM de 2.400 a 2.4835 GHz (AFAR Communications, s.f.; Endeavor Business Media, 2019). De acuerdo a las reglas de la Comisión Federal de Comunicaciones de Estados Unidos de América (Federal Communications Commission o FCC) el límite

para este tipo de equipos a nivel internacional es de 30 dBm o 1 Watt. por lo que es esperado que el instrumento no emita una señal que interrumpa severamente a otros equipos (Espressif Inc., 2017). En cuanto a inmunidad este debe realizarse con base a las normas IEC 61000-4-3, las cuales requieren de varios equipos para generar señal en una amplia gama de frecuencias (IEC, 2020).

Diseño final

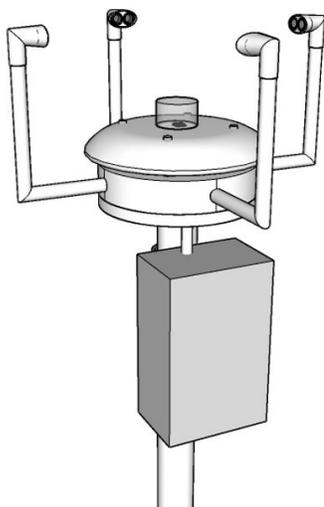
El prototipo se realizó tomando de referencia el ejemplo de anemómetro ultrasónico comercial, mediante brazos separados a cierta distancia donde se colocarán 2 pares de transductores ultrasónicos por eje, el razonamiento es tener una distancia prudente entre soportes para evitar las zonas de viento muerto o turbulento (Great Canadian Kite Company, 2016) y proveer más fuentes de comparación entre tiempos de vuelo. Se colocaron los transductores en brazos separados por una distancia de 30 cm entre sí y elevados a una altura entre 20 cm desde la superficie del cuerpo, evitando obstáculos

o fuentes de rebote. Los brazos se realizaron con tubería PVC con tratamiento de pintura para aumentar su resistencia a la intemperie (Armstrong, 2021; Ligon, 2013). La elección de PVC fue debido a las propiedades evaluadas, costo bajo del material, la disponibilidad de piezas y facilidad de modificación de las mismas.

El cuerpo inferior igualmente se realizó de PVC con tratamiento de pintura, en su interior está todo el cableado y las placas Arduino y NodeMCU. Se colocó un disco de melamina por encima del cuerpo sujeto por varillas galvanizadas delgadas para formar una cobertura contra radiación UV como un abrigo térmico miniatura (Bottomley, 2015), entre el cuerpo y disco se esconde el sensor de temperatura/humedad, por lo que toma las lecturas sin exponerse directamente a la intemperie. Se colocó el sensor UV en la superficie del disco, con una tapa acrílica cubriendo este último para evitar daños por humedad y lluvia, pero permitiendo el paso de la luz. Para visualizar mejor el instrumento (Figura 7) se realizó un diseño propio en el software de diseño Sketch Up Pro. (Trimble Inc., s.f.)

Figura 7

Diseño propio de prototipo de anemómetro ultrasónico



Para finalizar el prototipo se agregó una caja eléctrica de intemperie de ABS para contener adaptadores de corriente y la fuente principal de electricidad del instrumento, además de un soporte de tubo IMC para mantener el equipo erguido para instalaciones sobre suelo. Se planteó empalmar una línea a un tomacorriente interno en la caja, el cual alimentará los adaptadores AC/DC necesarios para dar energía a los electrónicos, el tomacorriente por supuesto es aislado junto a las conexiones con los materiales necesarios y el instrumento tendrá una protección termomagnética dedicada en tablero eléctrico.

RESULTADOS

En esta sección el prototipo final desarrollado es presentado, siguiendo las elecciones y explicaciones del apartado de Diseño Final de manera física. Se incluye el proceso de evaluación, bajo qué condiciones, con qué herramientas y siguiendo cierta norma para realizar pruebas de laboratorio al instrumento y los resultados obtenidos de manera gráfica y numérica para mediciones de viento, temperatura, humedad, índice UV y comunicación en red local.

El prototipo mostrado está en su fase preliminar, sin el soporte para facilitar las mediciones en pruebas de laboratorio. Los codos donde se alojan los transductores se fabricaron de PLA, este material no es recomendado por su baja tolerancia al calor, pero es un sustituto de menor costo para pruebas preliminares de las piezas de ABS o PVC recomendadas.

En la Figura 8 se observa que cada par de sensores apunta uno hacia a otro, para calibrar el posicionamiento correcto se utilizó un puntero láser entre cada par de transductores y se tomó la medida de distancia entre ellos con cinta métrica y pie de rey.

El funcionamiento del prototipo se comprobó con base a la normativa ASTM D6011 *Métodos de prueba estándar para determinar el funcionamiento de anemómetro/termómetro*

Figura 8

Prototipo preliminar construido de anemómetro ultrasónico



sónico (ASTM International, 2022), la cual contempla los procesos e instrumentos utilizados para comprobar el funcionamiento de un anemómetro de ultrasonido. Al no contar con equipos profesionales, se realizaron las pruebas de laboratorio para evaluar la norma con equipo comprado o construido por cuenta propia, por lo que se plantean como pruebas preliminares lo más aproximadas posible a los procesos de la norma elegida.

Todos los datos tomados se realizaron conectando el instrumento a una PC con el complemento Data Streamer para Microsoft Excel, este complemento es gratuito para instalar si ya se cuenta con una licencia de Microsoft Office. Data Streamer permite la grabación en vivo de los datos registrados por el dispositivo Arduino.

En primer lugar, se realizaron las pruebas de calibración del programa y trayectoria acústica aplicando el filtro Kalman donde se registran los tiempos de vuelo procesados por el filtro en cada eje. En los resultados se busca que la distancia calculada sea similar a la distancia medida anteriormente y que los tiempos de vuelo sean similares entre sí al estar separados por la misma distancia. La prueba se realizó en

una habitación con viento estático (0 m/s), con temperatura y humedad constante, para realizar la evaluación y calibración (Tabla 4 Figura 9).

La diferencia de distancia y trayectoria acústica es pequeña, esperado de una calibración hecha apropiadamente.

A continuación, se realizaron pruebas en un túnel de viento (Figuras 10-12) casero construido por los autores. El túnel de viento no tiene una normativa estricta, este se ajusta a las necesidades del objeto de prueba. La guía recomendada es realizar un túnel de viento del tipo subsónico de flujo abierto, por su menor tamaño y mayor versatilidad, otras recomendaciones son (Moreno-Garibaldi et al., 2014):

- Agregar una contracción al inicio y un cono difusor al final
- Cámara de pruebas completamente de acrílico ajustada al área del objeto de prueba

Tabla 4

Comparación distancia física y distancia acústica

Parámetro	Valor
Distancia 1 medida [cm]	31.5
Distancia 2 medida [cm]	31.1
Velocidad de sonido en aire (c_i) [m/s]	344.42
Promedio de lecturas trayectoria 1 [μ s]	929.78
Promedio de lecturas trayectoria 2 [μ s]	921.27
Promedio de lecturas trayectoria 3 [μ s]	895.00
Promedio de lecturas trayectoria 4 [μ s]	920.53
Trayectoria acústica d1 [cm]	32.02
Trayectoria acústica d2 [cm]	31.73
Trayectoria acústica d3 [cm]	30.83
Trayectoria acústica d4 [cm]	31.70
Diferencia de distancia 1 [cm]	0.52
Diferencia de distancia 2 [cm]	0.23
Diferencia de distancia 3 [cm]	-0.27
Diferencia de distancia 4 [cm]	0.60

norma para comprobar la dirección angular se mantuvo estático el instrumento y se implementó una ráfaga cambiante en ángulos de 45° de la misma velocidad, el error angular disminuyó a 21 % mientras que la medición de velocidad se mantuvo como el proceso normado.

Se añaden a las pruebas del prototipo las lecturas de los demás sensores utilizados, la temperatura y humedad se realizaron en la misma habitación interna con viento estático (Figura 13).

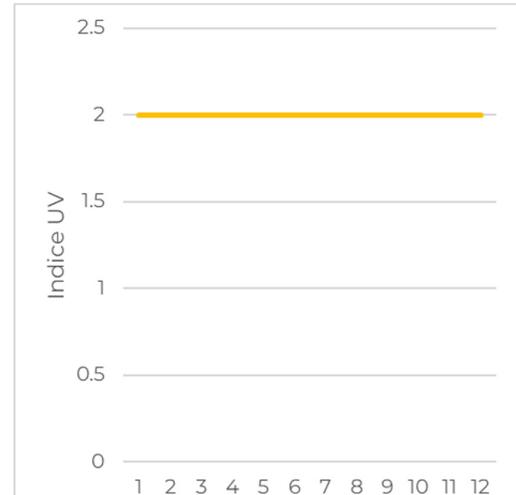
La variación de los sensores adicionales es pequeña, además que las lecturas concuerdan con datos meteorológicos de referencia medidos localmente de una temperatura aproximada de 28.4 °C y una humedad relativa de 68 %. Para realizar la medición de Índice UV se llevó el prototipo al exterior para tomar datos de Índice UV (Figura 14).

El índice UV se mantuvo constante en un valor de 2, por lo que el riesgo a la salud durante la medición realizada es bajo, esta medida se llevó a cabo a las 9 a. m. cuando el índice es usualmente bajo durante estas horas del día.

Para revisar la capacidad de comunicación inalámbrica se programó la placa ESP8266 con

Figura 14

Índice UV medido por anemómetro ultrasónico



las credenciales del router al que se conectó el servidor local, colocándose el instrumento a 10 m de distancia del router. Para comprobar si la conexión se establece y los datos se guardan en la base de datos el ESP8266 imprime las siguientes líneas en el monitor serial de Arduino (Figura 15).

El servidor retorna el código HTTP 200, código de respuesta satisfactorio, en el cual todos los procesos de envío y almacenamiento de datos, en el caso del prototipo y servidor desarrollados,

Figura 13

Temperatura y humedad medidos por anemómetro ultrasónico

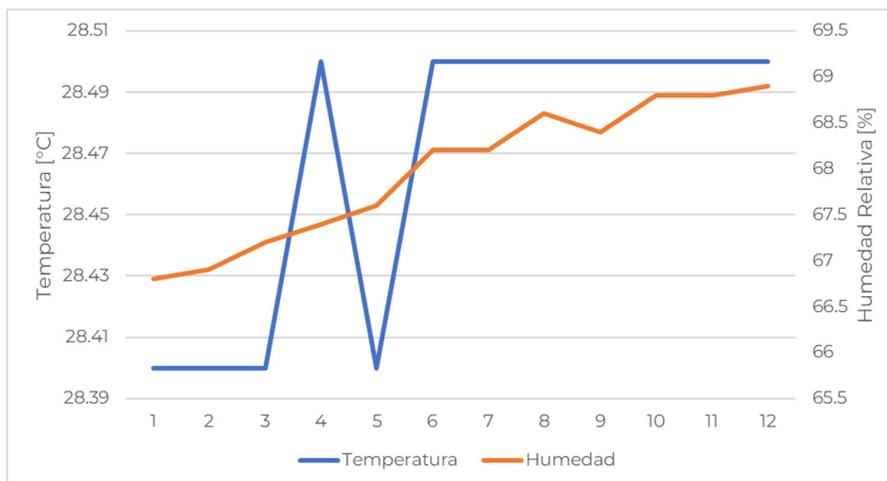


Figura 15

Conexión de ESP8266 a router y servidor local, respuesta del servidor

```

.....Conexión OK!
IP Local: 192.168.1.17
Noreste Ninguno
Código HTTP: 200
El servidor respondió:

Conexión con base de datos exitosa! Estación meteorológica
  
```

han ocurrido correctamente (MDN contributors, 2023). Revisando la base de datos se comprobó que los datos llegaron correctamente y la interfaz los presenta adecuadamente. Los datos se envían, almacenan y presentan en intervalos de 15 segundos.

Para este punto del proyecto aún no se han realizado las pruebas EMI de radiación emitida e inmunidad para el instrumento, sin embargo, con base a la FCC 15 y los datos de placa, este no debería causar interferencias severas a otros dispositivos, por lo que la emisión no debería ser problema, la prueba de inmunidad únicamente con el equipo apropiado puede realizarse.

CONCLUSIONES

El total final del costo, contando componentes electrónicos y piezas estructurales, fue aproximado a USD 218.00, siendo los mayores costos la placa Arduino Mega y las piezas a medida fabricadas. Comparado a los precios de anemómetros fabricados en el extranjero es una disminución entre el 0 % y 45 % al oscilar entre USD 200 a USD 400.

El prototipo construido presentó un error de 3 % en la magnitud de velocidad aplicada y un 30 %-21 % para el ángulo adecuado para representar la dirección cardinal apropiada, a pesar del error angular captada esto fue causado por la manipulación del instrumento para realizar giros manuales y la sensibilidad de los sensores. Se espera que con mediciones de

largos periodos este error se atenué.

Mediante una prueba de conexión se comprobó que el instrumento es capaz de enlazarse a la red y enviar la información a la base de datos desarrollada, además de realizar nueva transmisión en periodos cortos de de 15 segundos. Con esto se han sentado las bases para incluir el anemómetro ultrasónico a una red IoT local como un sensor ambiental.

Debido a la situación de construcción y mejoramiento de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, además de la inhabilitación del espacio destinado a la Escuela de Ingeniería Eléctrica la mayoría del proyecto tuvo que realizarse fuera de las instalaciones con instrumentos construidos por cuenta propia o equivalentes más económicos para las pruebas realizadas.

Para el desarrollo de estos instrumentos es recomendable la participación de otras áreas de conocimiento como la meteorología y la aerodinámica, cuyos conocimientos permitirán una mejor evaluación de diseños y prototipos creados y orientados a estas aplicaciones.

Como prototipo preliminar se logró realizar un anemómetro funcional con mediciones aceptables en pruebas de laboratorio, además de la inclusión de otros sensores y la habilitación de comunicación WiFi para sentar las bases de IoT. Otros sensores o dispositivos pueden incorporarse a futuro como un data logger o una alimentación mediante paneles fotovoltaicos y baterías.

La selección de materiales se hizo con base a la disponibilidad y precio, además de las características específicas para este prototipo inicial. Para evaluar su duración se necesita una prueba en campo de larga duración, así como, para una versión más comercial se recomienda el uso de 1 solo material como puede ser el ABS mencionado a lo largo de este artículo.

REFERENCIAS

- Abdul Haseeb, & Raja Asim. (2019). ULTRASONIC ANEMOMETER DESIGN AND TESTING IN WIND TUNNEL. USAID. https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00TXG6.pdf.
- Adi Kuncara, I., Endro Suseno, J., Agus, S., & Gunadi, I. (2020). Development of Ultrasonic Anemometer Using HC-SR04 with Kalman Filter Based on Microcontroller Integrated IoT. *E3S Web of Conferences*, 202. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020215011>
- AdrecoPlastics. (s.f.). *ABS Plastic Properties | Great Advantages Of Acrylonitrile Butadiene Styrene*. AdrecoPlastics. de <https://adrecoplastics.co.uk/abs-plastic-properties/>
- AFAR Communications, I. (s.f.). *FCC Rules for Unlicensed Wireless Equipment operating in the ISM bands*. <https://afar.net/tutorials.fcc-rules/>
- Bottomley, A. S. (2015, septiembre 19). *Homemade Stevenson Screen For A Home Weather Station*. <https://aaybee.com.au/StevensonScreen.html>
- Alba Ambiente S.A. (s.f.). *Anemómetro ultrasónico 2D | Detectores y Sensores*. <https://www.detectores.cl/tienda/anemometro-ultrasonico-2d-dos-salidas-0-20-ma/>
- Alibaba. (s.f.). *Buy Wholesale ultrasonic anemometer For Various Purposes*. Alibaba. Recuperado el 15 de noviembre de 2023, de <https://www.alibaba.com/showroom/ultrasonic-anemometer.html>
- Robledano, A. (2019, septiembre 24). *Qué es MySQL: Características y ventajas | OpenWebinars*. OpenWebinars. <https://openwebinars.net/blog/que-es-mysql/>
- Arduino. (2023). *Arduino® MEGA 2560 Rev3*. [Hoja de Datos]. <https://store.arduino.cc/products/arduino-mega-2560-rev3>
- Arduino. (s.f.). *analogRead() - Arduino Reference*. <https://www.arduino.cc/reference/en/language/functions/analog-io/analogread/>
- Arrow Electronics, Inc. (2017, diciembre 22). *Guía de comparación de las placas Arduino*. Arrow. <https://www.arrow.com/es-mx/research-and-events/articles/arduino-uno-vs-mega-vs-micro>
- ASTM International. (2022). *Standard Test Method for Determining the Performance of a Sonic Anemometer/Thermometer D6011-96 (2022)*. [Norma Técnica] ASTM International. <https://www.astm.org/d6011-96r22.html>
- Cables RCT. (2021). *Las interferencias electromagnéticas*. Cables RCT. <https://www.cablesrct.com/blog-cables-rct-es/2681-las-interferencias-electromagneticas>
- Cámara Valencia. (s.f.). *Dispositivos (I) Internet de las cosas (IoT): Capítulo 14 | Guía de Industria 4.0*. Tecnología para los Negocios. <https://ticnegocios.camaravalencia.com/servicios/tendencias/caminar-con-exito-hacia-la-industria-4-0-capitulo-14-dispositivos-i-internet-de-las-cosas-iot/>
- Centro De Aseroria Dr. Ferrer, S. L. (s.f.). *Sensor de Radiación Ultravioleta UV*. Labferrer. <https://www.lab-ferrer.com/sensor-de-radiacion-ultravioleta-uv/>
- Components101. (2018, marzo 19). *DHT22 Sensor Pinout, Specs, Equivalents, Circuit & Datasheet*. Componentes101. [Hoja de Datos]. <https://components101.com/sensors/dht22-pinout-specs-datasheet>
- Cyro. (2001). *Physical Properties of Acrylite FF Acrylic sheet*. [Hoja de Datos].

- <https://www.professionalplastics.com/professionalplastics/content/AcrylicFFDataSheet.pdf>
- Pampliega Ruiz, D. (2008). *Apéndice B Filtro de Kalman*. <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/11611/fichero/Memoria%252FAp%C3%A9ndice+B++El+Filtro+de+Kalman.pdf>
- Lázaro, D. (2018). *GET y POST en PHP*. <https://diego.com.es/get-y-post-en-php>
- Armstrong, D. (2021, noviembre 20). *Cómo proteger tubos de PVC de los rayos UV | eHowenespañol*. https://www.ehowenespanol.com/proteger-tubos-pvc-rayos-uv-como_81597/
- Ebay.(s.f.).*anemometro ultrasonico for sale*.Ebay. Recuperado el 15 de noviembre de 2023, de https://www.ebay.com/sch/i.html?_from=R40&_trksid=p2332490.m570.l1313&_nkw=anemometro+ultrasonico&_scat=0
- Elecfreaks. (s.f.). *Ultrasonic Ranging Module HC-SR04*. [Hoja de Datos]. <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Proximity/HCSR04.pdf>
- Electrónica Steren, S. A. D. C. V. (s.f.). *Medidor digital de flujo y velocidad de aire (Anemómetro)*. Steren., de <https://www.steren.com/sv/medidor-digital-de-flujo-y-velocidad-de-aire-anemometro.html>
- Caneppele, E. (2022, junio 23). *Anemómetro: ¿qué es y cómo funciona?* Windowo. <https://www.windowo.es/blog/anemometro>
- Endeavor Business Media, LLC. (2019, febrero 19). *What are the ISM Bands, and What Are They Used For?*. Military Aerospace Electronics. <https://www.militaryaerospace.com/directory/blog/14059677/what-are-the-ism-bands-and-what-are-they-used-for>
- Ensinger. (s.f.). *Plásticos de ingeniería*. <https://www.ensingerplastics.com/es-br/semielaborados/plasticos-de-ingenieria>
- Peña, E. & Legaspi, M. G. (2020, diciembre). *UART: A Hardware Communication Protocol Understanding Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*. Analog Devices. <https://www.analog.com/en/analog-dialogue/articles/uart-a-hardware-communication-protocol.html>
- Espressif Inc. (2017). *esp8266_wi-fi_channel_selection_guidelines_en*. [Hoja de Datos]. https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp8266_wi-fi_channel_selection_guidelines_en.pdf
- Espressif Inc. (2023). *ESP8266EX*. [Hoja de Datos]. https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp8266_wi-fi_channel_selection_guidelines_en.pdf
- Maloy Smith, G. (2020, abril 3). *Que es un data logger - la última guía*. Dewesoft. <https://dewesoft.com/es/blog/que-es-un-data-logger>
- Great Canadian Kite Company. (2016, noviembre 18). *What is a Wind Shadow and how it impacts Kites*. Great Canadian Kite Company. <https://www.canadiankitecompany.com/blogs/tie-to-the-sky/what-is-a-wind-shadow-and-how-it-impacts-kites>
- Hunan Rika Electronic Tech Co., Ltd. (2020, febrero 20). *Working Principle And Features Of Ultrasonic Wind Speed Sensor*. Rika. <https://www.rikasensor.com/working-principle-and-features-of-ultrasonic-wind-speed-sensor.html>
- IEEE Standards Association (IEEE SA). (2023, marzo 16). *IEEE SA - The Evolution of Wi-Fi Technology and Standards*. <https://standards.ieee.org/beyond-standards/the-evolution-of-wi-fi-technology-and-standards/>

- International Electrotechnical Commission. (s.f.). *IP ratings*. International Electrotechnical Commission. <https://www.iec.ch/ip-ratings>
- International Electrotechnical Commission. (2020, septiembre 8). *Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-3 : Testing and measurement techniques - Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test*. (IEC 61000-4-3). <https://webstore.iec.ch/publication/59849>
- International Polymer Solutions Inc. (s.f.). *Typical properties of pvc and cpvc*. <https://www.ipolymer.com/pdf/PVC.pdf>
- Canal ItMightBeWorse. (2017, julio 23). *Building homemade ultrasonic air flow measurement device*. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=BNTSSxzm1GM>
- Itrium. (2020). *Sonic Anemometer*. Autodesk Instructables. <https://www.instructables.com/Sonic-Anemometer/>
- LAPIS Semiconductor Co., Ltd. (2013). *ML8511 UV Sensor with Voltage Output*. [Hoja de Datos]. https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/LightImaging/ML8511_3-8-13.pdf
- MadeinWeb & Mobile. (2022, febrero 10). *Aplicaciones IoT: qué son y cómo funcionan*. MadeinWeb . <https://www.madeinweb.es/aplicaciones-para-iot/>
- Ligon, M. (2013, octubre 22). *What Are the Effects of Sunlight on PVC? Is It UV Resistant?* Commercial Industrial Supply. <https://www.commercial-industrial-supply.com/resource-center/what-are-the-effects-of-sunlight-on-pvc/>
- masterDbplus. (2017, julio 19). *¿Cómo afecta la temperatura a la propagación del sonido?* dBplus. <https://www.dbplusacoustics.com/temperatura-ruido/>
- Burkhalter, M. (2020, octubre 3). *The IoT brings convenience and accuracy to meteorology*. Perle. <https://www.perle.com/articles/the-iot-brings-convenience-and-accuracy-to-meteorology-40188568.shtml>
- MDN contributors [Denvery, sideshowbarker, fscholz, teloi]. (2023, abril 10). *200 OK - HTTP | MDN*. mdn web_docs. <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTTP/Status/200>
- Moreno-Garibaldi, P., Dávila-Carmona, B., José, A. S.-C., Cervantes-Vázquez, M., Ángel Munive-Rojas, M., & Corro-Valdez, N. (2014). *Diseño y manufactura de túnel de viento subsónico de circuito abierto*. 18(3), 107–111. <https://www.redalyc.org/pdf/614/61448036004.pdf>
- nagibvalejos. (2020, julio 31). *Robotics-Space-NV/Arduino I/Sesión 14/S14.pdf*. GitHub. <https://github.com/nagibvalejos/Robotics-Space-NV/blob/master/Arduino%20I/Sesi%C3%B3n%2014/S14.pdf>
- Weis, O. (2020, octubre 19). *Diferencia entre RS232 y RS485 - casos de uso y tecnología*. Virtual Serial Port. <https://www.virtual-serial-port.org/es/article/what-is-serial-port/rs232-vs-rs485.html>
- Olivia.(s.f.). *Red de Área Local (LAN)*. Recuperado el 16 de noviembre de 2023, de <https://www.oliviawireless.es/glosario-de-iot/red-de-rea-local>
- OMS. (2002). *Global Solar UV Index A Practical Guide*. *World Health*, 18. https://www.comunidad.madrid/sites/default/files/doc/sanidad/samb/guia_oms_indice_radiacion_ultravioleta.pdf
- OMS. (2022, junio 21). *Radiación ultravioleta*. Organización Mundial de la Salud. <https://www.who.int/es/news-room/fact->

- sheets/detail/ultraviolet-radiation
- PCE Instruments. (s.f.). *Estación meteorológica WatchDog*. <https://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/logger-datos/logger-datos-watchdog-500.htm>
- Pindado, S., Barrero-Gil, A., & Sanz, A. (2001). *Cup Anemometers' Loss of Performance Due to Ageing Processes, and Its Effect on Annual Energy Production (AEP) Estimates*. 5, 1664–1685. <https://doi.org/10.3390/en5051664>
- rafaella-ballerini. (2021, julio 23). *HTML, CSS y Javascript, ¿cuáles son las diferencias?*. Alura Latam. <https://www.aluracursos.com/blog/html-css-javascript-cuales-son-las-diferencias>
- Rafi, A., Tahtawi, A., & Filter, K. (2018). Kalman Filter Algorithm Design for HC-SR04 Ultrasonic Sensor Data Acquisition System. *IJITEE*, 2(1).
- Rahul Awati. (2023, marzo). *What is event stream processing? – TechTarget Definition*. TechTarget. <https://www.techtarget.com/searchitoperations/definition/event-stream-processing-ESP>
- Red Hat, Inc. (2023, enero 20). *¿Qué es el Internet de las cosas (IoT) y cómo funciona?*. RedHat. <https://www.redhat.com/es/topics/internet-of-things/what-is-iot>
- SignalBoosters. (2022, marzo 23). *The Top 12 Materials that Block WiFi Signals*. SignalBoosters. <https://www.signalboosters.com/blog/materials-that-block-wifi-signals/>
- SparkFun Electronics. (s.f.). *ML8511 UV Sensor Hookup Guide*. SparkFun Learn. <https://learn.sparkfun.com/tutorials/ml8511-uv-sensor-hookup-guide/all>
- SyBridge Technologies. (2021, mayo 13). *These are the Five Best UV-Resistant Plastics on the Market Today - SyBridge Technologies*. <https://sybridge.com/top-uv-resistant-plastics/>
- Trans-African Hydro-Meteorological Observatory (TAHMO). (s.f.). *Wind Speed vs Temperature: Teacher Guide*. 2020. <https://tahmo.org/wp-content/uploads/2020/05/12.wind-speed-vs-temp.pdf>
- Trimble Inc. (s.f.). *Software de diseño 3D / Modelado 3D en la web*. SketchUp. Recuperado el 14 de junio de 2023, de <https://www.sketchup.com/es>
- Viñas, J. M. (2020, marzo 20). *Origen y evolución del anemómetro*. Meteored tiempo. <https://www.tiempo.com/noticias/ciencia/origen-y-evolucion-del-anemometro-que-es.html>

Esta página está dejada intencionalmente en blanco



DOI: 10.5377/revminerva.v6i3.17358

Nota Técnica | Technical Report

Efecto de la inflación y posibles alternativas en la ganadería lechera de Guatemala

Effect of possible inflation and alternatives in dairy farming in Guatemala

Juan Fernando Contreras Morales¹

Juan Carlos Valdez Sandoval^{2,3}

Correspondencia
contrerasjuan642@gmail.com

Presentado: 15 de julio de 2023

Aceptado: 8 de octubre de 2023

1 Escuela de Estudios de Posgrado, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad De San Carlos De Guatemala

2 Instituto de Investigación en Ciencia Animal y Ecosalud, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de San Carlos de Guatemala

3 ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8742-1320>

RESUMEN

La inflación es considerada como el aumento de precios de productos y servicios. En la actualidad la ganadería está siendo afectada y limitada por este tema. Al ser un sistema productivo es necesario complementarlo con bienes, que han subido de precio de una manera incontrolada. En el presente ensayo se aborda la situación actual y cada uno de los factores que están afectando la ganadería lechera de Guatemala, se describen precios de fertilizantes, materia prima, combustible, equipo agrícola y fármacos veterinarios con la finalidad de describir la situación vigente y de la misma manera se describen alternativas ejecutadas en algunas ganaderías de nuestro país, las cuales han logrado mejorar su nivel de producción a un bajo costo. Entre las alternativas está el uso de residuos de frutas, verduras, subproductos agroindustriales, los cuales varían dependiendo de la zona geográfica del país. Estas alternativas se deben de utilizar en un nivel de inclusión de dieta que no afecten el estado productivo, reproductivo y sanitario de los animales. La metodología utilizada en el presente ensayo fue la técnica del estudio correlacional para determinar la relación que existe entre la inflación y las posibles alternativas en la ganadería lechera de Guatemala, así mismo el método cuantitativo el cual permitió reunir datos numéricos que permitieran realizar la comparación necesaria para determinar cómo afecta la inflación a la ganadería guatemalteca.

Palabras Clave: inflación, ganadería, precio, insumos, alternativas

ABSTRACT

Inflation is considered to be the increase in prices of products and services. At present, livestock farming is being affected and limited by this issue. As it is a productive system, it is necessary to complement it with goods, which have risen in price

in an uncontrolled manner. In this essay, the current situation and each of the factors that are affecting dairy cattle raising in Guatemala are discussed. The prices of fertilizers, raw materials, fuel, agricultural equipment and veterinary drugs are described in order to describe the current situation and, in the same way, alternatives implemented in some cattle ranches in our country are described, which have managed to improve their production level at a low cost. Among the alternatives is the use of residues from fruits, vegetables, agro-industrial by-products, which vary depending on the geographical area of the country. These alternatives should be used at a dietary inclusion level that does not affect the productive, reproductive and sanitary status of the animals. The methodology used in this trial was the correlational study technique to determine the relationship that exists between inflation and the possible alternatives in dairy cattle raising in Guatemala, as well as the quantitative method which allowed the gathering of numerical data that would allow the necessary comparison to determine how inflation affects Guatemalan cattle raising.

Keywords: inflation, livestock, price, inputs, alternatives

INTRODUCCIÓN

La inflación se considera como el aumento de precios de forma incontrolada a todo material necesario para satisfacer las necesidades del ser humano. Oxford Languages (2022) la definen como una subida continua a los precios de productos y servicios. Actualmente los costos de los insumos han tenido un aumento hasta del 50 % a nivel mundial (Philip Barrett, 2022). En Guatemala se reporta un 8 % de inflación para el año 2022 (IPC, 2022). En tal sentido, la ganadería actualmente se encuentra afectada por el alto precio de insumos, entre ellos: fertilizantes químicos, materia prima, alimentos terminados (alimentos balanceados), equipo y fármacos veterinarios.

Es necesario comentar que existen otras limitaciones además de la inflación actual, que fueron descritas por el Ministerio de Agricultura,

Ganadería y Alimentación, MAGA (2022), las cuales son limitaciones del sector público, falta de normativas, ausencia de inversión en investigación, capacidad limitada del sector privado para organizarse, bajos niveles de competitividad y producción, bajos consumos de productos nacionales y falta de apoyo técnico. Sin embargo, en este ensayo se presentan: a) la inflación y comparación de precios de los insumos utilizados en las ganaderías nacionales de los últimos años, y b) las posibles alternativas que están optando algunos ganaderos de las regiones del país (noroccidente, centro-norte, norte, suroccidente, centro, suroriente, nororiente, franja). La ganadería guatemalteca en su mayoría es de doble propósito en un 49 % y manejada de forma amplia por tema de extensión geográfica, de la misma manera es frenada por temas como políticas de precio de leche, fomento lechero, de crédito y factores vinculados al mercado.

Descripción de los sistemas de ganadería en Guatemala

Según el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), en el 2016 (última actualización) el sector ganadero de Guatemala alcanza los 2.9 millones de cabezas, de las cuales el 49 % son utilizadas para doble propósito (carne y leche), 35 % son productoras de carne, y 16 % son dedicadas a la producción especializada de leche. También, determinó que este sector aporta unos 500 millones de dólares anuales en ingresos directos, los cuales provienen de 1.4 millones de litros de leche producidos al día, y de medio millón de cabezas de ganado vendidas para carne. El producto interno bruto (PIB) de Guatemala es de USD 39,295 millones. El sector agropecuario (PIBA), tiene un impacto en la economía nacional del 13.5 % del PIB.

Producción de forrajes para alimentación del ganado

es Como toda plantación de forma intensiva, es necesario realizar planes de fertilización tanto orgánica como química, pero el alto costo de

los fertilizantes químicos provoca que algunos ganaderos del país solo los utilicen en casos muy necesarios. Esto debido a que el precio del fertilizante, en el caso del nitrógeno ureico, se encontraba en Q 140.00 el quintal para el mes de agosto del 2019 y en la actualidad (2023) se encuentra en Q 405.00 , existiendo una diferencia de Q 270.00 (equivalente al 289 %) con el precio anterior (Lima, 2022). Por otro lado, el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (2021) en el anuario de precios reportó que el fertilizante triple 15 (15-15-15) tenía un costo de Q 208.19 para el año 2019, y un costo de Q 242.91 para el 2021 (siendo un incremento del 116.67 %). Según la FAO (2021) los fertilizantes han aumentado su precio hasta en 2.5 veces, lo cual complica la seguridad alimentaria y concuerda con los precios presentados en este ensayo.

Los fertilizantes químicos contribuyen a mejorar la calidad de las pasturas, sin embargo, los precios actuales limitan su uso en las ganaderías locales, de sistemas de producción extensivas, intensivas y semiintensivas . Ante esto, el ganadero se ve en la necesidad de buscar alternativas como el aprovechamiento del estiércol de los animales, el cual permite realizar aportes importantes de nutrientes al suelo, pero con la limitante que requiere de cuidados especiales para no generar daños al medioambiente (Intagri, 2022). Debido a que al aplicar en exceso, se podría ocasionar infiltración por escurrimiento, lixiviación en aguas superficiales y aumentar el nivel de nitratos y nitritos en los pastos (Rodríguez, 2016).

Alternativas en el uso de fertilizantes

Para realizar una correcta suplementación al suelo es ideal realizar una evaluación previa de la salud y la sostenibilidad (FAO, 2015). Para la evaluación física se debe de indicar la cobertura del pasto en el terreno, el desarrollo de las raíces del pasto, compactación, erosión, estructura y evaluación de microorganismos del suelo e infiltración del agua en los potreros (Cerdas, 2011). Los datos generados se deben complementar con análisis químicos de

los suelos y el agua. Algunas alternativas: la utilización de microorganismos que captan nitrógeno del ambiente (nuevas tecnologías), el aprovechamiento de rastrojos para mejorar la aireación de los suelos y el producir fertilizantes orgánicos a través de biodigestores que pueden ser implementados en las fincas o bien realizar procedimientos para producir un fertilizante orgánico tipo Bocashi (Intagri, 2022). Según Polo (2021) en su investigación y evaluación del “Efecto de las dosis de abono orgánico en la composición química de un pasto manejado en la zona”, determina que la inclusión de este abono en dosis de 3, 6, y 9 ton/ha incrementaron significativamente los rendimientos sobre el contenido nutricional y podrán ser una alternativa a la sustitución o reducción de la fertilización química (ver tabla 1 y 2).

Tabla 1

Efecto de la edad de corte sobre el rendimiento de materia seca del pasto Guatemala (Tripsacum laxum)

Frecuencia de corte	Numero de corte	Rendimiento de Materia Seca, kg/ha
45	5	2148
60	4	4581
Promedio		3364

Fuente. Polo, 2021

Por otro lado, una alternativa desde el punto de vista del Estado o Gobierno sería poder exonerar, temporalmente, de impuestos que estén fuera de la obligatoriedad a estos productos, tal y como fue presentado por el grupo Parlamentario de Oposición del Congreso de la República de Guatemala (Solórzano, 2022).

Actividad de la alimentación del ganado y comparando insumos

Otro caso interesante, es el costo de la materia prima a nivel mundial. Ya que esta ha tenido un aumento de hasta 30 % en los precios y de la misma manera la escasez global de algunas de ellas (González, 2021). Un ejemplo es el

Tabla 2

Efecto de la dosis de abono orgánico en la composición química del pasto Guatemala (*Tripsacum laxum*) a los 60 días de corte.

Dosis de Abono Orgánico	Contenido Promedio en Base a Materia Seca (%)				
	N	P. Cruda	P	K	Ca
0	1.23	8.10	0.17	1.20	0.21
3	1.75	10.10	0.18	1.26	0.28
6	1.61	10.20	0.18	1.55	0.27
9	1.62	11.00	0.18	1.55	0.25
Promedio	1.55	9.85	0.19	1.35	0.22

Nota. Elaborado a partir de Polo, 2021

maíz para consumo humano de la población guatemalteca. Ya que el quintal de este grano de primera tenía un precio de Q 157.5 y en la actualidad se reporta en Q 220.00, existiendo una diferencia de Q 62.50 (equivale al 28.4 %) reportado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (2022).

De igual manera, entre las principales materias primas en el ámbito ganadero están el maíz y la soya, ya que son importantes fuentes para la nutrición y producción animal en general. Según Tenaz (comunicación personal, 2022) el quintal de harina de soya, en el año 2019 tenía un precio de Q 168.00 y en la actualidad está a Q 258.00, existiendo una diferencia de Q 90.00 (equivalente al 35 %). Similar comparación se puede realizar con la harina de maíz. Ya que esta materia prima en el año 2019 se encontraba a Q 112.00 y actualmente a Q 158.00, extendiendo una diferencia de Q 46.00 (equivalente al 29 %).

Por otro lado, el costo de las materias primas también ha afectado el precio de los alimentos terminados. En el caso de la ganadería lechera de nuestro país, se ha visto igualmente afectada debido a que utiliza alimentos terminados para complementar las dietas. Según Tenaz (comunicación personal, 2022), los alimentos más utilizados han sido los que contienen entre 17 y 18 % de proteína, porque se adaptan a una dieta de baja y mediana producción. Es necesario mencionar que las ganaderías especializadas ya utilizan alimentos de 20 a 23 % de proteína. Los

precios de este alimento promedio han subido hasta un 30 % en el último año. Esto ocasiona que los costos de las dietas se vean elevados. El reto de las ganaderías nacionales debe ser buscar mejores rendimientos de producción, debido a que, con altos costos y baja utilidad, la rentabilidad de las fincas se ve muy perjudicada, ya que para sobrevivir en esta época lo ideal es mantener producciones elevadas.

Alternativas en el uso de materia prima

En la actualidad, los ganaderos han buscado otras alternativas, entre las cuales se pueden mencionar algunas harinas: torta de ajonjolí, maicillo, arveja, malta, macadamia, palmiste, pan, desperdicios de elote dulce, ensilaje de pulpa de café, caña de azúcar, desperdicios de fruta y verdura.

Estas alternativas están siendo utilizadas de acuerdo a la zona geográfica, es decir que, por ejemplo, en la zona occidental del país, están utilizando harina de pan y desperdicio de frutas y verduras (cáscara de plátano, brócoli, cáscara de piña y mango), debido a que algunas empresas que maquilan esos productos se encuentran ubicadas en el área y los desechos son comercializados a bajo costo. El precio regularmente es mínimo debido a que las empresas regalan el rechazo en su mayoría y solo impacta el costo del transporte.

Con respecto a la cáscara de plátano, se adiciona en la dieta una cantidad entre 5 y 10 libras como

fuelle de potasio. Según estudios realizados en Costa Rica, una adición de 14 a 21 kilogramos de cáscara de banano maduro, no logró un aumento de producción de leche y de grasa de la misma, pero la adición si permite una mejora en la energía de la dieta, donde lo catalogan como un donador de grasas saturadas (Dormona, Boschini, 1998). Otra investigación realizada por Rodríguez (2018), en una evaluación de adición de cáscara de banano maduro, en la dieta de ganado lechero, encontró que no existen diferencias significativas en el aumento de producción de leche.

El brócoli se puede adicionar a la dieta en cantidades entre 20 y 35 libras al día, sin embargo, se debe tener precaución debido a que puede tener residuos tóxicos por uso de fungicidas, herbicidas, insecticidas, entre otros. Estos residuos tóxicos, en concentraciones muy altas, pueden ser altamente nocivos cuando llegan al sistema digestivo de los animales. En una investigación han reportado que utilizando brócoli se aumenta la producción de leche, además fomentan su uso para lograr el beneficio económico de las ganaderías (Losada, Cortés, 1992).

Los ensilajes de piña, regularmente, se adicionan de 5 a 12 libras por día, debido a que un exceso puede provocar acidez. Según investigaciones de la Universidad de Costa Rica (UCR, 2018), la utilización de este subproducto tiene varias ventajas ya que es un material que aporta energía a las dietas, es alto en fibra y en azúcares, lo que ha permitido mejorar la producción y los costos en algunas zonas del país.

Es importante mencionar que, para la adición de estos subproductos, anteriormente mencionados, es necesario el acompañamiento de secuestrantes. Esto debido a que son subproductos que cuentan con humedad y el almacenamiento regularmente no es el correcto. La humedad y excesos de temperatura del área de almacenamiento ocasiona que los productos generen una carga de micotoxinas elevadas y que estas a su vez afectan el organismo de los

animales causando daños en el metabolismo, mala absorción de la dieta, reducción de producción, crecimiento y efectos en fertilidad (Espíndola, 2006).

En la zona de oriente y sur oriente del país, se está utilizando el desperdicio de elote dulce (punta de grano lechoso, tusa y planta en general), en una relación de 10 a 40 libras por animal al día, dependiendo de la disponibilidad del recurso. Por la calidad del mismo, la producción tiende a elevarse y debido a que oscila entre Q45.00 y Q60.00 el quintal reduce los costos de la dieta (Palma, comunicación personal, 2021).

El ensilaje de pulpa de café, surgió como una alternativa para aprovechar este recurso y así evitar la contaminación ambiental. Algunas fincas están utilizando una relación de 25 libras por animal al día, permitiendo realizar un aporte fibroso, de bajo costo y que no ha presentado efectos negativos en la parte reproductiva (Álvarez, comunicación personal, 2022). Según investigaciones realizadas por Oliva, Reyes, (2016), el uso está limitado por sus características antinutricionales como taninos y cafeína, por lo cual se debe realizar un proceso mínimo de 120 días de ensilaje. Esto permite adicionar del 10 al 20 % del total de la ración, y así lograr mantener la producción de leche y disminuir los costos de la dieta. El costo de este recurso oscila entre Q 10.00 y Q 12.00 el saco de 100 libras en el área de Santa Rosa.

De igual manera, en otras ganaderías están utilizando residuos de harina de pan, en una cantidad de 5 a 8 libras en la ración. Según el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA, 2003), este residuo es un alimento de alta densidad energética (por su contenido en grasa y azúcares solubles), de baja proteína y minerales, que la hacen un alimento fermentativo y que no podría utilizarse más de un 20 a 25 % de adición en las dietas, con la finalidad de no causar daños metabólicos en los animales. El costo de un quintal de pan oscila entre Q 35.00 y Q 45.00, en el área de Chimaltenango.

La harina de macadamia es otro recurso valioso, debido a que es alto en energía. En algunas fincas se está utilizando una relación de 1 libra por animal; sin embargo, el exceso de este producto puede ocasionar problemas de digestión y de mastitis (Billeb, comunicación personal, 2021). El costo de este producto oscila entre Q 150.00 el saco de 100 libras, en el área de Retalhuleu y ciudad capital (López, comunicación personal, 2021).

Por último, otro recurso utilizado es la torta de ajonjolí. Está se proporciona en una relación de 1 a 7 libras por animal al día. En cuanto a sus características es alta en proteína y proporciona energía al animal. La torta de ajonjolí permite una sustitución, de harina de soya, del 2.5 a 5 %, sin afectar los rendimientos productivos. Sin embargo, es necesario realizar mayor cantidad de investigaciones al respecto (Martínez, Ayala,

2016). En la actualidad algunas fincas están usando subproductos de la torta de ajonjolí, adicionando de 1 a 3 libras por animal al día y su aporte energético es muy bueno y a un costo asequible (Estrada, comunicación personal, 2021). El costo de este producto es alrededor de Q 135.00 el saco de 100 libras en el área de la ciudad capital (López, comunicación personal, 2021).

A continuación, se adjunta un ejemplo del impacto económico que nos permite el utilizar materia prima y subproductos en raciones, de la misma manera se adjunta el balance de proteína/energía de las dietas (Ver tabla 3, 4 y 5).

Fármacos veterinarios y equipo agrícola

El precio de los fármacos se ha elevado en un 5 y 10 % dependiendo del producto, según

Tabla 3

Ejemplo de costos de ración con inclusión de materia prima y subproductos

Alimento	Ración con Materia Prima + Subproductos			Ración sin Materia Prima + Subproductos		
	Lb/Vaca	Costo Unidad/Libra	Costo Ración	Lb/Vaca	Costo Unidad/Libra	Costo Ración
Balanceado 18PC	10.000	Q 2.05	Q 20.50	20.000	Q 2.05	Q 41.00
Pan	6.500	Q 0.35	Q 2.28	0.000	Q 0.35	Q -
Harina de Soya 47.5 Solvent	1.000	Q 2.68	Q 2.68	0.000	Q 2.68	Q -
Maíz	1.000	Q 1.70	Q 1.70	0.000	Q 1.70	Q -
Melaza	1.000	Q 0.20	Q 0.20	1.000	Q 0.20	Q 0.20
Bicarbonato de Sodio	0.330	Q 0.41	Q 0.14	0.330	Q 0.41	Q 0.14
Minerales	0.275	Q 8.50	Q 2.34	0.275	Q 8.50	Q 2.34
Sal comun	0.060	Q 0.40	Q 0.02	0.060	Q 0.40	Q 0.02
Heno	5.000	Q 1.12	Q 5.60	5.000	Q 1.12	Q 5.60
Ensilaje de Maiz	20.000	Q 0.30	Q 6.00	20.000	Q 0.30	Q 6.00
Napier	20.000	Q 0.03	Q 0.60	20.000	Q 0.03	Q 0.60
Pasto	Libre			Libre		
			Q 42.05			Q 55.90

Nota. Elaboración propia

Tabla 4

Balance Met. E & P Evaluación Ración con Materia Prima + Subproductos

	Energía Metab (Mcal/día)			Proteína Metab (g/día)		
	Disp	Rqd	Dif	Dif	Rqd	Dif
Total	33.9	33.5	0.4	1490	1434	56
Mantener	33.9	11.9	22.0	1490	551	939
Preñ	22.0	0.0	22.0	939	0	939
Lact	22.0	19.9	2.1	939	831	108
Crecimiento	2.1	0.0	2.1	108	0	108
Reservas	2.1	0.0	2.1	108	0	108
CMS Estimado:13.02 kg/día				Bal Pept & NH3: 3g/d	102%	
CMS Actual: 14.13 kg/día				Bal Pept: 59g/d	151%	
pH Ruminal Estimado: 6.34				Costo de Urea: 0.13 Mcal/día		
Crecimiento Objetivo:0.00 kg/día				Leche Objetivo: 18.0 kg/día		
Crecimiento Ingresado: 0.00 kg/día				Leche Disponible por EM: 18.3 kg/día		
EM Disponible Crecimiento: 0.18 kg/día				Leche Disponible por PM: 19.2 kg/día		
PM Disponible Crecimiento: 0.25 kg/día						
Peso Concepta:0.00 kg						
Ganado Concepta: 0.00 kg/día						

Nota. Fuente. AMTS.Cattle.Professional, Eboración propia

Tabla 5

Balance Met. E & P Evaluación Ración con alimento balanceado + maíz

	Energía Metab (Mcal/día)			Proteína Metab (g/día)		
	Disp	Rqd	Dif	Dif	Rqd	Dif
Total	33.9	33.8	0.1	1566	1464	102
Mantener	33.9	12.2	21.7	1566	582	985
Preñ	21.7	0.0	21.7	985	0	985
Lact	21.7	19.9	1.8	985	831	154
Crecimiento	1.8	0.0	1.8	154	0	154
Reservas	1.8	0.0	1.8	154	0	154
CMS Estimado:13.02 kg/día				Bal Pept & NH3: 48g/d	154%	
CMS Actual: 14.78 kg/día				Bal Pept: 85g/d	183%	
pH Ruminal Estimado: 5.95				Costo de Urea: 0.18 Mcal/día		
Crecimiento Objetivo:0.00 kg/día				Leche Objetivo: 18.0 kg/día		
Crecimiento Ingresado: 0.00 kg/día				Leche Disponible por EM: 18.0 kg/día		
EM Disponible Crecimiento: 0.17 kg/día				Leche Disponible por PM: 20.2 kg/día		
PM Disponible Crecimiento: 0.35 kg/día						
Peso Concepta:0.00 kg						
Ganado Concepta: 0.00 kg/día						

Nota. Fuente. AMTS.Cattle.Professional, Eboración propia

comentario de Pérez (comunicación personal, 2022). Entre los medicamentos que más utiliza una ganadería se pueden mencionar: vitaminas, desparasitantes, vacunas, antibióticos, diuréticos, antiinflamatorios, fármacos de sincronización artificial, pajillas de semen, productos de limpieza y desinfección. El aumento de precio de estos productos complica los procesos de producción, debido a que los costos de medicamentos para ejecutar planes de prevención y de tratamientos, son más elevados.

En cuestión de precios, los productos comunes como un desparasitante comercial a base de albendazol en presentación de litro, en el 2019 se encontraba a Q 110.00 y en la actualidad a Q 120.00, (equivalente al 9 %), entre vitaminas comerciales a base de vitaminas ADE se encontraban en Q 300 y Q 700, dependiendo de la marca del producto, y en la actualidad se encuentran a Q 325.00 y 725.00, (equivalente al 8 %), (Anleu, comunicación personal, 2022).

Alternativa para uso de maquinaria agrícola

El precio de maquinaria agrícola ha tenido un aumento en el 2021 del 34 al 50 % (Mich, 2022), esto limita que un ganadero promedio pueda adquirir un equipo de esta calidad. En nuestro país un tractor comercial de 60 HP se encontraba, en el 2019, a Q 170,000.00 y en la actualidad, su precio es Q 195,000.00, (equivalente al 36 %), (Guillermo, comunicación personal, 2022).

Una de las alternativas para evitar el uso de esta maquinaria es orientar su explotación a un manejo extensivo (basado únicamente en pastoreo). Es necesario mencionar que para lograr un buen manejo en este sistema se debe de conocer la disponibilidad del pasto de la finca, se deben de realizar una buena rotación de los potreros y conocer la carga animal que permite mantener.

Ávila (comunicación personal, 2022), es un ganadero del área de costa del país que ha orientado su explotación a un manejo rotacional de potreros. El conocer las características de su

finca y aprovechar cada recurso le ha permitido manejar una buena carga animal, basando su dieta únicamente en pasto, más una pequeña suplementación de alimento balanceado al momento del ordeño. Los potreros establecidos en esta finca son manejados en un sistema silvopastoril con especies de árboles que se adaptan al ambiente y que permiten un menor costo en manejo de cercos, brindan sombra a los animales y permiten una entrada extra de dinero por el manejo escalonado de la madera.

Otro aspecto importante es manejar una genética que se adapte muy bien al sistema que se pretende realizar, que exista un plan de mejoramiento genético para alcanzar los parámetros deseados y que tenga un buen valor comercial, para que se pueda comercializar el sobrante de reemplazos.

Uso de combustible

El precio de los combustibles es otro factor importante que ha afectado a toda la cadena primaria y productiva de la industria lechera, el combustible permite realizar transporte de leche, derivados lácteos, procesamiento de pastos y forrajes, así como administrar alimento a los animales. En el año 2019 el Ministerio de Energía y Minas de Guatemala (2022) reportó a Q 25.11 el galón y en la actualidad su valor es Q 36.32, existiendo una diferencia de Q 11.21 por galón, (equivale a 44 %). Según algunos propietarios de fincas, es el rubro que más les ha afectado, principalmente cuando estas están en áreas lejanas.

Recurso humano para la ganadería

En la mayoría de fincas están evaluando el desempeño de los trabajadores con la finalidad de evaluar costos y beneficios brindados por su personal, en donde ganaderías están recortando personal con la finalidad de sobrevivir con menos costos fijos. Los costos fijos se suprimen al dejar el personal necesario o el más eficiente para poder realizar los procedimientos y el manejo de la explotación, debido a que son

costos independientes al nivel de producción (Contexto ganadero, 2022).

El despido de personal afecta la economía debido a que el 60 % de las personas de Guatemala desempeñan sus servicios como obreros en la ganadería, esto según estadísticas presentadas por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE 2017). Este problema genera una cadena comercial; a menor trabajo, menos ingresos para las familias, por ende disminuye el flujo de dinero, imposibilitando la compra de productos. Frente a este panorama urgen propuestas gubernamentales para frenar este problema. La tasa de desempleo es de 2.2 % en Guatemala para el año 2022 y es el más bajo para Latinoamérica (Solórzano, 2022). Hay varios factores que influyen en la tasa de desempleo según Sagastume (2013), entre ellas se pueden mencionar los altos índices de analfabetismo, poca o nula preparación para un empleo, falta de promoción de inversión por parte del país. Según Aruj, R. (2008) esto podría provocar mayor migración a otros países e incluso delincuencia debido a que las personas se verán obligadas a satisfacer sus necesidades primordiales.

CONCLUSIONES

En la comparación de precios de los insumos utilizados en las ganaderías nacionales, se demuestra que han tenido una diferencia de aumento muy significativa en los últimos años, lo cual conlleva que la producción de un litro de leche tenga un costo más elevado. Entre los insumos, cuyos precios fueron comparados con el de años anteriores, se encuentran fertilizantes químicos, materia prima, alimentos terminados, fármacos veterinarios, equipo agrícola y combustible. En las ganaderías, es importante, monitorear costos de dieta, fijos y variables de su explotación, de la misma manera el índice de retorno de inversión por vaca en producción (ISCA o OIFC), para poder establecer márgenes de rentabilidad y evaluar la eficiencia de forma individual en su hato lechero.

Los altos costos, han despertado el interés de administrar alternativas en todos sus procesos productivos, como en las dietas de los animales. Lo ideal sería que cada ganadero busque en su zona geográfica las alternativas de subproductos agroindustriales que podría tener disponible y realizar una cotización de los costos, posteriormente, buscar apoyo técnico-nutricional para verificar que porcentaje de inclusión sería el más adecuado, manteniendo una buena relación proteína – energía, sin afectar el estado productivo, reproductivo y sanitario de los animales.

Algunas fincas ganaderas de lechería a nivel nacional, que por ética no se pueden mencionar están logrando buenos resultados productivos al incorporar a sus dietas de producción, alternativas que encuentran en su zona. Es necesario mencionar que previo a la inclusión se ha realizado análisis NIR para poder ajustar y equilibrar las dietas de la mejor manera posible, en busca de un mejor retorno por animal.

Todas las limitaciones descritas de la cadena primaria nacional, generan una crisis que está más en sobrevivir que en generar ganancias. Las actividades ilícitas como el robo y uso de materia prima vencida complican la situación debido a que se pierde la trazabilidad de los productos y si este robo ocurre a nivel de finca, aumenta los costos de producción y a su vez la rentabilidad.

Para las ganaderías lecheras, la principal limitante es el precio de la leche. Lastimosamente este no va acorde al tema e inflación actual, si bien ha subido de precio, no es el precio al que debería de comercializarse. Un precio de leche que pagaría el tema de materias primas actuales estaría en un promedio de Q 6.00 – Q 7.00. El precio anterior fue de Q 4.10 - Q4.50 y en la actualidad de Q 5.00 – Q 5.30, existiendo una diferencia de Q 0.80 – Q 0.90 centavos, dependiendo de la zona geográfica; lo que equivale a 17 %; lo cual no es significativo a los aumentos del 30 % en dieta y en 5 % de productos que son importantes en el proceso de producción.

Las fincas deben preocuparse por mejorar la calidad de su leche, implementando buenas prácticas de ordeño, lo que les podría permitir lograr una mejor calidad y alcanzar incentivos que efectúan las empresas al tener una leche higiénica y con altos estándares de calidad y lograr que sea caracterizada como una leche A o Premium. Lo cual les permitiría aumentar de Q 1.00 a Q 1.50 por litro de leche. Una de las alternativas que actualmente están tomando en algunas ganaderías es descremar la leche de un ordeño, con la finalidad de poder vender cierta cantidad de litros de crema y de esa manera poder mejorar el precio y otros han decidido transformar cierta cantidad en derivados lácteos, esto es común en explotaciones de raza Jersey, con altos sólidos totales. El vender derivados lácteos les permite cerrar su cadena de producción, debido a que se llega al consumidor final, esta parte debe apoyarse en estudios y estrategias de mercadeo. Lo que permitiría identificar la demanda y la producción inicial, mediano y a largo plazo de sus productos. El generar valor agregado a las ganaderías, garantizaría una sostenibilidad, el promover y fortalecer las cadenas de valor y el acceso al mercado.

REFERENCIAS

- Agropecuaria, I. N. (2003). Proyecto pampa húmeda. Buenos Aires, Argentina.
- Álvarez, J. (2022). Uso de ensilaje de pulpa, Finca el Morito, Jalapa. (J. F. Morales, Entrevistador)
- Anleu. (2022). Costo de equipo y fármacos veterinarios. (J. F. Morales, Entrevistador)
- Aruj, R. (2008). Causes, consequences, effects and impact of the migrations in Latin America. Universidad de Buenos Aires. Pap. poblac vol.14 no.55 Toluca ene./mar. 2008
- Boschini, D. (1998). Efecto de dos niveles de cáscara de Banano maduro sobre la producción láctea en ganado lechero. En *Agronomía*.
- Castro Guevara A. & Ramírez Morales, I. (2018). Evaluación de la producción de leche en bovinos alimentados con cáscara de banano maduro. *Revista Científica Agroecosistemas*, 108-114.
- Cerdas. (2011). Programa de fertilización de forrajes. Desarrollo de un módulo práctico para técnicos y estudiantes de ganadería de Guanacaste. *Revista de las Sedes Regionales*, pp. 109-128.
- Contextoganadero, 2022. Costos fijos y costos variables de una explotación. Disponible en: <https://www.contextoganadero.com/costos%20fijos>.
- Daniel Oliva Martínez, L. A. (4 de mayo de 2016). Potencialidades de la torta de ajonjolí (Sesamun indica L) para la producción de cerdos en ceiba. Cuba.
- Espíndola F. 2006, Micotoxinas Y Micotoxicosis En El Ganado Bovino Lechero. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, vol. V, núm. 1, 2006, pp. 89-94. Universidad Autónoma Chapingo Durango, México.
- FAO. (2015). Los suelos sanos son la base para la producción de alimentos saludables. Obtenido de https://www.fao.org/soils-2015/news/news-detail/es/c/2_77721/
- Guillermo. (2022). Precio de Maquinaria, Guatemala, DISAGRO. (J. F. Morales, Entrevistador)
- H. Losda, J. C. (2018). Departamento de Biología de la Reproducción, división de CBS. México DF.
- INE, I. N. (2017). Estadística agropecuaria. Guatemala, Guatemala.
- INTAGRI, S. (s.f.). agricultura orgánica. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/agricultura-organica/los->

- abonos-organicos-beneficios-tipos-y-contenidos-nutrimientales
- (s.f.). Cómo enfrentar la crisis de los fertilizantes. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/agricultura-organica/los-abonos-organicos-beneficios-tipos-y-contenidos-nutrimientales>
- Languages, O. (2022). Definición del término inflación. Obtenido de Dictionary-Google: <https://languages.oup.com/google-dictionary-es/>
- Lima, W. (2022). Costo de fertilizantes. (J. F. Morales, Entrevistador)
- López, A. (2022). Precios de subproductos agroindustriales en Guatemala, Cooproleche, R. L. (J. F. Morales, Entrevistador)
- MAGA. (2022.). Anuario de precios - estadística de precios e insumos agropecuarios en Guatemala. Guatemala, Guatemala.
- (2016). Política Ganadera Bovina Nacional. Disponible en la página web: [https://www.maga.gob.gt/download/politica-ganadera\(2\).pdf](https://www.maga.gob.gt/download/politica-ganadera(2).pdf)
- Mateus, J. C. (2021). Lechería, Engormix. Obtenido de <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/foros/brocoli-alimentacion-vacas-t5354/>
- Mich. (2022). Inflación en pesos/precios de maquinaria agrícola. Obtenido de <https://elabcrural.com/se-INCREMENTO-la-facturación-por-ventas-de-maquinarias-agricolas/#:~:text=Inflaci%C3%B3n%20en%20pesos,para%20los%20implementos%20y%20sembradoras.>
- Minas, M. d. (2022). Precios de combustible nacionales. Obtenido de <https://mem.gob.gt/que-hacemos/hidrocarburos/comercializacion-downstream/precios-combustible-nacionales/>
- Pérez, J. (2022). Costo de equipo y fármacos veterinarios. (J. F. Morales, Entrevistador).
- Polo, E. (2021). Efecto de la aplicación de Abono orgánico en la producción de biomasa y calidad nutritiva de pasto Guatemala (*Tripsacum laxum*), bajo dos frecuencias de corte. Revista Saberes APUDEP, Vol. 4, núm. 2, Universidad de Panamá, Panamá.
- Philip Barrett, e. (agosto de 2022). La Inflación Se Mantendrá Elevada Más Tiempo Por La Guerra, La Demanda Y Los Mercados De Trabajo. Obtenido de <https://www.imf.org/es/Blogs/Articles/2022/04/27/blog-cotw-inflation-to-be-elevated-for-longer-on-war-demand-job-markets-042722>
- Rodríguez, J. (2016). Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América. Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, 2 Programa Multidisciplinario de Postgrado en Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP).
- Reyes, O. (2016). Efecto de la suplementación con ensilaje de pulpa de café, sobre el desempeño productivo de ganado lechero en zamorano, Honduras. Obtenido de <http://apps.iica.int/pccmca/docs/MT%20Produccion%20Animal/Lunes%2029%20abril/5-Efecto%20Suplementaci%C3%B3n%20Ensilaje%20Pulpa%20Caf%C3%A9.pdf>
- Sagastume, A. (2013), Monografía – El Desempleo en Guatemala. disponible en: <https://vsip.info/monografia-el-desempleo-en-guatemala-pdf-free.html>.
- Solórzano, A. (2022). Tasa de desempleo, periódico la Hora, disponible en: <https://lahora.gt/secciones-para-ti/economia/andrea-solorzano/2022/02/19/ine-tasa-de-desempleo-es-de-2-2-la-segunda-mas-baja-de-latinoamerica/>.

----- (2022). precios de fertilizantes,
amenaza la seguridad alimentaria en
Guatemala. La hora.

Tenaz, G. (2022). Costo de materia prima. (J. F.
Morales, Entrevistador)

Villeda. (2022). Parámetros de la calidad de la
leche. (J. F. Morales, Entrevistador).



Revista MINERVA

Plataforma digital de la revista: <https://minerva.sic.ues.edu.sv>



DOI: 10.5377/revminerva.v6i3.17359

Nota Técnica | Technical Report

Movimientos vespertinos de la lora nuca amarilla (*Amazona auropalliata*) en la ciudad de San Salvador, El Salvador

Evening movement of the Yellow-naped Parrot (*Amazona auropalliata*) in the city of San Salvador, El Salvador

Néstor Herrera¹

Correspondencia:
herrera.nestor@gmail.com

Presentado: 12 de septiembre de 2023

Aceptado: 31 de octubre de 2023

¹ Paso Pacifico, El Salvador

RESUMEN

La lora nuca amarilla, *Amazona auropalliata* ha logrado establecer poblaciones silvestres adaptándose a entornos urbanos. En esta nota se presentan los resultados del registro de individuos en sus rutas a los dormitorios comunales. Se hicieron observaciones entre abril 2020 a marzo 2021, desde cuatro puntos de avistamiento en el noreste de la ciudad de San Salvador, con un promedio de 35.76 min, para un total de 170 conteos y 100.06 horas de observación. Los resultados arrojaron un promedio de 2.42 individuos en 125 observaciones exitosas, con una ocurrencia entre las 17:26 a las 18:29 horas, existiendo más registros en el periodo de abril a julio, cuando la especie no se está reproduciendo, hay más juveniles volando y las condiciones climáticas son favorables para la observación. El análisis de correlación de Spearman entre la puesta del sol y la hora de paso de los loros ($R^2 = 0.26$) evidencia que los movimientos vespertinos no están influenciados por el fenómeno.

Palabras clave: Dormitorios, migraciones circadianas, Psittaciformes, ritmos nocturnos

ABSTRACT

The yellow-naped parrot, *Amazona auropalliata* has established wild populations adapting to urban environments. In this note we present the results of the recording of individuals on their routes to communal roosting. Observations were made between April 2020 and March 2021, from four sighting points in the northeast of the city of San Salvador, an average of 35.76 min, for a total of 170 counts, and a total of 100.06 hours. The results showed an average of 2.42 individuals in 125 successful observations, with an occurrence between 17:26 and 18:29 hours, with more records in the period from April to July, when the species is not breeding, there are more juveniles flying and weather conditions are favorable for observation.

Spearman's correlation analysis between sunset and parrot passing time ($R^2 = 0.26$) shows that evening movements are not influenced by sunset.

Keys Words: circadian migrations, nycthemeral rhythms, Psittaciformes, roosting

INTRODUCCIÓN

Las poblaciones naturales de la lora nuca amarilla (*Amazona auropalliata*, Psittacidae) están distribuidas en la vertiente del Pacífico, desde el sudoeste de México, en Oaxaca hacia el sur, a lo largo del Pacífico hasta el noroeste de Costa Rica (Forshaw, 1989). Actualmente, debido al descenso abrupto en sus poblaciones por comercio ilegal y pérdida de hábitats ha sido incluida en la categoría En Peligro Crítico a nivel mundial (BirdLife International, 2022).

Se conoce que ejemplares escapados se han establecido en áreas urbanas a lo largo de su distribución de acuerdo con Herrera (2020), estos incluyen las ciudades de Tapachula (México), Guatemala (Guatemala), Tegucigalpa, San Pedro Sula (Honduras), San Salvador (El Salvador), Managua (Nicaragua), Liberia y San José (Costa Rica), e incluso en Kingston (Jamaica).

Particularmente en El Salvador, la especie se ha registrado anidando, volando, alimentándose, y utilizando dormitorios en diferentes puntos de la ciudad de San Salvador durante todo el año, con registros en la zona suroeste, noroeste y noreste del área metropolitana (Herrera et al., 2020). No es posible precisar si son ejemplares silvestres o escapados. Entre 1 891 a 1 916 ejemplares de la especie fueron colectados en la ciudad y también hasta 1 926 se registraron en San Salvador (Dickey & van Rossem 1938), esto da pie a la existencia de una población silvestre en la zona urbana, sin embargo, hasta 2011 no se conocían registros en la ciudad (Herrera et al. 2020), esto se ha popularizado con el uso de plataformas de ciencia ciudadana.

Las áreas urbanas y su matriz de paisaje proporcionan elementos para el mantenimiento de la biodiversidad, debido a que algunas especies pueden adaptarse al entorno urbano (Jezuino et al., 2021). La ecología urbana de las aves se ha vuelto un punto de interés a nivel regional, ya que se propicia una oportunidad para estudiar la conducta de las aves, incluyendo la adaptación, resiliencia, abundancia y sobrevivencia. Uno de los aspectos clave en el estudio de los loros, es conocer el comportamiento diario de percha, incluyendo los factores que influyen en la hora de llegada a los dormideros que son poco conocidos (De Moura et al., 2012).

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales lanzó el programa nacional para la conservación de la lora nuca amarilla en El Salvador, fundamentado en siete subprogramas, incluyendo la investigación científica y monitoreo de las poblaciones en zonas urbanas, incluyendo la ubicación de sitios clave de la especie y la protección de los dormideros (MARN 2021).

El objetivo de esta nota es presentar los resultados obtenidos durante la realización de conteos vespertinos de los movimientos diarios de ejemplares de lora nuca amarilla en el área metropolitana de San Salvador, y contribuir al conocimiento de la especie y a la aplicabilidad del Programa Nacional de Conservación.

MÉTODOS

Sitios de estudio

El dormidero se ubicaba en la zona verde-arbolada de la antigua finca Venecia (13° 43' 00" N y 89° 08' 45" O, 600 m s. n. m.), en el municipio de Soyapango (Figura 1). Se trata de una extensión aproximadamente de 2 ha de extensión, poblada por árboles de araucaria (*Araucaria excelsa*), volador (*Terminalia oblonga*), bálsamo (*Myrolylon balsamum*), aguacate (*Persea americana*) y mango (*Mangifera indica*). Los loros usaban

solamente los árboles de volador como dormideros.

El dormidero fue visitado durante 18 meses, con dos visitas por mes, contabilizando los ejemplares que llegaban y los horarios, así se determinó que una buena parte de los loros procedían del extremo noroeste de la ciudad y se trazó un indicativo de potenciales rutas de paso. De ese modo, se establecieron cuatro sitios de conteo a fin de obtener registros que permitieran documentar el patrón desde el noroeste de la ciudad. Se seleccionaron sitios abiertos y elevados, con una visibilidad de 180 grados en un entorno de viviendas dentro de una matriz urbana, donde la vegetación original ha sido sustituida por especies exóticas que se han naturalizado, existiendo en algunos casos árboles originales propios de la vegetación decidua.

Los sitios de observación se conocen localmente como: colonia Atlacatl (13° 42' 34" N y 89° 10' 51" O, 600 m s. n. m.) e iglesia Don Rúa (13° 42' 41.11" N y 89° 11' 30.15" O, 600 m s.n. m.) ambos en el municipio de San Salvador; colonia Yanira (13° 43' 18" N y 89° 10' 40" O, 600 m s. n. m.), en el municipio de Cuscatancingo y desvío de calle Mariona (13° 43' 40" N y 89° 11' 16" O, 600 m s.n.m.), en el municipio de Mejicanos (Figura 1).

Toma de datos

Los conteos se realizaron cuando el cielo estaba lo suficientemente despejado para distinguir las aves en vuelo, no se llevaron a cabo durante los días de lluvia. Se utilizaron binoculares marca Canon, con un alcance de 8x32, y una cámara fotográfica profesional, marca Canon modelo Eos, con un lente teleobjetivo de 300 mm. Registros durante las mañanas no se incluyeron debido a la nula cantidad de observaciones de la especie, en el mismo período.

Los conteos iniciaron entre las 17:10 y las 18:30 horas, con una duración entre 20 a 70 minutos, para un total de 170 conteos, un promedio de 35.76 min y un total de 100.06 horas durante

12 meses de estudio, desde abril 2020 hasta marzo 2021. Los cuatro sitios de conteo fueron rotándose semanalmente, para lograr tener un equitativo número de avistamientos, a razón de dos conteos por semana por sitio, aunque en la práctica no siempre fue posible, sobre todo durante el periodo de cuarentena obligatoria por el COVID 19 o por la lluvia.

Con las observaciones, se registró la hora del avistamiento, el número de individuos, el rumbo en el que aparecieron los ejemplares y el rumbo en que desaparecieron, así mismo el comportamiento (si los ejemplares iban vocalizando o en silencio), interacciones entre individuos, perchado, alimentación y relaciones con otras especies de aves, incluyendo potenciales depredadores. Todos los avistamientos fueron incluidos a la plataforma digital eBird, y, siempre que fue posible respaldados con fotografías (Figura 2).

Análisis de datos

Los datos se procesaron en hojas de cálculo de Microsoft Excel, haciendo uso de estadística descriptiva.

RESULTADOS

En doce meses de observaciones, se realizó un total de 170 días de conteo, en los cuales, en 125 de las veces se detectó el paso de ejemplares hacia el dormidero por observación, vocalización o ambos. El registro de ejemplares vocalizando durante el vuelo fue mayor (n=81) que ejemplares volando en silencio (n=44).

Los loros volaban principalmente desde el suroeste hacia el noreste (n=91), en menor número desde el noroeste hacia el noreste (n=17) o desde el sur y norte hacia el noreste (n=9).

La mayoría de las observaciones ocurrieron casi a diario entre los meses de abril a junio, posteriormente entre julio a septiembre bajaron por influencia del patrón de lluvias que suele ocurrir en horas de la tarde. De octubre

Figura 1

Sitios de observación y ubicación del dormitorio de lora nuca amarilla (*Amazona auropalliata*) en el noroeste y noreste de la ciudad de San Salvador

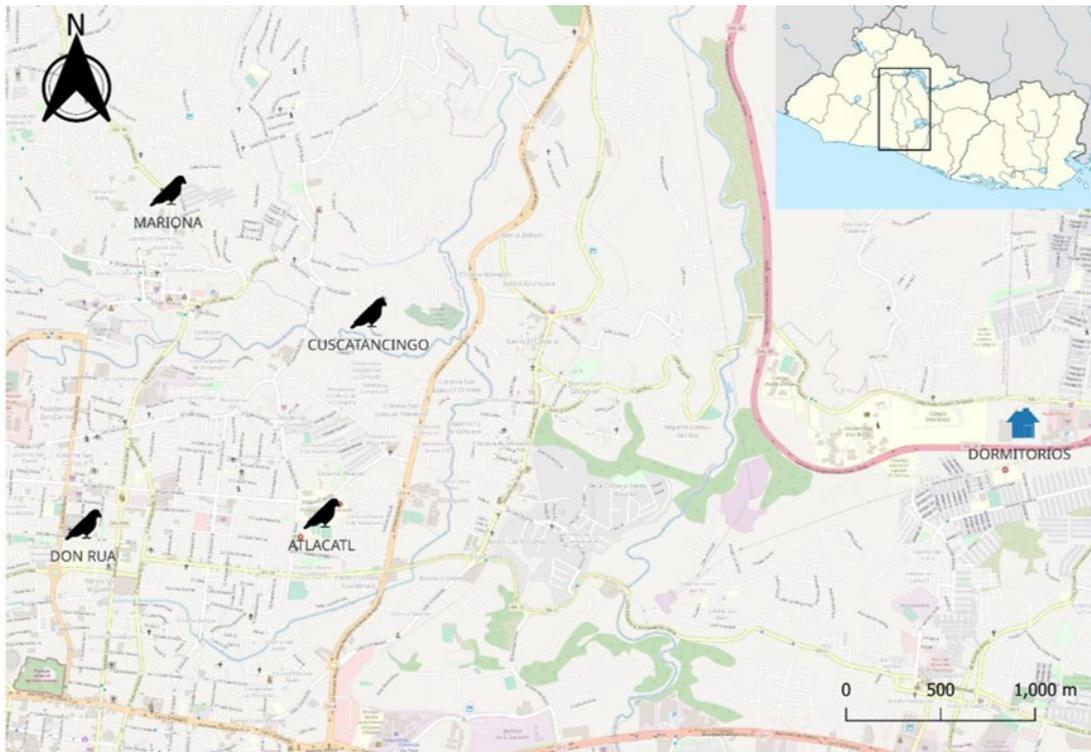


Figura 2

Registros fotográficos de lora nuca amarilla (*Amazona auropalliata*) en las rutas al dormitorio en la ciudad de San Salvador



Nota. Créditos de las fotografías: izquierda, Carlos Jenkins y derecha, Néstor Herrera.

a diciembre mejora la visibilidad, pero los loros no fueron vistos con tanta frecuencia. Entre enero y marzo las observaciones decayeron (Figura 3, Tabla 1).

Se observó a los loros entre las 17:23 y las 18:30 horas, con 67 registros antes de la puesta del sol que representaron 39 ± 9.96 minutos antes

de la puesta del sol y 58 registros después de la puesta del sol, que representaron 21 ± 4.96 minutos después de la puesta del sol, no obstante, no se encontró una relación entre la puesta del sol y la hora de paso de los loros hacia el dormitorio ($y = -0.00x + 0.77$, $R^2 = 0.29$).

Se registró un promedio de 2.48 individuos por día, con un mínimo de uno hasta ocho individuos en un día y una desviación estándar de 1.15. La mayoría de las observaciones fueron de parejas (n=91), seguido de grupos de cuatro individuos (n=11), cinco (n=6) y tres individuos (n=3). Grupos de seis, siete y ocho individuos solo fueron registrados una vez (Figura 4).

Se visualizó que los loros pasaban entre 30 a 100 m de altura por sobre el sitio de registro (n=44). Casi nunca se detuvieron, solo en cinco ocasiones, los ejemplares se posaron en árboles en el rango de observación, sobre todo árboles emergentes, incluyendo ceiba (*Ceiba pentandra*) y maquilishuat (*Tabebuia rosea*), permanecieron unos minutos, vocalizaban incesantemente y luego reiniciaron su vuelo.

Figura 3

Meses del año y número de registros de ejemplares de lora nuca amarilla (*Amazona auropalliata*) durante las observaciones

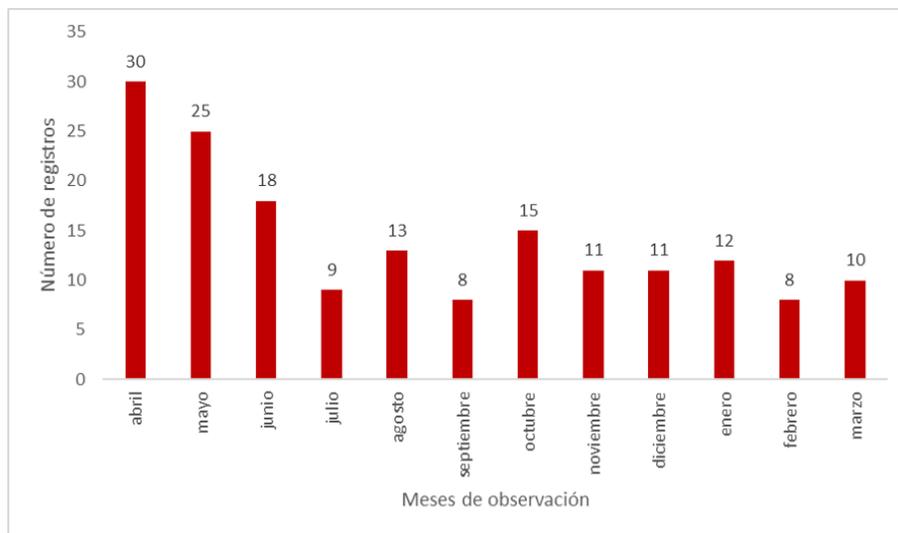


Figura 4

Número de individuos de lora nuca amarilla (*Amazona auropalliata*) registrados de acuerdo con la hora de observación



En tres ocasiones, los ejemplares fueron atacados, el 13 y 14 de abril de 2020, por una pareja de gavilán gris (*Buteo plagiatus*) y el 6 de octubre por un halcón peregrino (*Falco peregrinus*). Las rapaces no tuvieron éxito en su intento de caza.

Tabla 1

Registros por mes y notas de observaciones relevantes

Mes	No. de registros	Observaciones
Enero	12	Alimentándose en árbol de Ceiba
Febrero	8	
Marzo	10	
Abril	30	Interacción con <i>Buteo plagiatus</i>
Mayo	25	
Junio	18	Lluvias a tempranas horas de la tarde
Julio	9	Lluvias a tempranas horas de la tarde
Agosto	13	Lluvias a tempranas horas de la tarde
Septiembre	8	Lluvias a tempranas horas de la tarde
Octubre	15	Pareja atacada por <i>Falco peregrinus</i>
Noviembre	11	
Diciembre	11	

DISCUSIÓN

La mayoría de los estudios disponibles sobre el comportamiento de los loros en el atardecer, se relacionan con el conteo o estimaciones de aves en los sitios que utilizan como dormitorios, esto se relaciona con la facilidad para lograr obtener datos sobre la demografía

de las especies (Berg & Angel, 2006; Cougill & Stuart, 2004; Fernandes-Seixas & Mourão, 2018; Matuzak & Brightsmith, 2007).

La información sobre las rutas de los loros que se dirigen hacia los dormitorios es poco o nada conocida, ya que los estudios en ambientes naturales, bosques, praderas y zonas agrícolas hacen muy difícil precisar rutas de paso de las aves. Los loros que viven en ciudades ofrecen una excelente oportunidad para los investigadores que desean conocer las pautas del comportamiento alimenticio, reproductivo, conductuales y los patrones de movimientos matutinos y vespertinos.

Las poblaciones de Psitácidos en diferentes ciudades del mundo, no solo en los países de su distribución, están generando nueva literatura sobre estos y su ecología urbana, incluyendo abundancia (Álvarez-Castillo et al., 2022), modelaje de corredores (Jezuino et al., 2021), tendencias poblaciones, datos históricos, ciencia ciudadana (Kiacz et al., 2021), comportamiento (Ibarra Portillo, 2019) y fuentes de alimento (Herrera & Rodríguez, 2022), entre otros.

Los datos obtenidos sugieren que los loros siguen las mismas rutas de paso día con día y que la detectabilidad fue influenciada por patrones climáticos como la lluvia y la intensidad de luz al final de la tarde. Ibarra Portillo (2019) registró desplazamientos de arribada de *Psittacara strenuus* influenciados por la puesta del sol y la luz disponible, en la estación lluviosa, cuando los días son más largos y oscurece más tarde, el rango principal de llegada fue 5:30-6:00 p. m., mientras que en la estación seca cuando los días son más cortos, el rango principal fue 5:00-5:30 p. m.

Por otra parte, los bajos promedios observados, evidencian una pequeña población menor a 50 individuos que utilizan el dormitorio y que está conformada principalmente por parejas de adultos. Herrera et al., (2020), propone la existencia de dos poblaciones de lora nuca

amarilla en la zona metropolitana de San Salvador, en núcleos interconectados por vegetación natural y parques urbanos en la zona suroeste, noroeste y noreste de la ciudad.

De Moura et al., (2011) estudiaron como los factores climáticos afectan los patrones de movimientos diarios de la lora alinaranja (*Amazona amazónica*), determinando que los loros llegaban o salían de los dormitorios influenciados por la intensidad de luz, ellos encontraron que más loros llegaban al dormitorio después del atardecer que antes, mientras que más loros abandonaban el sitio antes del amanecer que después. La diferencia con estos resultados se debe a que el presente estudio se enfocó en las rutas de paso, no en la observancia directa en el dormitorio, lo que explica porque no se encontró una relación entre la puesta del sol y la hora de paso de los loros hacia el dormitorio.

El clima también influyó en un conteo de loros de cola roja (*Amazona brasiliensis*) en Brasil, tanto en el tamaño de los dormitorios como en el momento de su llegada, los investigadores encontraron que los números de loros que llegaban al dormitorio eran mayores en los días soleados y cálidos (Cougill & Stuart, 2004). Similares resultados se registraron en los dormitorios de *Psittacara strenuus* en la ciudad de San Salvador (Herrera et al., 2006, Ibarra Portillo, 2019).

Si bien es cierto que estos factores físicos influyen en las concentraciones de los loros, también cambian el seguimiento de las rutas de vuelo hacia los dormitorios. Otro factor observado es el periodo reproductivo, cuando las parejas no siempre llegan a los dormitorios, sino que permanecen en la zona de anidación, reduciéndose los avistamientos, y cuando finaliza, el número de observaciones aumenta, esto se aprecia en los resultados expuestos en la Figura 3. Este comportamiento lo registró también Matuzak & Brightsmith, (2007) para la misma especie en Costa Rica.

Respecto al comportamiento de vocalización, en la mayoría de los registros los loros fueron detectados por las vocalizaciones en vuelo (n=81). De acuerdo con Dahlin & Wright (2012) las parejas producen dúos vocales coordinados que son utilizados para el mantenimiento y la defensa del territorio. En este sentido, los estudios acústicos de *Amazona auropalliata* definen la "llamada de contacto" que es una llamada fuerte y relativamente estereotipada que se usa en una amplia variedad de situaciones, incluso en dormitorios, en vuelo y cerca del nido y que parece funcionar como un marcador de identidad social que se utiliza para mantener el contacto con otros miembros de un grupo social y en la pareja (Wright, 1999).

El registro de depredadores es poco conocido en la literatura, en general se cuenta con información de ciertas especies que depredan los nidos, como el halcón selvático mayor (*Micrastur semitorquatus*), que depredó un nido activo con dos pichones en Barra de Santiago, El Salvador (Portillo-Hernández & Méndez-Rivera, 2019).

La existencia de rapaces depredadoras en un ámbito urbano enfrenta a los loros a un potencial riesgo. Se ha registrado una conducta de alarma en sus dormitorios en el campus de la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas, de la especie pericón verde centroamericano (*Psittacara strenuus*) ante la presencia de gavián de cola corta (*Buteo brachyurus*), gavián gris (*Buteo plagiatus*), gavián de los caminos (*Rupornis magnirostris*) y halcón peregrino (*Falco peregrinus*), especies que atacan a las bandadas congregadas o en vuelo (Herrera et al., 2006, Ibarra-Portillo, 2019).

CONCLUSIONES

Los registros y uso de las rutas de vuelo, los patrones vespertinos y la conducta de los loros, como vocalizaciones, evidencia como pequeñas poblaciones, posiblemente escapadas, se han establecido en un paisaje

urbano y llevan a cabo todas sus actividades biológicas de manera natural.

Registros adicionales a lo largo del tiempo serán muy útiles para entender mejor el patrón y correlacionarlo con variables ambientales como la puesta del sol y la lluvia sobre todo si los conteos se llevan a cabo en los dormitorios de la especie.

AGRADECIMIENTOS

Muchos de los conteos de loros se hicieron en el periodo de la cuarentena por el COVID 19, entre marzo y junio de 2020, aprecio el apoyo de las personas que me acompañaron en la toma de datos de campo: Rocío Juárez, Dora Artero, Carlos Jenkins, Mario Trejo, Tom Cruz y Henry Fabian. Sarah Otterstrom, de Paso Pacifico contribuyó con ideas y financiamiento. Agradezco a mi hija, Elisa Herrera Díaz quien preparó la Figura 1. Las observaciones de los revisores fueron muy oportunas para mejorar el manuscrito.

REFERENCIAS

Álvarez-Castillo, C., MacGregor-Fors, I., Arriaga-Weiss, S. L., Mota-Vargas, C., & Santiago-Alarcón, D. (2022). Abundance of White-fronted Parrots and diet of an urban parrot assemblage (Aves: Psittaciformes) in a green Neotropical city. *Avian Research* 13. Doi: 10.1016/j.avrs.2022.100019

Berg, K. S. & Angel, R. R. (2006). Seasonal roosts of Red-lored Amazons in Ecuador provide information about population size and structure. *J. Field Ornithol.* 77(2):95–103. DOI: 10.1111/j.1557-9263.2006.00028.x

BirdLife International. (2022). *Amazona auropalliata*. The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T22686342A180373727. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-3.RLTS>.

T22686342A180373727.en. Consultado el 12 de diciembre 2022

Cougill, S., & Stuart, J. M. (2004). Variability in roost size in an *Amazona* parrot: implications for roost monitoring. *Journal of Field Ornithology*. 75(1) 67-73. <https://doi.org/10.1648/0273-8570-75.1.67>

Dahlin, C. R., & Wright, T. F. (2012). Does syntax contribute to the function of duets in a parrot, *Amazona auropalliata*? *Animal Cognition* 15(4), 647–656. <https://doi.org/10.1007/s10071-012-0493-y>

De Moura, L.N., Da Silva, M.L., & Vielliard, J.M.E. (2012). Influence of the nycthemeral cycle on the roosting behaviour of the Orange-winged Amazon. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 84(2): 509–515

Dickey, D. R. & A. J. Van Rossem. 1938. The birds of El Salvador. Chicago: Field Mus. Nat. Hist. Zool. Ser. 23:1–609

Fernandes Seixas, G. H. F., & Mourão G. (2018) Communal roosts of the Blue-fronted Amazons (*Amazona aestiva*) in a large tropical wetland: Are they of different types? *PLoS ONE* 13(10): e0204824. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204824>

Forshaw, J.M. (1989). *Parrots of the World*. Tercera edición. Ilus. W. T. Cooper. Melbourne, Australia. Lansdowne Press

Herrera N. (2020). Registros de la Lora Nuca Amarilla *Amazona auropalliata* en dormideros de la zona sur del departamento de Ahuachapán, El Salvador. *Revista Venezolana de Ornitología* 10:4–9

Herrera, N. & Rodríguez, D. (2022). Especies de flora como fuente de alimento para las poblaciones de la Lora Nuca Amarilla (*Amazona auropalliata*) en El Salvador. *Minerva* 5 (4):61–74

- Herrera N, Lara K., & Funes, C. (2020). Estado poblacional de la Lora Nuca Amarilla (*Amazona auropalliata*) en El Salvador. *Zeledonia* 24 (1): 5–20
- Herrera, N., Ibarra Portillo, R., Vega, I., & Pérez, I. (2006). Monitoreo de la población del Perico Verde Centroamericano (*Aratinga strenua*) en Antiguo Cuscatlán, El Salvador. *Mesoamericana* 10 (2):95–104
- Ibarra-Portillo, R. E. 2019. Informe final de monitoreo de pericón verde (*Psittacara strenuus*) en Antiguo Cuscatlán (pautas de comportamiento y rumbos de arribada) enero-diciembre 2019. Fundación Zoológica de El Salvador (FUNZEL). San Salvador. 370 p
- Jezuino, P., Alquezar, R.D., & Machado, R.B. (2021). Parrots and the city: modeling potential corridors in an urban environment. *Urban Ecosyst* 24, 1141–1154. <https://doi.org/10.1007/s11252-021-01107-5>.
- Kiacz, S., Shackelford, C., Henehan, A., & Brightsmith, D. (2021). History, status, and productivity of the Red-crowned Amazon *Amazona viridigenalis* in the Lower Rio Grande Valley of Texas. *Bird Conservation International* 31(4), 519–533. doi:10.1017/S0959270920000404
- Matuzak, G. D., & Brightsmith, D. J. (2007). Roosting of Yellow-naped Parrots in Costa Rica: estimating the size and recruitment of threatened populations. *Journal of Field Ornithology* 78(2): 159–169
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2021). *Programa nacional para la conservación de la Lora nuca amarilla (Amazona auropalliata) en El Salvador*. Año 2021-2031. San Salvador, El Salvador. 112 p
- Portillo-Hernández, A. M., & Méndez-Rivera, W. E. 2019. Anidación de *Amazona auropallita* (Lora nuca amarilla) en el área natural protegida Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador. Tesis de grado. Universidad de El Salvador. San Salvador. 79 p
- Wright, T. F. 1999. Vocal communication in wild population of Yellow-naped Amazon (*Amazona auropalliata*). *Watchbirds*. January-february. 7–9

Esta página está dejada intencionalmente en blanco



DOI:10.5377/revminerva.v6i3.17369

Nota Técnica | Technical Report

Vegetación utilizada por aves dentro del Campus de la Universidad de El Salvador, El Salvador

Vegetation used by birds within the University Campus of the University of El Salvador, El Salvador

Rebeca Marleni Figueroa Eguizábal¹

Dora Alicia Armero Durán¹

Fabiola Mayandi Guerra Mina¹

Correspondencia
fel8003@ues.edu.sv

Presentado: 24 de agosto de 2023

Aceptado: 21 de octubre de 2023

1. Escuela de Biología, Facultad de Ciencias naturales y Matemática, Universidad de El Salvador

RESUMEN

El objetivo del estudio fue identificar las especies vegetales utilizadas por la avifauna dentro del campus de la Universidad de El Salvador durante los meses de abril, mayo y junio de 2022 mediante recorridos quincenales. Se empleó la metodología de búsqueda intensiva para identificar a las aves por medio de la inspección de sus características físicas y de cantos. Además, se llevó el registro de las actividades realizadas. Un total de 47 especies de plantas, agrupadas en 43 géneros, 25 familias y 17 órdenes, siendo estos 38 árboles, 2 plantas arborescentes, 4 arbustos, 1 trepadora y 2 herbáceas, fueron registradas siendo utilizadas por las aves durante los monitoreos. Las especies vegetales utilizadas de forma más frecuente por las aves fueron mango (*Mangifera indica*) y casuarina (*Casuarina equisetifolia*). Del total de la vegetación usada por la avifauna urbana dentro del campus universitario, el 49 % fue utilizada para alimentación, 62 % se empleó para percha y 15 % como sitio de anidación. Este estudio destaca la importancia que tiene la vegetación presente dentro de la Universidad de El Salvador como sitio de descanso para las poblaciones de aves residentes y migratorias visitantes.

Palabras clave: especies vegetales, aves urbanas, campus universitario, abundancia, monitoreo.

ABSTRACT

The objective of this study was to identify the plant species that were used by birds within the campus of University of El Salvador from April to June 2022 through fortnightly routes. The researchers applied an intensive search methodology for the identification of the bird species by physical characteristics and

sounds, as well as the registry of their activities. A total of 47 plant species, grouped in 43 genera, 25 families and 17 orders, these being 38 trees, 2 arborescent, 4 bushes, 1 climbing plant and 2 herbs, were registered being utilized for birds within the University campus during monitoring. The most frequently used plant species were mango (*Mangifera indica*) and casuarina (*Casuarina equisetifolia*). From the whole of the vegetation used by urban birds within the university campus, 49% was utilized for feeding purposes, 62% was employed as perch site and 15% was used as nesting site. This research emphasizes the importance of vegetation within the university of El Salvador as a shelter for resident and migratory species of birdlife.

Key words: plant species, urban birds, university campus, abundance, monitoring.

INTRODUCCIÓN

Recientemente, la deforestación y el progreso de la agricultura y ganadería han alterado los ecosistemas naturales provocando así la pérdida de los bosques, la modificación de la vegetación natural remanente, la sobreexplotación de los pastizales, el cambio en el uso del suelo, entre otros (de la Peña y Pensiero, 2017, p. 4). Las consecuencias de estos fenómenos no solo afectan al ser humano, sino a todas las especies que se desenvuelven en el medio, como las aves. Es de vital importancia estudiar las interacciones entre plantas y aves dentro de los espacios urbanos para poder conservar la biodiversidad en los ecosistemas, ya que las plantas sirven a las aves como fuente de alimento y refugio (Tamaris Turizo y Hernández Palma, 2022, p. 32), y estas a su vez actúan como polinizadores y dispersores de sus semillas (Zuluaga Carrero, 2022, p. 39).

En este contexto, las áreas verdes, en los sitios urbanos, son espacios importantes a

nivel ecológico ya que actúan como factores condicionantes de la estructura y composición de las comunidades de avifauna presentes (Arteaga Chávez, 2017, p. 173; Cediel y Lozano-Flórez, 2020, p. 1; Foncea et al., 2023, p. 464; Gutiérrez Ramos y Rodríguez Rodríguez, 2021, p. 69) y como refugios y sitios de ingreso para las aves migratorias (Leveau, 2021, p. 6).

El objetivo del estudio fue identificar las especies vegetales utilizadas por la avifauna dentro del campus de la Universidad de El Salvador durante los meses de abril, mayo y junio de 2022 mediante recorridos quincenales. Para ello, se empleó la metodología de búsqueda intensiva y así, identificar a las aves por medio de la inspección de las características físicas y de cantos; de forma simultánea se llevó el registro de las actividades realizadas por los individuos durante los monitoreos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La Universidad de El Salvador es una institución pública de educación superior fundada el 16 de febrero de 1841 (Macal, 1976, p. 108). Está ubicada en el departamento de San Salvador, El Salvador y sus coordenadas geográficas son: 13.72 N, 89.20 W, a una altura de 702 ms. n. m. (Google Earth, 2023), posee una formación vegetal de tierra caliente y cálida, con una temperatura promedio anual que va desde los 26 hasta los 22 °C (Lauer, 1954, p. 41). El campus universitario cuenta con un área total de 41.97 hectáreas (Pablo et al., 2018, p. 2).

Metodología

El estudio se realizó durante los meses de abril a junio del año 2022 mediante muestreos quincenales a partir de registros visuales y

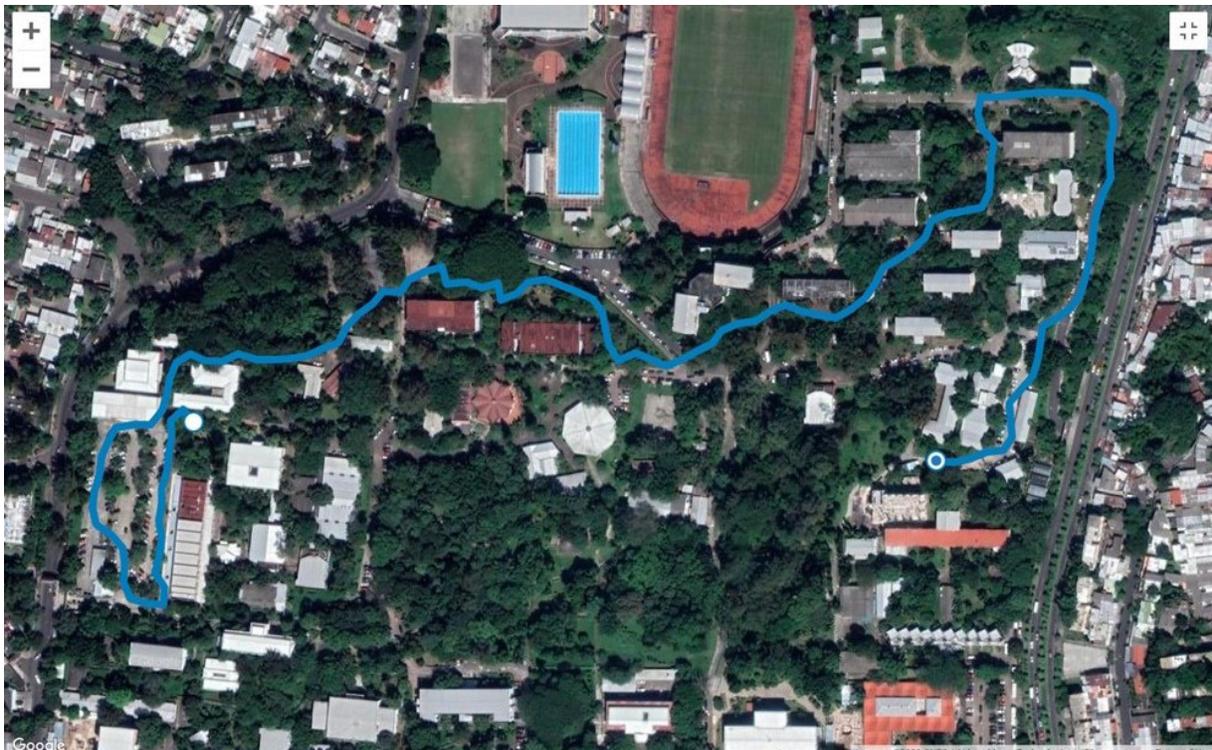
auditivos donde participaron 3 observadoras aplicando una búsqueda intensiva dentro del campus de la Universidad de El Salvador, El Salvador. Se trabajó con el método de establecimiento de transectos, el transecto establecido para realizar los recorridos fue de 1,37 km de longitud (Figura 1). Los recorridos fueron realizados de 7:00 a 9:00 a. m. (dos horas) empleando la estrategia de trabajo de búsqueda intensiva para identificar a las aves por medio del reconocimiento visual de sus características físicas y sus cantos. A la vez, se identificó la vegetación en la cual las aves se encontraban realizando alguna actividad. (Se realizaron recorridos de identificación

de especies con el apoyo del Lic. Carlos Elías, botánico de la Escuela de Biología de la Universidad de El Salvador para identificar a las especies vegetales que no pudieron ser identificadas in situ). El orden taxonómico, familia y origen de las especies vegetales (Tabla 1) se ha presentado tomando como referencia la página oficial de la organización científica Kew Royal Botanical Gardens (POWO, 2023).

Se realizaron cinco recorridos dentro del campus de la Universidad de El Salvador, se utilizó la aplicación móvil eBird para llevar el registro de las especies de aves avistadas y se llevó un registro físico del género, especie, la estacionalidad y las actividades que estaba

Figura 1

Transecto establecido para realizar el recorrido dentro del campus universitario de la Universidad de El Salvador.



Nota. la imagen se obtuvo por medio de la aplicación de eBird (Armero et al. 2021).

haciendo el ave observada, el sexo y estado de madurez (cuando fue posible), género y especie vegetal usada.

Durante los recorridos se emplearon binoculares marca Bushnell de 12 x 42, y 8 x 42 marca Sierra by Tasco de 8 x 30, una cámara Nikon D3500 con un lente Nikon nikkorr 70-300 mm para el registro fotográfico de las especies de aves y de la vegetación. Para identificar taxonómicamente a las especies de aves se utilizaron las guías de campo «Peterson Field Guide to Birds of Northern Central America» de Jesse Fagan y Oliver Komar, «The birds of Costa Rica» de Richard Garrigues y Robert Dean, el orden taxonómico de las especies de avifauna fue de acuerdo a Ebird. Todos los datos obtenidos fueron colocados en una matriz en Excel para su posterior análisis.

Análisis de datos

Las especies vegetales identificadas fueron clasificadas en tres categorías según el número de veces que fueron utilizadas por las aves dentro del campus universitario durante todo el estudio, teniendo: 1 a 3 veces de uso como poco frecuente, 4 a 6 como frecuente, y finalmente, 7 a 10 veces de uso como muy frecuente.

Para analizar datos obtenidos de la abundancia de la avifauna se utilizó el software GraphPad Prism versión 10.0.3 para windows, donde se elaboró una curva de Whittaker de las especies de aves avistadas en los monitoreos realizados durante los meses de abril, mayo y junio del año 2022 con base a la abundancia de las especies de avifauna observadas.

La curva de Whittaker fue empleada para representar de forma gráfica a las especies de acuerdo a su abundancia, comenzando con el mayor número de individuos reportados hasta llegar a la que tuvo el valor más bajo por cada

uno de los meses en los que se realizó el estudio (Feinsinger, 2001, p. 138).

RESULTADOS

Composición y usos de la vegetación

Se identificaron 47 especies vegetales utilizadas por la avifauna durante los recorridos realizados, distribuidas en 17 órdenes, 25 familias y 43 géneros. Se registraron 28 especies nativas (60 %) y 19 exóticas (40 %), clasificadas de acuerdo a su hábito, teniendo 38 especies arbóreas (81 %), 4 arbustos (9 %), 2 especies arborescentes (4 %), 2 hierbas (4 %) y 1 trepadora (2 %). Las familias de vegetación más representativas fueron Fabaceae (10 spp), Myrtaceae (5), Moraceae (5) y finalmente, Bignoniaceae (3).

Las especies vegetales utilizadas de manera muy frecuente por la avifauna urbana fueron mango (*Mangifera indica*) y casuarina (*Casuarina equisetifolia*); de forma frecuente: eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*), conacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), maquilishuat (*Tabebuia rosea*), y madrecaao (*Gliricidia sepium*) y, finalmente, las especies restantes han sido clasificadas como «utilizadas de forma poco frecuente».

Especies vegetales más utilizadas con fines alimenticios: *M. indica* (utilizada por *E. canicularis*, *B. jugularis*, *D. dives* y *T. episcopus*), *E. cyclocarpum* (por *I. galbula* e *I. gularis*), y *C. equisetifolia* (por *E. canicularis* y *T. abbas*). Las plantas más usadas para percha fueron: *T. rosea* (por *I. spurius*, *C. rubiginosus* y *M. aurifrons*), *E. camaldulensis* (por *M. aurifrons*, *T. grayi* y *T. melancholicus*), *G. sepium* (por *Glaucidium brasilianum*, *P. flavirostris* y *E. superciliosa*) y *M. indica* (por *T. abbas*, *M. similis*, y *E. canicularis*). Por último, las especies que las aves más utilizaron para anidar fueron *C. equisetifolia* (por *E. canicularis*, *I. pustulatus* y *Z. asiatica*), *E.*

Tabla 1

Especies vegetales utilizadas por la avifauna dentro del campus de la Universidad de El Salvador durante los meses de abril, mayo y junio de 2022

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	Origen	Hábito	Parte usada	Actividad	Uso
Apiales	Araliaceae	<i>Dendropanax arboreus</i>	Mano de león	N	A	R	P	PF
Arecales	Arecaceae	<i>Areca sp</i>	Palmera	E	ARBS	H, T	AN	PF
Arecales	Arecaceae	<i>Dypsis lutescens</i>	Palmera egipcia	E	ARBS	H	P	PF
Caryophyllales	Polygonaceae	<i>Triplaris melaenodendron</i>	Palo mulato, helicóptero	N	A	R	AN	PF
Dilleniales	Dilleniaceae	<i>Dillenia indica</i>	Falsa magnolia	E	A	R	P	PF
Fabales	Fabaceae	<i>Albizia adinocephala</i>	Chaperno blanco, guaje	N	A	R	P	PF
Fabales	Fabaceae	<i>Andira inermis</i>	Almendra de río	N	A	FL	A (insectos)	PF
Fabales	Fabaceae	<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	Flor barbona	N	ARB	FL	A	PF
Fabales	Fabaceae	<i>Diphysa americana</i>	Guachipilín	N	A	FL	A	PF
Fabales	Fabaceae	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Conacaste	N	A	R	A, AN, P, búsqueda de material para nido	F
Fabales	Fabaceae	<i>Erythrina berteroana</i>	Árbol de pito	N	A	FL	A	PF
Fabales	Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	Madrecaca	N	A	R	A, P	F
Fabales	Fabaceae	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i>	Chaperno negro	N	A	R	P	PF
Fabales	Fabaceae	<i>Psidium friedrichsthalianum</i>	Arrayán	N	A	R	P	PF
Fabales	Fabaceae	<i>Samanea saman</i>	Cenicero, zorra, carrito.	N	A	R	P	PF
Fabales	Mimosaceae	<i>Pithecellobium dulce</i>	Mangollano	N	A	R	P, A	PF
Fagales	Casuarinaceae	<i>Casuarina equisetifolia</i>	Casuarina	E	A	R, F, T	AN, A, P	MF
Gentianales	Rubiaceae	<i>Hamelia patens</i>	Chichipins	N	ARB	R	P	PF
Lamiales	Bignoniaceae	<i>Amphilophium crucigerum</i>	Bejuco, lengua de vaca	N	T	FL	A	PF

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	Origen	Hábito	Parte usada	Actividad	Uso
Lamiales	Bignoniaceae	<i>Tabebuia rosea</i>	Maquilishuat	N	A	R	P, A	F
Lamiales	Bignoniaceae	<i>Tecoma stans</i>	San Andrés	N	A	R	P	PF
Laurales	Lauraceae	<i>Persea americana</i>	Aguacate	N	A	R	P	PF
Magnoliales	Annonaceae	<i>Annona purpurea</i>	Sincuya	N	A	R	P	PF
Malpighiales	Chrysobalanaceae	<i>Chrysobalanus icaco</i>	Icaco	N	ARB	FL	A	PF
Malpighiales	Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i>	Nance	N	A	FL	A	PF
Malvales	Malvaceae	<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba	N	A	R	P	PF
Myrtales	Combretaceae	<i>Terminalia catappa</i>	Almendra indio	E	A	R	P	PF
Myrtales	Myrtaceae	<i>Callistemon lanceolatus</i>	Calistemo	E	ARB	R	P	PF
Myrtales	Myrtaceae	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Eucalipto	E	A	R	AN, P, A (insectos)	F
Myrtales	Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>	Guayaba	N	A	R	P	PF
Myrtales	Myrtaceae	<i>Syzygium cumini</i>	Cerezo de belice	E	A	F	A	PF
Myrtales	Myrtaceae	<i>Syzygium malaccense</i>	Marañón japonés	E	A	F	A	PF
Poales	Poaceae	<i>Megathyrsus maximus</i>	Zacate	E	H	F o FL	A	PF
Rosales	Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i>	Capulín cimarrón	N	A	F y FL	A	PF
Rosales	Cecropiaceae	<i>Cecropia peltata</i>	Guarumo	N	A	R	P	PF
Rosales	Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i>	Ojushte	N	A	FL	A	PF
Rosales	Moraceae	<i>Ficus benjamina</i>	Laurel de la India	E	A	R	P	PF

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	Origen	Hábito	Parte usada	Actividad	Uso
Rosales	Moraceae	<i>Ficus elastica</i>	Palo de hule	E	A	F	A (fruto e insectos)	PF
Rosales	Moraceae	<i>Ficus microcarpa</i>	Laurel de la india	E	A	R	P	PF
Rosales	Moraceae	<i>Ficus sp</i>	Amate blanco	E	A	F o FL	A	PF
Sapindales	Anacardiaceae	<i>Anacardium occidentale</i>	Marañón	E	A	R	P	PF
Sapindales	Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i>	Mango	E	A	R, F	P, A, AN	MF
Sapindales	Meliaceae	<i>Azadirachta indica</i>	Neem	E	A	F	A, P	PF
Sapindales	Meliaceae	<i>Swietenia humilis</i>	Árbol de caoba	N	A	R	P	PF
Sapindales	Sapindaceae	<i>Melicoccus bijugatus</i>	Mamoncillo	E	A	R	P	PF
Sapindales	Simaroubaceae	<i>Simarouba glauca</i>	Aceituno	N	A	R	AN	PF
Zingiberales	Musaceae	<i>Musa paradisiaca</i>	Guineo	E	H	F	A	PF

Nota. Categorías: A= Alimentación, P= Percha, AN= Anidación.

cyclocarpum (por *I. pustulatus* y *P. flavirostris*) y *M. indica* (por *P. flavirostris* y *Z. asiatica*).

Otras plantas usadas con fines alimenticios: madrecaao (*G. sepium*), nance (*Byrsonima crassifolia*), banano (*Musa paradisiaca*), mangollano (*Pithecellobium dulce*), marañón japonés (*Syzygium malaccense*), flor barbona (*Caesalpinia pulcherrima*), guachipilín (*Diphysa americana*), árbol de pito (*Erythrina berteroana*), bejuco (*Amphilophium crucigerum*), icaco (*Chrysobalanus icaco*), cerezo de belice (*Syzygium cumini*), zacate (*Megathyrsus maximus*), ojushte (*Brosimum*

alicastrum), palo de hule (*Ficus elastica*), amate blanco (*Ficus sp*) y capulín cimarrón (*Trema micrantha*).

Algunos individuos fueron vistos cazando insectos y buscando alimento o material para construir sus nidos en las especies: *T. rosea*, *C. equisetifolia*, *E. cyclocarpum*, *Andira inermis*, *F. elastica* y *E. camaldulensis* al momento de realizar los recorridos. Además, otras plantas como *Eucalyptus camaldulensis* y un ejemplar de la familia *Arecaceae* también fueron usadas como sitios de anidación. Un ejemplar de *Melanerpes aurifrons* fue

encontrado perforando la corteza de un árbol de *C. equisetifolia*, probablemente en busca de alimento. Mientras que, 3 ejemplares de las especies *Megarynchus pitangua*, *Turdus grayi* y *Eumomota superciliosa* fueron vistos en el suelo, posiblemente en búsqueda de alimento o edificando sus nidos, en el caso de este último.

Del total de la vegetación usada por la avifauna urbana (47 especies) dentro del campus universitario, 23 especies (49 %) fueron utilizadas para alimentación, 29 (62 %) se emplearon para percha y 7 (15 %) se usaron como sitio de anidación. Esto indica que las aves que se encuentran dentro del campus universitario ocupan la vegetación en el lugar como espacio de descanso, donde pueden fabricar sus nidos ya que cuentan con fuentes de alimento

suficientes para su supervivencia y el desarrollo de sus polluelos.

Composición de la avifauna en el campus universitario

Se registró un total de 1 277 individuos, agrupados en 48 especies distribuidas en 21 familias, pertenecientes a 10 órdenes, siendo el orden Passeriformes el más diverso, con 12 familias. Las 5 especies más abundantes en el campus universitario fueron el zorzal pardo (*T. grayi*) con 226 individuos registrados a totalidad en el estudio, seguido de zanate mexicano (*Quiscalus mexicanus*), con 148, zenaida aliblanca (*Zenaida asiatica*) con 145, catita churica (*Brotogeris jugularis*) con 70 y finalmente, paloma bravía (*Columba livia*), con

Tabla 2

Diversidad de aves del campus de la Universidad de El Salvador durante abril, mayo y junio del 2022

Órdenes	Familias	Géneros	Especies
Accipitriformes	1	2	2
Caprimulgiformes	1	1	1
Cathartiformes	1	2	2
Columbiformes	1	4	4
Coraciiformes	1	2	2
Cuculiformes	1	1	1
Passeriformes	12	24	29
Piciformes	1	3	3
Psittaciformes	1	3	3
Strigiformes	1	1	1
Total	21	43	48

Tabla 3

Diversidad de aves registradas por orden dentro del campus de la Universidad de El Salvador durante los meses de abril, mayo y junio del 2022

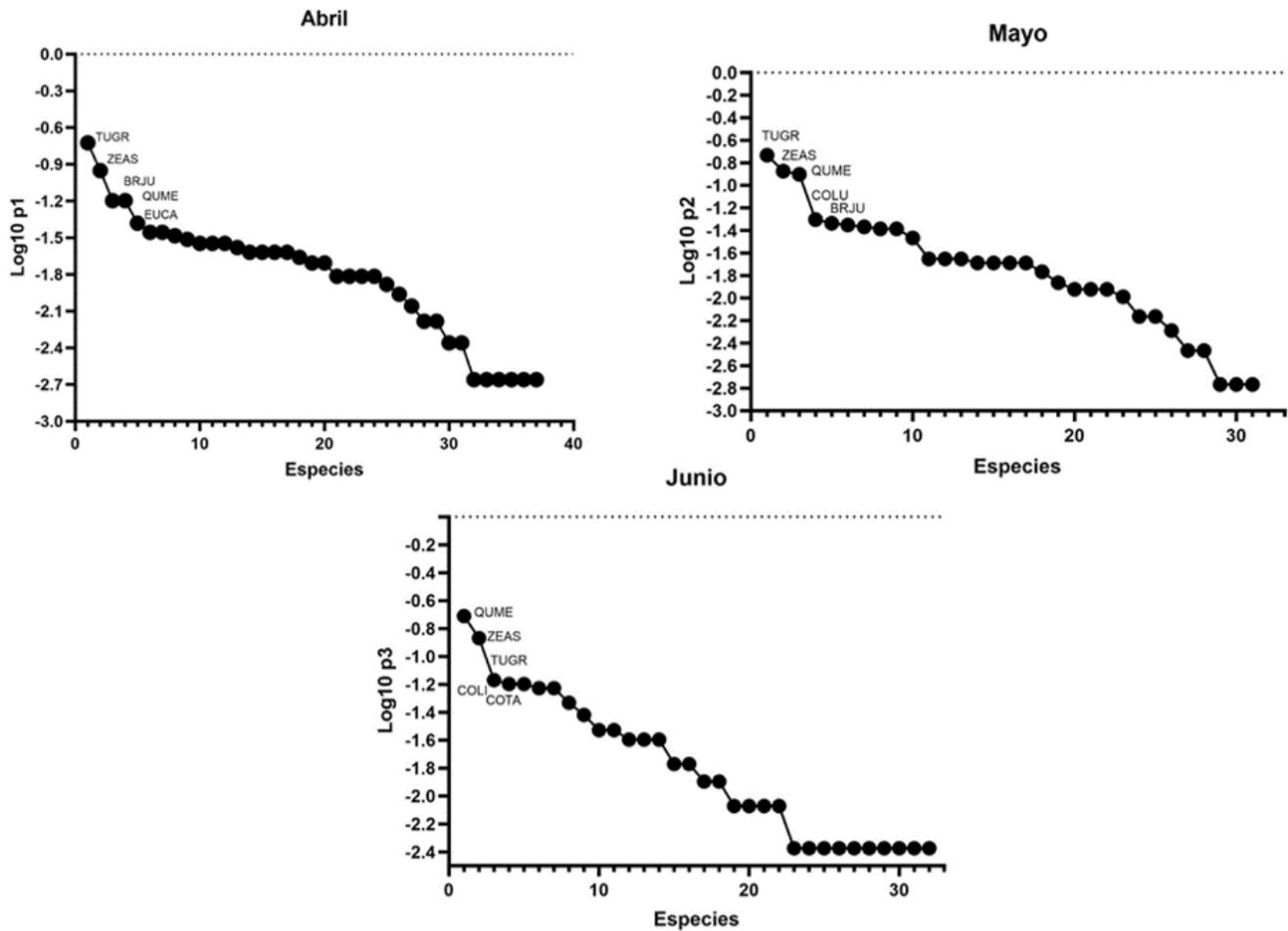
Orden	Familia	Nombre común	Género	Especie	Estacionalidad
Accipitriformes	Accipitridae	Busardo gris norteño	<i>Buteo</i>	<i>plagiatus</i>	R
Accipitriformes	Accipitridae	Busardo caminero	<i>Rupornis</i>	<i>magnirostris</i>	R
Caprimulgiformes	Trochilidae	Colibrí canelo	<i>Amazilia</i>	<i>rutila</i>	R
Cathartiformes	Cathartidae	Aura gallipavo	<i>Cathartes</i>	<i>aura</i>	R
Cathartiformes	Cathartidae	Zopilote negro	<i>Coragyps</i>	<i>atratus</i>	R
Columbiformes	Columbidae	Paloma bravía	<i>Columba</i>	<i>livia</i>	R
Columbiformes	Columbidae	Columbina colorada	<i>Columbina</i>	<i>talpacotis</i>	R
Columbiformes	Columbidae	Paloma piquirroja	<i>Patagioenas</i>	<i>flavirostris</i>	R
Columbiformes	Columbidae	Zenaida aliblanca	<i>Zenaida</i>	<i>asiatica</i>	R
Coraciiformes	Momotidae	Momoto cejiazul	<i>Eumomota</i>	<i>supercilliosa</i>	R
Coraciiformes	Momotidae	Momoto diademo	<i>Momotus</i>	<i>lessonii</i>	R
Cuculiformes	Cuculidae	Cuco ardilla común	<i>Piaya</i>	<i>cayana</i>	R
Passeriformes	Cardinalidae	Golondrina pechigrís	<i>Piranga</i>	<i>rubra</i>	M
Passeriformes	Emberizidae	Semillero cuelliblanco	<i>Sporophila</i>	<i>morelleti</i>	R
Passeriformes	Fringillidae	Eufonia matorralera	<i>Euphonia</i>	<i>affinis</i>	R
Passeriformes	Fringillidae	Jilguero menor	<i>Spinus</i>	<i>psaltria</i>	R
Passeriformes	Hirundinidae	Golondrina común	<i>Hirundo</i>	<i>rustica</i>	M
Passeriformes	Hirundinidae	Golondrina pechigrís	<i>Progne</i>	<i>chalybea</i>	R
Passeriformes	Hirundinidae	Golondrina aserrada	<i>Stelgidopteryx</i>	<i>serripennis</i>	R
Passeriformes	Icteridae	Zanate cantor	<i>Dives</i>	<i>dives</i>	R
Passeriformes	Icteridae	Turpial pechipinto	<i>Icterus</i>	<i>pectoralis</i>	R
Passeriformes	Icteridae	Turpial dorsilistado	<i>Icterus</i>	<i>pustulatus</i>	R
Passeriformes	Icteridae	Turpial de Baltimore	<i>Icterus</i>	<i>galbula</i>	M
Passeriformes	Icteridae	Turpial de Altamira	<i>Icterus</i>	<i>gularis</i>	R
Passeriformes	Icteridae	Turpial castaño	<i>Icterus</i>	<i>spurius</i>	M

Orden	Familia	Nombre común	Género	Especie	Estaciona- lidad
Passeriformes	Icteridae	Zanate mexicano	<i>Quiscalus</i>	<i>mexicanus</i>	R
Passeriformes	Parulidae	Reinita de Tennessee	<i>Leiothlypis</i>	<i>peregrina</i>	M
Passeriformes	Parulidae	Reinita de manglar	<i>Setophaga</i>	<i>petechia</i>	M
Passeriformes	Thraupidae	Pepitero grisáceo norteño	<i>Saltator</i>	<i>grandis</i>	R
Passeriformes	Thraupidae	Tangara azuleja	<i>Thraupis</i>	<i>episcopalis</i>	R
Passeriformes	Thraupidae	Tangara aliamarilla	<i>Thraupis</i>	<i>abbas</i>	R
Passeriformes	Tityridae	Anambé degollado	<i>Pachyramphus</i>	<i>aglaiae</i>	R
Passeriformes	Troglodytidae	Chochín criollo	<i>Troglodytes</i>	<i>aedon</i>	R
Passeriformes	Troglodytidae	Cucarachero nuquirrufo	<i>Campylorhynchus</i>	<i>rufinucha</i>	R
Passeriformes	Turdidae	Zorzalito de Swainson	<i>Catharus</i>	<i>ustulatus</i>	M
Passeriformes	Turdidae	Zorzal pardo	<i>Turdus</i>	<i>grayi</i>	R
Passeriformes	Tyrannidae	Bienteveo pitanguá	<i>Megarynchus</i>	<i>pitangua</i>	R
Passeriformes	Tyrannidae	Bienteveo sociable	<i>Myiozetetes</i>	<i>similis</i>	R
Passeriformes	Tyrannidae	Bienteveo común	<i>Pitangus</i>	<i>sulphuratus</i>	R
Passeriformes	Tyrannidae	Tirano melancólico	<i>Tyrannus</i>	<i>melancholicus</i>	R
Passeriformes	Vireonidae	Vireón Cejirrufo	<i>Cyclarhis</i>	<i>gujanensis</i>	R
Piciformes	Picidae	Carpintero oliváceo	<i>Colaptes</i>	<i>rubiginosus</i>	R
Piciformes	Picidae	Carpintero frentidorado	<i>Melanerpes</i>	<i>aurifrons</i>	R
Piciformes	Picidae	Chupasavia norteño	<i>Sphyrapicus</i>	<i>varius</i>	M
Psittaciformes	Psittacidae	Lora nuca amarilla	<i>Amazona</i>	<i>aucorhynchos</i>	R
Psittaciformes	Psittacidae	Catita churica	<i>Brotogeris</i>	<i>jugularis</i>	R
Psittaciformes	Psittacidae	Aratinga frentinaranja	<i>Eupsittula</i>	<i>canicularis</i>	R
Strigiformes	Strigidae	Mochuelo caburé	<i>Glaucidium</i>	<i>brasiliense</i>	R

Nota. Información taxonómica de las aves según eBird. Categorías: R= Residente, M= Migratorio.

Figura 2

Curvas de rango-abundancia de las especies observadas en el campus universitario durante abril, mayo y junio de 2022.



55 ejemplares. Las familias que cuentan con el mayor número de especies son Icteridae (7), Columbidae (4) y Tyrannidae (4).

Las curvas de Whittaker (Figura 2) elaboradas con los datos obtenidos muestran que las tres especies de avifauna con mayor abundancia dentro del campus de la Universidad de El Salvador durante los meses de abril, mayo y junio fueron: *T. grayi*, *Q. mexicanus* y *Z. asiatica*.

Los individuos de las especies *Progne chalybea*, *Dives dives*, *Q. mexicanus*, *Coragyps atratus* y *Cathartes aura* fueron registrados volando al

realizar los monitoreos. Cabe mencionar que *P. chalybea* y *Stelgidopteryx serripennis* fueron vistos perchados sobre cables de tendido eléctrico en los sectores a las afueras del campus universitario, estas no fueron incluidas en el análisis debido a que no estaban utilizando especies vegetales al momento del estudio.

DISCUSIÓN

Usos de la vegetación

En los últimos años se han llevado a cabo pocos estudios con aves urbanas en el área

metropolitana de San Salvador, 3 de estos realizados por diferentes autores dentro del campus de la Universidad de El Salvador durante los años 1994, 2007 y 2018, uno realizado en Antiguo Cuscatlán en 2011 y otro realizado en San Salvador en el año 2017 (Morán, 2019), y únicamente dos en los que se estudia la interacción entre aves y plantas para determinar la relación que existía entre la diversidad de avifauna existente en los lugares de estudio y la diversidad de plantas que utilizaban, ambos realizados por Morán en los años 2019 y 2021.

Del total de las 48 especies de aves (100 %) que se observaron en el campus, 41 especies son residentes (85.42 %) y 7 especies (14.58 %) son migratorias según el listado de fauna silvestre registrada para El Salvador (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales [MARN], 2018, Fagan y Komar, 2016, y el sitio web eBird del Laboratorio de Ornitología de Cornell (eBird, 2021).

Las aves hacen uso de las especies vegetales que crecen dentro del lugar, así como también de los objetos creados por el hombre que encuentren disponibles para poder desenvolverse en el medio y sobrevivir. Un ejemplo de ello es *M. indica*, que se reporta siendo utilizada por las aves con fines alimenticios y de anidación en la investigación realizada por Morán (2021). Durante la presente investigación, dicha planta también fue usada por *B. jugularis*, *D. dives*, *P. flavirostris* y *Thraupis episcopus* dentro del campus universitario con los mismos propósitos, asimismo, la autora señala a la especie *Syzygium cumini* siendo utilizada con fines alimenticios y a *Triplaris melaenodendron* como sitio de anidación, reportes que coinciden con algunos avistamientos realizados en el presente estudio. Adicionalmente, Morán (2021) manifiesta que, de las 26 especies vegetales identificadas en su estudio, al menos 15 son usadas por la avifauna

como fuente de alimento y 6 con fines de anidación.

En la misma investigación también se evidencia el uso que las aves le dan a las especies *P. americana* y *C. peltata* como sitios de percha o refugio, aspecto que concuerda con las observaciones realizadas en los monitoreos dentro del campus universitario, donde se registró a especies de aves como *Z. asiatica* y *T. episcopus* perchadas en las especies vegetales mencionadas. Asimismo, Morán (2021) expone que algunas de las familias de especies vegetales más significativas para la avifauna urbana fueron Myrtaceae y Fabaceae, grupos utilizados por las aves que se encuentran en el campus universitario de la Universidad de El Salvador.

Especies de psitácidos como *B. jugularis* y *Eupsittula canicularis* fueron observados sobre termiteros en las ramas de los árboles del campus, dado que las aves pertenecientes a esta familia utilizan estructuras como estas para construir sus nidos (Hilty y Brown 1986). Estos registros evidencian la importancia de las áreas verdes dentro del sector urbano para el mantenimiento y conservación de la biodiversidad de la comunidad de aves que visitan o residen en nuestro país, así como también otros aportes a nivel ecológico, como la purificación del aire y la reducción de las altas temperaturas.

Abundancia de la avifauna

Los resultados obtenidos muestran que las 3 especies de aves más abundantes en el campus universitario fueron *T. grayi*, *Q. mexicanus* y *Z. asiatica*. Lo anterior coincide con el estudio realizado por Vides et al. (2017) quienes reportan que estas tres especies se pueden observar con facilidad dentro de diversas áreas verdes ubicadas en el centro urbano de San Salvador.

De igual forma, Pablo et al (2018) manifiestan que las especies mencionadas anteriormente forman parte de las 7 especies con mayor dominancia dentro del campus.

El orden Passeriformes fue el más abundante dentro del campus, seguido del orden Columbiformes, información que coincide con los registros de Vides et al. en el año 2017. Además, se destaca la presencia de algunas especies de aves migratorias dentro de la Universidad: *Setophaga petechia*, *Icterus spurius*, *I. galbula*, *Leiothlypis peregrina*, *Piranga rubra*, *Hirundo rustica* y *Catharus ustulatus*; dichas observaciones coinciden con los registros realizados por Pablo et al. (2018) y reportes documentados en el estudio de Morán (2021). Ciertas especies de aves fueron vistas una sola vez durante todo el estudio, tal es el caso de *Piaya cayana*, avistada cazando insectos dentro del campus universitario, y las especies *C. ustulatus*, *C. rubiginosus*, *Euphonia affinis*, *M. pitangua*, *Pachyrhamphus aglaiae*, *P. rubra*, *R. magnirostris* y *S. serripennis*.

Dentro de la Universidad de El Salvador se reportan 3 especies de aves catalogadas como vulnerables, amenazadas o en peligro de extinción según los listados oficiales de especies de vida silvestre amenazadas o en peligro de extinción del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN, 2015) y la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), las especies son *A. auropalliata*, *B. jugularis* y *E. canicularis*. Estudios realizados en años anteriores por Pablo et al. (2018) y Morán (2021) las reportan dentro del campus universitario y en sitios ubicados en la zona urbana de San Salvador. Andino y Galán (2011) manifiestan que las especies pertenecientes a la familia Psittacidae, en este caso *A. auropalliata*, *B. jugularis* y *E. canicularis*

se caracterizan por ser indicadores ambientales ya que son sensibles ante las variaciones en el medio. Lo anterior evidencia la importancia de las áreas verdes dentro del campus universitario, para la obtención de información poblacional de estas especies y su conservación en el sitio.

CONCLUSIONES

El campus de la Universidad de El Salvador representa un hábitat importante a nivel ecológico, ya que las especies vegetales que se encuentran presentes proporcionan fuentes de alimento, sitios de descanso y anidación para las aves residentes y migratorias al interior de los espacios urbanos, y estas a su vez las polinizan y dispersan sus semillas, estableciendo relaciones de mutualismo.

Sitios como el campus universitario necesitan conservar sus áreas verdes en buenas condiciones para que *A. auropalliata*, *E. canicularis* y *B. jugularis*, especies vulnerables ante el aumento de los espacios urbanizados y la pérdida de hábitats, puedan ocuparlas como lugares de refugio, alimentación o anidación y se genere un impacto positivo en sus poblaciones.

El conocimiento de las especies vegetales dentro del campus universitario es importante para estudiar la ecología de poblaciones de avifauna de forma integral, diseñar espacios urbanos con áreas verdes forestadas con plantas y árboles idóneos para la fauna presente en el sitio y conservar la biodiversidad en las ciudades de El Salvador.

La vegetación dentro de las áreas verdes aporta servicios ecosistémicos para las especies de aves presentes, poco comunes en el campus de la Universidad de El Salvador, dichas especies pueden ser utilizadas como modelos para futuras investigaciones sobre ecología urbana como indicadores de buena calidad ambiental,

factor imprescindible para el bienestar de los ciudadanos salvadoreños.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Lic. Carlos Elías por su asesoramiento y la capacitación brindada para la identificación de las especies vegetales que se encuentran dentro de la Universidad de El Salvador.

A la Universidad de El Salvador, por haber hecho posible la ejecución del proyecto al brindar el espacio para realizar los recorridos de avistamiento de aves.

REFERENCIAS

Andino, L., y Galán, V. (2011). *Inventario de aves: Área Natural Protegida El Espino—Bosque Los Pericos—Parque del Bicentenario* (p. 44) [Inventario]. Fundación ecológica SALVANATURA. http://www.salvanatura.org.sv/wp-content/uploads/2015/08/INVENTARIOS-AVES_PDB_MLQ-2012.pdf

Armero Durán, D.A., Guerra Mina, F.M., y Figueroa Eguizábal, R. M. (2021). Lista de eBird: <https://ebird.org/checklist/S125404682> eBird: *An online database of bird distribution and abundance* [Aplicación web]. eBird, Ithaca Nueva York. <http://www.ebird.org>. (Accedido: [Abril 3 de 2023]).

Arteaga Chávez, W. A. (2017). Diversidad de aves del campus universitario de la Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. *Siembra*, 4(1), 172-182. <https://doi.org/10.29166/siembra.v4i1.510>

Garrigues R, Dean R. 2014. *The birds of Costa Rica*. 2nd ed. Ithaca, Nueva York: Zona Tropical.

Cediel, F., y Lozano-Flórez, A. J. (2020). Aves urbanas en zonas verdes del área metropolitana de Bucaramanga, Santander, Colombia: Urban birds in green zones of the metropolitan area of Bucaramanga, Santander, Colombia. *Ornitología Colombiana*, 18, Artículo 18. <https://asociacioncolombianadeornitologia.org/ojs/index.php/roc/article/view/381>

De la Peña, M., y Pensiero, J. F. (2017). *Las plantas como recurso alimenticio de las aves* (1.ª ed.). Ediciones UNL. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/110320>

eBird. (2021). *eBird: An online database of bird distribution and abundance* [Aplicación web]. eBird. <http://www.ebird.org>.

Fagan, J., y Komar, O. (2016). *Peterson Field Guide to Birds of Northern Central America*. Houghton Mifflin Harcourt.

Feinsinger, P. (2001). *Designing Field Studies for Biodiversity Conservation*. Island Press.

Foncea, J. F., Escobar, M. A. H., y Villaseñor, N. R. (2023). *Respuestas de la comunidad de aves a las variables del hábitat local y del paisaje en la ciudad de Santiago de Chile*. *Ecología Austral*, 455-468. https://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index.php/Ecologia_Austral/article/view/2017

Google Earth. (23 de febrero de 2023). <https://www.google.com/intl/es/earth/>

Gutiérrez Ramos, J. N., y Rodríguez

- Rodríguez, E. F. (2021). Ornitofauna urbana asociada a la flora presente en el parque César Vallejo Mendoza, 2007—2019: Distrito de Víctor Larco Herrera, Trujillo—Perú. *Sagasteguiana*, 9(2), Artículo 2. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/REVSAGAS/article/view/441>
- Hilty, S. L., y Brown, W. L. (1986). *A Guide to the Birds of Colombia*. Princeton University Press. https://www.google.com/sv/books/edition/A_Guide_to_the_Birds_of_Colombia/kHa6tJNKGDAC?hl=es&gbpv=0
- Lauer, W. (1954). Las formas de la vegetación de El Salvador: Con un mapa. *Comunicaciones*, 3(1), Artículo 1. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/1364/>
- Leveau, L. M. (2021). Big cities with small green areas hold a lower species richness and proportion of migrant birds: A global analysis. *Urban Forestry & Urban Greening*, 57, 126953. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126953>
- Macal, M. F. (1976). Historia de la Universidad de El Salvador. *Anuario de Estudios Centroamericanos*, 2, 107-140. JSTOR. <http://www.jstor.org/stable/25661573>
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). (2015). *Listado oficial de especies de vida silvestre amenazadas o en peligro de extinción* (p. 22). Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. <https://cidoc.marn.gob.sv/documentos/listado-oficial-de-especies-de-vida-silvestre-amenazadas-o-en-peligro-de-extincion/>
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). (2018). *Listado de fauna silvestre registrada para El Salvador* (p. 67) [Inventario]. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. <https://cidoc.marn.gob.sv/documentos/listado-de-fauna-silvestre-registrada-para-el-salvador/>
- Morán Cardona, G. M. (2019). *Importancia de las áreas verdes para la conservación de avifauna en ecosistemas urbanos del área metropolitana de los municipios de San Salvador y Antiguo Cuscatlán, El Salvador* [Universidad de El Salvador]. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/20371/>
- Morán Cardona, G. M. (2021). Aves del Barrio San Jacinto en la zona urbana de San Salvador, El Salvador. *Bioma*, 55(5), 17-23. <https://edicionbioma.files.wordpress.com/2021/04/aves-del-barrio-san-jacinto-en-la-zona-urbana-de-san-salvador-el-salvador.pdf>
- Pablo, J. D., Funes, G., Chinchilla-Rodríguez, A. C., Funes, G., y Chinchilla-Rodríguez, A. C. (2018). Aves de la Universidad de El Salvador. *Huitzil*, 20(1). <https://doi.org/10.28947/hrmo.2019.20.1.388>
- POWO. (2023). *Plants of the World Online Kew Science*. Royal Botanical Gardens Kew. <https://powo.science.kew.org/>
- Tamaris Turizo, D., y Hernández Palma, T. L. (2022). Aves de la Universidad del Magdalena: Análisis de la diversidad y actualización de registros. *Intropica: Revista del Instituto de Investigaciones Tropicales*, 17(1), 19-36. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8686410>

Vides, G., Velado, M., Pablo, J., y Carmona, V. (2017). Patrones de riqueza y diversidad de aves en áreas verdes del centro urbano de San Salvador, El Salvador. *Huitzil*, 18(2), 272-280. <https://doi.org/10.28947/hrmo.2017.18.2.294>

Zuluaga-Carrero, J. (2022). Restauración ecológica: Perspectivas para la conservación de las aves en Colombia. *Pérez-Arbelaezia*, 22(1), Artículo 1. <https://perezarbelaezia.jbb.gov.co/index.php/pa/article/view/175>

Esta página está dejada intencionalmente en blanco



**UNIVERSIDAD
DE EL SALVADOR**



SIC-UES

Secretaría de Investigaciones Científicas
de la Universidad de El Salvador

ISSN 2521-8794



9 772521 879403