



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA
Programa de Experiencias Docentes con la Comunidad -EDC-

BOLETÍN CIENTÍFICO

PROGRAMA DE
EXPERIENCIAS
DOCENTES CON
LA COMUNIDAD
-EDC-

2025

Comité Editorial

Dra. Gabriela Armas,
M. A. Emilio García
Licda. Liliana Vides.

Junta Directiva de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

Dr. Juan Francisco Pérez Sabino
Decano en Funciones y Vocal I

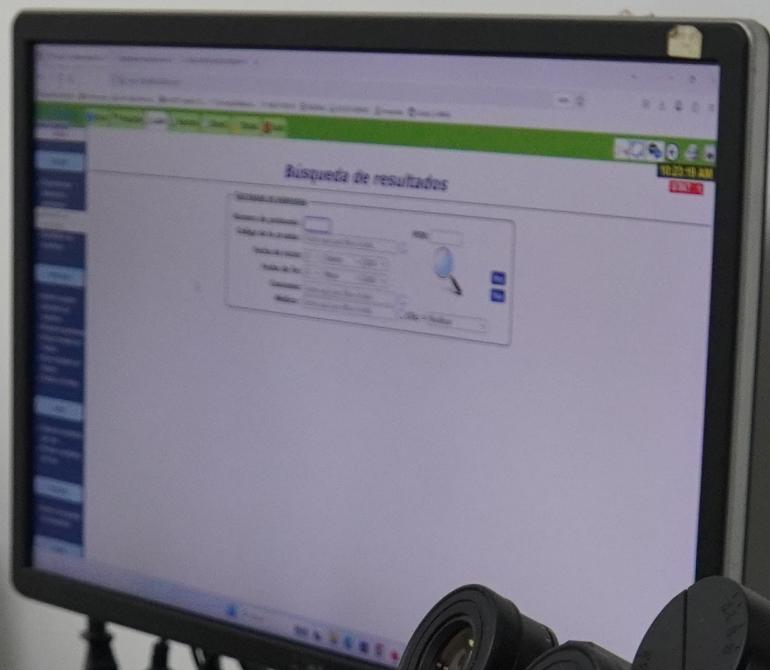
Dr. Roberto Enrique Flores Arzú
Vocal II

Lic. Carlos Manuel Maldonado Aguilera
Vocal III

Br. Carmen Amalia Rodríguez Ortíz
Vocal IV

Br. Paola Margarita Gaitán Valladares
Vocal V

MSc. Bessie Abigaíl Orozco Ramírez
Secretaria Académica



EVIDENT Technology Center
Europe GmbH
Münsterstrasse 1-3 • D-4400 Münster
Model: GEMINI S II
CE UKAS
Medical Microscopy
ISO 9001
ISO 13485
Made in China

CONTENIDO

BIOLOGÍA

09

Diversidad de boletaceae asociada al género *Quercus* en siete departamentos de Guatemala, depositados en el herbario USCG

25

Distribución potencial del chipe rosado (*Cardellina versicolor*) dentro de áreas protegidas de Guatemala

33

Distribución potencial de *Desmodus rotundus* y *Diphylla ecaudata* en Guatemala

43

Comparación de riqueza de herpetofauna entre la reserva natural privada Sisters de Maryknoll (área no urbanizada) y el Colegio Monte María (área urbanizada) de Guatemala

57

Riqueza de insectos visitantes florales en dos condiciones ambientales en el Colegio Monte María y la reserva Sisters de Maryknoll

QUÍMICA

69

Asesoramiento profesional para el desarrollo de un producto fertilizante a partir de agua de mar

77

Validación de un método de cuantificación de componentes en muestras de fragancias usando cromatografía de gases acoplada a detector de masas

83

Estudio de la inhibición de ureasa y α -amilasa a partir de extractos de hoja y flor de kanak (*Chiranthodendron pentadactylon*)

NUTRICIÓN

91

Determinación de la presencia y uso de eritrosina en productos alimenticios preenvasados en industrias de alimentos según el departamento de regulación y control de alimentos en Guatemala

QUÍMICA BIOLÓGICA

101

Correlación de perfiles de resistencia antimicrobiana en servicio hospitalarios: frecuencia, distribución bacteriana y factores de riesgo asociados en el año 2023



109

Hemoglobina glicosilada (HbA1c) como predictor de deterioro en la función renal de pacientes diabéticos ambulatorios que acuden al laboratorio de referencia de la dirección departamental de redes integradas de servicios de salud de Huehuetenango (DDRISSH)

115

Evaluación de la resistencia antimicrobiana de *Escherichia coli* presentes en el agua residual de hospitales nacionales de la red del país

127

Frecuencia y clasificación de anemia en mujeres atendidas en el servicio de ginecología el Hospital Fray Bartolomé de las Casas durante febrero a abril 2025

137

Evaluación integral de la aplicación de los protocolos de código rojo y transfusión masiva, aplicados en hospitales de Guatemala en las áreas de banco de sangre y servicios médicos

145

Evaluación de la capacidad para la vigilancia de la resistencia a los antimicrobianos, de acuerdo a la propuesta de una salud, en los laboratorios de la red hospitalaria que cuenta con área de microbiología atendidos por estudiantes de EPS de Química Biológica en el segundo semestre del año 2024

QUÍMICA FARMACÉUTICA

163

Estudio de resistencia antimicrobiana del Hospital Nacional de Amatitlán del 2022 a junio 2023

175

Estudio epidemiológico sobre la prevalencia de polimedication en pacientes con epilepsia atendidos en el Hospital Materno Infantil Juan Pablo II

187

Atención farmacéutica al egreso en pacientes del Departamento de Pediatría del Hospital Roosevelt

195

Optimización de la preparación de fórmulas magistrales orales mediante el desarrollo de un compendio hospitalario



EDITORIAL

El Boletín Científico del Programa EDC es más que un documento digital, es una ventana abierta al compromiso, la curiosidad y el rigor académico de los estudiantes de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. A través de sus páginas, se visibiliza el valioso trabajo de investigación que se realiza en las cinco carreras que conforman la facultad —Biología, Nutrición, Química, Química Biológica y Química Farmacéutica durante las prácticas de Experiencias Docentes con la Comunidad (EDC) y Ejercicio Profesional Supervisado (EPS).

Estas experiencias no solo fortalecen el aprendizaje práctico, sino que también permiten que el conocimiento científico se conecte directamente con las necesidades reales de la sociedad. Cada investigación presentada en este boletín refleja el esfuerzo por comprender, intervenir y mejorar las condiciones de vida de las comunidades, desde el análisis de problemáticas nutricionales hasta el estudio de ecosistemas locales, el desarrollo de soluciones farmacéuticas, metodologías de análisis microbiológico y la aplicación de la química en contextos sociales.

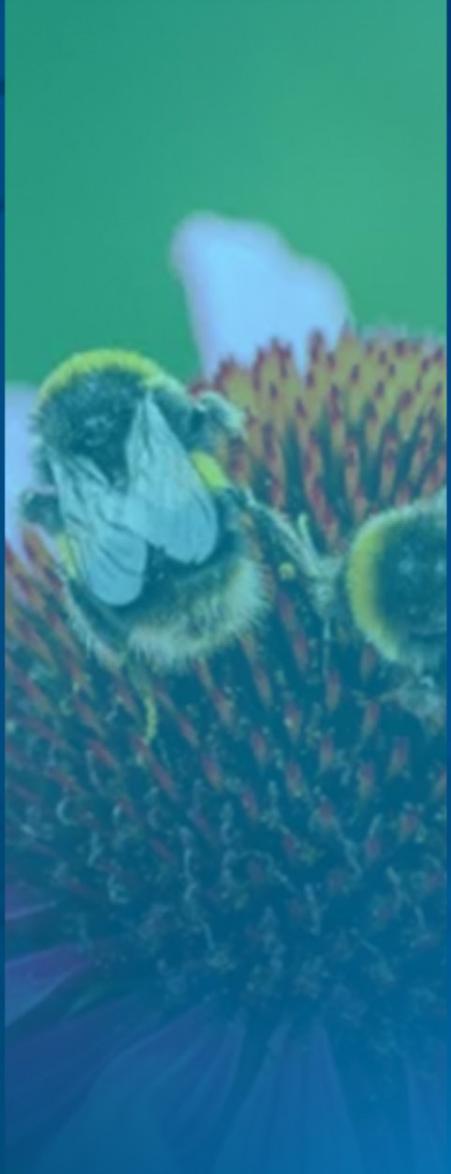
El Boletín Científico reconoce y difunde estos trabajos de investigación, que muchas veces permanecen invisibles fuera del entorno académico, presentando algunos estudios del total realizado por las cohortes estudiantiles 2024-2025; en Nutrición 1, en Química Biológica 5 de 22 estudios realizados en el primer semestre de 2025, en Química Farmacéutica 4 de 60 en 2024, de Química 5 en 2024 y Biología 5 de 18 realizados en 2024. Al hacerlo, se convierte en una plataforma para compartir hallazgos, metodologías y reflexiones que pueden inspirar nuevas investigaciones y fortalecer el vínculo entre universidad y comunidad.

Celebramos el entusiasmo, la creatividad y el compromiso de nuestros estudiantes, quienes demuestran que la ciencia no solo se aprende en el aula o el laboratorio, sino también en el diálogo con la realidad. Este documento es testimonio de una formación integral que apuesta por el conocimiento con propósito, por la investigación auténtica que transforma y por la Universidad de San Carlos de Guatemala que se construye desde la interacción con su entorno y da servicio a la sociedad guatemalteca.

Que este boletín sea, entonces, una invitación a seguir explorando, compartiendo y construyendo ciencia con sentido social.

Comité editorial





BIOLOGÍA



Diversidad de Boletaceae asociada al Género *Quercus* en siete departamentos de Guatemala, depositados en el Herbario USCG

*Diversity of Boletaceae Associated with the Quercus
Genus in Seven Departments of Guatemala, Deposited in
the USCG Herbarium*

Paula Nicolle Zeceña Chenal^{1,2}, Maura L. Quezada², Gabriela Armas¹

¹*Subprograma de EDC de Biología, Programa de EDC,*

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

²*Centro de Estudios Conservacionistas, CECON,*

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala

Correspondencia: zecena.paula@correo.eusac.edu.gt

ORCID: 0009-0009-2737-7303



Resumen

Guatemala cuenta con una geografía y topografía que ofrecen una variada gama de paisajes y climas, así como una rica biodiversidad, que incluye una gran cantidad de macrohongos del *Phylum Basidiomycota*, con aproximadamente 16,000 especies, de las cuales 10,000 son macroscópicas. En el área del norte del Neotrópico, especialmente en México y Centroamérica, se encuentra una diversidad de hongos ectomicorrílicos, asociándose en particular con los géneros de Boletales en bosques de *Quercus*. La familia Boletaceae, que incluye más de 50 especies en Guatemala, juega un rol crucial en la nutrición de los árboles mediante sus redes miciliares, facilitando el transporte de nutrientes y agua, además de tener relevancia sociocultural y alimentaria. A pesar de su importancia, las especies de *Quercus* están amenazadas por su alta demanda, lo cual afecta la riqueza y diversidad de Boletaceae. Este estudio buscó determinar la diversidad de Boletaceae asociada a *Quercus* y su papel ecológico en estos bosques en siete departamentos de Guatemala, encontrando 22 morfotipos de Boletaceae diferentes, distribuidos en 11 géneros y siendo el género *Boletus* el más frecuente, con 12 ejemplares.

Palabras clave: Asociación, Boletaceae, Diversidad, Micorizas, *Quercus*

Abstract

Guatemala has a geography and topography that offer a diverse range of landscapes and climates, as well as a rich biodiversity, including a large number of macrofungi of the *Phylum Basidiomycota*, with approximately 16,000 species, of which 10,000 are macroscopic. In the northern Neotropics, especially in Mexico and Central America, a diversity of ectomycorrhizal fungi is found, particularly associated with the Boletales genera in *Quercus* forests. The Boletaceae family, which includes more than 50 species in Guatemala, plays a crucial role in the nutrition of trees through its mycelial networks, facilitating the transport of nutrients and water, in addition to having sociocultural and food relevance. Despite its importance, *Quercus* species are threatened by their high demand, which affects the richness and diversity of Boletaceae. This study sought to determine the diversity of Boletaceae associated with *Quercus* and its ecological role in these forests in seven departments of Guatemala, finding 22 different Boletaceae morphotypes, distributed in 11 genera and the *Boletus* genus being the most frequent, with 12 specimens.

Keywords: Association, Boletaceae, Diversity, Mycorrhizae, *Quercus*

Introducción

Guatemala presenta una geografía física y topografía únicas que dan como resultado una amplia gama de paisajes y climas, junto con una rica variedad de vida vegetal y animal (Maldonado, 2010). En tal biodiversidad se incluyen los macrohongos, que en su mayoría pertenecen al *Phylum Basidiomycota*. Se calcula que existen alrededor de 16,000 especies de basidiomicetos, de los cuales 10,000 son macroscópicos (Mueller, 2006). En el norte del Neotrópico (Méjico y Centroamérica), se desarrolla la mayor parte de géneros de Boletales, donde hay una gran diversidad de hongos ectomicorrícos asociados a bosques de *Quercus* en altitudes y áreas con precipitación media y alta en el neotrópico (Maldonado, 2010).

En específico Boletaceae, que cuenta con más de 50 especies registradas para Guatemala (Car, 2017; Quezada et al., 2016; Flores et al., 2012; Morales et al., 2002; Flores y Simonini, 2000), tiene una alta importancia en las comunidades forestales por el papel que juegan sus relaciones ectomicorrícas en el proceso de nutrición de los árboles del bosque por medio de las extensas redes miciliares que los conectan, el transporte de nutrientes y agua, que resulta en un mantenimiento continuo de los ecosistemas forestales, además de ser algunos comestibles y de importancia sociocultural (Saldivar et al., 2021; García, y Garza, 2001).

Sin embargo, las especies de *Quercus* son poco conocidas y fuertemente amenazadas (Quezada et al., 2016), por su gran demanda al tener amplios usos en Guatemala, lo que influye en la riqueza, distribución y dominancia de encinos en los bosques del país y con ello a la presencia y diversidad de Boletaceae asociados a ellos. Para este estudio, se examinaron hongos macromicetos de la familia Boletaceae en bosques de *Quercus* en Guatemala entre el año 2015 y 2018, utilizando datos de campo, fotografías y registros digitales. El trabajo incluyó la identificación macro y microscópica de morfoespecies, utilizando claves de identificación y un repositorio digital para determinar las morfoespecies, que permitió ilustrar la distribución de las especies de Boletaceae asociadas de *Quercus*, así como las relaciones entre las especies de Boletaceae y *Quercus*, la ampliación en la distribución departamental de algunas especies de Boletaceae y una representación geográfica de los sitios de recolección.

Por lo que, es de suma importancia realizar investigaciones que evidencian la presencia y diversidad de hongos en el territorio guatemalteco, por la gran importancia de sus asociaciones, como las micorizas, en el manejo y

conservación de los bosques de encino y considerando lo anterior, este estudio tiene como objetivo determinar la diversidad de Boletaceae asociados a *Quercus*, así como su importancia ecológica en los bosques de *Quercus* de siete departamentos de Guatemala.

Materiales y métodos

Recolección de datos

A partir de boletas de datos de campo, fotografías y registros en bases de datos digitales de observaciones y colectas de individuos macromicetos identificados como parte de la familia Boletaceae, asociados a bosques de *Quercus*, en parcelas de vegetación (de 20 x 50 metros) realizadas del año 2015 al 2018 en siete departamentos de Guatemala (Huehuetenango, Zacapa, Chiquimula, Izabal, Santa Rosa, Jalapa y Jutiapa) por investigadores del Herbario USCG (Quezada, Rodas-Duarte, Chew, & Marroquín-Tintí, 2017; Quezada, Rodas-Duarte, & Marroquín-Tintí, 2017) se realizó: 1) la identificación macro y microscópica de cuatro individuos que presentaban cuerpo fructífero para observación de esporas (que se encontraban previamente congelados, para eliminar algún organismo patógeno y preservarlos, en el Jardín Botánico de la Universidad de San Carlos de Guatemala y que fueron deshidratados, a 40° C por 24 horas, y preparados para el ingreso a la colección del Herbario USCG, cubriéndose con papel libre de ácido y se colocaron en cajas especiales según su tamaño) realizando raspado del himenio sobre un portaobjetos, al cual se le agregó una gota de KOH, se cubrió con cubreobjetos y fue observado bajo microscopio; fotografías y descripción del individuo, que se encontraba en las boletas de datos de campo, 2) la identificación macroscópica de 25 individuos que presentaban fotografías y descripción del individuo, que se encontraba en las boletas de datos de campo, pero sin cuerpo fructífero para observación de esporas, 3) la compilación de la identificación de morfoespecie previa de 11 individuos que no contaban con cuerpo fructífero, fotografías o boletas de datos de campo para confirmar la identificación, según la descripción del individuo.

Para la determinación de morfoespecies de hongos Boletaceae se realizó la identificación con base a: 1) la descripción de los individuos reportada en sus boletas de datos y 2) si aplicaba, la identificación complementaria a partir de las esporas de los individuos, utilizando claves de identificación de hongos: *Mushrooms of Northeastern North America* (Bessette, et al., 1997), *Mushroom Expert* (Kuo, 2013) y *Common Mushrooms of the Talamanca Mountains* (Halling & Mueller, 2005); *How to Identify Mushrooms to Genus III: Microscopic Features* (Largent, Johnson, & Watling, 1977), *A Field Guide to Southern*

Mushrooms (Weber & Smith, 1985) y un repositorio digital con descripciones y fotografías macro y microscópicas de hongos (Kuo, 2024). Y se utilizó Index Fungorum (2024) para confirmar o modificar (de ser necesario) el nombre científico actualizado y aceptado más reciente de cada una de las especies aquí presentadas.

Análisis de datos

Se realizó: 1) una tabla con los géneros, las especies agrupadas por géneros y el número de individuos por especie y su distribución departamental, además de las subespecies de *Quercus* con las que se asoció cada especie, 2) un diagrama de dispersión de la presencia y asociación entre cada especie de Boletaceae y subespecie de *Quercus*, 3) una tabla con la ampliación de la distribución departamental para algunas especies de Boletaceae en Guatemala, los tres resultados fueron generados en el programa Microsoft Excel © y 4) una figura de los sitios de colecta de hongos Boletaceae, según las coordenadas de las localidades registradas en las boletas de datos, utilizando el programa QGIS 3.38.0.

Resultados

Un total de 40 ejemplares, distribuidos en 11 géneros de Boletaceae, fueron identificados en este estudio, nueve ejemplares hasta género y 31 hasta morfoespecie, de los cuales algunas especies de los géneros *Aureoboletus*, *Boletellus*, *Boletus*, *Phylloporus*, *Pulveroboletus*, *Strobilomyces*, *Suillus* y *Tylopilus* ya habían sido previamente reportados para Guatemala (Car, 2017; Morales et al., 2003; Morales et al., 2012; Quezada et al., 2016) y los otros tres géneros (*Lanmaoa*, *Suillellus* y *Xerocomus*) son nuevos reportes para el país. Siendo el género *Boletus* el más frecuente, con 12 ejemplares, seguido del género *Phylloporus*, con cinco ejemplares y *Strobilomyces*, con cinco ejemplares (Tabla 1).

En relación a la distribución departamental, Chiquimula presentó la mayor abundancia de ejemplares (22), seguido de Santa Rosa (6) y Zacapa (4), mientras que la abundancia de ejemplares para los departamentos restantes en este estudio oscila entre 1 y 2 ejemplares por departamento (Tabla 1), siendo los sitios de colecta los que muestran en la Figura 2.

Para los 40 ejemplares y 22 especies procesadas se encontró una asociación con 15 especies de *Quercus*, siendo la asociación más frecuente entre especie de hongo-*Quercus* con *Quercus-cortesii* Liebm. (con 11 asociaciones), seguido por *Quercus gulielmi-treleasei* C.H. Mull. (con 9 asociaciones) (Tabla 1 y Figura 1).

En este estudio se registraron 22 especies de Boletaceae, distribuidas en 11 géneros, de los cuales algunas especies de los géneros *Aureoboletus*, *Boletellus*, *Boletus*, *Phylloporus*,

Pulveroboletus, *Strobilomyces*, *Suillus* y *Tylopilus* ya habían sido previamente reportados para Guatemala (Car, 2017; Morales et al., 2003; Morales et al., 2012; Quezada et al., 2016) y los otros tres géneros (*Lanmaoa*, *Suillellus* y *Xerocomus*) son nuevos reportes para el país, ya que estos fueron actualizados taxonómicamente: del género *Lanmaoa*, la especie *Boletus pseudosensibilis* pasó a ser *Lanmaoa pseudosensibilis*, del género *Suillellus*, la especie *Boletus luridus* pasó a ser *Suillellus luridus* y del género *Xerocomus*, la especie *Boletus subtomentosus* pasó a ser *Xerocomus subtomentosus*, además la especie *Boletus russellii* fue actualizada taxonómicamente hacia el género *Aureoboletus*, siendo ahora, *Aureoboletus russellii* (Index Fungorum, 2024) (Tabla 1 y Figura 1).

Además, este trabajo amplía la distribución departamental, reportada en estudios previos, para algunas especies de hongos Boletaceae, tal es el caso de: *Boletellus ananas*, *Aureoboletus russellii*, *Phylloporus centroamericanus* y *Strobilomyces strobilaceus* (Tabla 2).

Tabla 1

Géneros, especies y número de individuos asociados a especies de *Quercus*

Género	Especie	Distribución							Quercus asociados
		C°	H°	I°	Ja°	Ju°	SR°	Z°	
Aureoboletus	<i>Aureoboletus betula</i> (Schwein.) M. Kuo & B. Ortiz 2020	1*							<i>Quercus cortesii</i> Liebm. <i>Quercus crispifolia</i> Liebm. <i>Quercus gulielmi-treleasei</i> C.H. Mull.
	<i>Aureoboletus gentilis</i> (Quél.) Pouzar 1957					3**		1	<i>Quercus cortesii</i> Liebm. <i>Quercus flagellifera</i> Liebm. <i>Quercus lancifolia</i> Schltdl. & Cham. <i>Quercus peduncularis</i> Née <i>Quercus sapotifolia</i> Liebm. <i>Quercus segoviensis</i> Liebm.
	<i>Aureoboletus russellii</i> (Frost) G. Wu & Zhu L. Yang 2016	3*							<i>Quercus benthamii</i> A.DC. <i>Quercus cortesii</i> Liebm. <i>Quercus crispifolia</i> Liebm. <i>Quercus gulielmi-treleasei</i> C.H. Mull. <i>Quercus skinneri</i> Benth.
Boletellus	<i>Boletellus ananas</i> (M.A. Curtis) Murrill 1909,	1		2**					<i>Quercus cortesii</i> Liebm. <i>Quercus gulielmi-treleasei</i> C.H. Mull. <i>Quercus oleoides</i> Schltdl. & Cham. <i>Quercus sapotifolia</i> Liebm.
	<i>Boletellus pseudochrysenteroides</i> A.H.Sm. & Thiers 1971	1*							<i>Quercus cortesii</i> Liebm. <i>Quercus crispifolia</i> Liebm. <i>Quercus gulielmi-treleasei</i> C.H. Mull.
Boletus	<i>Boletus lycchnipes</i> Halling & G.M. Muell. 1999	1*						1	<i>Quercus crispifolia</i> Liebm. <i>Quercus sapotifolia</i> Liebm. <i>Quercus segoviensis</i> Liebm.
	<i>Boletus reticulatus</i> Schaeff. 1763								<i>Quercus sapotifolia</i> Liebm. <i>Quercus segoviensis</i> Liebm.
	<i>Boletus sp</i>	3*					2*		<i>Quercus cortesii</i> Liebm. <i>Quercus elliptica</i> Née <i>Quercus flagellifera</i> Liebm. <i>Quercus peduncularis</i> Née <i>Quercus purulhana</i> Trel. <i>Quercus sapotifolia</i> Liebm. <i>Quercus segoviensis</i> Liebm. <i>Quercus skinneri</i> Benth.
	<i>Imleria badia</i> (Fr.) Vizzini 2014	3*							<i>Quercus cortesii</i> Liebm. <i>Quercus crispifolia</i> Liebm. <i>Quercus gulielmi-treleasei</i> C.H. Mull. <i>Quercus skinneri</i> Benth.

Lanmaoa	<i>Lanmaoa pseudosensibilis</i> (A.H. Sm. & Thiers) G. Wu, Halling & Zhu L. Yang 2015	1*						<i>Quercus cortesii</i> Liebm. <i>Quercus guilielmi-treleasei</i> C.H. Mull. <i>Quercus sapotifolia</i> Liebm.
Phylloporus	<i>Phylloporus centroamericanus</i> Singer & L.D. Gómez					1**		<i>Quercus peduncularis</i> Née
	<i>Phylloporus pelletieri</i> (Lév.) Quél. 1888	1*						<i>Quercus cortesii</i> Liebm. <i>Quercus crispifolia</i> Liebm. <i>Quercus guilielmi-treleasei</i> C.H. Mull.
	<i>Phylloporus phaeoxanthus</i> Singer & L.D. Gómez 1984					1**		<i>Quercus guilielmi-treleasei</i> C.H. Mull. <i>Quercus peduncularis</i> Née <i>Quercus purulhana</i> Trel. <i>Quercus segoviensis</i> Liebm.
	<i>Phylloporus sp</i>	1**	1**					<i>Quercus cortesii</i> Liebm. <i>Quercus flagellifera</i> Liebm. <i>Quercus peduncularis</i> Née
Pulveroboletus	<i>Pulveroboletus curtisii</i> (Berk.) Singer 1947	1*						<i>Quercus skinneri</i> Benth.
Strobilomyces	<i>Strobilomyces confusus</i> Singer 1945			1**		2**		<i>Quercus acutifolia</i> Née <i>Quercus peduncularis</i> Née <i>Quercus sapotifolia</i> Liebm. <i>Quercus segoviensis</i> Liebm. <i>Quercus vicentensis</i> Trel.
	<i>Strobilomyces strobilaceus</i> (Scop.) Berk. 1851	1*						<i>Quercus sapotifolia</i> Liebm. <i>Quercus segoviensis</i> Liebm.
	<i>Strobilomyces sp</i>				1**			<i>Quercus peduncularis</i> Née <i>Quercus segoviensis</i> Liebm.
Suillellus	<i>Suillellus luridus</i> (Schaeff.) Murrill 1909	1*						<i>Quercus cortesii</i> Liebm. <i>Quercus flagellifera</i> Liebm.
Suillus	<i>Suillus placidus</i> (Bonord.) Singer 1945						1	<i>Quercus guilielmi-treleasei</i> C.H. Mull.
Tylopilus	<i>Tylopilus balloui</i> (Peck) Singer 1947	1*						<i>Quercus cortesii</i> Liebm. <i>Quercus flagellifera</i> Liebm.
Xerocomus	<i>Xerocomus subtomentosus</i> (L.) Quél. 1887	1*						<i>Quercus skinneri</i> Benth.

° C: Chiquimula; H: Huehuetenango; I: Izabal; Ja: Jalapa; Ju: Jutiapa; SR: Santa Rosa; Z: Zacapa.

* Identificación de especie sin verificación microscópica.

** Identificación de especie previa a la presente investigación.

Figura 1

Asociación de especies de Boletaceae con subespecies de *Quercus*

Especies de Boletaceae	Especies de <i>Quercus</i>														
	Q_acu	Q_ben	Q_cor	Q_cri	Q_eli	Q_fla	Q_gul	Q_lan	Q_ole	Q_ped	Q_pur	Q_sap	Q_seg	Q_ski	Q_vic
Aur_gen	O			O		O		O		O	O				
Aur_rus	O	O	O			O							O		
Sui_pla						O									
Bol_lyc			O								O	O			
Bol_ret											O	O			
Iml_bad		O				O							O		
Sui_lur		O				O									
Tyl_bal		O				O									
Aur_bet		O	O			O									
Pul_cur												O			
Bol_pse		O	O			O									
Phy_pel		O	O			O									
Lan_pse		O				O						O			
Bol_ana		O				O		O				O			
Xer_sub													O		
Stro_stro											O	O			
Phy_phaf						O				O	O		O		
Stro_con	O									O		O	O		O
Phy_cen									O						
Phy_sp		O			O				O						
Bol_sp		O		O	O				O	O	O	O	O	O	
Stro_sp									O			O			

Especies de *Quercus*

Aur_gen: *Aureoboletus gentilis*; Aur_rus: *Aureoboletus russellii*; Sui_pla: *Suillus placidus*; Bol_lyc: *Boletus lynchipes*; Bol_ret: *Boletus reticulatus*; Iml_bad: *Imleria badia*; Sui_lur: *Suillellus luridus*; Tyl_bal: *Tylopilus ballouii*; Aur_bet: *Aureoboletus betula*; Pul_cur: *Pulveroboletus curtissii*; Bol_pse: *Boletellus pseudochrisenteroides*; Phy_pel: *Phylloporus pelletieri*; Lan_pse: *Laetiporus pseudosensibilis*; Bol_ana: *Boletellus ananas*; Xer_sub: *Xerocomus subtomentosus*; Stro_stro: *Strobilomyces strobilaceus*; Phy_phaf: *Phylloporus phaeoxanthus*; Stro_con: *Strobilomyces confusus*; Phy_cen: *Phylloporus centroamericanus*; Phy_sp: *Phylloporus sp.*; Bol_sp: *Boletus sp.*; Stro_sp: *Strobilomyces sp.*; Q_acu: *Quercus acutifolia*; Q_ben: *Quercus benthamii*; Q_cor: *Quercus cortesii*; Q_cri: *Quercus crispifolia*; Q_eli: *Quercus elliptica*; Q_fla: *Quercus flagellifera*; Q_gul: *Quercus gulielmi-treleasei*; Q_lan: *Quercus lancifolia*; Q_ole: *Quercus oleoides*; Q_ped: *Quercus peduncularis*; Q_pur: *Quercus purulhana*; Q_sap: *Quercus sapotifolia*; Q_seg: *Quercus segoviensis*; Q_ski: *Quercus skinneri*; Q_vic: *Quercus vicentensis*.

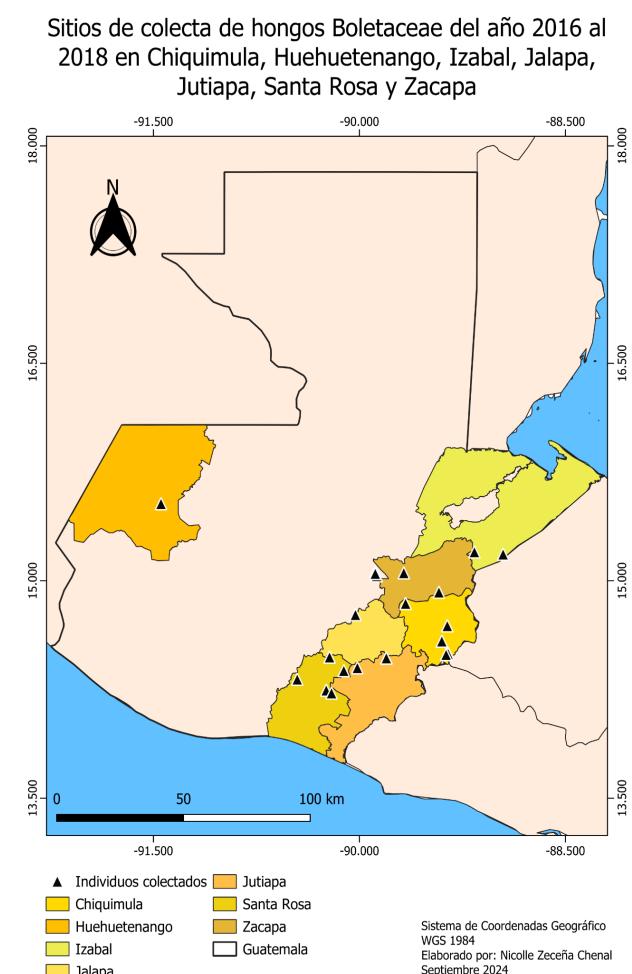
Tabla 2**Ampliación de la distribución departamental para algunas especies de Boletaceae en Guatemala**

Especie	Distribución departamental							
	AV	BV	Ch	G	P	S	C*	I*
<i>Boletellus ananas</i>	X	X		X	X		X	X
<i>Aureoboletus russellii</i>			X	X		X	X	
<i>Phylloporus centroamericanus</i>		X	X	X		X	X	
<i>Strobilomyces strobilaceus</i>		X		X		X	X	

AV: Alta Verapaz; BV: Baja Verapaz; Ch: Chimaltenango; G: Guatemala; P: Petén; S: Sacatepéquez; C: Chiquimula; I: Izabal

*Nueva distribución departamental

Fuente. Car, 2017; Flores et al., 2012; Quezada et al., 2016.

Figura 2**Mapa de sitios de colecta de hongos Boletaceae asociados a *Quercus* en parcelas de vegetación**

Discusión

Según el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (2023) se han reportado 782 especies de hongos para Guatemala, que son de excepcional relevancia por su rol ecosistémico, como lo es el proceso de descomposición de compuestos orgánicos y de simbiosis con algunas especies vegetales, como es el caso con el género *Quercus*, aunque no es una asociación exclusiva, perteneciente a la familia Fagaceae (Ayala-Vásquez et al., 2023; Saldivar et al., 2021).

Para los siete departamentos aquí estudiados se registraron 15 especies de *Quercus*, siendo la asociación más frecuente con *Quercus-cortesii* Liebm. (con 11 asociaciones), seguido por *Quercus gulielmi-treleasei* C.H. Mull. (con nueve asociaciones). Además, *Boletus sp* reportó la mayor cantidad de asociaciones a especies diferentes de *Quercus*, ocho (*Quercus cortesii* Liebm., *Quercus elliptica* Née, *Quercus flagellifera* Liebm., *Quercus peduncularis* Née, *Quercus purulhana* Trel., *Quercus sapotifolia* Liebm., *Quercus segoviensis* Liebm., *Quercus skinneri* Benth.), seguido por *Aureoboletus betula* (Schwein.) M. Kuo & B. Ortiz 2020 con seis asociaciones a especies de *Quercus* (*Quercus cortesii* Liebm., *Quercus flagellifera* Liebm., *Quercus lancifolia* Schldl. & Cham., *Quercus peduncularis* Née, *Quercus sapotifolia* Liebm.. *Quercus segoviensis* Liebm.) (Tabla 1 y Figura 1).

Contribuyendo este estudio a registrar 13 especies nuevas de hongos Boletaceae para el país, que se suman a registros previos, como de: Morales y colaboradores (2003), que reportaron 21 especies, Morales y colaboradores (2012) que reportaron 39 especies, Quezada y colaboradores (2016) que reportaron 4 especies asociadas a *Quercus*, y Car (2017) que reportó 24 especies asociados a subgéneros de *Quercus* para Guatemala. De los cuales cuatro especies de hongos Boletaceae previamente reportados para algunos departamentos de Guatemala presentaron en esta investigación una ampliación de su distribución departamental (Tabla 2) (Car, 2017; Morales et al., 2003; Morales et al., 2012; Quezada et al., 2016), siendo algunos factores que influyen en la presencia, abundancia y diversidad de los hongos: la época y lugar de colecta, la cobertura forestal y presencia de especies vegetales con las que se asocian, precipitación, temperatura, humedad, entre otras condiciones climáticas (que no fueron medidas para este estudio) y ecológicas (Car, 2017; Morales et al., 2003; Morales et al., 2012; Quezada et al., 2016).

Las nuevas especies reportadas , son identificaciones aproximadas, dado que no se contaba con el cuerpo fructífero para realizar los estudios microscópicos pertinentes, por

lo que puede haber error en la identificación al solo haber tomado en cuenta las fotografías y las descripciones de datos de las boletas de campo, de las cuales muchas características son parecidas entre los diferentes géneros de la familia Boletaceae, y los individuos que se identificaron solamente hasta género, puede deberse a la vulnerabilidad de los individuos al ambiente, que no permitió su procesamiento y preservación a la escasa información que hay del ejemplar, la difícil identificación hasta especie, a partir de las fotografías del especímen, que no eran claras, no mostraban un ejemplar maduro o todas las características de este, que se tratase de una especie nueva, entre otros factores

Las determinaciones solamente macroscópicas (Tabla 1 y Figura 1) se realizaron a partir de comparar fotografías y descripciones morfológicas de los ejemplares obtenidos en campo, con fotografías y descripciones morfológicas de ejemplares en la literatura, dado que no se contaba con el cuerpo fructífero para corroborar la identidad de los ejemplares. En el caso de los ejemplares que se determinaron hasta género, las fotografías y las descripciones morfológicas no permitían discernir la morfoespecie, puede deberse a la vulnerabilidad de los individuos al ambiente, que no permitió su procesamiento y preservación a la escasa información que hay del ejemplar, la difícil identificación hasta especie, a partir de las fotografías del especímen, que no eran claras, no mostraban un ejemplar maduro o todas las características de este, que se tratase de una especie nueva, entre otros factores, por lo que se optó por determinar dichos ejemplares hasta género solamente (Aguilar, 2014; Car, 2017; Flores et al., 2012)

Permitiendo este estudio un avance acerca de la diversidad de hongos en Guatemala y a qué subespecies de *Quercus* se pueden ver asociados, que se registraron próximas a los ejemplares boletáceos en campo, que pueden presentar una mejora en su intercambio de nutrientes del suelo y potencializar el mantenimiento y restauración de sistemas forestales en el país, que proveen las ectomicorizas considerando que se estimaba que hubieran a nivel global 1.5 millones de especies de hongos o una relación de hongos y plantas de 10-6 hongos por 1 planta (Hernández, 2019) y las cuales a su vez se ven afectadas por la deforestación, cambios de suelo, incendios o zonas con mayor perturbación de los bosques con la vegetación con la que se ven asociados y dado que en Guatemala los bosques de *Quercus* son utilizados como leña, entre otros usos, disminuye el área y densidad de estos en los bosques (Quezada et al., 2016; Quezada et al., 2016). Como se registró en el Informe Ambiental del Estado de Guatemala Correspondiente al Período 2022 (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2023), con un 40.19% de uso antrópico

de la tierra y un 34.10% que es bosque, sin diferenciación de tipos de bosques, de Guatemala y que disminuye más cada año por diferentes presiones en los ecosistemas, como lo es el ámbito económico, social y natural, que implica pérdida, degradación y fragmentación de hábitat, sobreexplotación de sus componentes, contaminación ambiental, introducción de especies exóticas, modificación de ecosistemas por el cambio climático, entre otros factores que influyen en las redes micorrízicas que los hongos forman con las distintas especies vegetales de los bosques, dichos factores en los cambios de la diversidad y cobertura vegetal pueden ser investigados y medidos en estudios posteriores, para conocer cómo afectan la presencia, abundancia y diversidad de hongos en el país (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2023; Quezada et al., 2016).

Recomendaciones

Realizar más investigaciones que den a conocer la diversidad potencial de hongos en el territorio guatemalteco, ya que esta ha sido poco explorada.

Realizar más investigaciones que resalten la importancia de la diversidad de los hongos por sus servicios ecosistémicos y que determinen el impacto de estos en el óptimo funcionamiento de los ecosistemas, su rehabilitación y restauración, así como su papel clave como bioindicadores de la calidad del hábitat y respuesta a cambios climáticos.

Agradecimientos

Al Herbario USCG y sus investigadores, en especial a la Dra. Maura Liseth Quezada Aguilar, por ser mi asesora y guía de investigación, por confiar en mis habilidades y por permitirme el acceso a la información, que fue recopilada en proyectos DIGI, precios y a los especímenes necesarios para realizar este trabajo.

Referencias

Aguilar, L. X. (2014). “El género *Phylloporus* en Guatemala: descripción de estructuras microscópicas y confirmación taxonómica de las especies recolectadas en el país”. [tesis de grado]. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Ayala-Vásquez, O., Martínez-Reyes, M., Pérez-Moreno, J., Martínez, González, C. R., Pinzón, J. P., De la Fuente, J. I., Castro-Rivera, R., García-Jiménez, J., Balbuena-Carrasco, S., Ramírez-Carbajal, E., & Yu, F. (2023). Five New Species of *Aureoboletus* and *Chalciporus* (Boletaceae, Boletales) and Their Ethnomycological Aspects. *Fungi*, 9(1041), 1-22.

Bessette, A., Bessette, A. & F. David. (1997). *Mushrooms of Northeastern North America*. Syracuse University

Car, E. S. (2017). *Hongos boletáceos asociados a los dos subgéneros de Quercus de los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz y Petén*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Flores, R., Comandini, O., & Rinaldi, A. C. (2012). A preliminary checklist of macrofungi of Guatemala, with notes on edibility and traditional knowledge. *Mycosphere*, 3(1), 1-21. Doi 10.5943/mycosphere/3/1/1

Flores, R., & Simonini, G. (2000). Contributo alla conoscenza delle Boletales del Guatemala. *Riv Micol*, 2, 121-145.

García, J., y Garza, F. (2001). Conocimiento de los hongos de la familia Boletaceae de México. *Ciencia UANL*, IV(3), 336-344.

Halling, E. & Mueller, G. (2005). *Common Mushrooms of the Talamanca Mountains, Costa Rica*. The New York Botanical Garden.

Hernández, B. A. (2019). *Diversidad de macrohongos (Ascomycota y Basidiomycota) con relación a las variables de estructura de la vegetación y microclimas del bosque seco del Centro Ecológico la Cureña, Aldea San Juan, Sanarate, El Progreso* [tesis de grado]. Universidad San Carlos de Guatemala.

Index Fungorum. (2024). *Boletus luridus*. Sitio web de Index Fungorum: <https://www.indexfungorum.org/Names/Names.asp>

Index Fungorum. (2024). *Boletus pseudosensibilis*. Sitio web de Index Fungorum: <https://www.indexfungorum.org/Names/Names.asp>

Index Fungorum. (2024). *Boletus russellii*. Sitio web de Index Fungorum: <https://www.indexfungorum.org/Names/Names.asp>

Index Fungorum. (2024). *Boletus subtomentosus*. Sitio web de Index Fungorum: <https://www.indexfungorum.org/Names/Names.asp>

Kuo, M. (2024). *Aureoboletus betula*. Sitio Web de Mushroomexpert: https://www.mushroomexpert.com/aureoboletus_betula.html

Kuo, M. (2024). *Aureoboletus russellii*. Sitio Web de Mushroomexpert: https://www.mushroomexpert.com/aureoboletus_russellii.html

- Kuo, M. (2024). *Boletellus pseudochrysenteroides*. Sitio Web de Mushroomexpert: https://www.mushroomexpert.com/boletellus_pseudochrysenteroides.html
- Kuo, M. (2024). *Boletus cf. reticulatus*. Sitio Web de Mushroomexpert: https://www.mushroomexpert.com/boletus_cf_reticulatus.html
- Kuo, M. (2024). *Boletus curtisii*. Sitio Web de Mushroomexpert: https://www.mushroomexpert.com/boletus_curtisii.html
- Kuo, M. (2024). *Boletus luridus*. Sitio Web de Mushroomexpert: https://www.mushroomexpert.com/boletus_luridus.html
- Kuo, M. (2024). *Boletus pseudosensibilis*. Sitio Web de Mushroomexpert: https://www.mushroomexpert.com/boletus_pseudosensibilis.html
- Kuo, M. (2024). *Imleria badia*. Sitio Web de Mushroomexpert: https://www.mushroomexpert.com/imleria_badia.html
- Kuo, M. (2024). *Key to Boletus in North America (Page Nine)*. Sitio Web de Mushroomexpert: https://www.mushroomexpert.com/boletus_09.html
- Kuo, M. (2024). *Suillus placidus*. Sitio Web de Mushroomexpert: https://www.mushroomexpert.com/suillus_placidus.html
- Kuo, M. (2013). *The boletes*. Sitio Web de Mushroomexpert: <http://www.mushroomexpert.com/boletes.htm>
- Kuo, M. (2024). *The Genus Strobilomyces*. Sitio Web de Mushroomexpert: <https://www.mushroomexpert.com/strobilomyces.html>
- Kuo, M. (2024). *Tylopilus balloui*. Sitio Web de Mushroomexpert: https://www.mushroomexpert.com/tylopilus_balloui.html
- Kuo, M. (2024). *Xerocomus subtomentosus*. Sitio Web de Mushroomexpert: https://www.mushroomexpert.com/xerocomus_subtomentosus.html
- Largent, D., Johnson, D., & Watling, R. (1977). *How to Identify Mushrooms to Genus III: Microscopic Features*. Arcata, CA.
- Maldonado, M. J. (2010). *Determinación y comparación de las microestructuras de Boletus edulis sensu lato de Guatemala con respecto a las microestructuras de Boletus edulis de Europa* (tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2023). *Informe Ambiental del Estado de Guatemala Correspondiente al Período 2022*. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
- Morales, O., Bran, M., Cáceres, R., & Flores, R. (2002). *Contribución al conocimiento de los hongos comestibles de Guatemala*.
- Morales, O., Cáceres, R., Guirriarán, N., Flores, F. y Bran, M. (2012). *Especies de Macrohongos reportadas para Guatemala*. En E. Cano, *Biodiversidad de Guatemala Vol. 2* (págs. 45- 61). Universidad del Valle de Guatemala. Reporta 20 especies de Boletaceae.
- Mueller, G. M., Halling, R. E., Carranza, J., Mata, M. & Schmit, J. P. (2006). *Saprotrophic and ectomycorrhizal macrofungi of Costa Rican oak forests*. En *Ecology and Conservation of Neotropical Montane Oak Forests* (pp. 55-68). Heidelberg, Alemania: Springer.
- Muller, C. H. (1942). *The Central American species of Quercus (Miscellaneous, No. 477)*. Washington, D.C.: Department of Agriculture, Government Printing Office.
- Quezada, M. L., Rodas-Duarte, I. R., y Marroquín-Tintí, A. A. (2016). Contribución al conocimiento de los encinos (*Quercus*: Fagaceae) en los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz y Petén, Guatemala. *Ciencia, Tecnología y Salud*, 3(2), 115-126.
- Quezada, M. L., Rodas, I. R., y Marroquín, A. A. (2016). *Informe final. Diversidad de encinos en Guatemala, una alternativa para bosques energéticos, seguridad alimentaria y mitigación al cambio climático. Fase II. Jutiapa, Jalapa y Santa Rosa*. Instituto de Investigaciones Química y Biológicas -IIQB- Centro de Estudios Conservacionistas -CECON- Facultad de Ciencias Químicas y Biológicas. Guatemala.
- Saldivar, A. E., García, J., Herrera, M. J., y Rodríguez, O. (2021). Listado actualizado y nuevos registros de boletaceae (Fungi, Basidiomycota, Boletales) en Jalisco, México. *Polibotánica*, 52, 25-49. DOI: 10.18387/polibotanica.52.3
- Weber, N. S., & Smith, A. H. (1985). *A Field Guide to Southern Mushrooms*. Ann Arbor: University of Michigan Press.

Apéndices

Apéndice 1

Láminas de hongos



Aureoboletus betula (Schwein.) M. Kuo & B. Ortiz 2020

Píleo convexo y liso de 5.5 cm, amarillo fuerte con un disco anaranjado en la parte superior, contexto amarillo; himenóforo tubuloso, poros amarillo brillante; estípite amarillo reticulado, sólido y con base blanca.

No. de colecta: MQ 5280

Departamento: Huehuetenango



Aureoboletus gentilis (Quél.) Pouzar 1957

Píleo convexo a plano de 7 cm, café ladrillo con el centro más oscuro en la parte superior, contexto café; himenóforo tubuloso, poros amarillo brillante; estípite café, pálido en la parte superior, cilíndrico, ventricoso.

No. de colecta: MQ 5128

Departamento: Zacapa



Aureoboletus russellii (Frost) G. Wu & Zhu L. Yang 2016

Píleo convexo y liso de hasta 5 cm, anaranjado-café, contexto amarillo; himenóforo tubuloso, poros amarillos; estípite amarillo de 10-15 cm de largo, reticulado.

No. de colecta: MQ 5182

Departamento: Chiquimula



Boletellus ananas (M.A. Curtis) Murrill 1909

Píleo convexo a plano de hasta 7 cm, seco con escamas rosado pálido, contexto con restos de velo; himenóforo tubuloso, poros amarillos; estípite blanquecino.

No. de colecta: MQ 384

Departamento: Izabal



Boletellus pseudochrysenteroides A.H.Sm. & Thiers 1971

Píleo convexo de 3.2 cm, anaranjado-café, seco, aterciopelado, contexto incurvado; himenóforo tubuloso, poros amarillos; estípite amarillo, sólido

No. de colecta: MQ 5234

Departamento: Chiquimula



Boletus lycchnipes Halling & G.M. Muell. 1999

Píleo convexo a plano de hasta 7 cm, amarillo café, contexto amarillo; himenóforo tubuloso, poros amarillo oliváceos; estípite glabro amarillo café, amarillo pálido en la parte superior.

No. de colecta: MQ 5176

Departamento: Zacapa



Boletus reticulatus Schaeff. 1763

Píleo convexo de 4 cm, superficie glabra, velutinosa, café, contexto liso, blanquecino; himenóforo tubuloso, poros redondos crema, blanquecinos; estípite blanco en ápice y café en la base, relleno, reticulado, velutinoso y radicado.

No. de colecta: MQ 5291

Departamento: Chiquimula



Boletus sp

Píleo semiesférico de 2.5 cm, amarillo mostaza pálido; himenóforo blanquecino, estípite amarillo, blanquecino, glabroso.

No. de colecta: MQ 5285

Departamento: Chiquimula



Imleria badia (Fr.) Vizzini 2014

Píleo plano de hasta 4.5 cm, café oscuro con superficie alveolada; himenóforo tubuloso, amarillo opaco pálido; estípite amarillo café en el ápice y café oscuro en la base, corrugado y agrandado en la base.

No. de colecta: MQ 5191

Departamento: Chiquimula



Lanmaoa pseudosensibilis (A.H. Sm. & Thiers) G. Wu, Halling & Zhu L. Yang 2015

Píleo convexo a plano de hasta 25 cm, rojo y rosado, superficie pruinosa, contexto liso, entero; himenóforo tubuloso, poroso angulares, elongados amarillos; estípite relleno, anaranjado, amarillo, areolado, bulboso.

No. de colecta: MQ 5260

Departamento: Chiquimula



Phylloporus pelletieri (Lév.) Quél. 1888

Píleo convexo a plano de 5 cm, café rojizo, superficie lacunosa y escuamulosa; margen fino, enrollado; himenóforo lamelado, láminas amarillas, gruesas y separadas; estípite amarillo café, cilíndrico, curvado, con finas fibrillas.

No. de colecta: MQ 5240

Departamento: Chiquimula



Pulveroboletus curtisii (Berk.) Singer 1947

Píleo convexo, hemisférico de 3 cm, amarillo cremoso; himenóforo tubulosos, poros amarillo pálido a blanquecinos cremosos; estípite amarillo cremosos, hueco, radicado.

No. de colecta: MQ 5232

Departamento: Chiquimula



Strobilomyces strobilaceus (Scop.) Berk. 1851

Píleo convexo de 10 cm, blanco grisáceo con escamas oscuras, superficie rugosa y margen agrietado, contexto rosado; himenóforo tubuloso, poros angulares negros, café oscuros; estípite gris, gris oscuro, casi negro, cilíndrico, escamoso, fibrilloso y escabroso.

No. de colecta: MQ 5294

Departamento: Chiquimula



Suillellus luridus (Schaeff) Murrill 1909

Píleo convexo, hemisférico de 6.5 cm, anaranjado, superficie pruinosa; himenóforo tubuloso, poros redondos anaranjado rojizos; estípite amarillo, grueso, cilíndrico, reticulado.

No. de colecta: MQ 5225

Departamento: Chiquimula



Suillus placidus (Bonord.) Singer 1945

Píleo convexo, hemisférico, cuspido de 2 a 5 cm, amarillo cremoso, superficie pegajosa; himenóforo tubuloso, poros blanquecinos; estípite blanquecino, pegajoso, conspicuo.

No. de colecta: MQ 5166

Departamento: Zacapa



Tylopilus balloui (Peck) Singer 1947

Píleo convexo a plano de 2 a 4 cm, rojizo, superficie pruinosa; himenóforo tubuloso, poros redondos cremoso blanquecinos; estípite blanquecino a amarillo o anaranjado, base blanquecina, seco, radicado.

No. de colecta: MQ 5195

Departamento: Chiquimula



Xerocomus subtomentosus (L.) Quél. 1887

Píleo convexo, plano de 1 hasta 3.5 cm, café oscuro, superficie alveolada, lubricosa, margen liso, apendiculado; himenóforo tubuloso, poros angulares mostaza; estípite crema, cilíndrico, con pseudorriza, lleno, liso, glandular en el ápice.

No. de colecta: MQ 5269

Departamento: Chiquimula



© Ana Paula Oxom
Volcán Chicabal, Laguna Chicabal,
Quetzaltenango, Guatemala

Distribución potencial del chipe rosado (*Cardellina versicolor*) dentro de áreas protegidas de Guatemala

*Potential Distribution of the Pink-headed Warbler (*Cardellina versicolor*) Within Protected Areas of Guatemala*

Yansi Figueroa-Palencia¹, Juan Quiñónez-Guzmán², Gabriela Armas¹

¹*Subprograma de EDC de Biología, Programa de EDC, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala,*

²*Dirección de Valoración y Conservación de la Diversidad Biológica,*

Consejo Nacional de Áreas Protegidas/CONAP

Correspondencia: yansi.figu@gmail.com



Resumen

El ave *Cardellina versicolor* es endémico en las partes altas (1800 a 3800 msnm) de Guatemala y México en bosques nubosos de encino o pino-encino. Se consideró una especie vulnerable, recientemente fue recategorizada como de menor preocupación de conservación a nivel mundial. Sin embargo, la información sobre la especie es escasa para sustentar el cambio en la categoría de amenaza, así como para considerar algunas acciones de conservación. En este sentido, este estudio pretende analizar la distribución potencial de la especie, a partir de modelado de nicho ecológico utilizando para ello datos de ocurrencia de la especie a lo largo del tiempo contenidos en bases de datos mundiales. Se espera que los mapas generados sean contrastados con la distribución espacial del Sistema de Áreas Protegidas SIGAP y otros mecanismos de conservación de la biodiversidad basados en áreas para Guatemala, como una aproximación para evaluar qué tantas poblaciones de *C. versicolor* podrían estar siendo objeto de protección.

Palabra clave: *Ergaticus*, conservación, áreas protegidas, especie endémica, vulnerabilidad, distribución.

Abstract

The *Cardellina versicolor* is endemic to the highlands (1800 to 3800masl) of Guatemala and Mexico in oak or pine-oak cloud forests. It was considered a vulnerable species, and was recently re-categorized as of least conservation concern worldwide. However, there is little information on the species to support the change in the threat category, as well as to consider some conservation actions. In this sense, this study aims to analyze the potential distribution of the species, based on ecological niche modeling using data on the occurrence of the species over time contained in global databases. It is expected that the generated maps will be compared with the spatial distribution of the Protected Areas System SIGAP and other biodiversity conservation mechanisms based on areas for Guatemala, as an approximation to evaluate how many populations of *C. versicolor* could be subject to protection.

Keywords: *Ergaticus*, conservation, protected areas, bird, vulnerability, distribution.

Introducción

Las especies dentro de un ecosistema tienen condiciones ambientales para sobrevivir, crecer y reproducirse según sus necesidades. A estas condiciones específicas donde la especie interactúa usualmente y se desarrolla dentro de un ecosistema se le conoce como nicho ecológico (Gómez, et al., 2018; Leal-Nares, et al., 2012). El chipe rosado o chipe cabeza rosada *Cardellina versicolor*, es un ave paseriforme de la familia parulidae que habita en el sudoeste de Guatemala y Chiapas (Méjico) en los bosques de pino-encino, y su distribución altitudinal va desde 1800 hasta 3500 m.s.n.m., (BirdLife International, 2020; Myers, et al., 2000).

Anteriormente se categorizó como a la especie vulnerable de extinción a nivel mundial debido a la degradación del hábitat y la deforestación dentro del área de distribución (Partida-Lara, et al., 2020). Según IUCN en sus datos más recientes, dan a conocer que en 2020 *C. versicolor* figuró como de preocupación menor preocupación. Debido a que tiene una amplia distribución, no se considera en la categoría vulnerable, a pesar de que parece ser que existe una disminución poblacional (BirdLife, 2020). Recientes Investigaciones (Rocha 2023), demuestran que podría existir una disminución de las poblaciones de *C. versicolor* debido a diferentes factores, tanto ambientales como antropogénicos. En Guatemala existen 349 áreas protegidas reconocidas por el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas-SIGAP-. En conjunto, las áreas protegidas comprenden un 32% de la superficie del país (CONAP, 2021). Debido a la diversidad de ecosistemas del país, las áreas protegidas deberían de encontrarse distribuidas en puntos estratégicos para asegurar la conservación de muestras representativas de la biodiversidad.

Una alternativa para evaluar la representatividad de ecosistemas dentro del SIGAP, es contrastar la distribución de especies restringidas a ecosistemas particulares con la distribución de las áreas protegidas. Por lo tanto, se pretende evaluar la distribución de *C. versicolor* a partir de mapas de distribución potencial basados en la teoría del nicho ecológico y contrastarlo con las áreas protegidas. Teniendo como supuesto que la presencia de poblaciones de *C. versicolor* dentro de áreas protegidas potencialmente asegura, en alguna medida, la sobrevivencia de esta.

Materiales y métodos

Base de datos

Se recopilaron datos de ocurrencia de la especie *C. versicolor* en el portal de Sistema Global de Información sobre Biodiversidad-GBIF, donde se tomaron como bases

de registro los especímenes preservados para minimizar el riesgo de registros erróneos. También, se tomaron en cuenta especímenes que han estado desde 1863 a la actualidad para obtener la mayor cantidad de datos y así poder continuar con el análisis estadístico. La base de datos obtenida fue “curada” analizando que la distribución espacial de las ocurrencias fuera coherente con el ecosistema teórico de la especie; además se eliminaron ocurrencias con coordenadas duplicadas.

Análisis de la Distribución y estado de conservación de *C. versicolor*

Se realizan modelos de distribución potencial de la especie a partir de los datos, utilizando para esto el algoritmo de Maxent (versión 3.1; <http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/>; Phillips et al. 2004, 2006). El área de dispersión de la especie se consideró a partir de la información teórica disponible para la especie. Como variables abióticas se consideraron las capas bioclimáticas de 30 seg de resolución del proyecto WorldClim (Fick & Hijmans, 2017). Los mapas de distribución potencial seleccionados por criterios de selección de modelos, se traslanan con la capa geográfica del sistema guatemalteco de áreas protegidas SIGAP, para obtener una distribución potencial dentro de las áreas protegidas. Para este tipo de análisis se utilizará como base la teoría de nicho ecológico, la cual sugiere cómo pueden estar asociados tanto el nicho fundamental de una especie en relación a factores abióticos con un área accesible de habitar.

Además, se utilizará un sistema buffer de aproximadamente 2 km de distancia entre las capas de las áreas protegidas para la medición de distribución aún fuera de las áreas protegidas. los resultados obtenidos serán comparados con mapas de distribución generados por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza-IUCN.

Resultados

La distribución de *C. versicolor* se puede observar a lo largo de la parte sur de Guatemala y de Méjico. Los puntos de ocurrencia (color morado) se ubican dentro de un mismo territorio lo cual corresponde a bosques nubosos de pino o pino-encino, los cuales se consideran hábitat del ave (Quiñonez-Guzman, et al. 2022). Los puntos de ocurrencia dentro de las áreas protegidas (color naranja) demuestran que existen 7.6% especímenes que han sido colectados dentro de las áreas protegidas y que están preservados en colecciones científicas. En total se encuentran 171, de los cuales 158 se encuentran entre el sur de Guatemala y Chiapas, Méjico. Sin embargo, se observa que la especie no se encuentra totalmente presente dentro de las áreas protegidas a los 13 registros de *C. versicolor* que se encontraron.

Mapa de distribución en Áreas protegidas

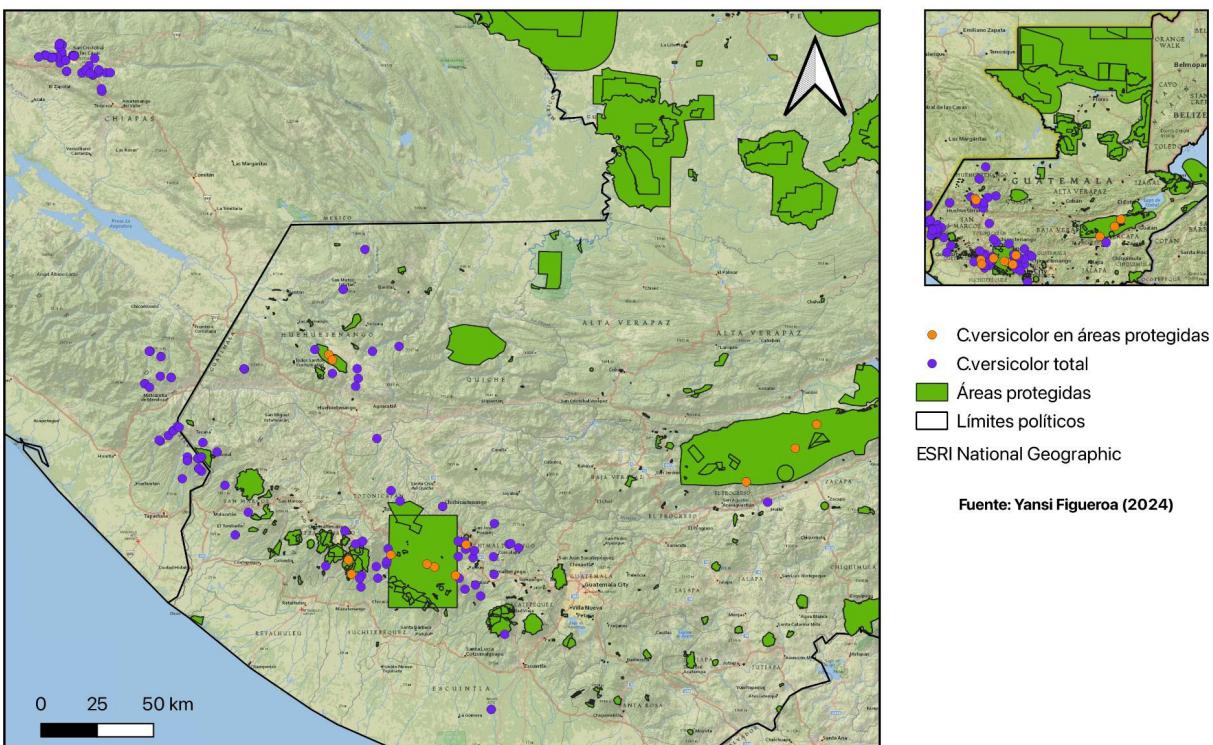


Figura 1

Mapa de distribución de *Cardellina Versicolor* dentro de áreas protegidas de Guatemala

Discusión

La primera descripción de la especie *Cardellina versicolor* se dio en 1864 dentro de *Cardellina*, posteriormente se consideró parte del género *Ergaticus*. Por 130 años se consideró que este género era la mejor opción para la especie (Partida-Lara, 2020), por lo que algunas investigaciones se encuentran la especie como *Ergaticus versicolor* (Wilson & Will, 2997; Barrera-Guzmán, et al., 2012). Con el fin de conocer la historia de *Ergaticus*, se realizaron investigaciones fitogeográficas para el estudio de la biodiversidad de géneros de aves. La diferenciación y estructura genética del ADN mitocondrial demostró diferencias principales que muestran similaridad de ejemplares *Ergaticus* dentro de regiones específicas de Mesoamérica (Barrera-Guzmán, et al., 2012). En 2010, gracias a investigaciones genéticas, se determinó que *Cardellina* es el género que le corresponde a la especie, como se dio el inicio de la descripción de la especie (Partida-Lara, 2020). En investigaciones se habla sobre la falta de información con respecto a la especie como *Cardellina versicolor* actualmente (Partida-Lara, 2020; Quiñonez-Guzmán, et al., 2021), sin embargo, se puede observar a la misma especie como *Ergaticus versicolor* en investigaciones donde se trataba de discutir el cambio de género de la especie.

Debido al endemismo de la especie, existe el interés en examinar la abundancia relativa, es decir el recuento de individuos de una especie dentro de un espacio específico (Anexo 2), específicamente de *C. versicolor*, dando como resultado fluctuaciones en sus poblaciones (Fick, et al., 2022). En Guatemala la especie tiene como hábitat común bosques de *Pinus sp* a 2300 m de elevación y es poco común en bosques nubosos que aproximadamente tienen 2000 a 2500 m. Lo que permite conocer que la especie no varía conforme a la altura, sino factores como la disponibilidad de alimento y la temperatura del lugar (Partida-Lara, 2020).

La especie *C. versicolor* es residente de Mesoamérica en bosques entre 2426 y 2726 msnm de altura en promedio que describe un rango de altura general, sin embargo, durante 2009 y 2018 se registraron anidaciones de menor tamaño entre 2009 y 2018 (Quiñonez-Guzmán, et al., 2021). Se considera en estado de conservación de preocupación menor por parte de Bird of the World (2020), sin embargo, se basan en investigaciones específicamente de México publicadas en 2011 y 2010 (Partida-Lara, et al., 2020).

Debido a que *C. versicolor* es un ave endémica la conservación dentro de Guatemala en relación con las áreas protegidas es de gran importancia para el país. Al observar que, aproximadamente el 7.6% de la población de *C.*

versicolor, se encuentra fuera de áreas protegidas. Se debe tomar en cuenta que la parte de los efectos que la especie puede sufrir, es la continua destrucción y degradación de sus hábitats y crear fragmentación (Partida- Lara, et al., 2020). Dentro de las bases de datos que se obtuvieron tanto de Sistema Global de Información-GBIF como de Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza-UICN, los registros muestran información distinta. En GBIF la información muestra a la mayor cantidad de especies preservadas dentro del área de Chiapas, México. Sin embargo, en UICN se muestra la mayor parte de ejemplares dentro de Guatemala.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Áreas Protegidas por permitir trabajar en conjunto con expertos en el tema y proporcionar los conocimientos necesarios tanto para la vida profesional como para continuar con la vida estudiantil en la ciencia.

Al MSc. Juan Quiñonez y MSc. Melisa Ojeda por su apoyo, dedicación y paciencia para trabajar conmigo.

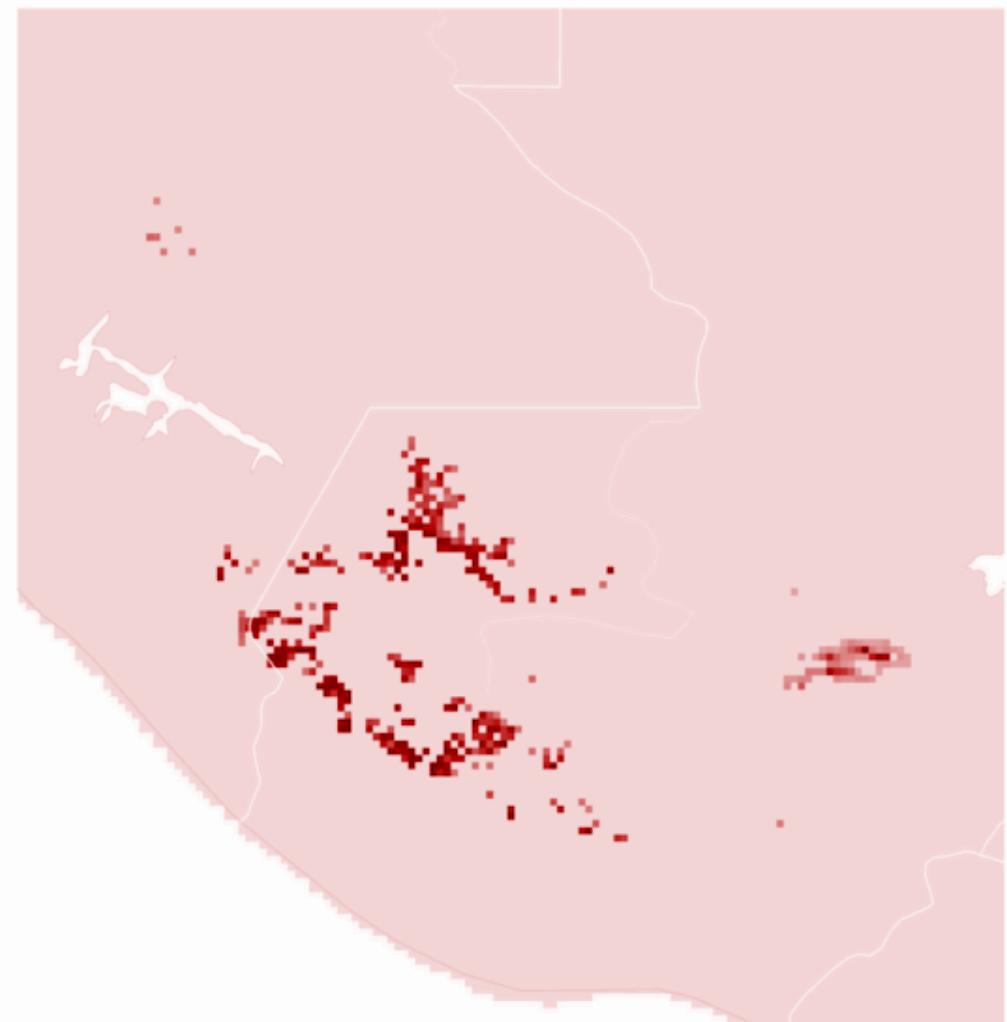
Al Subprograma de EDC de Biología, Programa de EDC, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala por la oportunidad.

Referencias

- Barrera-Guzmán, A. O., Milá, B., Sánchez-González, L. A., & Navarro-Sigüenza, A. G. (2012). Speciation in an avian complex endemic to the mountains of Middle America (*Ergaticus*, Aves: Parulidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 62(3), 907-920.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas – CONAP-. (2021). Áreas protegidas y turismo responsable. *Comunicación Social. CONAP Blog Details*.
- Fick, S.E. and R.J. Hijmans, 2017. WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 37 (12):4302-4315.
- Fink, D., T. Auer, A. Johnston, M. Strimas-Mackey, S. Ligocki, O. Robinson, W. Hochachka, L. Jaromczyk, A. Rodewald, C. Wood, I. Davies, A. Spencer. 2022. eBird Status and Trends, Data Version: 2021; Released: 2022. Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, New York. <https://doi.org/10.2173/ebirdst.2021>
- Gómez, B. Rodríguez, J. & Estacuy, D. (2018). *Biodiversidad de altura*. Vol. 22, Núm. 63.
- Leal-Nares, O. Mendoza, M. Pérez, D. Geneletti, D. López, E. & Carranza, E. (2012). Distribución potencial del *Pinus martinezii*: un modelo espacial basado en conocimiento ecológico y análisis multicriterio. *Rev. Mex. Biodiv.* vol.83 no.4 México dic.
- Myers, N. Mittermeler, R. Mittermeler, C. Da Fonseca, G. & Kent, J. (2000). *Biodiversity hotspots for conservation priorities*. Rev. Vol. 403.
- Partida-Lara, R., PL Enríquez, y JR Vázquez-Pérez. (2020). Pink-headed Warbler (*Cardellina versicolor*), versión 1.0. En Birds of the World (TS Schulenberg, editor). *Laboratorio de Ornitología de Cornell*, Ithaca, NY, EE. UU. <https://doi.org/10.2173/bow.pih.war1.01>
- Phillips, S. J., & Miroslav, D. & Schapire, R. E. [Internet] Maxent software for modeling species niches and distributions (Version 3.4.1). Available from url: http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/.
- Quiñónez-Guzmán JM, Bosarreyes BB, Orozco-Díaz E. 2021. Anotaciones sobre el nido del chipe de cabeza rosada (*Cardellina versicolor*), con observaciones de comportamiento parental. *Huitzil Revista Mexicana de Ornitología* 22(2):e-621. DOI: <https://doi.org/10.28947/hrmo.2021.22.2.544>

Rocha, E. C Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad C (2023). Distribución, abundancia y selección de hábitat de especies de aves amenazadas y en peligro de extinción en los bosques de montaña de Chiapas. Version 1.13. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/ousj9y> accessed via GBIF.org

Wilson, J., & Will, T. (1997). The current status of the Pink-headed Warbler *Ergaticus versicolor* in Chiapas, Mexico. *Cotinga*, 8, 34-38A.



(Fink, et al., 2022)

Anexos

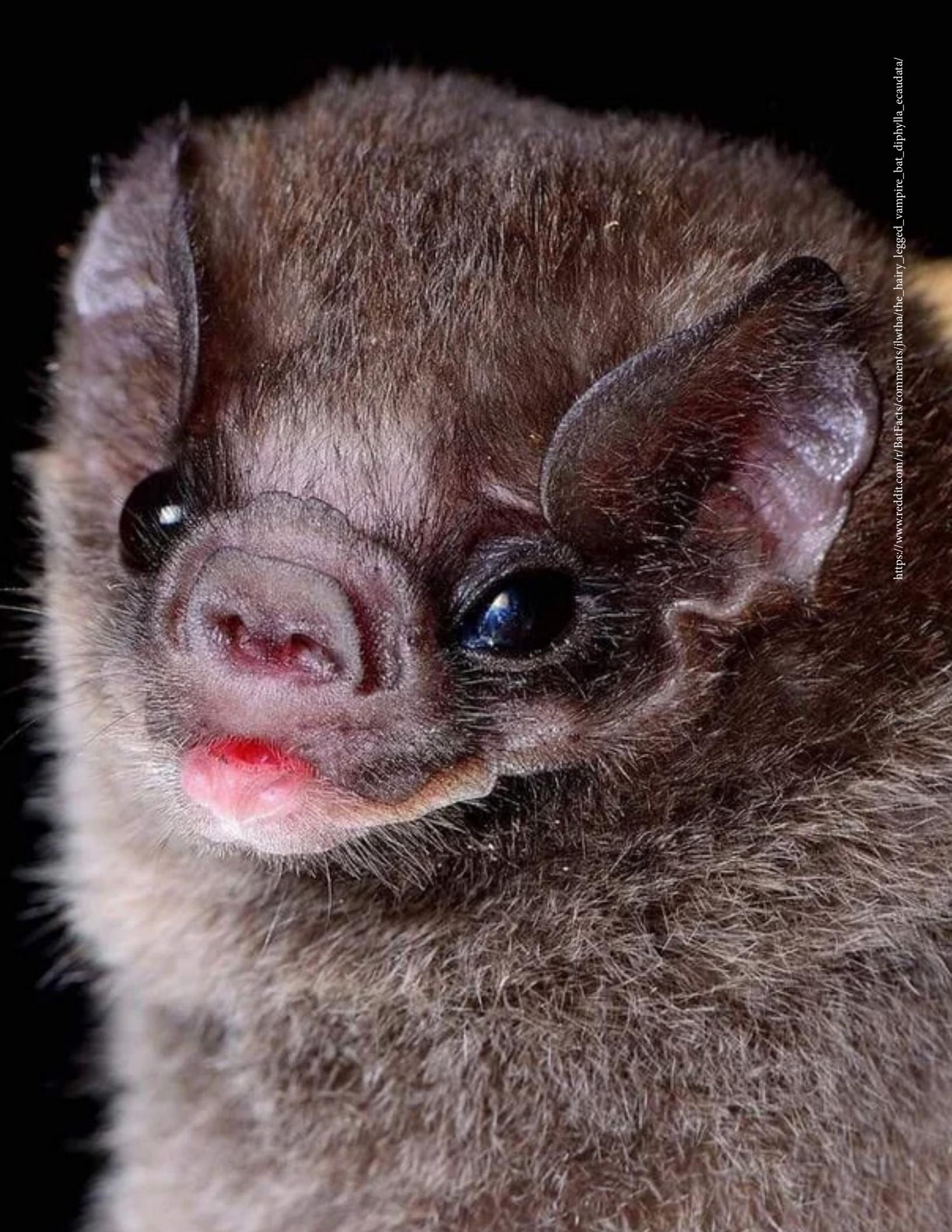
Anexo 1. Base de datos de *Cardellina versicolor*

C. versicolor_base de datos (GBIF, 2024) [C. versicolor_base de datos - Hojas de cálculo de Google](#)

Anexo 2. Abundancia relativa de *Cardellina Versicolor*.



© Ana Paula Oxom
Volcán Chicabal--Laguna
Chicabal, Quetzaltenango,
Guatemala



Distribución potencial de *Desmodus rotundus* y *Diphylla ecaudata* en Guatemala

*Potential Distribution of Desmodus rotundus and
Diphylla ecaudata in Guatemala*

Gutiérrez Cisneros, Ana Sofía¹, Pérez Consuegra, Sergio², Armas, Gabriela¹

¹ Suprograma de EDC de Biología, Programa de EDC,

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

² Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Correspondencia: sofiegcis99@gmail.com.



https://www.smithsonianmag.com/blogs/smithsonian-books/2024/10/31/Four-Cute-Bats-to-Help-Celebrate-Halloween-and-Bat-Week/

Resumen

El presente estudio, tiene como objetivo determinar los factores ambientales que influyen en la distribución potencial de *Desmodus rotundus* y *Diphylla ecaudata* en Guatemala. Factores como la temperatura y la disponibilidad de áreas de ocupación son de relevancia en la distribución de los murciélagos, la relación entre dichos factores es clave para el análisis de sus poblaciones. *Desmodus rotundus* y *Diphylla ecaudata* son murciélagos hematofagos de la subfamilia Desmontidae, con distribución en América Latina. Ambas especies se alimentan de sangre tienen una distinción. *D. rotundus* se alimenta de mamíferos y *D. ecaudata* de aves. Su distribución está influenciada por factores abióticos como la temperatura. *Desmodus rotundus* y *Diphylla ecaudata* presentan una distribución afectada por factores bióticos como la interacción intra e interespecífica en donde la competencia, depredación y las relaciones simbióticas son fundamentales para la dinámica de las comunidades, afectando la distribución de las especies. Ambas son especies hematófagas, representando un riesgo para la salud pública debido a la transmisión de rabia y enfermedades zoonóticas. Por lo tanto, en Guatemala, es crucial el conocimiento de la distribución de sus poblaciones. De esta manera, el modelado de nicho ecológico es una herramienta poderosa para predecir la distribución, facilitando la identificación de áreas críticas para su conservación y manejo. La población de estudio incluyó a las especies *Desmodus rotundus* y *Diphylla ecaudata*. Se utilizaron registros de ocurrencias de la Base de Datos de La Colección de Mamíferos de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC-USACM). Para el análisis, se seleccionaron los datos de longitud y latitud, se hizo uso del Software R 4.4.1 para generar modelos de distribución potencial. Para estos modelos la temperatura se utilizó como una variable para la estimación de la distribución de las especies en Guatemala.

Abstract

The present study aims to determine the environmental factors that influence the potential distribution of *Desmodus rotundus* and *Diphylla ecaudata* in Guatemala. Factors such as temperature and the availability of occupancy areas are relevant to the distribution of these bats, and the relationship between these factors is key to analyzing their populations. *Desmodus rotundus* and *Diphylla ecaudata* are blood-feeding bats from the Desmontidae subfamily, distributed throughout Latin America. Both species feed on blood, though with a distinction: *D. rotundus* feeds on mammals, while *D. ecaudata* feeds on birds. Their distribution is influenced by abiotic factors such as temperature. The distribution of *Desmodus rotundus* and *Diphylla ecaudata*

is also affected by biotic factors like intra- and interspecific interactions, where competition, predation, and symbiotic relationships are crucial for community dynamics, impacting species distribution. Both species are hematophagous, posing a public health risk due to the transmission of rabies and zoonotic diseases. Therefore, understanding the distribution of their populations in Guatemala is crucial. Ecological niche modeling is a powerful tool to predict distribution, aiding in the identification of critical areas for their conservation and management. The study population included *Desmodus rotundus* and *Diphylla ecaudata*. Occurrence records from the Mammal Collection Database of the University of San Carlos of Guatemala (USAC-USACM) were used. Latitude and longitude data were selected for analysis, and R 4.4.1 software was used to generate potential distribution models. Temperature was utilized as a variable for estimating the distribution of these species in Guatemala.



Introducción

La distribución potencial de especies a través del modelado de nicho ecológico es una acción muy importante para la conservación biológica (Soberon y Naumura, 2009). Las especies cuentan con un lugar particular en el tiempo y en el espacio, este lugar puede ser representado a través de mapas. La distribución dentro del espacio en las especies no es de forma aleatoria, están sometidas a un rango de tolerancia a factores ambientales (altitud, temperatura, humedad, precipitación y posición topográfica) que se define como amplitud ecológica (Chapman, 1976). La amplitud ecológica también conocida como perfil ecológico, son los que brindan la información del rango de tolerancia de las especies, lo cual permite evaluar su afinidad con los factores ambientales y así poder medir la probabilidad de presencia de las especies en un espacio geográfico determinado (Chapman, 1976). El nicho ecológico es una determinante para la distribución de especies, debido a esto se generan mecanismos que les permiten la dispersión de su nicho en el espacio (Townsend, 2001).

Los murciélagos son vertebrados mamíferos que pertenecen a la orden Quirópteros, que significa animales con alas en las manos, son de hábitos nocturnos o crepusculares y viven principalmente en grupos o colonias (Quintana et al. 2011). *Desmodus rotundus* y *Diphylla ecaudata*, son murciélagos de la familia Phyllostomidae, se distribuyen por toda América, son los únicos murciélagos hematófagos de la región. *Desmodus rotundus*, conocido comúnmente como murciélago vampiro común, es el principal vector de la rabia en América Latina. Su capacidad para alimentarse de la sangre de mamíferos de sangre caliente, incluidos el ganado y los seres humanos, lo convierte en un importante foco de atención en los programas de vigilancia y control de enfermedades zoonóticas. Por otro lado, *Diphylla ecaudata*, el murciélago vampiro de patas peludas, aunque menos estudiado que su contraparte común, también desempeña un papel en la ecología de los ecosistemas en los que se encuentra presente.

En esta investigación, se analiza la distribución potencial de *Desmodus rotundus* y *Diphylla ecaudata* en Guatemala mediante el uso de modelos de nicho ecológico y variables ambientales. Estos modelos permiten predecir las áreas propicias para la presencia de estas especies en función de factores como la temperatura.

Materiales y Métodos

La investigación se llevó a cabo mediante una serie de etapas meticulosas para analizar la distribución potencial de *Desmodus rotundus* y *Diphylla ecaudata* en Guatemala.

En primer lugar, se recopiló información exclusivamente de los registros de presencia de las especies disponibles en la colección de mamíferos de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC). Estos registros proporcionaron datos sobre ubicación geográfica, fecha de observación y detalles ambientales asociados. Posteriormente, los datos de presencia y las variables ambientales seleccionadas fueron preparados para su análisis en el software R, utilizando el paquete dismo, lo que incluyó la limpieza de datos, la interpolación espacial de variables ambientales y la transformación de datos según fuera necesario.

Una vez preparados los datos, se procedió al modelado de la distribución potencial utilizando el paquete dismo en R, el cual empleó algoritmos de máxima entropía para estimar la distribución de las especies en función de los datos de presencia y las variables ambientales. Los resultados de los modelos fueron interpretados para identificar áreas prioritarias en Guatemala para la conservación y el manejo de las especies estudiadas. Finalmente, se elaboró un informe que resumió los hallazgos del estudio, incluyendo mapas de distribución potencial de *Desmodus rotundus* y *Diphylla ecaudata*, así como recomendaciones para futuras investigaciones y acciones de manejo y conservación. Este informe proporcionó una base sólida para la gestión de las especies y la planificación de estrategias de conservación en Guatemala.

Diseño

El diseño de la investigación se enfocó en dos especies de murciélagos hematófagos: *Desmodus rotundus* y *Diphylla ecaudata*. La muestra consistió en registros conocidos de estas especies, seleccionados exclusivamente de la colección de mamíferos de la USAC. Para la recolección y análisis de datos, se emplearon varias técnicas. Se realizó una revisión de los registros disponibles en dicha colección para identificar observaciones relevantes sobre la distribución de las especies.

El análisis de datos incluyó el uso de herramientas de análisis geoespacial y modelos de nicho ecológico. Se utilizaron herramientas de análisis geoespacial, como el software R junto con paquetes estadísticos con capacidades geoespaciales (raster, dismo), para procesar y analizar los datos. Asimismo, se aplicaron modelos de nicho ecológico utilizando el paquete dismo en R para predecir la distribución potencial de las especies en función de variables ambientales. El análisis estadístico complementó estos modelos al identificar relaciones significativas entre la presencia de las especies y las variables ambientales, evaluando la contribución relativa de cada variable al modelo de distribución potencial. Los instrumentos utilizados

incluyeron la colección de mamíferos de la USAC, el software R y literatura científica.

Resultados

El análisis de la base de datos de la colección de mamíferos reveló un total de 60 reportes de ocurrencia para *Desmodus rotundus* distribuidos en 7 departamentos. Los datos de altitud mostraron una variabilidad significativa en los sitios de observación, con registros que abarcan desde los 2000 metros sobre el nivel del mar (msnm) hasta los 100 msnm. En cuanto a las condiciones térmicas, se observaron temperaturas extremas en los lugares de presencia de la especie, con valores que oscilan entre 35°C en las áreas más cálidas y 12°C en las más frías.

Estos resultados indican que *Desmodus rotundus* tiene una amplia tolerancia en términos de altitud y temperatura, lo que sugiere una adaptabilidad considerable a diferentes rangos ambientales dentro de su área de distribución en los departamentos estudiados. La presencia de esta especie en una variedad de altitudes y temperaturas puede tener implicaciones importantes para su conservación y manejo, especialmente en relación con las variaciones climáticas y altitudinales en su hábitat.

Diphylla ecaudata reveló 5 reportes de ocurrencia distribuidos en 4 departamentos, lo que proporciona una visión parcial de su distribución en Guatemala. Los datos altitudinales muestran que la especie se encuentra en una gama considerable, desde 100 metros sobre el nivel del mar (msnm) hasta altitudes de 3500 msnm. Esta amplia variabilidad altitudinal indica que *Diphylla ecaudata* puede adaptarse a diferentes tipos de paisajes, desde regiones bajas hasta zonas montañosas elevadas.

En cuanto a las temperaturas, los reportes abarcan un rango extremo de 2°C a 35°C. Esta capacidad para tolerar temperaturas tan diversas sugiere que *Diphylla ecaudata* puede sobrevivir en una variedad de climas, desde los más fríos hasta los más cálidos. La amplitud térmica observada es notable y refleja la capacidad de la especie para ocupar hábitats con condiciones climáticas variadas.

La limitación en el número de reportes disponibles para *Diphylla ecaudata* destaca la necesidad de ampliar el monitoreo y la investigación para obtener una comprensión más completa de su distribución. Aunque los datos actuales sugieren una amplia tolerancia altitudinal y térmica, una mayor cantidad de información permitirá una evaluación más precisa de los factores que influyen en su presencia y las posibles restricciones en su rango de distribución.

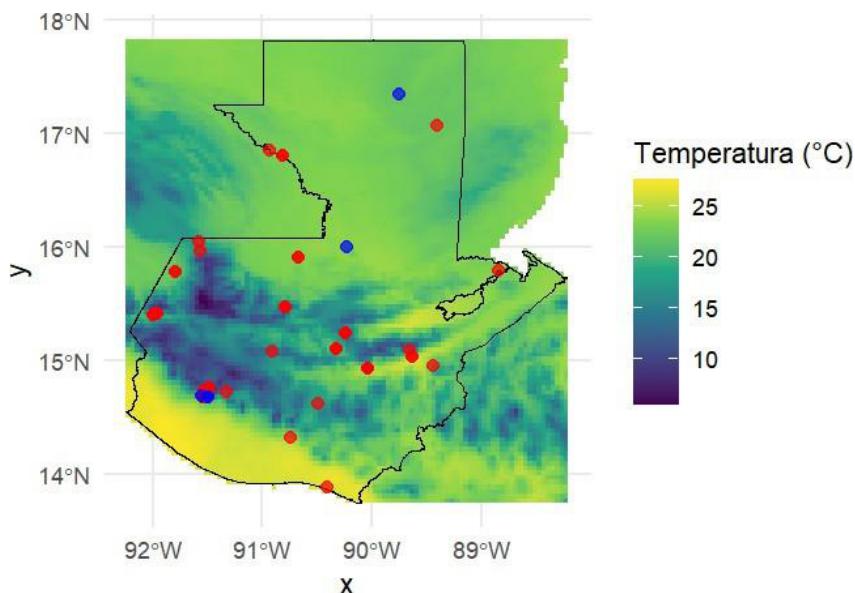


Figura 1

Mapa de distribución potencial de *Desmodus rotundus* y *Diphyllea ecaudata* en Guatemala

Desmodus rotundus (puntos rojos) y *Diphyllea ecaudata* (puntos azules).

Fuente: elaborado por Gutiérrez, S.

Desmodus rotundus muestra una notable capacidad de adaptación ambiental, ocupando un rango altitudinal de 100 a 2000 msnm y temperaturas entre 12°C y 35°C. Su resiliencia frente a condiciones climáticas variables resalta su potencial para persistir ante el cambio climático, con concentraciones significativas en áreas cálidas y bajas como Baja Verapaz.

Diphyllea ecaudata presenta una distribución más limitada, pero abarca un rango altitudinal mayor (100 a 3500 msnm) y temperaturas extremas (2°C a 35°C). Su adaptabilidad a condiciones diversas, especialmente en regiones más frías como Alta Verapaz, podría estar condicionada por la disponibilidad de refugios adecuados y menor competencia.

La comparación entre ambas especies evidencia que *Desmodus rotundus* posee un nicho térmico más amplio y mayor tolerancia ambiental, mientras que *Diphyllea ecaudata* podría estar más restringida por factores climáticos y de hábitat. Esto subraya la necesidad de estrategias de conservación diferenciadas considerando su vulnerabilidad ante las modificaciones ambientales.

Recomendaciones

Se recomienda establecer un plan de monitoreo ambiental en las áreas de mayor ocurrencia de ambas especies. Esto

ayudará a detectar cambios que puedan afectar su hábitat y, por ende, su distribución.

Se sugiere realizar investigaciones adicionales enfocadas específicamente en *Diphyllea ecaudata*, debido a su distribución restringida. Esto permitirá comprender mejor sus requerimientos ecológicos y su respuesta al entorno.

Agradecimientos

Agradezco profundamente al Dr. Sergio Pérez por convertirse en mi mentor y guía durante todo este proceso, por compartir su conocimiento y experiencia, y acompañarme a alcanzar mis objetivos. Extiendo mi gratitud a mis compañeros de EDC por su colaboración y compañerismo, que enriquecieron significativamente mi aprendizaje. A mi amiga Dulce Ericastilla, gracias por su apoyo incondicional, en todo este proceso. Finalmente, reconozco al programa de EDC, cuyo respaldo y formación hicieron posible este logro. A todos, mi sincero agradecimiento.

Referencias Bibliográficas

- Chapman, S. B. (1976). Methods in plant ecology. Osney Mead, Oxford: Blackwell Scientific.
- Calisher, H., Childs, J. E., Field, H. E., Holmes, K. V., & Schountz, T. (2006). Bats: Important reservoir hosts of emerging viruses. *Clinical Microbiology Reviews*, 19, 531-545.
- Dres, A., & Valotta, J. (1977). Rabia Transmitida Por Murciélagos. *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*, 86(6).
- Greenhall, A. M., Schmidt, U., & Joermann, G. (1984). Diphyllo ecaudata. *Mammalian Species*, 227, 1. <https://doi.org/10.2307/3504022>
- Hutchinson, G. E. (1957). Concluding remarks. *Population studies: animal ecology and demography*.
- Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology, 22, 415–427.
- Jiménez Ortega, A. M. (2013). Conocimiento y conservación de los murciélagos filostómidos (Chiroptera: Phyllostomidae) y su utilidad como bioindicadores de la perturbación de los bosques neotropicales [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Madrid].
- Kraker-Castañeda, C., & Echeverría-Tello, J. L. (2012). Riqueza de Especies y Variabilidad Trófica de Murciélagos en Zonas de Riesgo de Rabia de Origen Silvestre en Izabal, Guatemala. *Therya*, 3(1), 87-99. <https://doi.org/10.12933/therya-12-57>
- López García, M. A. (2007). Descripción y caracterización de nichos ecológicos: una visión más cuantitativa del espacio ambiental [Tesis de maestría, Centro de Investigación en Matemáticas, A.C.].
- Mateo, R. G., Felicísimo, Á. M., & Muñoz, J. (2011). Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética [Species distributions models: A synthetic revision]. *Revista Chilena de Historia Natural*, 84, 217-240.
- Mayen, F. L. (2003). Haematophagous Bats in Brazil, Their Role in Rabies Transmission, Impact on Public Health, Livestock Industry and Alternatives to an Indiscriminate Reduction of Bat Population. *Journal Of Veterinary Medicine Series B-infectious Diseases And Veterinary Public Health*, 50(10), 469-472.
- Quintana, A., Sotelo, R., Szwako, A., & Fernández, R. (2011). Identificación de Quirópteros Hematófagos y No Hematófagos en las ciudades de Tobatí y Caacupé del Departamento de Cordillera - Paraguay. *Compendio de Ciencias Veterinarias*, 01(01), 25- 29.
- Scheffer, K. C., De Barros, R. F., Iamamoto, K., Mori, É., Asano, K. M., De Oliveira Lima, J. Y., Garcia, A. I. E., Neto, R. D. S. C., & De Oliveira Fahl, W. (2022). DESMODUS ROTUNDUS – BIOLOGÍA y COMPORTAMIENTO. En *Editora Científica*
- Digital eBooks (pp. 505-529).<https://doi.org/10.37885/220308371>
- Soberon, J., & Nakamura, M. (2009). Niches and distributional areas: concepts, methods, and assumptions. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*, 103(50), 19644-19650.
- Townsend, P. A. (2001). Predicting species' geographic distributions based on ecological niche modeling. *The Condor*, 103(3), 599-605.
- Uieda, W. (1992). Período de atividade alimentar e tipos de presa dos morcegos hematófagos (Phyllostomidae) no Sudeste do Brasil. *Revista Brasileira da Biologia*, 52, 563- 573.
- Wetterer, A. L., Rockman, M. V., & Simmons, N. B. (2000). Phylogeny of phyllostomid bats (Mammalia: Chiroptera): data from diverse morphological systems, sex chromosomes, and restriction sites. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 248, 1-200.

Apéndices

Apéndice 1

Coordenadas de ocurrencia de *Desmodus rotundus* y *Diphylla ecaudata* en Guatemala.

No.	Género	Especie	Latitud	Longitud
1	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	15.1014	-90.3186
2	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	15.1014	-90.3186
3	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	15.2369	-90.2339
4	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	15.2369	-90.2339
5	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	15.2369	-90.2339
6	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	16.0403	-91.5764
7	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	15.7883	-88.8428
8	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	15.0917	-89.6533
9	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	15.2369	-90.2339
10	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	15.1014	-90.3186
11	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	15.2369	-90.2339
12	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	15.2369	-90.2339
13	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	15.2369	-90.2339
14	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	14.9248	-90.0405
15	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	15.4053	-91.9625
16	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	15.7792	-91.7881
17	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	15.7792	-91.7881
18	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	14.9248	-90.0405
19	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	14.9248	-90.0405
20	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	14.9248	-90.0405
21	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	14.9248	-90.0405
22	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	14.9248	-90.0405
23	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	14.9248	-90.0405
24	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	16.8003	-90.8150
25	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	16.8003	-90.8150
26	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	14.7261	-91.5317
27	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	14.7261	-91.5317
28	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	14.7261	-91.5317
29	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	14.7261	-91.5317
30	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	14.6750	-91.5450
31	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	14.6750	-91.5450
32	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	14.6750	-91.5450
33	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	14.6750	-91.5450
34	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	14.7494	-91.4800
35	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	14.7494	-91.4800
36	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	14.9256	-90.0403
37	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	14.9256	-90.0403
38	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	14.9256	-90.0403
39	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	14.9256	-90.0403
40	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	15.4053	-91.9625

41	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	17.0694	-89.4000
42	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	14.7181	-91.3256
43	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	15.0306	-89.6314
44	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	15.0306	-89.6314
45	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	16.8517	-90.9306
46	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	14.6200	-90.4900
47	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	15.9637	-91.5703
48	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	15.0747	-90.9123
49	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	15.4621	-90.7881
50	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	15.4621	-90.7881
51	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	15.4621	-90.7881
52	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	15.4621	-90.7881
53	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	14.9476	-89.4320
54	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	15.3995	-92.0001
55	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	15.3995	-92.0001
56	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	15.3995	-92.0001
57	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	15.9058	-90.6663
58	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	15.9058	-90.6663
59	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	14.3216	-90.7450
60	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>	13.8803	-90.4102
61	Diphylla	ecaudata	-91.4922	-89.745
62	Diphylla	ecaudata	-91.4922	-91.5467
63	Diphylla	ecaudata	-89.745	-90.221889
64	Diphylla	ecaudata	-91.5467	-91.4922
65	Diphylla	ecaudata	-90.221889	-91.4922

Fuente: elaborado por Gutiérrez, S.



https://www.wikiwand.com/es/articles/Desmodus_rotundus



Comparación de riqueza de herpetofauna entre la reserva natural privada Sisters de Maryknoll (área no urbanizada) y el Colegio Monte María (área urbanizada) de Guatemala

***Comparison of Herpetofauna Richness Between the Sisters of
Maryknoll Private Nature Reserve (Non-Urbanized Area) and Colegio
Monte María (Urbanized Area) in Guatemala***

*Moreno-Santander, Kyara; Morales-Mérida, J. Renato; Armas, Gabriela
Subprograma de EDC de Biología, Programa de EDC,
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia,
Universidad de San Carlos de Guatemala.
Correspondencia: kyalumoreno@gmail.com
ORCID: 0009-0003-0339-3831*



Resumen

Esta investigación tuvo como objetivo comparar la riqueza de herpetofauna (anfibios y reptiles) entre dos áreas en la ciudad de Guatemala: la Reserva Natural Privada Sisters de Maryknoll, un sitio no urbanizado, y el Colegio Monte María, una zona urbanizada. El problema planteado fue determinar cómo la urbanización afecta la diversidad de estas especies, ya que se considera que las áreas urbanas presentan mayor fragmentación del hábitat y alteración del ecosistema. La hipótesis fue que la riqueza de especies sería menor en el área urbanizada en comparación con la no urbanizada. Se realizaron 12 muestreos diurnos y nocturnos en cada sitio durante la época lluviosa, utilizando transectos mediante relevamiento visual y análisis estadísticos. Se identificaron cinco especies: un anfibio y cuatro reptiles. El análisis mostró que la riqueza de especies fue mayor en el sitio no urbanizado, como se esperaba. Sin embargo, los resultados del análisis de Chi cuadrado no fueron significativos, lo que sugiere que las diferencias observadas podrían ser aleatorias. Esto indica la necesidad de realizar más muestreos para obtener resultados concluyentes sobre los efectos de la urbanización en la herpetofauna.

Palabras claves: anfibios, reptiles, riqueza de especies, urbanización, reserva natural.

Title: Comparison of herpetofauna richness between the Maryknoll Sisters Private Nature Reserve (non-urbanized area) and the Monte María School (urbanized area) of Guatemala.

Abstract

This research aimed to compare the richness of herpetofauna (amphibians and reptiles) between two areas in Guatemala City: the Sisters of Maryknoll Private Natural Reserve, a non-urbanized site, and Colegio Monte María, an urbanized area. The problem addressed was to determine how urbanization affects the richness of these species, as urban areas tend to exhibit greater habitat fragmentation and ecosystem alteration. The hypothesis proposed that species richness would be lower in the urbanized area compared to the non-urbanized one. Twelve daytime and nighttime surveys were conducted at each site during the rainy season, using visual transects and statistical analyses. Five species were identified: one amphibian and four reptiles. The analysis revealed that species richness was higher in the non-urbanized site, as expected. However, the Chi-square analysis results were not significant, suggesting that the observed differences could be due to random factors. This highlights the need for additional surveys to obtain conclusive results on the effects of urbanization on herpetofauna.

Keywords: amphibians, reptiles, species richness, urbanization, nature reserve.



Introducción

La herpetofauna es un grupo artificial el cual incluye tanto a anfibios como a reptiles (Jiménez y Sandoval, 2012). Aunque no están estrechamente relacionados desde el punto de vista evolutivo, se agrupan bajo este término para conveniencia en investigaciones y estudios de la biodiversidad (Villamarín et al., 2022). Este grupo cumple con una gran importancia ecológica, asociándose con altas coberturas forestales y bajos niveles de contaminación en ecosistemas terrestres y acuáticos; además, son esenciales en la cadena trófica actuando como depredadores y controladores de plagas de insectos y roedores (Pineda et al., 2022). Sin embargo, se encuentran ampliamente amenazados por factores antropogénicos tales como la urbanización, siendo este uno de los principales factores que amenazan su diversidad a nivel global. La expansión urbana conduce a la fragmentación de los hábitats, la pérdida de cobertura vegetal, la contaminación y la introducción de especies exóticas (Santos & Tellería, 2006). Estos cambios ambientales tienen un impacto negativo en la herpetofauna, ya que pueden reducir la disponibilidad de los recursos y sitios para reproducción, así como aumentar la mortalidad y contribuir a la transmisión de enfermedades (Lee et al., 2006; Pisanty et al., 2009). Además, en entornos urbanos, la ausencia de corredores ecológicos y el trazado de carreteras agravan la situación, dificultando la dispersión de organismos, especialmente en etapas críticas como el desarrollo larval y la posterior dispersión de los anfibios metamorfoseados (Acosta et al., 2005).

En esta investigación, el objetivo principal fue comparar la riqueza de la clase Amphibia y Reptilia entre dos áreas de la ciudad de Guatemala, la Reserva Natural Privada Sisters de Maryknoll, un área no urbanizada, y el Colegio Monte María, un área urbanizada. A través del análisis de datos recopilados en ambos sitios, se busca reconocer la riqueza de reptiles y anfibios en ambas áreas, así como contribuir al entendimiento de los efectos de la urbanización en la fauna local. La hipótesis de la misma es que la riqueza de herpetofauna en el campus escolar al ser un área urbanizada es menor en comparación con las áreas de la reserva natural, debido a la fragmentación del hábitat y la alteración de los ecosistemas.

Materiales y métodos

Tanto la Reserva Natural Privada Sisters de Maryknoll como el Colegio Monte María se ubican dentro de la región Metropolitana de la Ciudad de Guatemala, Calzada Aguilar Batres 39-75, zona 12; ubicado en N 14°34.5663 W 90°33.4528 a una altitud de entre 1,370 a 1,460 msnm, aproximadamente.

Se realizaron 12 visitas en total al sitio de estudio, divididas en 6 diurnas y 6 nocturnas, tanto en la Reserva Natural Privada Sisters de Maryknoll como en el campus escolar. Durante los primeros 6 días, se trabajó de 8:00 am a 11:00 am, y durante las 6 noches siguientes de 7:00 pm a 10:00 pm aproximadamente. Estos horarios fueron seleccionados para coincidir con los períodos de mayor actividad herpetofaunística. Las visitas se llevaron a cabo entre la última semana de junio y la primera de julio, coincidiendo con la época lluviosa, que es la temporada de reproducción y mayor actividad para este grupo (Arévalo et al., 2015). Para ello, se establecieron 6 transectos: 3 en el campus escolar y 3 dentro de la reserva. Cada transecto de 50 metros de largo por 6 metros de ancho, con una distancia de 100 metros entre cada uno. Se empleó un muestreo directo mediante de relevamiento visual, durante las cuales se fotografiaron los individuos y aquellos colectados para su observación fueron inmediatamente liberados tras recopilar la información necesaria para su identificación el número del transecto donde se encontró. Para la colecta de anfibios se utilizaron guantes de látex diferentes para cada individuo. Esto se debe a que la piel de los anfibios es muy sensible y los guantes ayudan a evitar lesiones durante la manipulación; así como también nos permiten prevenir la transmisión del hongo quitridio (*Batrachochytrium*) de un anfibio a otro (Martínez et al., 2023).

Para analizar los datos, se empleó el test chi cuadrado, una prueba estadística no paramétrica que facilitará la comparación entre nuestras dos variables independientes (sitio urbanizado y no urbanizado). Asimismo, se elaboró una curva de acumulación de especies para cada sitio de muestreo utilizando el software *Estimate* (Colwell, 2009) y el programa *Excel*, con el propósito de contrastar la riqueza de especies en ambas localidades, evaluar la eficacia del método de muestreo y estimar el número de especies aún no identificadas en el área.

Resultados

El Cuadro 1 presenta las especies encontradas en ambos sitios de muestreo (urbanizado y no urbanizado), con la frecuencia de observación en cada muestreo. Se registraron 5 especies (1 anfibio y 4 reptiles) de los cuales una de las especies más observadas fue la lagartija espinosa (*Sceloporus acanthinus*) que se encuentra en estado de vulnerabilidad (categoría 3) de LEA (CONAP, 2022) pero en menor preocupación/estable por la Lista Roja de UICN, como las demás especies observadas (UICN, 2024). La siguiente especie más observada también fue *Hemidactylus garnotii* de la cual no se toma en cuenta para estados de conservación debido a que es especie invasora.

Cuadro 1

Especies de herpetofauna observadas en el sitio urbanizado y en el no urbanizado.

Species	Sitio urbanizado	Sitio no urbanizado
<i>Sceloporus acanthinus</i>	5	2
<i>Hemidactylus garnotii</i>	5	0
<i>Holcosus parvus</i>	0	4
<i>Ninia sebae</i>	1	1
<i>Incilius coccifer</i>	0	1

Nota: Obtenido en la Reserva Natural Privada Sisters de Maryknoll y el Colegio Monte María, Calzada Aguilar Batres 39-75 zona 12, Cdad. de Guatemala.

En el eje X de la gráfica 1 observamos el número de muestreos realizados mientras que en el eje Y se observa el número de especies acumuladas. La curva celeste muestra el número total de especies acumuladas a medida que se realizan más muestreos, de la cual se puede interpretar que el número de especies acumuladas aumenta a medida que se realizan más muestreos. Se necesitan más muestreos para encontrar nuevas especies, pero la tasa de descubrimiento de nuevas especies está disminuyendo.

Gráfica 1

Curva de acumulación de especies del sitio urbanizado



Nota: Obtenido en Colegio Monte María, Calzada Aguilar Batres 39-75 zona 12, Cdad. de Guatemala

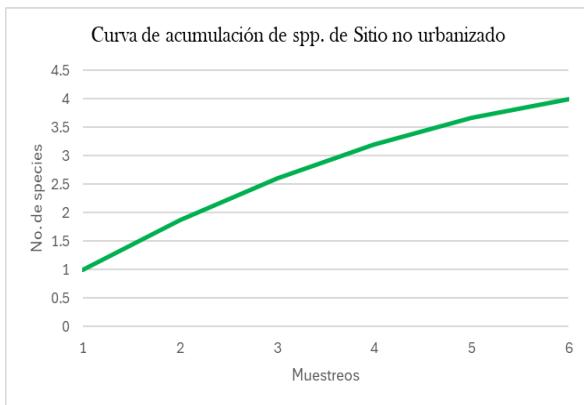
De igual forma, en el eje X de la gráfica 2, observamos el número de muestreos realizados mientras que en el eje Y se observa el número de especies acumuladas. La curva verde del sitio no urbanizado también muestra una tendencia creciente, pero con una acumulación ligeramente mayor de especies a lo largo de los muestreos. Esta curva comienza a aplazarse hacia el final, aunque parece que el aplazamiento

es más lento, lo que indica que podría haber más especies por descubrir en el sitio no urbanizado.

Al comparar las Gráficas 1 y 2, podemos observar que el sitio no urbanizado presenta una mayor riqueza de especies en comparación con el sitio urbanizado, lo cual es esperado dado que los ambientes no urbanizados tienden a conservar más hábitats naturales y menos perturbaciones antropogénicas.

Gráfica 2

Curva de acumulación de especies del sitio no urbanizado



Nota: Obtenido en la Reserva Natural Privada Sisters de Maryknoll del Colegio Monte María, Calzada Aguilar Batres 39-75 zona 12, Cdad. de Guatemala.

Por otro lado, se realizó un análisis del Chi Cuadrado de 12.10 en el sitio urbanizado, el Colegio Monte María con 20 grados de libertad ($p = 0.91$) y de 8.33 para el sitio no urbanizado la Reserva Natural Privada Sisters de Maryknoll, de igual forma con 20 grados de libertad ($p = 0.99$), indicando que no hay diferencias significativas para la riqueza de especies de herpetofauna entre los diferentes sitios de muestreo, o que puede implicar que las variaciones en la riqueza de especies también pueden deberse al azar.

Discusión

La urbanización es reconocida como un impacto ambiental irreversible y una de las principales causas de la disminución de la vegetación (Lee et al., 2006). Este proceso influye negativamente en la estructura y función de los ecosistemas, lo que afecta a las comunidades animales que los habitan (Sarukhan, 2022). Los anfibios son especialmente vulnerables a estos cambios, ya que la urbanización se constituye como uno de los principales factores que provoca su disminución y eventual desaparición (Hamer & Parris, 2011; Knutson et al., 1999; Riley et al., 2005).

No obstante, los sapos suelen ser más resistentes a las alteraciones del hábitat en comparación con otros anfibios, debido a que su piel más gruesa les permite conservar mejor la humedad y facilita su capacidad de dispersión (Herrera, 2021). Sin embargo, esto no implica que sean inmunes a los efectos negativos de la urbanización. De acuerdo con la Asociación Herpetológica Española (2023), el atropello en carreteras es una de las principales causas de mortalidad no natural en anfibios, ya que estos animales presentan baja movilidad y limitada capacidad de desplazamiento en comparación con otros vertebrados.

El sapo *Incilius coccifer* fue la única especie de anfibio registrada en el sitio de estudio (ver Cuadro 1). Esta especie es conocida por alimentarse de una gran variedad de invertebrados, lo que la convierte en un elemento importante dentro de las redes tróficas terrestres y acuáticas (McDiarmid & Foster, 1981; Stuart et al., 2004). Aunque generalmente tiene hábitos nocturnos (McDiarmid & Foster, 1981), se observó un individuo alimentándose durante la mañana en una poza de agua, lo cual constituye un hallazgo interesante. Durante las noches de muestreo, se identificaron diez individuos adicionales fuera de los transectos establecidos (ver Apéndice 1), específicamente en el área de parqueo del Colegio Monte María (Apéndice 2). Esta observación sugiere que los anfibios también utilizan espacios urbanizados, lo que podría tener implicaciones relevantes en cuanto a su comportamiento y adaptación en entornos intervenidos (Grimm et al., 2008).

Por otro lado, también existen algunos reptiles resistentes a la urbanización, tal como los geckos (*Hemidactylus garnotii*) encontrados únicamente en los transectos del sitio urbanizado (Apéndice 3), los cuales se considera especie invasora (Morales et al., 2017) pertenecientes de Asia siendo colonizadores exitosos al reproducirse mediante partenogénesis, lo cual acelera la reproducción y conduce a una expansión de su área de distribución (Wilson & Porras, 1983; Savage, 2002). Se sabe que las especies de este género pueden ser un posible vector de enfermedades y parásitos en la fauna nativa, así como también tienen hábitos alimenticios generalistas, por lo que compite por recursos con otras especies de reptiles (Álvarez-Romero et al., 2005).

A pesar de que la serpiente *Ninia sebae* fue observada tanto en el sitio urbanizado como en el no urbanizado, el individuo encontrado en el sitio urbanizado no presentaba cabeza (ver Apéndice 4). Sabemos que la fragmentación, transformación y destrucción del hábitat son las principales amenazas para cualquier organismo (Morales-Mávil et al., 2011) pero las serpientes son uno de los animales que presentan la mayor cantidad de amenazas debido a la aversión

generalizada entre la población (Lynch, 2012). Quizá la idea más generalizada es que todas las serpientes son venenosas o la confusión entre especies venenosas y especies inofensivas parecidas, tal como es el caso de *Ninia sebae* (coralillo falso) la cual no es venenosa pero las personas tienden a matarlas debido a su patrón de anillos y colores como los coralillos venenosos (Aguilar, 2016). Otra amenaza para estos reptiles en relación a la urbanización y alta afluencia de personas son los gatos domésticos, los cuales siguen conservando sus instintos cazadores siendo uno de los principales riesgos para la diversidad biológica (Rodríguez, 2023) y de los cuales se lograron observar varios merodeando en el colegio.

La especie de lagartija *Holcosus parvus* (Apéndice 5) fue observada únicamente en el sitio no urbanizado (Cuadro 1), las cuales son comunes principalmente en bosques secundarios abiertos a lo largo de senderos y claros (Köhler, 2008). Según Köhler (2008), son cazadoras tenaces, que buscan a sus presas rascando las hojarasca, cavando en el suelo y buscando entre la maleza y debajo de la corteza. Habitán en el suelo, pero también trepan a los troncos de los árboles y a la vegetación baja para tomar el sol o alcanzar a sus presas (Köhler, 2008), por lo cual estas características los hacen propios del sitio no urbanizado y vulnerables a los cambios en su entorno y urbanización. Por otro lado, la lagartija espinosa *Sceloporus acanthinus* (Apéndice 6) se encuentra tanto en el sitio urbanizado como en el no urbanizado, los cuales presentan una mayor distribución de hábitat desde los árboles, postes de cercas y los techos o paredes de las casas (Köhler, 2008).

Por otro lado, las gráficas 1 y 2 refuerzan nuestra hipótesis de que la riqueza de herpetofauna en el campus escolar, siendo un área urbanizada, es menor en comparación con las áreas de la reserva natural, debido a la fragmentación del hábitat y la alteración del ecosistema (Cornelis & Hermy, 2004); ya que la riqueza de especies es inferior en este sitio. Pero, tanto en las curvas de acumulación de especies como en los análisis del Chi Cuadrado observamos que estos resultados no fueron significativos, debido a que el número de muestreos fue insuficiente para reflejar diferencias reales entre los sitios.

Por último, se registraron dos especies de la familia Iguanidae fuera de los transectos. Una de ellas fue el garrobo negro (*Ctenosaura similis*), observado en el sitio urbanizado (Apéndice 7). Esta especie destaca por su alta capacidad de adaptación, permitiéndole sobrevivir incluso en hábitats deforestados. Aunque puede desarrollarse cerca de áreas urbanizadas, prefiere refugiarse en huecos de árboles, zonas rocosas y madrigueras (Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional, 2020). La segunda especie fue la

iguana verde (*Iguana rhinolopha*), con un adulto y una cría observados en el sitio urbanizado y otro adulto registrado en el sitio no urbanizado (Apéndice 8). Esta especie se encuentra actualmente en Categoría 3 como vulnerable por la LEA (CONAP, 2022).

Recomendaciones

Realizar más muestreos durante diferentes temporadas del año para proporcionar datos más robustos, permitiendo detectar diferencias significativas en la riqueza de herpetofauna entre los sitios urbanizados y no urbanizados y mejorar la precisión de los análisis estadísticos, como las curvas de acumulación de especies y el análisis de Chi cuadrado.

Fomentar la creación de microhabitats en las áreas urbanizadas, como jardines con vegetación nativa, áreas verdes conectadas y más pozas de agua, para favorecer la presencia de anfibios y reptiles, promoviendo corredores ecológicos que reduzcan los efectos de la fragmentación del hábitat.

Desarrollar talleres y campañas informativas que ayuden a reducir el miedo hacia serpientes (como *Ninia sebae*) para el personal del colegio como a sus estudiantes, explicando la importancia de su rol ecológico y diferenciándolas de especies venenosas, lo que podría disminuir que las serpientes inofensivas sean dañadas por error.

De igual forma, desarrollar talleres y campañas informativas dirigidos al personal y comunidad escolar para concientizar sobre el impacto negativo de los gatos domésticos sobre la fauna silvestre y promover prácticas de tenencia responsable. Asimismo, se recomienda controlar la presencia de especies invasoras, como *Hemidactylus garnotii*, con el objetivo de evitar su proliferación y minimizar su impacto en las especies nativas.

Colocar señales que alerten sobre el tránsito de sapos en el parqueo y carretera, buscando garantizar su seguridad ante el paso de vehículos.

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mis profesores supervisores de Experiencias Docentes con la Comunidad (EDC), la Dra. Gabriela Armas y el Lic. Billy Alquijay, por su invaluable acompañamiento y asesoramiento durante todo el proceso de esta investigación. Agradezco también al Colegio Monte María por brindarme la oportunidad de realizar tanto mis prácticas como mi investigación, especialmente a los guardarecursos y a la Lcda. Vivian González, por su constante apoyo, instrucción

y por velar por mi seguridad en todo momento. A mis compañeras Ana Gabriela Miranda y Diana Salguero, les agradezco también por su compañía y colaboración durante el trabajo de campo.

Finalmente, un especial agradecimiento al Lic. Renato Morales, asesor y mentor, cuya dedicación, apoyo y guía fueron esenciales para la realización de esta investigación. Sin su orientación, esta misma no hubiera sido posible.

Gracias a mi familia y a todos aquellos que me han brindado su apoyo en esta etapa tan significativa de mi carrera.

Referencias

- Acosta, R., Mesones, R.V. y Núñez, A. (2005). Fauna de anuros en la ciudad de Salta, Argentina. *Revista de Biología Tropical* 53,569-575. DOI https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442005000200024
- Álvarez-Romero, J. Medellín, R. Oliveras de Ita, A. Gómez, H. & Sánchez, O. (2008). Animales exóticos en México: una amenaza para la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Instituto de Ecología. UNAM, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. https://www.researchgate.net/profile/Jorge-Alvarez-Romero/publication/260871441_Animales_exoticos_en_Mexico_una_amenaza_para_la_biodiversidad/links/00b7d5328db68cb57b000000/Animales-exoticos-en-Mexico-una-amenaza-para-la-biodiversidad.pdf
- Arévalo, V. Álvarez, F. Morales, J. Flechoso, F. Gosá, A. & Lizana, M. (2015). Manual para el muestreo y seguimiento de anfibios. *Natura*. Recuperado el 8 de septiembre del 2024 de:
- http://lifemedwetivers.eu/sites/default/files/documentos/02_lifemwr_anfibios_manual.pdf
- Asociación Herpetológica Española. (2023). Mortalidad de anfibios en carreteras. *AHE*. Recuperado de: <https://herpetologica.es/>
- Colwell, R. K. (2009). EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 8.2. *User's Guide and application published at: http://purl.oclc.org/estimates*.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas –CONAP–. (2022). Lista de Especies Amenazadas de Guatemala. *Publicación técnica No. 02-2022*. <https://conap.gob.gt/wp-content/uploads/2022/12/Lista-de-Especies-Amenazadas-en-Guatemala-LEA-2.pdf>
- Cornelis, J. & Hermy, M. (2004). Biodiversity relationships in urban and suburban parks in Flanders. *Landscape and Urban Planning*. 69(8): 385-401. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2003.10.038>.
- Gobierno de Reconciliación y Universidad Nacional. (2020). *Manual Garrobo negro (Ctenosaura similis)*. MARENA. https://www.marena.gob.ni/wp-content/uploads/2020/09/Publicaciones_4.pdf

- Greenfield, E. (2024). Efectos de la urbanización sobre el medio ambiente. SIGMA EARTH. Recuperado el 27 de marzo del 2024 de: <https://sigmaearth.com/es/effects-of-urbanization-on-the-environment/#:~:text=La%20urbanizaci%C3%B3n%20conduce%20a%20alterando%20la%20din%C3%A1mica%20ecol%C3%B3gica>
- Grimm, N. Faeth, S. Golubiewski, N. Redman, C. Wu, J., Bai, X., & Briggs, J. (2008). *Global change and the ecology of cities*. *Science*, 319(5864), 756-760. <https://doi.org/10.1126/science.1150195>
- Hamer, A. & Parris, K. (2011). Local and landscape determinants of amphibian communities in urban ponds. *Ecol Appl.* 21(2):378-390. <https://doi.org/10.1890/10-0390.1>
- Herrera, P. (2021). Ranas y sapos, el porqué de su conservación. *Ciencia*, 72(2):64-71. https://www.researchgate.net/publication/351060734_Ranas_y_sapos_el_porque_de_su Conservacion
- Jiménez, G. & Sandoval, J. Guía teórica y metodológica para el conocimiento y manejo de la herpetofauna. Universidad Autónoma Metropolitana. https://www.researchgate.net/profile/Gustavo-Jimenez-Velazquez/publication/333731882_GUIA-TEORICA_Y_METODOLOGICA_PARA_EL_CONOCIMIENTO_Y_MANEJO_DE_LA_HERPETOFAUNA/links/5d016083a6fdcccd130969035/GUIA-TEORICA-Y-ETODOLOGICA-PARA-EL-CONOCIMIENTO-Y-MANEJO-DE-LA-HERPETOFAUNA.pdf
- Knutson, J. Sauer, D. Olsen, M. Mosman, L. Hemesath, M. & Lannoo, J. (1999) Effects of landscape composition and wetland fragmentation on frog and toad abundance and species richness in Iowa and Wisconsin, USA. *Conservation Biology*, 13(19): 1437-1446. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1999.98445.x>
- Köhler, G. (2008). Reptiles of Central America. (2nd Ed.). *Herpeton-Verlag*, 400 pp.
- Lee, S. Dunn, R. Young, R. Connolly, R. Dale, P., Dehayr, R. (2006). Impact of urbanization on coastal wetland structure and function. *Austral Ecol.* 31 (2): 149-63. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2006.01581.x>
- Lynch, J. (2012). El contexto de las serpientes de Colombia con un análisis de las amenazas en contra de su conservación. *Rev. Colomb. Cienc.* 36 (140): 435-449 [https://doi.org/10.18257/raccefyn.36\(140\).2012.2495](https://doi.org/10.18257/raccefyn.36(140).2012.2495)
- Martínez, I. Eva Graciá, E. Giménez, A. Cadenas, V. García de la Fuente, M. Thumsová, B. & Bosch, J. (2023). Bioseguridad en trabajos de campo con reptiles y anfibios. *Bol. Asoc.Herpetol.Esp.* 34.DOI https://www.researchgate.net/publication/378684359_Bioseguridad_en_trabajos_de_campo_con_reptiles_y_anfibios
- McDiarmid, R. & Foster, M. Breeding Habits of the Toad *Bufo coccifer* in Costa Rica, with a Description of the Tadpole. *The Southwestern Naturalist*. 26(4): 353-363, <https://doi.org/10.2307/3671077>
- Morales-Mávil, J. Guzmán-Guzmán, S. Canseco-Márquez, L., Pérez-Higareda, G. González-Romero, A. & Vogt, R. C. (2011). *La Biodiversidad en Veracruz: estudio de estado*. México: CONABIO, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana. Instituto de Ecología A. C. https://www.researchgate.net/publication/341945796_Reptiles_de_Veracruz
- Morales, R. Chang, M. Acevedo, M. (2017). First records of *Hemidactylusgarnotii* Duméril & Bibron 1836 (Squamata: Gekkonidae) in Guatemala. *Mesoamerican Herpetology*, 4(4):953.955. <https://mesoamericanherpetology.com/uploads/3/4/7/9/34798824/mh4-4othercontributions.pdf>
- Pineda-Vázquez, Mariana, Villegas, Alejandro, Pacheco-Coronel, Noé, Escutia-Sánchez, Jorge Alberto, & Gómez-Álvarez, Graciela. (2022). Herpetofauna como animales ornamentales y de compañía en tres mercados de la Ciudad de México. *Revista latinoamericana de herpetología*, 5(4),518. <https://doi.org/10.22201/fc.25942158e.2022.4.518>
- Pisanty, I. Mazari, M. Ezcurra, E. (2009). *El reto de la conservación de la biodiversidad en zonas urbanas y periurbanas*. En: *Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. CONABIO.
- Riley, G. Busteed, L. Kats, T. Vandergon, L. Lee, R. & Dagit, G. Effects of urbanization on the distribution and abundance of amphibians and invasive species in Southern California streams. *Conservation Biology*, 19 (5): 1894-1907. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00295.x>
- Rodríguez, H. (15 de diciembre del 2023). *El gato doméstico en libertad supone un problema para la biodiversidad*. NatGeo. Recuperado de: https://www.nationalgeographic.com.es/mundo-animal/tenemos-problema-gatos-que-nadie-quiere-hablar_20318

Santos T. & Tellería J. (2006). Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies *Ecosistemas*.26(2):3-12. http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=423&Id_Categoría=2&tipo=portada

Savage, J. (2002). *The Amphibians and Reptiles of Costa Rica: A Herpetofauna between Two Continents, between Two Seas*. The University of Chicago Press. <https://press.uchicago.edu/ucp/books/book/chicago/A/bo3627008.html>

Stuart, S. Chanson, J. Cox, B. Young, A. Rodrigues, D. & Fischman, D. (2004). Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science*, 306(24): 1783-1785. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1103538>

Sarukhan, J. (8 de octubre del 2022). ¿Por qué se pierde la biodiversidad? CONABIO. <https://www.biodiversidad.gob.mx/biodiversidad/porque.html>

IUCN.(2024). *The IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2024 1. <https://www.iucnredlist.org>

Villamarín, F. Moraes, C. Ferrara, I. Kaefer, F. & Werneck, R. (2022). *Encyclopedia of Inland Waters*. (2nd ed.). ScienceDirect.

Wilson, L. & Porras, L. (1983). *The Ecological Impact of Man on the South Florida Herpetofauna*. University of Kansas Museum of Natural History. (No. 9), Lawrence, Kansas. <https://www.biodiversitylibrary.org/bibliography/8435>

Apéndices

Apéndice 1

Datos fuera de transectos

Especies	Sitio Urbanizado	Sitio no urbanizado
<i>Incilius coccifer</i>	10	0
<i>Ctenosaura similis</i>	1	0
<i>Iguana rhinolopha</i>	2	1

Nota: Obtenido en la Reserva Natural Privada Sisters de Maryknoll y el Colegio Monte María, Calzada Aguilar Batres 39-75 zona 12, Cdad. de Guatemala.

Apéndice 2

Sapos (*Incilius coccifer*) encontrados fuera de transectos en el parqueo



Nota. Fotografías obtenidas por Kyara Moreno en el sitio urbanizado (izquierda) Colegio Monte María, zona 12, Guatemala (20/06/2024) y en el sitio no urbanizado (derecha) Reserva Natural Privada Sisters de Maryknoll (02/07/2024).

Apéndice 3

Geckos asiáticos (*Hemidactylus garnotii*) en sitio urbanizado



Nota: Fotografías obtenidas por Kyara Moreno en el Colegio Monte María, Calzada Aguilar Batres 39-75 zona 12, Cdad. de Guatemala (03/07/2024)

Apéndice 4

Serpientes *Ninia sebae*



Nota. Fotografías obtenidas por Kyara Moreno en el sitio urbanizado (izquierda) Colegio Monte María, zona 12, Guatemala (20/06/2024) y en el sitio no urbanizado (derecha) Reserva Natural Privada Sisters de Maryknoll (02/07/2024).

Apéndice 5

Lagartija *Holcosus parvus*



Fotografías obtenidas por Kyara Moreno en el sitio no urbanizado, Reserva Natural Privada Sisters de Maryknoll (29/06/2024).

Apéndice 6

Lagartija escamosa (*Sceloporus acanthinus*)



Nota. Fotografías obtenidas por Kyara Moreno en el Colegio Monte María, zona 12, Guatemala (28/06/2024).

Apéndice 7

Garrobo negro (*Ctenosaura similis*) fuera de transectos



Nota. Fotografías obtenidas por Kimberly Ruiz en el Colegio Monte María, zona 12, Guatemala (15/03/2024).

Apéndice 8

Iguana verde (*Iguana rhinolopha*) fuera de transecto



Nota. Fotografías obtenidas por Kyara Moreno en el Colegio Monte María, zona 12, Guatemala (09/05/2024).





Foto: © Hanna Godoy. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. USAC.

Riqueza de insectos visitantes florales en dos condiciones ambientales en el Colegio Monte María y la Reserva Sisters de Maryknoll

Richness of Floral Visiting Insects in Two Environmental Conditions at Colegio Monte María and the Sisters of Maryknoll Reserve

Ruiz Juárez, Kimberly Lizzete¹, Escobedo Kenefic, Natalia², Casiá Ajché, Quebin Bosbely², Armas, Gabriela¹

¹ Subprograma de EDC de Biología, Programa de EDC, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Colección de Abejas Nativas de Guatemala (CANG).

² Centro de Estudios Conservacionistas de la Universidad de San Carlos de Guatemala (CECON).

Correspondencia: kim19ruiz@gmail.com

ORCID: 0009-0003-9348-7881



Foto: ©Hanna Godoy. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. USAC.

Resumen

Las angiospermas, o plantas con flor, utilizan recursos florales (néctar, polen y aceites florales) para atraer visitantes florales que son polinizadores potenciales. Los visitantes florales pueden ser insectos, aves y mamíferos que, junto con las plantas de las cuales obtienen recursos, forman una compleja red de interacciones de la cual depende la polinización. Los insectos polinizadores son considerados el grupo de animales polinizadores más importantes. A nivel mundial los insectos tienen una riqueza entre 2,5 y 3,7 millones de especies. Además, se estima que el 80% de las plantas angiospermas son polinizadas por insectos y necesitan este servicio para sobrevivir. También son importantes para la producción de alimentos ya que el 75% de cultivos son polinizados por insectos. Por otro lado, la urbanización tiene un impacto directo sobre la biodiversidad, ya que, el cambio del uso del suelo implica deforestación y reducción de los hábitats naturales. Esto también podría impactar negativamente a los visitantes florales y a la polinización. Sin embargo, con un manejo adecuado y planificado, las áreas urbanas pueden llegar a ser sustentables. La presente investigación proporciona información sobre la riqueza de insectos visitantes florales dentro del Colegio Monte María y la Reserva Natural Privada Sisters de Maryknoll, por medio de la comparación entre dos condiciones con distinto uso del suelo: área de Bosque y Área perturbada. Asimismo, los resultados aportan registros de los Ordenes Himenoptera, Coleoptera, Lepidoptera y Diptera para la Ciudad de Guatemala. Estos hallazgos aportan también al conocimiento básico necesario para implementar acciones de conservación de especies de insectos visitantes florales en áreas urbanas, y en particular en la zona metropolitana de Guatemala.

Palabras clave: Angiospermas, bosque, floral, insectos, polinización.

Abstract

Angiosperms, or flowering plants, use floral resources (nectar, pollen, and floral oils) to attract floral visitors who are potential pollinators. Floral visitors can be insects, birds, and mammals that, together with the plants from which they obtain resources, form a complex network of interactions on which pollination depends. Pollinating insects are considered the most important group of pollinating animals. Worldwide, insects have a richness of between 2.5 and 3.7 million species. In addition, it is estimated that 80% of angiosperm plants are pollinated by insects and need this service to survive. They are also important for food production since 75% of crops are pollinated by insects. On

the other hand, urbanization directly impacts biodiversity, since land use change implies deforestation and reduction of natural habitats. This could also negatively impact floral visitors and pollination. However, with proper and planned management, urban areas can become sustainable. This research provides information on the richness of floral visitor insects within the Colegio Monte María and the Maryknoll Sisters Private Nature Reserve, by comparing two conditions with different land use: forest area and disturbed area. Likewise, the results provide records of the Orders Hymenoptera, Coleoptera, Lepidoptera, and Diptera for Guatemala City. These findings also contribute to the basic knowledge necessary to implement the conservation of floral visitor insect species in urban areas, and in particular in the metropolitan area of Guatemala.

Keywords: Angiosperms, forest, floral, insects, pollination.

Introducción

Las angiospermas (plantas con flor) son plantas que producen flores, frutos y semillas, la flor es una estructura especializada para la reproducción sexual (Campbell & Reece, 2007). Las flores tienen recursos florales como el néctar, polen, aceites florales, entre otros recursos, con los que atraen y recompensan a los polinizadores y visitantes florales (Simpson y Neff, 1983). Estos recursos florales se ofrecen en cantidades limitadas, obligando al polinizador a visitar numerosas flores para recolectar suficientes recursos. En cada visita floral, el polinizador toca las anteras y remueve el polen, propiciando que el polen sea depositado en los estigmas de las flores de la misma planta o de otra de la misma especie, logrando la reproducción de la planta (Amaya-Márquez, 2009).

Los visitantes florales son un conjunto de organismos (insectos, aves y mamíferos) que buscan recursos en las flores tales como néctar, polen, aceites, fragancias, pétalos (Amaya-Márquez, 2016). En el caso de los abejorros, se ha registrado que la temperatura de la flor puede funcionar como atractor (Dyer et al., 2006). La mayoría de visitantes florales son reconocidos por ser polinizadores, sin embargo, no todos cumplen esta función. Todos los visitantes florales son importantes, ya que, forman parte de una compleja red de interacciones en los ecosistemas, que incluye la polinización. Los visitantes florales que no polinizan pueden ser depredadores (insectos que visitan las flores y depredan huevos, larvas y otros visitantes florales) o parasitoides (insectos que parasitan huevos, larvas o adultos de los insectos que llevan a cabo sus ciclos de vida dentro de las flores o inflorescencias) ayudando a la regulación de poblaciones de otros organismos, y se ven atraídos por las flores ya que encuentran recursos energéticos alternativos (Tenhumberg et al., 2006; Kevan & Beaker, 1983). A nivel mundial los insectos tienen una riqueza entre 2,5 y 3,7 millones de especies (Hamilton et al., 2010) y son considerados como los polinizadores más importantes tanto en ecosistemas naturales como en agroecosistemas (Kremen y Chaplin-Kramer, 2007), pues, el 80% de las plantas angiospermas son polinizadas por insectos y dependen de este servicio para sobrevivir (Masiac, 2016). Se estima que el 75% de plantas cultivadas son polinizadas por insectos (Klein et al. 2007).

El crecimiento de la urbanización tiene un impacto directo sobre la biodiversidad por el cambio en la cobertura del suelo, siendo un importante impulsor global de la conversión del uso de la tierra y deforestación, las áreas urbanas ocupan el 3% de la superficie terrestre del planeta Tierra (McGranahan et al., 2006). La urbanización provoca

impactos negativos en los visitantes florales y polinizadores, ya que genera deforestación, reduciendo el hábitat de los visitantes florales. Sin embargo, el manejo planificado y enfocado en la sostenibilidad puede crear oportunidades para generar áreas urbanas sustentables, amigables con la biodiversidad y adecuadas para la educación ambiental (Dunn et al, 2006; Grimm et al., 2008 y Seto et al, 2010).

Esta investigación aporta al conocimiento sobre la riqueza de insectos visitantes florales que se encuentran en el Colegio Monte María y la Reserva Sisters de Maryknoll, y, por lo tanto, brindará registros dentro de la ciudad de Guatemala que es un área urbana. Los resultados obtenidos serán pauta para la conservación de insectos dentro del Colegio Monte María y la Reserva Natural Privada Sisters de Maryknoll, y, por lo tanto, contribuyen a las actividades dirigidas a la conservación de las interacciones ecológicas de las plantas angiospermas en la ciudad de Guatemala.

Materiales y métodos

El sitio de estudio es el Colegio Monte María y la Reserva Natural Sisters de Maryknoll ubicado en la Calzada Aguilar Batres 39-75 zona 12 de la Ciudad de Guatemala. La Reserva Natural Sisters de Maryknoll se encuentra en la Zona de Vida de bosque húmedo subtropical (Templado), en la Ecorregión de Bosques de Pino-Encino de Mesoamérica y según la clasificación de Biomas se encuentra en el Bosque de Montaña (Villar, 1998).

Para la toma de datos, se realizaron cuatro recorridos por mes, durante dos meses, en dos condiciones distintas (Bosque y Área perturbada). La condición de Bosque fue el área de la Reserva Natural Sisters de Maryknoll y el Área perturbada fue el área dentro del Colegio Monte María, ya que, en esta última, se desarrollan actividades humanas y cuenta con infraestructura urbana, además de ser un área cercana a las áreas urbanizadas de la Ciudad de Guatemala y Villa Nueva. Los recorridos se realizaron en los meses de junio y julio de 2024, durante 4 días al mes (2 días en el Bosque y 2 días en el Área perturbada de forma intercalada) en la semana del 24 al 28 de junio y del 22 al 26 de julio del 2024.

En cada condición (Bosque y Área perturbada) se realizaron caminatas en áreas con plantas con flor (angiospermas) en horario de 9:00 a.m. a 11:00 a.m., cada planta con flor se observó durante 10 minutos. Durante cada recorrido se observaron 12 plantas por recorrido, con un total de 48 plantas por condición.

Se realizaron colectas de los insectos visitantes florales utilizando una red entomológica, realizando recorridos de más de 2 horas. Se colectaron uno o dos individuos por

especie. En caso de las especies repetidas o conocidas, se registró la visita anotándola en la libreta de campo. Los insectos capturados se colocaron en una cámara letal con acetato de etilo, y posteriormente en frascos de plástico, los cuales se etiquetaron con el número de planta. Toda la información de colecta de los insectos visitantes florales observados se anotó en la libreta de campo. Se elaboró una base de datos en una hoja de cálculo de Excel, en la cual se incluyó la siguiente información: especie o morfoespecie (del visitante floral), hora, fecha, georeferenciación, condición (Bosque o Área perturbada), temperatura, humedad, familia, especie o morfoespecie de la planta visitada, número de flores en la planta al momento de la observación. Los insectos visitantes florales colectados se integraron en la Colección de Abejas Nativas de Guatemala (CANG) en el Centro de Estudios Conservacionistas de la Universidad de San Carlos de Guatemala (CECON). La identificación de especies de visitantes florales se realizó utilizando estereoscopio y claves dicotómicas. La identificación de plantas se realizó con la ayuda de la aplicación iNaturalist y ayuda de taxónomos expertos.

Se elaboraron polígonos de frecuencia de observaciones de especies y morfoespecies de insectos visitantes florales para cada condición (Bosque y Área perturbada). Las gráficas se elaboraron con el excel. Se calculó la riqueza específica (Tabla 1) y la frecuencia de visitas por especie y por orden para cada condición (Bosque y Área perturbada) (Figura 1). También se estimó la diversidad alfa por medio del índice de Shannon-Wiener, que toma en cuenta la riqueza y abundancia de las especies, utilizando el programa PAST (Hammer et al. 2001). Se realizó una comparación descriptiva de las diferencias de riqueza en ambas condiciones (Área perturbada y Bosque). Se utilizó el paquete bipartite y función plotweb del programa R, para graficar redes de interacciones entre ambos niveles tróficos y describir la relación planta-visitante floral.

Resultados

En el Área perturbada (Colegio Monte María) se registraron 113 insectos visitantes florales y en el área de Bosque (Reserva Natural Privada Sisters de Maryknoll) se registraron 81 insectos visitante florales, sin embargo, la riqueza de especies fue mayor en la condición de Bosque (Cuadro 1). En ambas condiciones la especie *Trigona fulviventris* fue la que se registró con mayor frecuencia, seguida de la morfoespecie *Ceratina* sp. (Figura 1). En la condición de Bosque el Orden Coleoptera y la especie de abejorro *Bombus mexicanus*, también fueron frecuentes (Figura 1).

El valor obtenido para el índice de Shannon para la condición Bosque fue 2.845 y para la condición Área perturbada fue 2.421 (Tabla 1), mientras que los valores de equidad fueron 0.884 para la condición de Bosque y 0.7951 para la condición de Área perturbada (Tabla 1).

De las 48 plantas observadas por condición, 39 individuos de 16 especies botánicas fueron visitados por insectos en la condición de Área perturbada y 33 individuos de 9 especies fueron visitados en la condición Bosque (Figura 2).

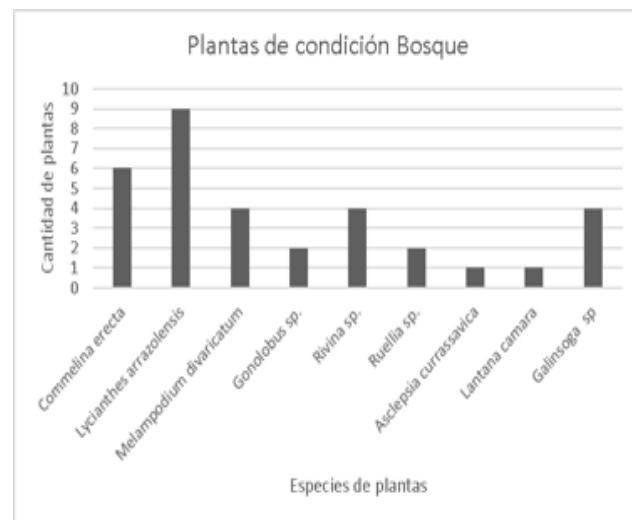


(a)

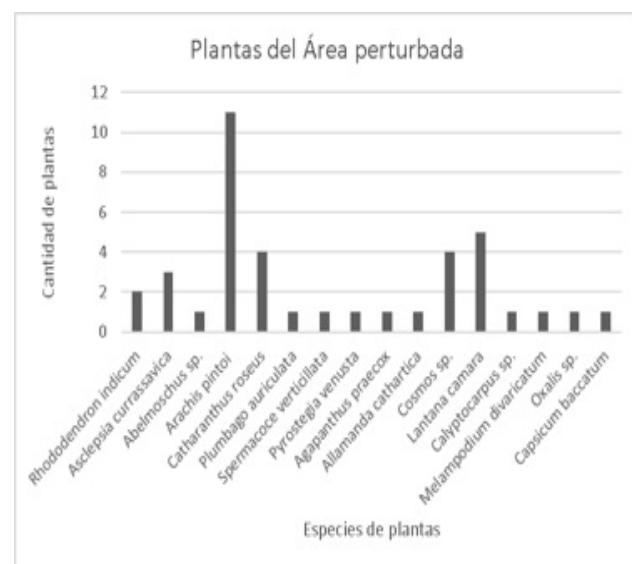


(b)

Figura 1. Frecuencia de visitantes florales en la condición de Bosque (Reserva Natural Privada Sisters de Maryknoll) y Área perturbada (Colegio Monte María). (a) Frecuencia de visitantes florales en la condición de Bosque (Reserva Natural Privada Sisters de Maryknoll). (b) Frecuencia de visitantes florales en el Área perturbada (Colegio Monte María).



(a)



(b)

Figura 2. Frecuencia de visitas a plantas por condición: Condición Bosque (Reserva Natural Privada Sisters de Maryknoll) (a) con 33 plantas visitadas; plantas del Área perturbada (Colegio Monte María) (b) con 39 plantas visitadas.

Cuadro 1

Índices de diversidad insectos visitantes florales en la condición de Bosque (Reserva Natural Privada Sisters de Maryknoll) y Área perturbada (Colegio Monte María).

Índices de diversidad	Bosque (Reserva Natural Privada Sisters de Maryknoll)	Área perturbada (Colegio Monte María)
Riqueza_S	25	21
Abundancia	81	113
Shannon_H'	2.845	2.421
Equidad_J'	0.884	0.7951

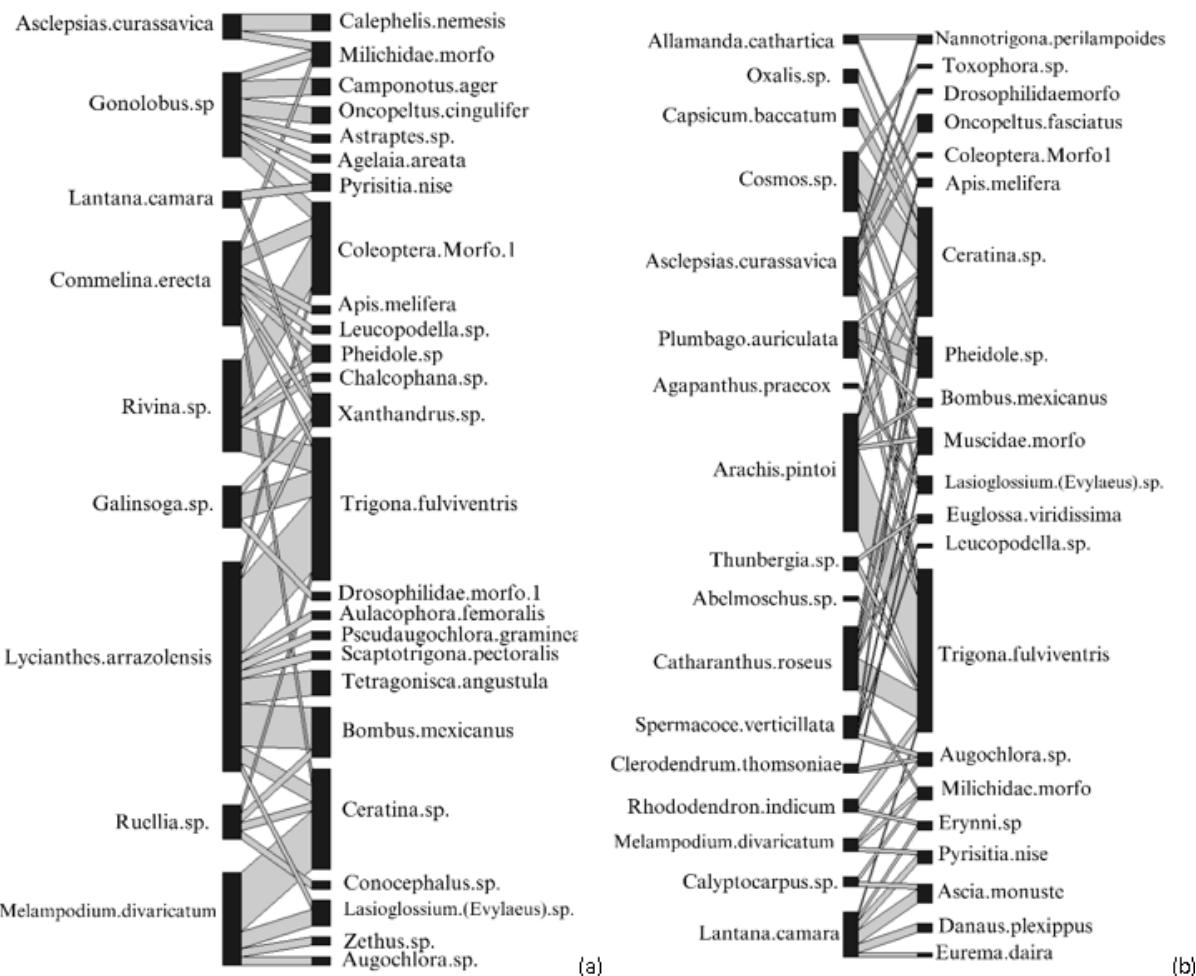


Figura 3. Frecuencia de visitantes florales en las condiciones Bosque (Reserva Natural Privada Sisters de Maryknoll) y Área perturbada (Colegio Monte María), y su asociación a distintas especies de plantas: (a) condición Bosque (Reserva Natural Privada Sisters de Maryknoll) (b) condición Área perturbada (Colegio Monte María). Las especies y morfoespecies de plantas angiospermas están representadas por las barras del lado izquierdo, las barras del lado derecho representan las especies y morfoespecies de insectos visitantes florales. El grosor de las líneas de enlace representa la frecuencia de las interacciones entre cada especie visitante y cada especie de planta.

Discusión

Los insectos se ven más atraídos a visitar grandes parches en floración, que tienen mayor abundancia de especies de angiospermas (Ishii, 2006). Esto coincide con lo encontrado en el Área perturbada (Colegio Monte María), ya que, aquí se registró mayor abundancia de insectos visitantes florales y mayor abundancia de especies de angiospermas visitadas. Por otra parte, el área de Bosque presentó mayor riqueza de especies de insectos de visitantes florales. En la condición Bosque hubo más plantas silvestres visitadas por insectos, lo cual podría estar proveyendo a los insectos de recursos que no se encuentran en el Área perturbada. Además, es posible que en este estudio no se hayan detectado visitas de insectos que no se podían observar con la metodología aplicada, por ejemplo, en las copas de los árboles. Por otro lado, el área de bosque presentó mayor riqueza de especies de insectos de visitantes florales.

El índice de Shannon (H' , Cuadro 1), para las dos condiciones toma en cuenta la cantidad de especies que existen en total y la cantidad relativa de individuos que hay para cada una de las especies, por lo cual, contempla la riqueza y la abundancia de las especies (Gliessman, 2002). De forma complementaria, el índice de equidad (J') mide la proporción de la diversidad observada relacionada a la máxima diversidad esperada, y los valores cercanos a 1 indican que todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988). En este estudio, se encontró que la equidad (J') de la condición Bosque es mayor que la condición de Área perturbada, lo que indica una abundancia más equitativa en la primera condición. Los valores de H' y J' más altos, apuntan hacia la existencia de una comunidad más diversa de visitantes florales en la condición de Bosque. Esto sugiere que la reserva podría estar proveyendo condiciones y recursos favorables para los polinizadores, lo cual puede estar ayudando a promover la diversidad de interacciones planta-polinizador, y el mantenimiento de las poblaciones de polinizadores dentro del área urbana (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Sin embargo, sería necesario realizar más experimentos similares en áreas urbanas para confirmar este supuesto.

En cuanto a los visitantes florales, las especies más frecuentes fueron abejas con hábitos principalmente generalistas. Esto podría convertirlos en polinizadores claves para el sistema. La abeja *Trigona fulviventris* es la especie con la abundancia más alta en ambas condiciones. Esto es de esperarse ya que *T. fulviventris* pertenece a la tribu Meliponini, la cual está constituida por abejas eusociales con poblaciones abundantes y hábitos generalistas. Esto les permite abarcar mayor cantidad de flores (García y Ayala,

2004). Además, *T. fulviventris* tiene una circunferencia de 50 m de radio para el área óptima de pecoreo (actividad de salir a buscar néctar y polen), lo cual implicaría la presencia de nidos o colmenas cercanas al Área perturbada y la condición de bosque (Roubik, 1989). *Ceratina sp.* fue otro taxón relativamente frecuente. Las especies de este género pueden ser multivoltinas y tener presencia todo el año. Esto puede explicar la riqueza presentada en ambas condiciones (García, 2004).

En el caso de *Bombus mexicanus* su alta abundancia en la condición de bosque se puede deber a sus características sociales (Goulson, 2010). Las especies del género *Bombus* son importantes polinizadores de diversas plantas angiospermas (Corbet, 1996). Por otro lado, las especies del género *Bombus* presentan gran resistencia a climas fríos y la capacidad de polinizar por zumbido, lo que les permite vivir en lugares donde otras abejas no pueden y por lo tanto, aprovechar recursos florales no disponibles para otras especies (Wilson y Carril, 2016).

Los insectos visitantes florales menos frecuentes podrían ser más vulnerables a los cambios ambientales abruptos, ya que en los meses de junio y julio se registraron fuertes tormentas tropicales, lo que pudo influenciar su frecuencia y riqueza (Williams, 2004). Sin embargo, esto no fue estudiado directamente en este trabajo. Para comprobar este supuesto, sería necesario realizar más muestreos y experimentos comparativos que permitan un mejor acercamiento al posible efecto de los cambios ambientales sobre las poblaciones de insectos.

En el Bosque, los insectos están visitando un menor número de plantas, pero estas interacciones son más cohesivas. En cambio, en el Área perturbada las interacciones son más laxas, y los insectos están visitando más plantas. Nuestros resultados muestran varias redes de interacción intrincadas, lo cual puede indicar interacciones mutualistas, (Memmott, 1999). En cuanto a las interacciones planta-polinizador, las variaciones en la diversidad de especies en diferentes niveles tróficos pueden conducir a fortalecer las adaptaciones de interacción entre angiospermas e insectos polinizadores (Kondoh, 2003). En este caso, se necesita más información sobre los impactos negativos que la pérdida de biodiversidad ocasiona en los ecosistemas naturales y urbanos.

Los principales hallazgos de esta investigación fue el registro de especies de visitantes florales de distintos órdenes de insectos, la comparación descriptiva de ambas condiciones ambientales Área perturbada y área de Bosque, y el registro de la relación planta-visitante floral dentro de ambas condiciones. Asimismo, se espera que esta

información sirva de pauta para la conservación de especies de insectos visitantes florales dentro de la Reserva Privada Sisters de Maryknoll y el Colegio Monte María.

Conclusiones

Se registró una mayor frecuencia de visitas florales y una mayor riqueza de plantas angiospermas visitadas en el Área perturbada (Colegio Monte María), sin embargo, se encontró una mayor riqueza y diversidad de insectos visitantes florales en el área de Bosque. La especie de abejas *Trigona fulviventris* y *Bombus mexicanus*, así como las abejas del género *Ceratina*, fueron los visitantes florales más frecuentemente observados en las dos condiciones estudiadas, lo que los identifica como posibles polinizadores claves para los ecosistemas dentro del área urbana de Guatemala. Los resultados de este trabajo aportan evidencia de la importancia de las reservas naturales en áreas urbanas para la conservación de la diversidad de insectos visitantes florales. Asimismo, resaltan la necesidad de realizar más investigaciones sobre insectos visitantes florales en áreas naturales urbanas, que permitan generar información esencial para la conservación de las dinámicas ecológicas en espacios urbanos, en particular las interacciones planta-polinizador.

Recomendaciones

Para la Reserva Privada Sisters de Maryknoll y el Colegio Monte María se deben realizar monitoreos anuales o periódicamente para tener información a largo plazo. También, se deben realizar investigaciones en otras áreas urbanas sobre visitantes florales, polinizadores y en especial las especies de abejas para conocer a fondo las interacciones planta-polinizador. Por otro lado, es necesario realizar investigaciones sobre el efecto de las condiciones ambientales y climáticas al comportamiento de los visitantes florales en áreas urbanas. También se insta a la conservación de las áreas naturales para proteger la diversidad biológica en Guatemala.

Agradecimientos

La realización de este artículo fue posible gracias a las autoridades y trabajadores (guarda recursos, jardineros y guardias de seguridad) del Colegio Monte María y Reserva Sisters de Maryknoll que me brindaron el acceso a las instalaciones en especial a la Lcda. Vivian Roxana González Castillo. También le agradezco a la Unidad de Biodiversidad de CECON por el apoyo brindado y el ingreso de los insectos visitantes florales a la Colección de Abejas Nativas de Guatemala (CANG) en el Centro de Estudios Conservacionistas de la Universidad de San Carlos de Guatemala (CECON). Adicionalmente, agradezco a

la Lcda. Laura Sáenz por su apoyo en la identificación de las hormigas. Por último, pero no menos importante, agradezco al Programa de Experiencias Docentes con la Comunidad -EDC- y a Lcda. Gabriela Armas por la supervisión y el apoyo recibido durante la realización de la presente investigación.



Foto: ©Hanna Godoy. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. USAC.

Referencias

- Aguado, L. O., Fereres, A., Viñuela, E. (2015). *Guía de campo de los polinizadores de España*. Ediciones Mundi-Prensa.
- Amaya-Márquez, M. (2009). Floral constancy in bees: a revision of theories and a comparison with other pollinators. *Revista Colombiana de Entomología*, 35(2), 206–216.
- Amaya-Márquez, M. (2016). Polinización y biodiversidad. En G. Nares-Parra (Ed.). *Iniciativa Colombiana de Polinizadores* (pp.19-39) Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá).
- Barrows E. (1976). Nectar Robbing and Pollination of Lantana camara (Verbenaceae). *Biotropica* 8(2), 132–135.
- Campbell, N. A. & Reece, J. B. (2007). *Biología*. (7 ed.). Médica Panamericana.
- Corbet, S. A. (1996). *Bumble bees for pleasure and profit*. (A. Matheson, ed.). Cardiff: International Bee Research Association.
- Dyer, A. G., Whitney, H. M., Arnold, S. E. J., Glover, B. J., & Chittka, L. (2006). Bees associate warmth with floral colour. *Nature*, 442(7102), 525. <https://doi.org/10.1038/442525a>
- Dunne, R. R., Gavin, M. C., Sánchez, M.C. y Solomon, J. N. (2006). The pigeonparadox: dependence of global conservation on urban nature. *Conservation Biology*, 20, 1814-1816.
- García, A. y Ayala, R. (2004). *Artrópodos de Chamela*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Gliessman, S. (2002). *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*. CATIE
- Goulson, D. (2010). *Bumblebees behavior, ecology, and conservation*. Nueva York: Oxford University Press.
- Grimm, N. B., Faeth, S. H., Golubiewski, N. E., Redman, C. L., Wu, J., Bai, X., & Briggs, J. M. (2008). Global change and the ecology of cities. *Science*, 319 (5864), 756–760.
- Hamilton, A.J., Basset, Y., Benke, K.K., Grimbacher, P.S., Miller, S.E., Novotny, V., Samuelson, G. A., Stork, N. E., Weiblen, G. D. & Yen, J. D. (2010). Quantifying uncertainty in estimation of tropical arthropod species richness. *T Am Naturalist*, 176(1), 90-95.doi: 10.1086/652998
- Kevan, P. & Beaker, G. (1983). Insects as flower visitors and pollinators. *Annual Review of Entomology*, 28, 407-453.
- Klein, A., Vaissière, B., Cane, J., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S., Kremen, C. y Tscharntke, T. (2007). “Importance of pollinators in changing landscapes for world crops”. *Proc Biol Sci*. 274(1608), 303–313.
- Kondoh, M. (2003) Foraging adaptation and the relationship between food-web complexity and stability. *Science*, 299(5611), 1388–1391. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1079154>
- Kremen C. Chaplin-Kramer R. (2007). Insects as providers of ecosystem services: crop pollination and pest control. En A. Stewart, T.R.New, O, T, Lewis (Ed.), *Insect Conservation and Biology* (pp. 349-382). The Royal Entomological Society.
- Magurran, A. E. (1988), *Ecological diversity and its measurement*, C. Helm (Ed.). New Jersey, EE.UU.: Princeton University Press.
- Masiac, Y. (2016). *Naturaleza viva de los insectos*. Editorial De Vecchi.
- McGranahan, G., Marcotullio, P., Bai, X., Balk, D., Braga, T., Douglas, I., Elmquist, T., Rees, W. E., Satterthwaite, D., Songsore, J., & Zlotnik, H. (2006). Urban systems. In R. Hassan, R. Scholes, & N. Ash (Eds.), *Ecosystems and human well-being: Current state and trends* (Vol. 1). Island Press.
- Memmott, J. (1999). The structure of a plant-pollinator food web. *Ecology Letters*, 2(5) 276–280. <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.1999.00087.x>
- Millennium Ecosystem Assessment (MA). (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Opportunities and Challenges for Business and Industry*. World Resources Institute, Washington, DC
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2020). El estado de los bosques del mundo 2020. Los bosques, la biodiversidad y las personas. Roma. <https://doi.org/10.4060/ca8642es>
- Roubik, D. W. (1989). *Ecology and Natural History of Tropical Bees*. New York, United States: Cambridge University Press.
- Seto, K. C., Sanchez-Rodriguez, R., & Frakias, M. (2010). The new geography of contemporary urbanization and the environment. *Annual Reviews of Environment and Resources*, 35, 167–194.

Simpson B.B., Neff J.L., (1983). Evolution and diversity of floral rewards. En: C.E. Jones, R.J., Little (Eds.). Handbook of experimental pollination biology (pp.142-159) Van Nostrand Reinhold.

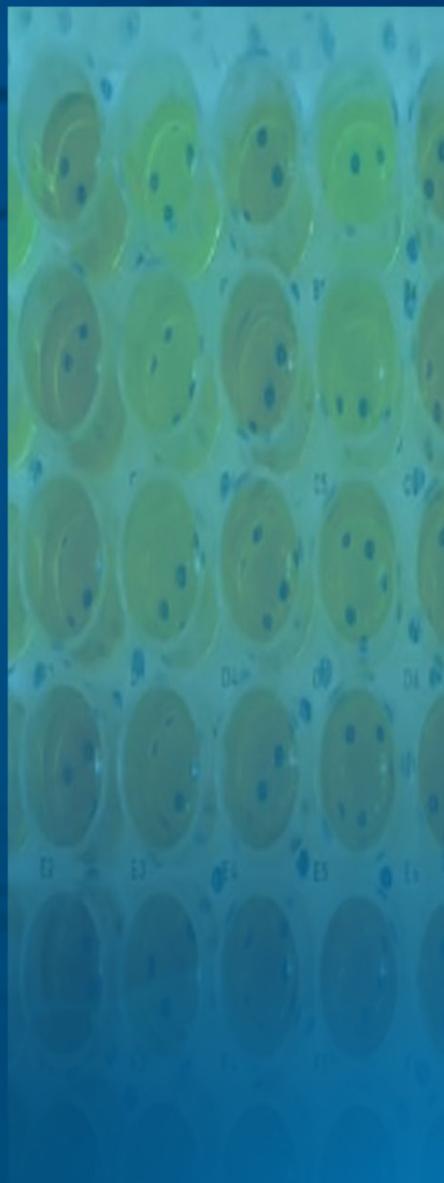
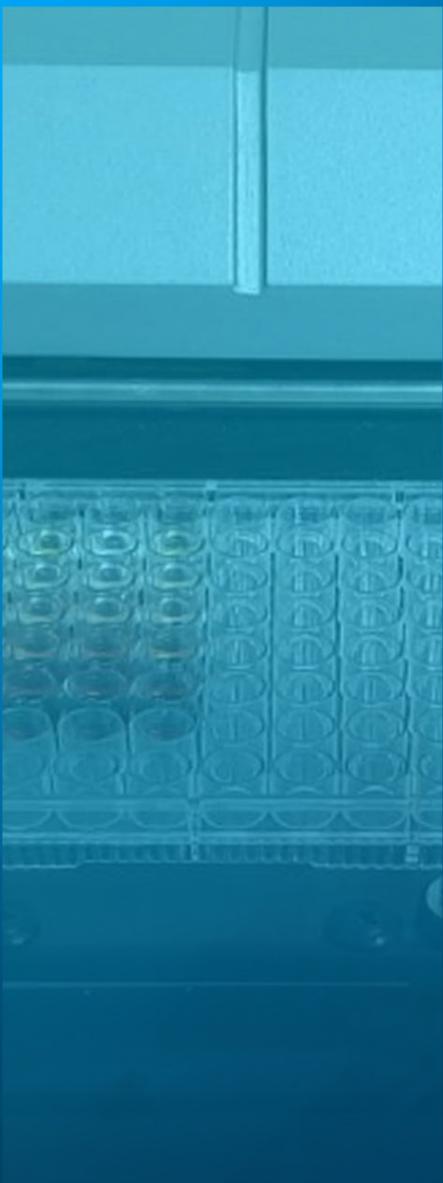
Tenhuberg, B., Siekmann, G., & Keller, M. A. (2006). Optimal time allocation in parasitic wasps searching for hosts and food. *Oikos*, 113(1), 121–131. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2006.14274.x>

Villar, L. (1998). *La Flora Silvestre de Guatemala*. CECON, USAC.

Williams, P. (2004). Does specialization explain rarity and decline among British bumblebees? A response to Goulson et al. *Biological Conservation*, 122(1), 33-43

Wilson, J. S. y Carril, O. (2016) *The bees in your backyard: A guide to North America's bees*. Princeton, Nueva Jersey: Princeton University Press.





QUÍMICA

Asesoramiento profesional para el desarrollo de un producto fertilizante a partir de agua de mar

*Professional advice for the development of a
fertilizer product from seawater*



Resumen

En el presente estudio se llevó a cabo un ejercicio de asesoramiento profesional dirigido a un cliente del laboratorio INLASA, con el objetivo de desarrollar, estandarizar y registrar un procedimiento técnico para la elaboración de un fertilizante a base de agua de mar. El proyecto incluyó múltiples fases: desde el diseño experimental y la ejecución de pruebas de laboratorio iniciales, hasta la evaluación de parámetros fisicoquímicos requeridos por las normativas vigentes establecidas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS) y el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA).

Abstract

This study provided professional advice to a client of the INLASA laboratory. The objective was to develop, standardize, and register a technical procedure for the production of a seawater-based fertilizer. The project included multiple phases: from experimental design and initial laboratory testing to the evaluation of physicochemical parameters required by current regulations established by the Ministry of Public Health and Social Assistance (MSPAS) and the Ministry of Agriculture, Livestock, and Food (MAGA).

Palabras Clave: Desarrollo, producto fertilizante, agua de mar

Introducción

La escasez progresiva de agua dulce, provocada por el cambio climático, la contaminación y la creciente demanda agrícola, ha incentivado la búsqueda de alternativas sostenibles para mejorar la fertilidad del suelo. Entre las opciones emergentes destaca el uso del agua de mar como materia prima para la obtención de concentrados minerales, a través de procesos de precipitación química con bases como hidróxido de sodio o hidróxido de calcio. Estos concentrados, conocidos por su contenido de oligoelementos esenciales, pueden aportar beneficios significativos al desarrollo de las plantas. Estos concentrados también pueden obtenerse mediante diversos métodos químicos, siendo uno de los más accesibles y eficientes la precipitación alcalina con hidróxido de calcio, a través de la cual se separan los minerales bio-asimilables presentes en el agua de mar. Este producto contiene minerales como magnesio, potasio, calcio, boro, zinc y otros oligoelementos esenciales, que pueden contribuir al desarrollo de las plantas y a la recuperación de suelos empobrecidos, si se aplican en concentraciones adecuadas.

Metodología

El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo de tipo aplicado, con un diseño experimental y documental, orientado al desarrollo, estandarización y asesoría para el registro de un producto fertilizante a base de agua de mar tratada mediante hidróxido de calcio e hidróxido de sodio. El proceso metodológico se estructuró en varias etapas interrelacionadas, tanto a nivel de laboratorio como de gestión técnica y regulatoria: 1) Planta piloto y laboratorio (Recolección y pretratamiento del agua de mar, Control de parámetros de calidad, Precipitación de minerales, Análisis fisicoquímico y elemental). 2) Optimización del proceso de producción. 3) Elaboración de manual técnico. 4) Asesoría para el registro del producto

Resultados

Tabla 1

pH y concentraciones de sodio (Na) en muestras de fertilizante, agua dulce y sobrenadante

Muestra	Agua de pozo de la planta	ORM1 (NaOH)*	ORM2 (Ca(OH)2)*	Sobrenadante (NaOH)	Sobrenadante (Ca(OH)2)
Análisis					
pH	8,95	7,72	7,66	8,49	8,57
Sodio (mg/Kg)	40,82	38,5*	33,6*	-	-
Sodio (mM/L)	1,78	1,67	1,46	-	-

***Nota:** ORM es el código asignado al producto para evitar utilizar el nombre comercial del mismo.

Tabla 2

Valores nutricionales de oligoelementos en muestra de ORM realizadas en laboratorio tercero

Nutriente	Valor
Nitrógeno N-total (%)	1890,00
Fósforo P (mg/kg)	292
Potasio K (mg/kg)	92,40
Calcio Ca (mg/kg)	17075,00
Magnesio Mg (mg/kg)	10345,00
Azufre S (mg/kg)	1480
Sodio Na (mg/kg)	887
Hierro Fe (mg/kg)	54,40
Cobre Cu (mg/kg)	>1.00
Manganoso Mn (mg/kg)	76,90
Zinc Zn (mg/kg)	2,70
Boro B (mg/kg)	88,00
pH	10,09
C.e. (mS/m)	37,80
Densidad (g/mL)	1,081

Tabla 3

Valores máximos permitidos de pH, conductividad y salinidad de agua de mar para la elaboración de ORM

Parámetro	pH	Conductividad	Salinidad
Límite máximo permitido	8,8	55 mS/cm	12,000 mg/L de Na ⁺
Límite mínimo permitido	8,0	5 mS/cm	10,000 mg/L de Na ⁺



Sistema de filtrado para agua de mar (ensayo a escala de laboratorio)

Datos experimentales obtenidos en Laboratorio INLASA, zona 12, Ciudad de Guatemala

Discusión

Los valores de pH obtenidos en las muestras analizadas (Tabla 1) muestran variaciones significativas que reflejan los efectos del tratamiento químico aplicado al agua de mar durante el proceso de elaboración del fertilizante. El agua de pozo utilizada en la planta presentó un pH de 8,95, valor levemente alcalino y compatible con su uso en procesos industriales no exigentes en acidez (APHA, 2017). Al tratar el agua de mar con hidróxidos, se observó una reducción del pH en los precipitados ORM1 (7,72) y ORM2 (7,66), lo cual sugiere que el proceso de precipitación favoreció la eliminación parcial de componentes fuertemente básicos o la formación de compuestos menos alcalinos en el sedimento. Estos valores son adecuados para un fertilizante foliar o edáfico, ya que no representan un riesgo inmediato de alcalinización del suelo si se aplican en dosis controladas (Marschner, 2012). En cuanto al contenido de sodio (Tabla 1), se reportaron concentraciones de 40,82 mg/kg en el agua de pozo, 38,5 mg/kg en ORM1 (tratado con NaOH) y 33,6 mg/kg en ORM2 (tratado con Ca(OH)₂). Estos resultados demuestran una leve disminución en la concentración de sodio durante el proceso de precipitación, especialmente en la muestra tratada con hidróxido de calcio. Este hallazgo es relevante, dado que el exceso de sodio en suelos agrícolas puede ocasionar problemas de salinización, afectando la estructura del suelo y la absorción de agua por parte de las plantas (Qadir et al., 2007). La reducción del sodio en ORM2 refuerza la elección de Ca(OH)₂ como base preferente para la obtención del fertilizante, pues además de facilitar la precipitación de minerales útiles, contribuye a limitar la carga salina del producto final. Adicionalmente, al calcular la concentración de sodio en milimoles por litro (mM/L), se observó que la muestra ORM2 presentó el valor más bajo (1,46 mM/L), seguida por ORM1 (1,67 mM/L) y el agua de pozo (1,78 mM/L) (Tabla 1). Estos valores se encuentran muy por debajo de los rangos críticos de 40 a 200 mM/L, considerados potencialmente problemáticos para los cultivos debido al riesgo de inducir estrés salino en el suelo (Shi et al., 2003). Esta baja concentración indica que el producto formulado con hidróxido de calcio podría representar una alternativa segura para su aplicación en suelos agrícolas, sin comprometer la capacidad de las plantas para absorber agua y nutrientes. Esta reducción también es coherente con estudios previos que demuestran que el uso de bases como el hidróxido de calcio permite una precipitación más selectiva de ciertos cationes, incluyendo el sodio, debido a la formación de sales menos solubles en medio alcalino (Vassilev et al., 2013). Estos datos permiten concluir que el tratamiento con Ca(OH)₂ no solo cumple la función de generar un concentrado mineral a partir del agua

de mar, sino que también mejora su perfil para uso agrícola al reducir el contenido de sodio, lo cual es crucial para evitar impactos negativos en suelos susceptibles a la salinización. Los resultados obtenidos del análisis nutricional (Tabla 2) del concentrado ORM indican un perfil mineral potencialmente beneficioso para su uso como fertilizante agrícola. Se observó un contenido total de nitrógeno de 1890 mg/kg, un macronutriente esencial que promueve el crecimiento vegetativo de las plantas (Marschner, 2012). El fósforo (292 mg/kg) y el potasio (92,4 mg/kg) también estuvieron presentes en concentraciones relevantes, contribuyendo al desarrollo de raíces, floración y resistencia a enfermedades (Mengel & Kirkby, 2001). Respecto a los cationes divalentes, se registró una alta concentración de calcio (17075 mg/kg) y magnesio (10345 mg/kg), ambos fundamentales en la estructura celular y en procesos enzimáticos (White & Broadley, 2003). El contenido de azufre (1480 mg/kg) apoya la síntesis de aminoácidos como la cisteína y la metionina, importantes para el metabolismo vegetal (Scherer, 2001). En cuanto a micronutrientes, el ORM mostró niveles detectables de hierro (54,4 mg/kg), manganeso (76,9 mg/kg), zinc (2,7 mg/kg), boro (88 mg/kg) y cobre (>1,00 mg/kg), todos ellos necesarios en pequeñas cantidades para la actividad enzimática, el transporte de electrones y la síntesis de hormonas (Alloway, 2008). El contenido de sodio fue de 887 mg/kg, valor moderado si se considera que concentraciones controladas pueden incluso tener funciones osmóticas en algunas especies halófitas (Subbarao et al., 2003). Por otro lado, el pH alcalino de 10,09 sugiere que el producto podría requerir dilución o algún tipo de acondicionamiento antes de su aplicación directa al suelo, ya que niveles tan elevados pueden disminuir la biodisponibilidad de ciertos nutrientes esenciales para las plantas (Fageria, 2001). Es importante destacar que la solución analizada, a la que corresponden estos valores de nutrientes se encuentra en una concentración del 40 % p/p, mientras que estudios recientes recomiendan su uso en concentraciones significativamente menores, como el 1,57 % p/p, para evitar efectos adversos sobre la estructura del suelo y el crecimiento vegetal (Samimi, Mohammadzadeh & Mohammadzadeh, 2023). La conductividad eléctrica (CE) de 37,80 mS/m y la densidad de 1,081 g/mL se encuentran dentro de rangos aceptables para soluciones nutritivas líquidas concentradas (Grattan & Grieve, 1999). En relación con los parámetros establecidos para el uso de agua de mar en la elaboración de productos (Tabla 3), los resultados obtenidos en este estudio indican que la muestra utilizada cumple adecuadamente con los límites establecidos para pH, conductividad eléctrica y concentración de sodio. El pH del agua de mar empleada fue de 8,49, situándose dentro del rango aceptado de 8,0 a 8,8, lo que sugiere condiciones químicamente estables para la

precipitación selectiva de minerales mediante el uso de bases alcalinas como hidróxido de sodio o calcio (Dissanayake et al., 2019). Asimismo, la conductividad eléctrica del agua de mar se mantuvo dentro del umbral recomendado de 5 a 55 mS/cm, lo cual es fundamental ya que una conductividad excesiva puede generar un exceso de sales disueltas que podría interferir en la formación adecuada de los precipitados minerales y, posteriormente, en la eficiencia del producto fertilizante (Rengel, 2015). Este cumplimiento con los parámetros establecidos es esencial para asegurar tanto la eficiencia del producto como la sustentabilidad de su aplicación agrícola. El uso de agua de mar en condiciones controladas ha sido propuesto como una fuente viable de micronutrientes, siempre y cuando se respeten los límites de salinidad y alcalinidad para evitar riesgos de salinización o toxicidad en los suelos (Ventura & Sagi, 2013; Yuan et al., 2019).

Conclusiones

1. Se logró desarrollar un método reproducible para transformar agua de mar en un producto fertilizante rico en nutrientes esenciales, utilizando bases alcalinas como NaOH y Ca(OH)₂. De ambas, el hidróxido de calcio mostró mayor eficiencia en la reducción de sodio en el producto final, con un valor de 1,46 mM/L, el más bajo entre las muestras evaluadas.
2. El proyecto permitió establecer un proceso técnico-científico estandarizado para la obtención de un concentrado mineral tipo ORM. El acompañamiento profesional facilitó la toma de decisiones informadas en cada etapa, desde la selección del método de precipitación hasta la interpretación de resultados fisicoquímicos y nutricionales.
3. El producto obtenido mostró una alta concentración de elementos esenciales como calcio, magnesio, nitrógeno, fósforo, hierro y boro, los cuales cumplen funciones fundamentales en el metabolismo vegetal. Esto evidencia su potencial como bioestimulante o suplemento mineral para aplicaciones agrícolas sostenibles.
4. Los análisis respaldan que tanto el proceso como el producto cumplen con los parámetros técnicos requeridos, sentando las bases para su validación ante autoridades regulatorias como el MAGA. Esto permite continuar el proceso de registro y proyección del fertilizante como una alternativa viable y sustentable en el mercado agrícola.

Referencias

- Alloway, B. J. (2008). Micronutrient deficiencies in global crop production. *Springer Science & Business Media*.
- APHA (American Public Health Association). (2017). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (23rd ed.). Washington, D.C.: APHA.
- Dissanayake, D. M. S. B., Jayasinghe, G. Y., & Hettiaratchi, J. P. A. (2019). Seawater as a sustainable resource for agriculture: Review of current practices and future perspectives. *Environmental Reviews*, 27(1), 1–10. <https://doi.org/10.1139/er-2018-0022>
- Fageria, N. K. (2001). Nutrient interactions in crop plants. *Journal of Plant Nutrition*, 24(8), 1269–1290.
- Grattan, S. R., & Grieve, C. M. (1999). Salinity–mineral nutrient relations in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, 78(1-4), 127–157.
- Marschner, P. (2012). Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants (3rd ed.). Academic Press.
- Mengel, K., & Kirkby, E. A. (2001). Principles of plant nutrition. Springer.
- Qadir, M., Quillérou, E., Nangia, V., Murtaza, G., Singh, M., Thomas, R. J., Drechsel, P., & Noble, A. D. (2014). Economics of salt-induced land degradation and restoration. *Natural Resources Forum*, 38(4), 282–295. <https://doi.org/10.1111/1477-8947.12054>
- Rengel, Z. (2015). Availability of Mn, Zn and Fe in the rhizosphere. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 15(2), 397–409. <https://doi.org/10.4067/S0718-95162015005000036>
- Salicornia and Sarcocornia. Environmental and Experimental Botany, 92, 144–153. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2012.07.010>
- Samimi, M., Mohammadzadeh, E., & Mohammadzadeh, A. (2023). Rate enhancement of plant growth using Ormus solution: optimization of operating factors by response surface methodology. *International Journal of Phytoremediation*, 25(12), 1636–1642.
- Scherer, H. W. (2001). Sulphur in crop production. *European Journal of Agronomy*, 14(2), 81–111.
- Shi, H., Lee, B. H., Wu, S. J., & Zhu, J. K. (2003). Overexpression of a plasma membrane Na⁺/H⁺ antiporter gene improves salt tolerance in *Arabidopsis thaliana*. *Nature Biotechnology*, 21(1), 81–85.

Subbarao, G. V., Ito, O., Berry, W. L., & Wheeler, R. M. (2003). Sodium—A functional plant nutrient. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 22(5), 391–416.

Vassilev, S. V., Baxter, D., Andersen, L. K., Vassileva, C. G., & Morgan, T. J. (2013). An overview of the composition and application of biomass ash. *Fuel*, 105, 19–39. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2012.10.001>

Ventura, Y., & Sagi, M. (2013). Halophyte crop cultivation: The case for

White, P. J., & Broadley, M. R. (2003). Calcium in plants. *Annals of Botany*, 92(4), 487–511.

Yuan, H., Zhang, L., Zhang, S., Wang, S., & Zhou, W. (2019). Salinity tolerance mechanisms in plants: Physiological and molecular approaches. *Acta Physiologiae Plantarum*, 41(12), 1–13. <https://doi.org/10.1007/s11738-019-2969-7>





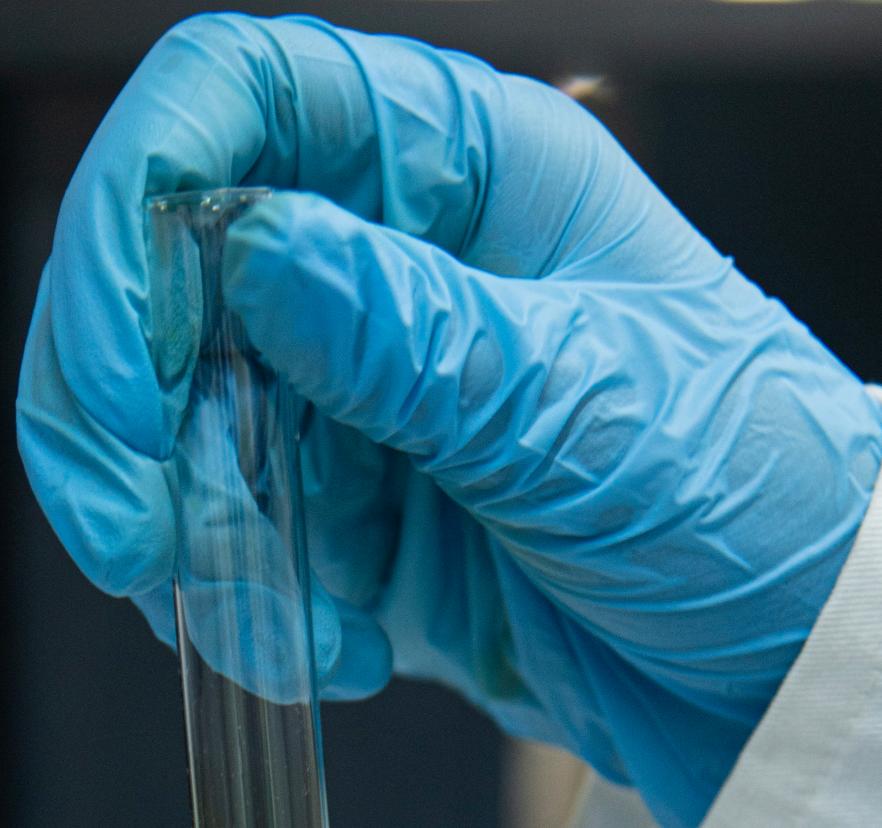
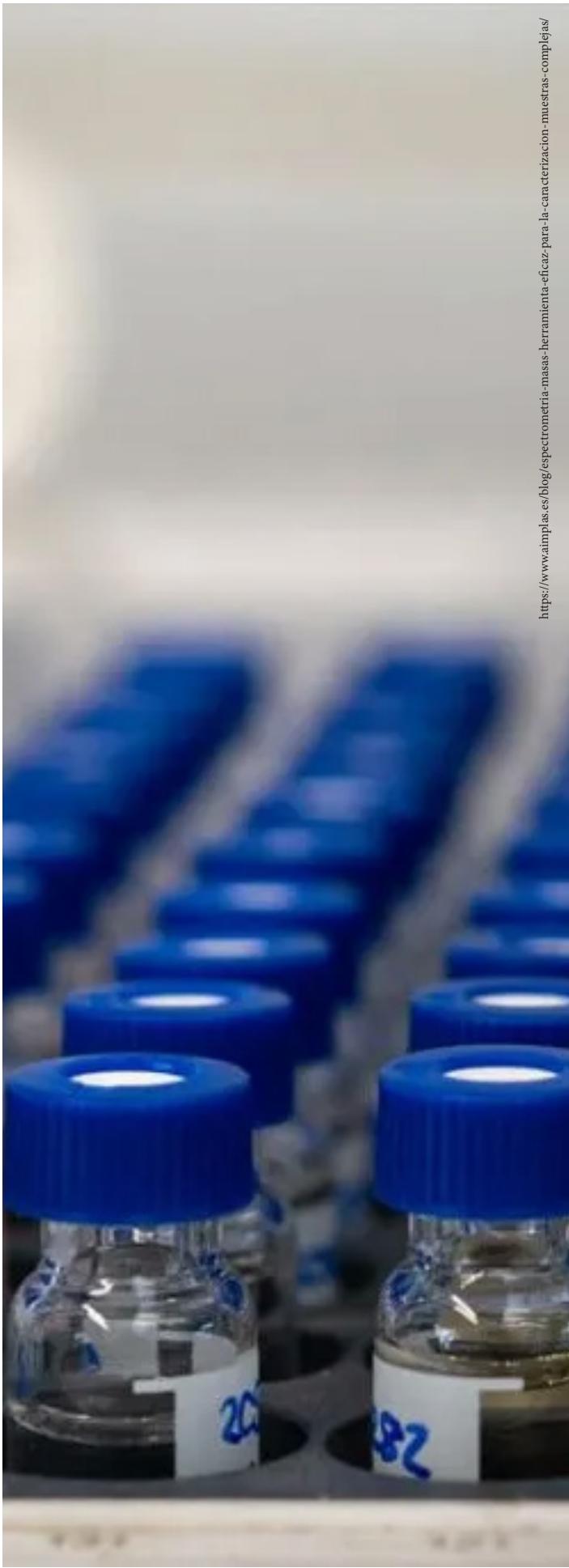


Foto: ©Hanna Godoy. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. USAC.

Validación de un método de cuantificación de componentes en muestras de fragancias usando cromatografía de gases acoplada a detector de masas

Validation of a Component Quantification Method in Fragrance Samples Using Gas Chromatography Coupled to a Mass Detector



<https://www.aimplas.es/blog/espectrometria-masas-herramienta-eficaz-para-la-caracterizacion-muestras-complejas/>

Resumen

El análisis de compuestos volátiles en fragancias mediante GC-MS demostró que el método es eficaz para detectar y cuantificar una amplia gama de compuestos, aunque algunos son más fáciles de detectar que otros. Las variaciones en los valores de detección se deben a diferencias en las propiedades de los compuestos. Se identificó la necesidad de ajustar parámetros cromatográficos para mejorar la separación de ciertos compuestos y optimizar la preparación de las muestras. El mantenimiento adecuado del equipo es fundamental para garantizar la precisión y reproducibilidad del método.

Abstract

The analysis of volatile compounds in fragrances using GC-MS demonstrated that the method is effective in detecting and quantifying a wide range of compounds, although some are easier to detect than others. Variations in detection values are due to differences in the properties of the compounds. The need to adjust chromatographic parameters was identified to improve the separation of certain compounds and optimize sample preparation. Proper equipment maintenance is critical to ensure the accuracy and reproducibility of the method.

Palabras clave: Validación, cuantificación, fragancias, cromatografía de gases, GC-MS.

Introducción

La cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS, por sus siglas en inglés) es una técnica analítica ampliamente utilizada en la identificación y cuantificación de compuestos volátiles en diversas matrices. En el contexto de la industria de las fragancias, esta técnica permite la caracterización precisa de los componentes individuales que conforman una fragancia, asegurando así la calidad y consistencia del producto final. El presente trabajo de investigación se centra en la validación de un método para la identificación y cuantificación de compuestos en fragancias utilizando GC-MS. La validación de métodos analíticos es un proceso crítico que involucra la evaluación sistemática de parámetros como la precisión, exactitud, especificidad, linealidad, rango, límite de detección y límite de cuantificación. Estos parámetros aseguran que el método analítico sea adecuado para su propósito previsto y capaz de proporcionar resultados fiables y reproducibles.

Metodología

El método fue validado utilizando un sistema de Cromatografía de Gases acoplado a Espectrometría de Masas (GC-MS). La muestra seleccionada para la validación del método de GC-MS estuvo compuesta por varios lotes de producción representativos de diferentes fragancias producidas por APAESA. Se utilizaron estándares de referencia certificados para los compuestos volátiles principales presentes en las fragancias, como n-dodecano, anisol, diclorometano, alcohol isopropílico y acetona. Además, se incluyeron muestras de control de calidad con concentraciones conocidas de los compuestos de interés para evaluar la reproducibilidad y precisión del método. Cada muestra fue analizada por separado para obtener su perfil cromatográfico y espectro de masas, y luego se inyectó la mezcla de calibración para evaluar la separación y cuantificación simultánea de los compuestos. Mezcla de calibración: Se preparó una mezcla de las 15 materias primas en concentraciones conocidas para evaluar la capacidad de detección simultánea. Las materias primas utilizadas fueron: D-limoneno, acetato bencílico, alcohol feniletílico, linalol, dihidromircenol, geraniol, citronelol, eugenol, aldehído cinámico, iso-e-super, etilén braziato, galaxolide, verdox, vertenex, hedione.

Tabla No. 1

Materias primas usadas para la Mezcla de Validación

Materia Prima	Cantidad (g)
Acetato bencílico	60
Alcohol fenil etílico	75
Aldehído cinámico	90
Citronelol	70
Dihidro mircenol	65
D-limonene	40
Etilen brasilato	55
Eugenol	75
Galaxolide	45
Geraniol	95
Hedione	50
Iso E Super	70
Linalool	80
Verdox	55
Vertenex	75
TOTAL	1000

Tabla No.2

Resultados obtenidos del Análisis Cromatográfico

Tiempo de retención	Área	Nombre del Compuesto	Calidad (%)
16.2928	4.0655	D-limoneno	99
18.3106	5.5115	Dihidromircenol	86
19.7561	6.9778	Linalool	95
21.1364	8.1983	Alcohol fenil etílico	91
23.0321	6.2141	Acetato bencílico	91
26.125	8.7175	Citronelol	97
27.3346	5.4116	Geraniol	96
29.0917	11.8008	Aldehído cinámico	93
31.0632	2.6288	Vertenex	91
32.5557	8.3068	Eugenol	98
32.8061	5.3109	Vertenex	91
42.9411	2.8044	DEP (Dietil Ftalato)	97
45.5627	5.5822	Hedione-I (Firm.)	97
46.1123	5.7486	Iso E Super	59
53.4277	4.6331	Galaxolide-III Major	99
60.2036	8.0879	Etilen brasilato	94

Tabla No.3
Límite de Detección (LOD) y Límite de Cuantificación (LOQ) de la Mezcla de Validación

Compuesto	Porcentaje de área	LOD (% Área)	LOQ (% Área)	LOD (ppm)	LOQ (ppm)
Acetato Bencilo	6.2141	0.2168	0.7226	0.2168	0.7226
Alcohol Fenil Etílico	8.1983	0.2860	0.9533	0.2860	0.9533
Aldehído Cinámico	11.8008	0.4117	1.3722	0.4117	1.3722
Citronelol	8.7175	0.3041	1.0137	0.3041	1.0137
Dietil Ftalato (DEP)	2.8044	0.0978	0.3261	0.0978	0.3261
Dihidromircenol	5.5115	0.1923	0.6409	0.1923	0.6409
D-Limoneno	4.0655	0.1418	0.4727	0.1418	0.4727
Etilen Brasilato	8.0879	0.2821	0.9405	0.2821	0.9405
Eugenol	8.3068	0.2898	0.9659	0.2898	0.9659
Galaxolide	4.6331	0.1616	0.5387	0.1616	0.5387
Geraniol	5.4116	0.1888	0.6293	0.1888	0.6293
Hedione	5.5822	0.1947	0.6491	0.1947	0.6491
Iso E Super	5.7486	0.2005	0.6684	0.2005	0.6684
Linalool	6.9778	0.2434	0.8114	0.2434	0.8114
Vodox	2.6288	0.0917	0.3057	0.0917	0.3057
Vertenex	5.3109	0.1853	0.6175	0.1853	0.6175

Discusión

El análisis de los compuestos volátiles presentes en las fragancias de APAESA, utilizando la técnica de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS), permitió identificar y cuantificar varios compuestos clave. La evaluación de los valores de LOD (Límite de Detección) y LOQ (Límite de Cuantificación) obtenidos ofrece información crucial sobre la sensibilidad y precisión del método aplicado, además de proporcionar una visión de la capacidad del sistema para separar y detectar los diferentes componentes volátiles presentes en las muestras. (Cosmetics. Analytical method. Detection and quantitative determination of Diethanolamine (DEA) by GC/MS, n.d.).

Variaciones entre los compuestos: Uno de los resultados más relevantes es la notable variabilidad en los valores de LOD y LOQ entre los compuestos analizados. Por ejemplo,

compuestos como aldehído cinámico y eugenol mostraron valores relativamente bajos de LOD y LOQ (0.411656 ppm y 1.372186 ppm para el aldehído cinámico). Estos valores indican que estos compuestos son fácilmente detectables en concentraciones bajas y que su cuantificación es precisa incluso en trazas. Esta capacidad de detección es crítica en la industria de las fragancias, ya que muchos compuestos volátiles contribuyen de manera significativa al perfil olfativo del producto final, incluso en concentraciones mínimas. El aldehído cinámico, en particular, es conocido por su fuerte impacto sensorial y su uso extendido en la creación de fragancias, por lo que la habilidad de detectar incluso pequeñas cantidades de este compuesto asegura una adecuada evaluación del producto. (Ermer & Miller, 2006). Por otro lado, compuestos como dietil ftalato (DEP) y Vertenex presentaron valores más altos de LOD y LOQ, lo que indica que son más difíciles de detectar en las concentraciones analizadas. Esto puede deberse a varios factores, entre ellos una menor volatilidad, una baja respuesta en el espectrómetro de masas, o una menor concentración inicial en la muestra. Dietil Ftalato, (DEP), por ejemplo, es un compuesto comúnmente utilizado en la industria cosmética y de fragancias como fijador, y su baja detectabilidad en este análisis podría implicar la necesidad de ajustes en los parámetros de inyección o en la concentración de la solución de calibración para obtener una cuantificación más precisa. (Method validation protocol, 2018). Impacto de las propiedades fisicoquímicas en los resultados: La variabilidad observada en los valores de LOD y LOQ también puede estar relacionada con las propiedades fisicoquímicas intrínsecas de los compuestos. Factores como la volatilidad, polaridad, y capacidad de ionización juegan un papel clave en la eficiencia con la que un compuesto puede ser detectado y cuantificado en un sistema de GC-MS. Compuestos como Aldehído Cinámico y Eugenol, que presentan estructuras aromáticas y contienen grupos funcionales capaces de generar una señal fuerte en el espectrómetro de masas, suelen ser más fáciles de detectar y cuantificar. Estos compuestos tienden a tener una mayor respuesta, lo que se traduce en valores más bajos de LOD y LOQ. Por el contrario, compuestos como DEP y Vertenex, que pueden tener una menor capacidad de ionización o volatilidad, generan señales más débiles y, por tanto, son más difíciles de detectar con precisión, lo que se refleja en sus valores más altos de LOD y LOQ. (Shrivastava & Gupta, 2011). Solapamiento de picos y resolución cromatográfica: Otra consideración importante en este análisis es el potencial solapamiento de picos cromatográficos, especialmente en aquellos compuestos que presentan tiempos de retención similares. Por ejemplo, D-Limoneno y Dihidromircenol tienen tiempos de retención relativamente cercanos (16.2928

minutos y 18.3106 minutos, respectivamente). Aunque en este análisis no se ha reportado explícitamente un problema de solapamiento, es posible que bajo ciertas condiciones el sistema pueda tener dificultades para separar completamente estos compuestos. El solapamiento de picos puede dificultar la cuantificación precisa, ya que la integración de los picos no sería exacta y podría generar errores en los valores reportados de LOD y LOQ. Esto resalta la importancia de optimizar los parámetros cromatográficos, como el gradiente de temperatura y el flujo del gas portador, para asegurar una separación eficiente de todos los compuestos en la mezcla. (Method validation protocol, 2018). Consideraciones para futuras investigaciones: Dado que el análisis de fragancias implica la detección de una mezcla compleja de compuestos volátiles, futuros estudios podrían explorar el uso de columnas cromatográficas de diferente polaridad o con una mayor longitud para mejorar la resolución de los compuestos difíciles de separar. Además, la incorporación de técnicas complementarias, como la cromatografía bidimensional o el uso de detectores selectivos, podría mejorar la capacidad de identificar y cuantificar componentes minoritarios o impurezas en las fragancias. (Swartz & Krull, 2012).

Conclusiones

1. El método de GC-MS utilizado para la validación de compuestos volátiles en fragancias ha demostrado ser efectivo, mostrando una capacidad adecuada para detectar y cuantificar una amplia variedad de compuestos. Los valores de LOD y LOQ obtenidos revelan que el sistema es sensible a bajas concentraciones de la mayoría de los compuestos, lo cual es esencial para garantizar un control de calidad preciso en la producción de fragancias.
2. Aldehído Cinámico y Eugenol, con los valores más bajos de LOD y LOQ, son compuestos fáciles de detectar incluso en pequeñas cantidades. Esto sugiere que estos compuestos generan señales intensas y consistentes en el sistema de GC-MS, lo que asegura su correcta identificación y cuantificación en el proceso de validación.
3. La reproducibilidad del método se mantuvo consistente durante el análisis de la muestra de calibración, lo que indica que las condiciones de inyección, separación y detección fueron adecuadamente controladas. Este es un factor clave para asegurar que el método sea aplicable en análisis rutinarios de control de calidad en la producción de fragancias.
4. La evaluación de los límites de detección y cuantificación es fundamental para determinar la idoneidad del método

en diferentes aplicaciones. En este caso, los límites obtenidos permiten detectar compuestos incluso a concentraciones traza, lo cual es esencial para garantizar la calidad sensorial de los productos aromáticos, donde pequeñas variaciones en la concentración de ciertos compuestos pueden afectar significativamente el perfil olfativo final.

Referencias

- Cosmetics. Analytical method. Detection and quantitative determination of Diethanolamine (DEA) by GC/MS. (n.d.). <https://doi.org/10.3403/30283334>
- Ermer, J., & Miller, J. H. (2006). Method validation in pharmaceutical analysis: *A guide to best practice*. John Wiley & Sons.
- Method validation protocol. (2018). Analytical Method Development and Validation, 77-82. <https://doi.org/10.1201/9781315275161-7>
- Shrivastava, A., & Gupta, V. (2011). Methods for the determination of limit of detection and limit of quantitation of the analytical methods. *Chronicles of Young Scientists*, 2(1), 21. <https://doi.org/10.4103/2229-5186.79345>
- Swartz, M. E., & Krull, I. S. (2012). Handbook of analytical validation. CRC Press.

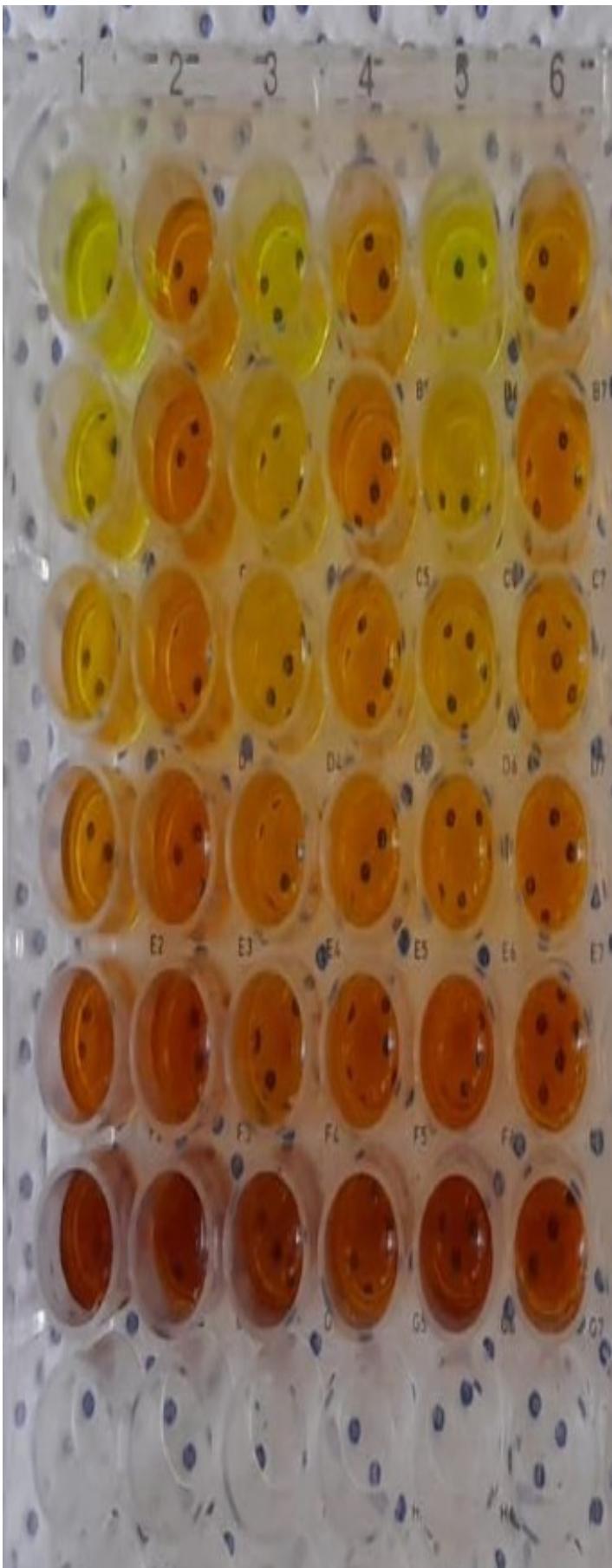


Fuente: Aromas, Perfumes, Aceites esenciales y Sabores, S.A.
APAESA



Estudio de la inhibición de Ureasa y α -amilasa a partir de extractos de hoja y flor de kanak (*Chiranthodendron pentadactylon*)

***Study of Urease and α -Amylase Inhibition from Leaf and Flower
Extracts of Kanak (*Chiranthodendron pentadactylon*)***



Datos experimentales obtenidos del Laboratorio de Investigación de Productos Naturales -LIPRONAT-, Ciudad Universitaria Z 12, Guatemala
Depósito de muestra con reactivo de color producto de la inhibición de α -amilasa en micro-pozos

Resumen

En este estudio, se evaluó la actividad inhibitoria de extractos de *Chiranthodendron pentadactylon* sobre las enzimas ureasa y α -amilasa. Se utilizaron extractos etanólicos de hojas y flores provenientes de tres regiones distintas: San Pedro, Acatenango y Finca El Espinero. El objetivo principal fue determinar la capacidad de inhibición enzimática de estos extractos, dado su potencial uso en el desarrollo de tratamientos contra enfermedades relacionadas con la actividad de estas enzimas, como la diabetes tipo 2 y patologías vinculadas a la ureasa. Para ello, se realizaron ensayos *in vitro* a diferentes concentraciones de extracto, calculando los valores de IC_{50} para comparar la eficacia inhibitoria de cada muestra. Los resultados mostraron que los extractos de hoja fueron más efectivos en la inhibición de la ureasa, mientras que los extractos de flor presentaron una mayor capacidad inhibitoria sobre la α -amilasa. Además, se identificaron diferencias en la actividad inhibitoria entre las regiones de procedencia, lo que sugiere que factores ambientales como la altitud y la composición del suelo influyen en la biosíntesis de metabolitos bioactivos. Se concluyó que los extractos de *C. pentadactylon* demostraron ser inhibidores naturales de las enzimas evaluadas, con diferencias marcadas según la región y el órgano de la planta.

Abstract

In this study, the inhibitory activity of *Chiranthodendron pentadactylon* extracts on urease and α -amylase enzymes was evaluated. Ethanolic extracts of leaves and flowers from three different regions were used: San Pedro, Acatenango, and Finca El Espinero. The main objective was to determine the enzyme inhibitory capacity of these extracts, given their potential use in the development of treatments for diseases related to the activity of these enzymes, such as type 2 diabetes and urease-related pathologies. To this end, *in vitro* assays were performed at different extract concentrations, calculating IC_{50} values to compare the inhibitory efficacy of each sample. The results showed that the leaf extracts were more effective in inhibiting urease, while the flower extracts exhibited greater inhibitory capacity against α -amylase. Furthermore, differences in inhibitory activity were identified between the regions of origin, suggesting that environmental factors such as altitude and soil composition influence the biosynthesis of bioactive metabolites. It was concluded that *C. pentadactylon* extracts proved to be natural inhibitors of the enzymes tested, with marked differences depending on the region and plant organ.

Palabras clave: Inhibición enzimática, Ureasa, α -Amilasa, Kanak

Introducción

El uso de plantas medicinales en la medicina tradicional ha sido una práctica común en diversas culturas alrededor del mundo. Entre ellas, *Chiranthodendron pentadactylon*, conocida popularmente como Kanak, se ha destacado en algunas comunidades de Guatemala por su aplicación culinaria y su posible valor terapéutico. Sin embargo, aunque su uso en la gastronomía local es conocido, aún persisten vacíos en la investigación científica sobre las propiedades bioactivas de sus extractos, especialmente en lo que respecta a su capacidad para inhibir enzimas relacionadas con importantes enfermedades humanas.

Metodología

Se realizaron ensayos in vitro a diferentes concentraciones de extracto etanólico, calculando los valores de IC₅₀ para comparar la eficacia inhibitoria de cada muestra. Los datos de porcentaje de inhibición fueron graficados contra concentración en código Python en Google Colab. Las concentraciones fueron transformadas a escala logarítmica (base 10) para facilitar el análisis. Se realizó un ajuste de regresión no lineal utilizando la función `curve_fit` de la biblioteca `scipy.optimize` en Python, partiendo de valores iniciales aproximados para los parámetros. Esto permitió ajustar los datos experimentales a la función logarítmica. Se obtuvo el valor de IC₅₀ al convertir el parámetro ajustado `log_ic50` de nuevo a escala lineal.

Resultados

Tabla No.1

Porcentajes de inhibición de ureasa por extractos de hoja y flor de *Chiranthodendron pentadactylon* de las regiones San Pedro, Acatenango y Finca El Espinero

Concentración de extracto (mg/mL)	Porcentaje de inhibición (%) Ureasa					
	Acatenango		Finca Espinero		San Pedro	
	Flor	Hoja	Flor	Hoja	Flor	Hoja
1.25	58.14	33.67	16.42	26.27	14.91	20.75
2.5	72.09	54.60	35.68	57.31	28.06	39.02
5	78.33	73.99	55.34	83.96	55.28	63.49
10	82.23	81.02	80.48	95.70	78.94	85.32
20	83.26	87.44	94.57	96.58	90.70	92.91

Tabla No. 2

Actividades inhibidoras de la ureasa y valores de CI50 de los extractos de *Chiranthodendron pentadactylon* de las regiones San Pedro, Acatenango y Finca El Espinero

Procedencia	Extractos		IC50 + DS (mg/mL)
	Organio	Extrato	
San Pedro	Hoja		3.81 ± 0.29
	Flor		4.66 ± 0.12
Finca El Espinero	Hoja		2.29 ± 0.21
	Flor		4.61 ± 0.95
Acatenango	Hoja		1.91 ± 1.02
	Flor		0.96 ± 0.01

Tabla No.3

Porcentajes de inhibición de α-amilasa por extractos de hoja y flor de *Chiranthodendron pentadactylon* de las regiones San Pedro, Acatenango y Finca El Espinero

Concentración de extracto (mg/mL)	Porcentajes de inhibición α-amilasa (%)					
	Acatenango		Finca Espinero		San Pedro	
	Flor	Hoja	Flor	Hoja	Flor	Hoja
1.25	1.56	24.68	9.02	21.64	45.26	2.88
2.5	16.17	44.27	24.48	40.14	62.60	21.55
5	26.48	60.81	39.40	58.20	76.60	40.45
10	41.04	80.73	54.80	73.17	76.99	59.72
20	58.80	89.97	74.38	83.60	79.25	69.05

Tabla No. 4

Actividades inhibidoras de la α-amilasa y valores de CI50 de los extractos de *Chiranthodendron pentadactylon* de las regiones San Pedro, Acatenango y Finca El Espinero

Procedencia	Extractos		IC50 + DS (mg/mL)
	Organio	Extrato	
San Pedro	Hoja		7.42 ± 0.67
	Flor		2.33 ± 0.24
Finca El Espinero	Hoja		5.69 ± 0.16
	Flor		7.97 ± 0.11
Acatenango	Hoja		3.43 ± 1.03
	Flor		9.58 ± 0.13

Discusión

Los resultados evidencian diferencias significativas en la actividad inhibidora en función del órgano de la planta (hoja o flor) y la procedencia geográfica del material vegetal.

Inhibición de la ureasa

Los datos obtenidos muestran que la inhibición de la ureasa depende tanto de la concentración del extracto como del órgano y la región de origen. En general, los extractos de hoja presentaron una mayor capacidad inhibitoria que los extractos de flor. Esto se evidencia en los valores de IC_{50} , donde los extractos de hoja de Acatenango ($IC_{50} = 1.91 \pm 1.02$ mg/mL) y Finca El Espinero ($IC_{50} = 2.29 \pm 0.21$ mg/mL) mostraron una mayor potencia en comparación con los extractos de flor de las mismas regiones ($IC_{50} = 0.96 \pm 0.01$ mg/mL y 4.61 ± 0.95 mg/mL, respectivamente). En San Pedro, los extractos de hoja y flor presentaron valores de IC_{50} más elevados (3.81 ± 0.29 mg/mL y 4.66 ± 0.12 mg/mL), lo que indica una menor eficacia inhibitoria. El patrón observado sugiere que la mayor efectividad de los extractos de hoja podría estar relacionada con la concentración de flavonoides y compuestos fenólicos, los cuales han demostrado ser inhibidores de la ureasa en estudios previos. Además, la relación dosis-respuesta indica que los extractos con menor IC_{50} tienen una mayor capacidad inhibitoria a bajas concentraciones, lo que sugiere que la presencia de ciertos metabolitos secundarios puede potenciar la acción enzimática. Los resultados sugieren que los extractos provenientes de Acatenango fueron los más efectivos en la inhibición de la ureasa, seguidos de los de Finca El Espinero y, por último, los de San Pedro. Esta diferencia podría atribuirse a factores ambientales como la altitud, composición del suelo y condiciones climáticas, que influyen en la biosíntesis de metabolitos secundarios con actividad inhibitoria (Veliz, 1989).

Inhibición de la α -amilasa

En los ensayos con α -amilasa, se observó una tendencia inversa en comparación con la ureasa. Los extractos de flor mostraron una mayor capacidad inhibitoria en la mayoría de los casos. En particular, los extractos de flor de San Pedro presentaron el menor valor de IC_{50} (2.33 ± 0.24 mg/mL), seguidos por los de Finca El Espinero (4.61 ± 0.95 mg/mL). En Acatenango, sin embargo, los extractos de hoja demostraron una mayor actividad inhibitoria que los de flor ($IC_{50} = 3.43 \pm 1.03$ mg/mL vs. 9.58 ± 0.13 mg/mL). Este comportamiento sugiere que los compuestos bioactivos presentes en las flores pueden tener una mayor afinidad por la α -amilasa en comparación con los de las hojas. La epicatequina, identificada en flores de *C. pentadactylon*, ha

sido reportada como un potente inhibidor de la α -amilasa en estudios previos (Sharma et al., 2020). Por otro lado, las hojas contienen una mayor concentración de quercetina, la cual ha mostrado actividad inhibitoria de la ureasa (Al-Rooqi et al., 2023). Esto indica que la diferenciación en la actividad inhibitoria podría estar relacionada con la distribución de estos metabolitos en los distintos órganos de la planta.

Posibles factores biológicos y químicos

Las diferencias en la actividad inhibitoria podrían estar influenciadas por la presencia y concentración de metabolitos secundarios en hojas y flores de *C. pentadactylon*. Estudios previos han demostrado que las hojas contienen una mayor concentración de compuestos fenólicos, flavonoides y flavonoles que las flores, lo que podría explicar su mayor eficacia inhibiendo la ureasa (González, 2022). La altitud es otro factor que podría influir en la composición fitoquímica. En ecosistemas de montaña, se ha reportado que a mayor altitud hay un incremento en la concentración de compuestos fenólicos en las hojas, mientras que en las flores ocurre lo contrario. Esto concuerda con la mayor actividad inhibitoria observada en las hojas de Acatenango (Veliz, 1989; Pardo et al., 2009). Además, la composición del suelo también podría estar relacionada con los resultados obtenidos. Se ha documentado que el contenido de fenoles en hojas está negativamente correlacionado con el porcentaje de arcilla en el suelo, mientras que en flores se observa una correlación positiva con el porcentaje de arena. Otro aspecto importante a considerar es la interacción entre los compuestos bioactivos y los mecanismos de defensa de la planta. Se ha reportado que la producción de ciertos flavonoides puede incrementarse en respuesta a factores de estrés ambiental, como la radiación UV y la disponibilidad de nutrientes. Esto podría explicar las diferencias en la concentración de metabolitos observadas entre las regiones estudiadas (González, 2022). Se ha reportado que esta especie contiene compuestos como epicatequina y quercetina, los cuales han demostrado inhibición significativa de la α -amilasa en otros estudios (Sharma et al., 2020). La epicatequina, presente en las flores de *C. pentadactylon*, ha mostrado una fuerte afinidad por la α -amilasa. En cuanto a la ureasa, diversos flavonoides y polifenoles han sido identificados como inhibidores potenciales, como la quercetina, presente en las hojas (Al-Rooqi et al., 2023). Estudios previos han demostrado que la inhibición enzimática de compuestos naturales puede estar influenciada por la estructura química de los metabolitos. En particular, se ha reportado que los flavonoides con estructuras polihidroxiladas tienen una mayor afinidad por los centros activos de las enzimas, lo que podría explicar la actividad inhibitoria diferencial observada en los extractos analizados (Al-Rooqi et al.,

2023). Los resultados obtenidos en este estudio sugieren que los extractos de *C. pentadactylon* tienen un potencial significativo como inhibidores naturales de la ureasa y la α -amilasa, lo que podría tener aplicaciones en el desarrollo de tratamientos para enfermedades como la diabetes tipo 2 o condiciones asociadas a la actividad de la ureasa.

Conclusiones

1. Los extractos de *Chiranthodendron pentadactylon* demostraron actividad inhibitoria diferencial sobre las enzimas ureasa y α -amilasa, dependiendo de la procedencia geográfica y del órgano de la planta utilizado.
2. Los extractos de hoja fueron más efectivos en la inhibición de la ureasa, mientras que los extractos de flor presentaron una mayor capacidad inhibitoria sobre la α -amilasa, lo que sugiere una variación en la composición de los metabolitos secundarios entre los distintos órganos de la planta.
3. La altitud, la composición del suelo y otros factores ambientales podrían estar influyendo en la concentración de compuestos fenólicos y flavonoides en las muestras analizadas, afectando su capacidad inhibitoria sobre las enzimas evaluadas.
4. La epicatequina y la quercetina, presentes en las flores y hojas respectivamente, podrían estar relacionadas con la inhibición de la α -amilasa y la ureasa, de acuerdo con estudios previos sobre la actividad de estos compuestos.
5. Los extractos de *C. pentadactylon* tienen un potencial significativo como inhibidores naturales de la ureasa y la α -amilasa, lo que podría abrir nuevas oportunidades en la investigación de tratamientos para enfermedades como la diabetes tipo 2 y patologías relacionadas con la actividad ureásica.

Referencias

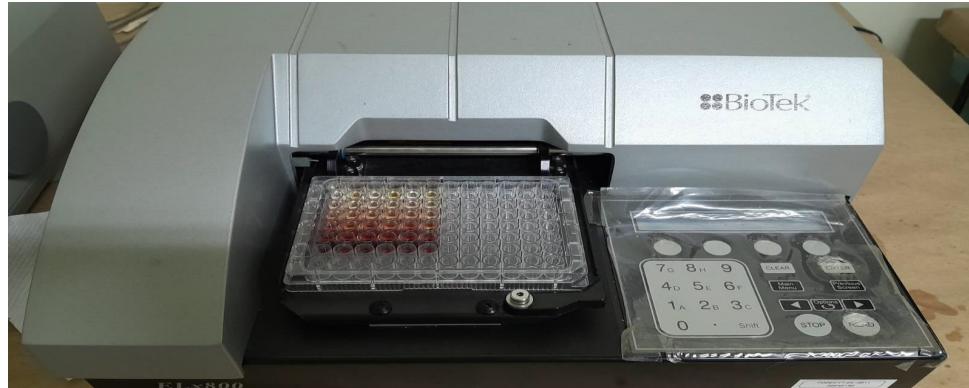
Al-Rooqi, M. M., Mughal, E. U., Raja, Q. A., Hussein, E. M., Naeem, N., Sadiq, A., Asghar, B. H., Moussa, Z., & Ahmed, S. A. (2023). Flavonoids and related privileged scaffolds as potential urease inhibitors: a review. *RSC Advances*, 13(5), 3210–3233. <https://doi.org/10.1039/d2ra08284e>

González, J. J. (2022). Relación entre las propiedades fisicoquímicas del suelo y el contenido de compuestos fenólicos en hojas y flores de *Chiranthodendron pentadactylon* larreat. [Tesis de Licenciatura]. Universidad San Carlos de Guatemala.

Pardo, P., Véliz, M., & Méndez, C. (2009). Estudio de la Vegetación del Volcán San Pedro, Reserva de usos múltiples de la cuenca del lago de Atitlán, Sololá. *Revista Científica*, 66–91. <https://doi.org/10.54495/rev.cientifica.edicionespecial2009.180>

Sharma, P., Joshi, T., Joshi, T., Chandra, S., & Tamta, S. (2020). Molecular dynamics simulation for screening phytochemicals as α -amylase inhibitors from medicinal plants. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, 39(17), 6524–6538. <https://doi.org/10.1080/07391102.2020.1801507>

Véliz M. E. (1989). Caracterización de la comunidad de Canac (*Chiranthodendron pentadactylon* Larreategui) en el volcán de Acatenango. Guatemala. [Tesis de grado]. Ciudad de Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.



Lectura de micro-pozos





NUTRICIÓN



Determinación de la presencia y uso de eritrosina en productos alimenticios preenvasados en industrias de alimentos según el Departamento de Regulación y Control de Alimentos en Guatemala

*Determination of the presence and use of erythrosine in
prepackaged food products and food industries according to
the Department of Food Regulation and Control*

Autores: García Cedeño K. N.¹, Flores Recinos E. M.¹

Coautores: Porres Sam C.², Mansilla W.³, Joachín C.*; Urrutia M.*

¹Estudiantes del Ejercicio Profesional Especializado en Ciencias de Alimentos de la carrera de Nutrición,
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala

²Supervisora del Ejercicio Profesional Especializado de la carrera de Nutrición

³Coordinador del Programa de Vigilancia del Departamento de Regulación y Control de Alimentos -DRCA-
del Ministerio de Salud y Asistencia Social de Guatemala

*Jefes del Programa de Vigilancia y Monitoreo del DRCA



Resumen

A inicios del año 2025, la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA, por sus siglas en inglés) prohibió el uso de eritrosina (colorante rojo no. 3) en alimentos y bebidas, lo que provocó la necesidad de que el Departamento de Regulación y Control de Alimentos (DRCA) del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS) adoptará una postura técnica. A partir de esta situación, la presente investigación tuvo el propósito de determinar la presencia de eritrosina (colorante rojo no. 3) en productos alimenticios preenvasados y su uso en industrias de alimentos y bebidas en Guatemala.

La muestra fue por conveniencia, se recolectaron el 100% ($n=1317$) de los informes de análisis fisicoquímicos de productos alimenticios preenvasados emitidos por el Laboratorio Nacional de Salud -LNS- gestionados por el DRCA en el período de noviembre de 2022 a marzo de 2025. Asimismo, se incluyó el 100% ($n=316$) de las inspecciones a industrias de alimentos en abril de 2025 para identificar la eritrosina en las materias primas de los productos. Los datos recolectados de industrias de alimentos inspeccionadas fueron clasificados con el Anexo B del CODEX STAN 192-1995. Se excluyeron los registros derivados de denuncias, alertas sanitarias y programas especiales, como el de alimentos fortificados.

Los resultados evidenciaron que, de un total de 1317 productos alimenticios preenvasados evaluados, el 1% (16 productos) contenía eritrosina, mientras que el 99% (1301 productos) no la incluía. Respecto a las industrias inspeccionadas, se determinó que un 2% reportaron el uso de eritrosina en sus materias primas. Las categorías de productos de alimentos preenvasados con uso del aditivo fueron las decoraciones para pastelería (confitería), los sorbetes (hielos comestibles), ambas con una frecuencia del 0.6%, 0.4% en los postres lácteos y 0.4% en jarabes edulcorantes.

En particular, en la categoría de sorbetes, el uso del aditivo fue constante en todas las industrias inspeccionadas. Estos hallazgos permiten concluir que, aunque la frecuencia de uso de la eritrosina es baja, su presencia persiste en puntos específicos de producción, lo cual representa un riesgo focalizado que requiere una vigilancia técnica más dirigida y acciones correctivas oportunas.

Palabras clave: eritrosina, productos preenvasados, regulación y control de alimentos

Abstract

At the beginning of 2025, the United States Food and Drug Administration (FDA) banned the use of erythrosine (red dye no. 3) in foods and beverages, prompting the Department of Food Regulation and Control (DRCA) of the Ministry of Public Health and Social Assistance (MSPAS) to adopt a technical position. Based on this situation, this research aimed to determine the presence of erythrosine (red dye no. 3) in prepackaged food products and its use in the food and beverage industries in Guatemala.

The sample was a convenience sample, collecting 100% ($n=1,317$) of the physicochemical analysis reports on prepackaged food products issued by the National Health Laboratory (LNS) managed by the DRCA between November 2022 and March 2025. Likewise, 100% ($n=316$) of the food industry inspections conducted in April 2025 to identify erythrosine in the products' raw materials were included. Data collected from inspected food industries were classified under Annex B of CODEX STAN 192-1995. Records resulting from complaints, health alerts, and special programs, such as the one for fortified foods, were excluded.

The results showed that, of a total of 1,317 prepackaged food products evaluated, 1% (16 products) contained erythrosine, while 99% (1,301 products) did not. Regarding the industries inspected, it was determined that 2% reported the use of erythrosine in their raw materials. The prepackaged food product categories with the additive were pastry decorations (confectionery) and sorbets (edible ice), both with a frequency of 0.6%, 0.4% in dairy desserts, and 0.4% in sweetening syrups.

Specifically, in the sorbet category, the additive's use was consistent across all the industries inspected. These findings allow us to conclude that, although the frequency of erythrosine use is low, its presence persists at specific production points, representing a localized risk that requires more targeted technical surveillance and timely corrective actions.

Introducción

En la industria alimentaria moderna, el uso de aditivos como los colorantes sintéticos responde tanto a fines estéticos como comerciales, ya que mejoran la apariencia de los productos y cumplen con las expectativas del consumidor. No obstante, la regulación de estos aditivos es esencial para garantizar un equilibrio entre la seguridad alimentaria y las exigencias del mercado, especialmente ante la creciente preocupación por sus posibles efectos adversos en la salud.

Uno de estos aditivos es la eritrosina, un colorante sintético de tonalidad roja, ampliamente utilizado en productos procesados como confitería, bebidas y productos de panadería (Cubillos, 2020). Su uso en Guatemala está regulado por normativas como el Codex Alimentarius y el Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA). Aunque su empleo en Guatemala está permitido, resulta fundamental monitorear su presencia para determinar su frecuencia en los productos e industrias alimentarias ya que el 15 de enero de 2025, la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA, por sus siglas en inglés) prohibió su uso en alimentos. Los fabricantes que utilizan este colorante tendrán hasta el 15 de enero de 2027 para reformular sus productos alimenticios.

Actualmente no existen datos sobre el uso de la eritrosina en los alimentos preenvasados disponibles a la venta en Guatemala. Ante esta situación, el Departamento de Regulación y Control de Alimentos (DRCA) del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS) requiere obtener esta información para orientar sus decisiones y acciones de vigilancia.

Por ello, la presente investigación tiene como objetivo determinar la presencia y utilización de eritrosina en productos alimenticios procesados y en industrias de alimentos, con base en la información obtenida por la Unidad de Monitoreo, Vigilancia y Control del DRCA, a través del análisis de informes fisicoquímicos del Laboratorio Nacional de Salud y de las inspecciones realizadas. Los hallazgos permitirán generar evidencia técnica para fortalecer las acciones de vigilancia sanitaria, contribuir a la toma de decisiones reguladoras y proteger la salud del consumidor guatemalteco.

Metodología

A continuación, se describe la metodología del estudio.

Selección y determinación de la muestra. La muestra fue por conveniencia. Se seleccionó el 100% de los resultados fisicoquímicos emitidos por el Laboratorio Nacional de Salud respecto a la presencia de eritrosina durante el período comprendido entre noviembre de 2022 y marzo de 2025. Asimismo, se utilizó el 100% ($n= 316$) de los datos provenientes de las inspecciones a industrias de alimentos durante el mes de abril de 2025.

Identificación de eritrosina en productos alimenticios. Para identificar la presencia de eritrosina en los productos alimenticios, se examinaron los reportes de resultados de los análisis fisicoquímicos compartidos por el Laboratorio Nacional de Salud correspondientes al período de noviembre de 2022 a marzo de 2025, en los cuales se indicaba de forma cualitativa si existía presencia de eritrosina (rojo no. 3).

Evaluación del uso de eritrosina en industrias de alimentos. Esta evaluación se llevó a cabo mediante inspecciones de parte del programa de monitoreo del DRCA. Inicialmente, se capacitó sobre la importancia de identificar el uso de eritrosina (colorante rojo no.3) dentro de las materias primas utilizadas en las industrias de alimentos y sobre el registro del instrumento de recolección de datos al 100% de los inspectores de este programa con el apoyo de los coordinadores. Se recolectaron datos donde los inspectores del programa de monitoreo realizaron la verificación de las materias primas en las industrias alimentarias para la identificación de eritrosina, durante abril de 2025.

Clasificación de industrias de alimentos

La clasificación de las industrias de alimentos inspeccionadas se basó en los lineamientos según el sistema de categorías del anexo B del Codex STAN 192-1995, dependiendo de los productos elaborados.

Plan de tabulación y análisis de datos

Los resultados de la investigación, tanto los informes emitidos por el Laboratorio Nacional de Salud como las inspecciones, fueron tabulados en una hoja de cálculo Excel. Los datos se analizaron mediante frecuencias absolutas y porcentajes con el fin de identificar la prevalencia de la presencia y uso de eritrosina en productos alimenticios e industrias, según el sistema de clasificación de alimentos.

Aval institucional y consideraciones éticas

El estudio cuenta con el aval institucional del Departamento de Regulación y Control de Alimentos. Cabe destacar que, en cumplimiento de los principios éticos y de confidencialidad, no se revelan los nombres de las industrias inspeccionadas, garantizando la privacidad de la información.

Resultados

A continuación, en la tabla 1 se observa que el 1% (n=16) de los productos evaluados por el LNS contenían eritrosina, mientras que el 99% (n=1,301) no presentaban dicho aditivo. Según la clasificación del Anexo B del CODEX STAN 192-1995, la categoría con mayor frecuencia de detección fue huevos y productos a base de huevo, con tres productos positivos, lo que representa el 25% dentro de su categoría. Le sigue confitería/decoraciones para pastelería con once productos positivos, que corresponden al 6% dentro de la categoría. En cuanto a la proporción respecto al total de productos evaluados, se destaca la categoría confitería/decoraciones para pastelería con el 0.8%, mientras que productos alimenticios para usos nutricionales especiales y

productos y postres lácteos representan el 0.07% cada una. Se resalta que la categoría otros no reportaron presencia de eritrosina.

Tabla 1
**Presencia de eritrosina en productos alimenticios
preenvasados clasificadas según el anexo B del
CODEX STAN 192-1995**

Presencia de eritrosina según -LNS-	Frecuencia (n)		Porcentaje (%)	
	Si	No	Si	No
			(por categoría/por población)	
Confitería/ decoraciones para pastelería	11	184	6/0.8	94/14
Huevos y productos a base de huevo	3	9	25/0.2	75/1
Productos alimenticios para usos nutricionales especiales	1	57	2/0.07	98/4
Productos y postres lácteos	1	105	1/0.07	99/8
Otros (helados, panadería, alimentos listos para el consumo, bebidas y cárnicos).	0	949	0/0	100/ 72
Sub Total	16	1301	12/1	466/99
Total (n)	1317		478/100	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2

Uso de eritrosina clasificadas según el anexo B del CODEX STAN 192-1995 identificada en la inspección de industrias de alimentos a través de materias primas durante el mes de abril

Uso de eritrosina según inspecciones	Frecuencia (n)		Porcentaje (%)	
	Si	No	Si (por categoría/ por población)	No
Productos y postres lácteos	1	24	4/ 0.4	96/ 7
Hielos comestibles/ sorbetes	2	2	50/ 0.6	50/ 1
Confitería/ decoración para pastelería	2	15	12/ 0.6	88/ 5
Edulcorantes/ otros azúcares y jarabes	1	7	13/ 0.4	87/ 2
Otros (productos cárnicos, panadería, sales y especias)	0	262	0/0	100/ 83
Sub Total	6	310	79/ 2	421/ 98
Total	316		500/100	

Fuente: Elaboración propia

La tabla 2 identificó que el 2% (n=6) de las industrias inspeccionadas reportaron el uso de eritrosina, mientras que el 98% (n=310) no la utilizaba. Según la clasificación del Anexo B del CODEX STAN 192-1995, las categorías con mayor frecuencia de uso fueron hielos comestibles/sorbetes y confitería/decoración para pastelería, ambas con dos casos reportados, representando el 50% y 12% respectivamente dentro de su categoría, y 0.6% del total de industrias cada una. Seguido de postres lácteos y edulcorantes en jarabes, cada una con un caso reportado, equivalentes al 4% y 13% respectivamente dentro de su categoría, y 0.4% del total de industrias. Se resalta que la categoría “Otros” no reportó presencia de eritrosina.

Discusión de resultados

Los datos muestran una baja frecuencia de detección de eritrosina, con el 1% de los productos evaluados (n=16) positivos. Esta detección se concentra principalmente en categorías como confitería/decoraciones para pastelería, huevos y productos a base de huevo, productos alimenticios para usos nutricionales especiales, y productos y postres lácteos. En particular, huevos y productos a base de huevo presentaron un 25% de detección dentro de su categoría, seguido de confitería con un 6%. No obstante, este patrón puede estar influenciado por la metodología utilizada por el LNS para la determinación de la eritrosina (colorante rojo no. 3), la cobertura del monitoreo y la respectiva toma de muestras, el cual se limitó exclusivamente a productos preenvasados analizados mediante pruebas fisicoquímicas realizadas por el Laboratorio Nacional de Salud (LNS). Conforme al marco de competencias del Departamento de Regulación y Control de Alimentos (DRCA), no se incluyen en este tipo de vigilancia los productos artesanales, a granel o preparados en el punto de venta, ya que no están sujetos a los lineamientos establecidos por dicha unidad ni se les aplican análisis fisicoquímicos o microbiológicos en este contexto. En consecuencia, aunque los datos reflejan una baja presencia de eritrosina en los productos evaluados, es importante considerar que el LNS utiliza cromatografía en capa fina sobre papel como método cualitativo para identificar colorantes. Esta técnica, aunque útil para detección preliminar, puede generar falsos negativos, especialmente si el colorante no se extrae adecuadamente o si ha sido afectado por condiciones como la luz, ya que la eritrosina es fotosensible (Karlsson, J., Woodford, O., Al-Aqar, R., & Harriman, A. 2017). Métodos más sensibles, como la cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC), permitirían una identificación más precisa, pero no forman parte del análisis rutinario actual (Purna K., Priya, P., & Ramesh P. 2024).

Por otra parte, en la detección de eritrosina a través de las inspecciones de la materia prima en industrias de alimentos preenvasados, los hallazgos revelan que este colorante se utiliza principalmente en decoraciones comestibles, postres lácteos y productos congelados tipo sorbete. Estos productos comparten una característica clave, están diseñados para ser visualmente atractivos y, en su mayoría, dirigidos a la población infantil. Este patrón coincide con lo reportado en la literatura científica, donde se documenta que la eritrosina es preferida por su alta intensidad cromática, estabilidad frente a la luz y compatibilidad con matrices alimentarias ricas en azúcar. Sin embargo, estas mismas propiedades han sido objeto de creciente preocupación. Diversos estudios han señalado posibles riesgos asociados a su consumo,

incluyendo alteraciones en la función tiroidea, efectos neuroconductuales y potencial genotóxico, especialmente en modelos animales (Cubillos, 2020).

Cabe resaltar que los resultados de la presencia de eritrosina en productos preenvasados reportados por el LNS en comparación a los productos de las industrias de alimentos inspeccionadas tuvieron similitud únicamente con las categorías de confitería y productos/ postres lácteos. Este resultado se debió a que no se inspeccionaron industrias que fabrican productos a base de huevo y productos alimenticios para usos nutricionales especiales.

El estudio presentó ciertas limitaciones metodológicas, entre las que destacan: el corto periodo de recolección de datos, la exclusión de ciertas industrias inspeccionadas y la ausencia de análisis cuantitativo de concentración del aditivo, lo que restringe la posibilidad de valorar el riesgo toxicológico asociado a los productos que sí reportaron presencia de eritrosina. No obstante, una de las principales fortalezas del estudio fue el uso de fuentes oficiales de información, provenientes tanto del Laboratorio Nacional de Salud (LNS) como del Departamento de Regulación y Control de Alimentos (DRCA), lo cual confiere validez técnica y respaldo institucional a los resultados obtenidos.

Conclusiones

Se identificó presencia de eritrosina en un 1% de los productos preenvasados evaluados mediante análisis fisicoquímicos del Laboratorio Nacional de Salud, correspondiendo a productos de confitería, huevos/productos a base de huevo, productos alimenticios para usos nutricionales especiales/ productos y postres lácteos.

Se detectó el uso de eritrosina en un 2% de las industrias alimentarias a través de la inspección de materias primas.

Se identificó mayor uso de eritrosina en industrias de alimentos que producen productos lácteos, sorbetes, confitería y edulcorantes con base en la clasificación del CODEX STAN 192-1995.

Referencias

- Barros et al. (2016). Corantes alimentícios amaranto, eritrosina B e tartrazina, e seus possíveis efeitos maléficos à saúde humana. [Tesis de grado]. Universidade Federal de Minas Gerais. Brasil
- Chávez, P., & Rangel, C. (2019). Regulación y control de aditivos alimentarios en América Latina. *Revista de Seguridad Alimentaria*, 7(2), 45-62.
- Codex Alimentarius Commission. (1995). CODEX STAN 192-1995: Food Classification and Description System. Rome, Italy: FAO/WHO. Recuperado de <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/>
- Cubillos, M. (2020). Evaluación de la extracción de pigmentos vegetales como la antocianina a partir de diferentes frutos silvestres para uso alimenticio. [Tesis de grado]. Fundación Universidad de América. Bogotá.
- FDA. (2024). FDA to revoke authorization of Red No. 3 in food and ingested drugs. U.S. Food and Drug Administration. Recuperado de <https://www.fda.gov/food/hfp-constituent-updates/fda-revoke-authorization-use-red-no-3-food-and-ingested-drugs>
- Food and Drugs. (2025). FDA to Revoke Authorization for the Use of Red No. 3 in Food and Ingested Drugs. Recuperado de: https://www.fda.gov/food/hfp-constituent-updates/fda-revoke-authorization-use-red-no-3-food-and-ingested-drugs?fbclid=IwY2xjawH1LctleHRuA2FlbQIxMQABHfsQK0K5uDGfhocQEIdHRhOiQdUijzX5vSRzJ5sMesGKzhW-olbINRySUw_aem_XyenP3SyAyM7acM2eDZuYQ&sfnsn=wa
- Hernández, S. (2020). Colorantes Alimentarios y su Relación con la Salud. Eureka 17(1), Recuperado de: <https://www.redalyc.org/journal/920/92060626006/92060626006.pdf>
- Karlsson, J. , Woodford, O., Al-Aqar, R., & Harriman, A. (2017). Effects of temperature and concentration on the rate of photo-bleaching of erythrosine in water (Supporting Information). *Molecular Photonics Laboratory, Newcastle University*. Recuperado de <https://doi.org/10.1021/acs.jpca.7b06440>
- Laboratorio Nacional de Salud. (s.f.). Portal del Laboratorio Nacional de Salud. Recuperado de <http://portal.lns.gob.gt/>
- Merinas, R. (2020). Papel de aditivos alimentarios en la modulación de procesos degenerativos: estudios in vivo e in vitro. [Tesis doctoral]. Universidad de Córdoba. Argentina.

Neill, A., & Cortez, L. (2018). Tendencias en regulación de aditivos alimentarios y su impacto en la salud pública. *Revista de Ciencias de la Salud*, 10(1), 22-40.

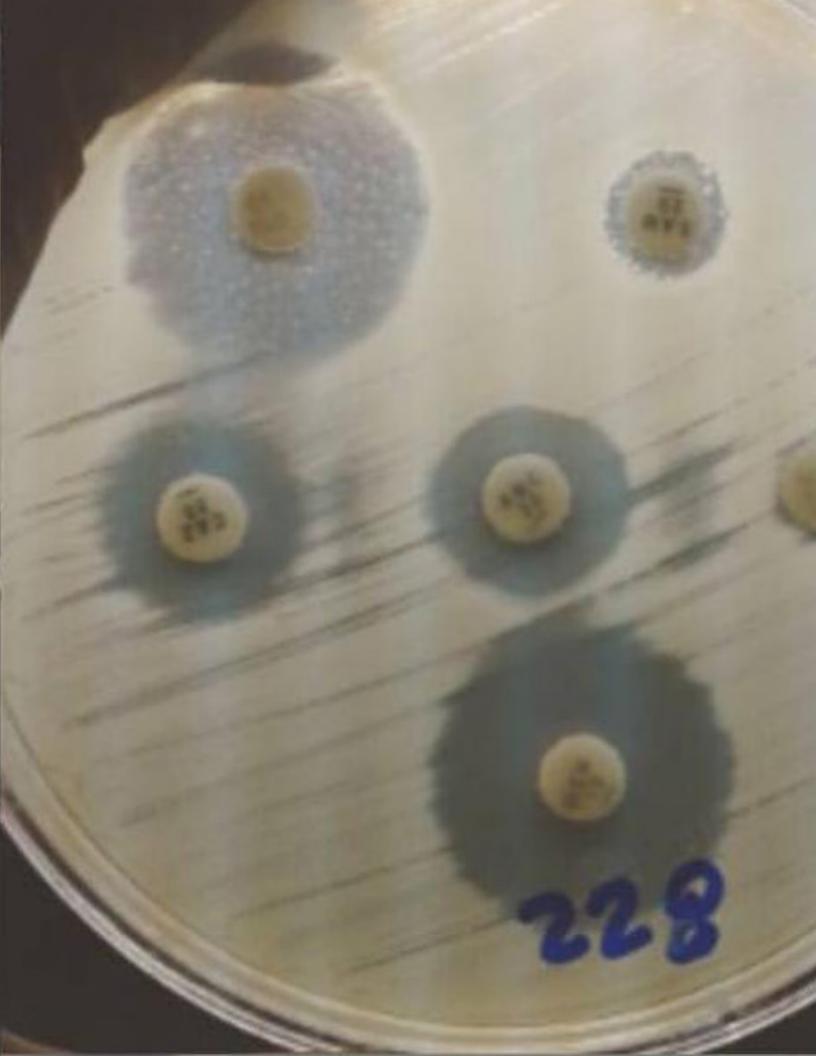
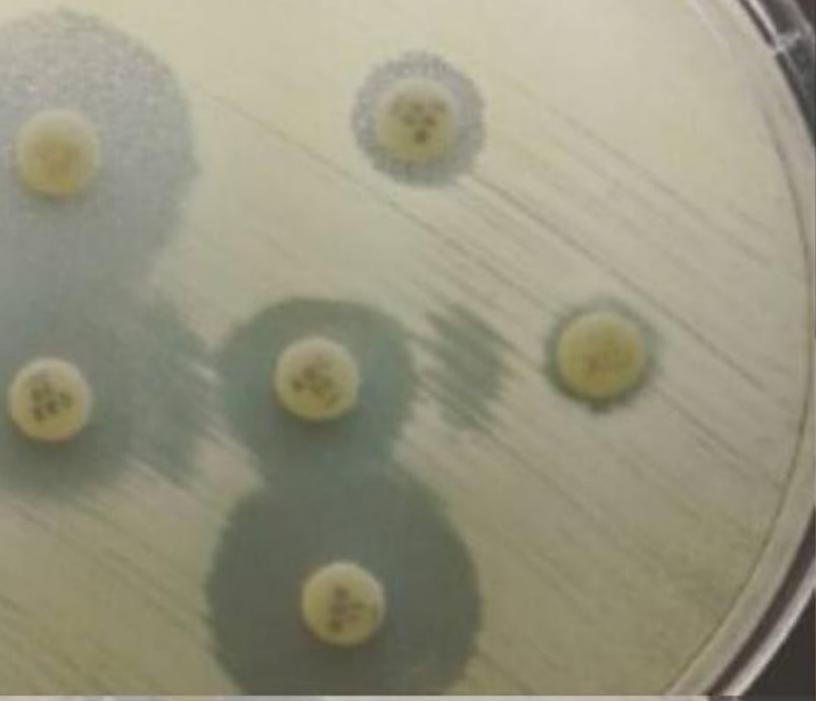
Purna K., Priya, P., & Ramesh P. (2024). Techniques for Detection and Measurement of Tartrazine in Food Products 2008 To 2022. *Revista de Riesgos Químicos para la Salud*, 14. Recuperado de <https://jchr.org/index.php/JCHR/article/view/6813>

Revilla, C. (2017). Determinación de eritrosina en cerezas de cóctel por espectrofotometría de absorción molecular mediante calibración univariante y multivariante. [Tesis de grado]. Universidad de Burgos. España





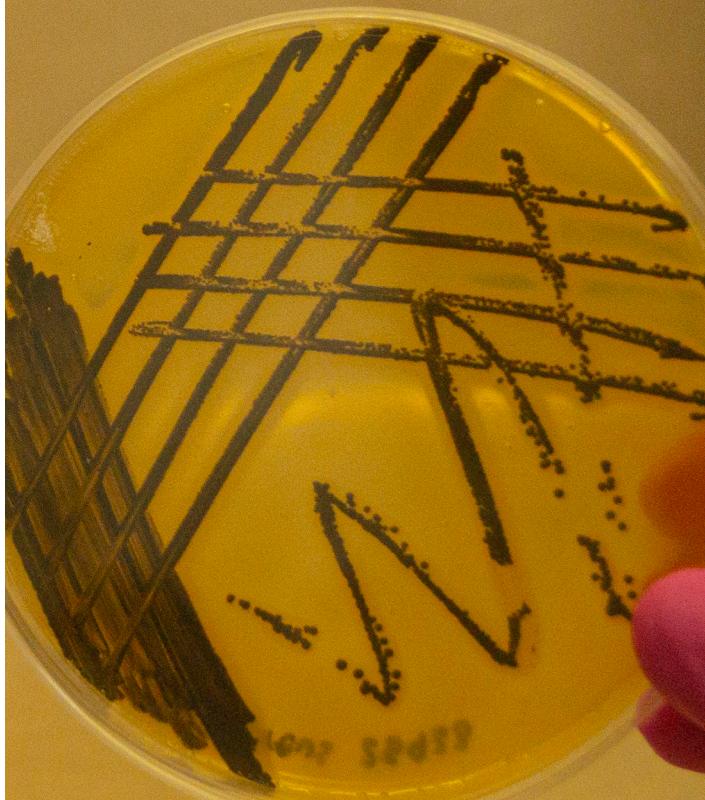
QUÍMICA BIOLÓGICA



Correlación de perfiles de resistencia antimicrobiana en servicio hospitalarios: frecuencia, distribución bacteriana y factores de riesgo asociados en el año 2023

Correlation of antimicrobial resistance profiles in hospital services: Frequency, bacterial distribution, and associated risk factors in 2023

Autores: Alexander Samayoa, Daniela Santos, Dulce Cotto, Emily Palencia, Katerine Cabrera, Laura Vásquez, Mónica Godínez. ¹ Asesor: M.A. Erwin Emilio García Fuentes ¹
1. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Programa de Experiencias Docente con la Comunidad -EDC-.
Ejercicio Profesional Supervisado -EPS-, Química Biológica,
Correspondencia. gbusaceps@gmail.com



Resumen

La resistencia antimicrobiana (RAM) constituye una de las principales amenazas para la salud pública mundial y representa un desafío creciente en los hospitales de Guatemala, donde la evidencia aún es limitada. El objetivo de este estudio fue describir los perfiles de resistencia bacteriana en hospitales nacionales durante 2023, identificando microorganismos predominantes, mecanismos de resistencia y distribución hospitalaria.

Se realizó un estudio retrospectivo basado en 9,385 aislamientos bacterianos obtenidos en los laboratorios de microbiología de siete hospitales nacionales. Los datos fueron procesados mediante WHONET 5.6, aplicando estadística descriptiva e inferencial para caracterizar los patrones de resistencia.

Los microorganismos más frecuentes fueron *Escherichia coli* (47.5%) y *Klebsiella pneumoniae* (22.3%), seguidos por *Staphylococcus aureus* (10.0%) y *Pseudomonas aeruginosa* (7.9%). Se identificaron 3,183 cepas productoras de β-lactamasas de espectro extendido (BLEE), principalmente en *E. coli* y *K. pneumoniae*, así como 129 aislamientos con resistencia MLS. La distribución por servicios hospitalarios mostró que las Unidades de Cuidados Intensivos concentraron el 25% de los aislamientos, seguidas por Cirugía (22%) y Emergencias (18%).

Los resultados evidencian la alta prevalencia de enterobacterias productoras de BLEE y la circulación de mecanismos de resistencia clínicamente relevantes en diferentes hospitales. Esto refleja la influencia de factores locales como prácticas de control de infecciones, políticas de uso antimicrobiano y características poblacionales. Estos hallazgos subrayan la necesidad de fortalecer los programas de vigilancia, implementar medidas de bioseguridad más estrictas y promover el uso racional de antibióticos para contener la expansión de bacterias multirresistentes en Guatemala.

Abstract

Antimicrobial resistance (AMR) is one of the leading threats to global public health and represents a growing challenge in hospitals across Guatemala, where evidence remains limited. The objective of this study was to describe bacterial resistance profiles in national hospitals during 2023, identifying predominant microorganisms, resistance mechanisms, and hospital service distribution.

A retrospective study was conducted based on 9,385 bacterial isolates obtained from microbiology laboratories

of seven national hospitals. Data were processed using WHONET 5.6, applying descriptive and inferential statistics to characterize resistance patterns.

The most frequent microorganisms were *Escherichia coli* (47.5%) and *Klebsiella pneumoniae* (22.3%), followed by *Staphylococcus aureus* (10.0%) and *Pseudomonas aeruginosa* (7.9%). A total of 3,183 extended-spectrum β-lactamase (ESBL)-producing strains were identified, mainly in *E. coli* and *K. pneumoniae*, as well as 129 MLS-resistant isolates. Distribution across hospital services showed that Intensive Care Units accounted for 25% of isolates, followed by Surgery (22%) and Emergency (18%).

The findings highlight the high prevalence of ESBL-producing Enterobacteriaceae and the circulation of clinically relevant resistance mechanisms in different hospitals. This reflects the influence of local factors such as infection control practices, antimicrobial use policies, and population characteristics. These results underscore the urgent need to strengthen surveillance programs, implement stricter biosafety measures, and promote the rational use of antibiotics to contain the spread of multidrug-resistant bacteria in Guatemala.

Introducción

La resistencia antimicrobiana (RAM) constituye una de las problemáticas más críticas de la salud pública mundial en el siglo XXI. Definida por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como la pérdida de efectividad de los antimicrobianos frente a microorganismos previamente sensibles, esta amenaza compromete la capacidad para tratar infecciones comunes y pone en riesgo procedimientos médicos de alta complejidad, como cirugías, trasplantes y terapias oncológicas. Desde el descubrimiento de la penicilina en 1928, los antibióticos han salvado millones de vidas; sin embargo, su uso excesivo, la automedicación y la falta de políticas regulatorias efectivas han favorecido la aparición y diseminación de bacterias resistentes, que hoy se consideran un desafío global comparable en magnitud a las enfermedades crónicas más prevalentes.

En el ámbito hospitalario, la resistencia antimicrobiana representa un reto particularmente complejo. Los hospitales concentran poblaciones altamente vulnerables, como pacientes críticos, neonatos, adultos mayores e inmunocomprometidos, que requieren tratamientos prolongados y frecuentemente invasivos. En estos escenarios, la presencia de bacterias multirresistentes como *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Staphylococcus aureus* no solo incrementa la morbilidad y mortalidad, sino que también prolonga las estancias hospitalarias y eleva de manera considerable los costos

sanitarios. Asimismo, las unidades de cuidados intensivos, cirugía y emergencias han sido identificadas como los principales focos de propagación de estos patógenos, debido a la alta presión selectiva ejercida por el uso de antibióticos de amplio espectro y a la frecuente utilización de dispositivos médicos invasivos.

En Latinoamérica, diversos estudios han reportado un aumento sostenido en la prevalencia de cepas productoras de betalactamasas de espectro extendido (BLEE), carbapenemas y resistencia a meticilina, lo que refleja un panorama de creciente dificultad terapéutica. Particularmente en Guatemala, la información disponible sobre resistencia antimicrobiana sigue siendo limitada, a pesar de que reportes preliminares ya señalan la circulación de bacterias multirresistentes en hospitales nacionales. Factores como la automedicación, el uso inadecuado de antibióticos en la comunidad, la falta de programas de vigilancia consolidados y los recursos limitados en muchos centros de salud, han contribuido a la expansión de este fenómeno.

Al inicio de la presente investigación, no se contaba con un panorama integral que permitiera comprender la magnitud de la resistencia antimicrobiana en hospitales guatemaltecos. La ausencia de datos locales dificultaba el diseño de políticas efectivas y la implementación de medidas de control basadas en evidencia. En este sentido, generar información sobre los microorganismos predominantes, los mecanismos de resistencia más relevantes y la distribución hospitalaria de los aislamientos resulta fundamental para fortalecer la capacidad de respuesta del sistema de salud.

Por lo tanto, el propósito de este estudio fue describir los perfiles de resistencia antimicrobiana en hospitales nacionales de Guatemala durante el año 2023. Se buscó identificar los principales microorganismos causantes de infecciones, los mecanismos de resistencia más frecuentes —con especial atención a las BLEE y la resistencia a meticilina—, así como los servicios hospitalarios con mayor incidencia. Los resultados obtenidos no solo permitirán contextualizar la situación de Guatemala dentro del escenario global, sino también aportar evidencia científica que oriente el uso racional de antimicrobianos, el fortalecimiento de los programas de control de infecciones y la implementación de políticas públicas más efectivas frente a esta creciente amenaza.

Material y métodos

El estudio fue retrospectivo y comprendió el universo de procesos hospitalarios de diagnóstico y tratamiento de infecciones bacterianas en Guatemala durante 2023, tomando como muestra los aislamientos bacterianos obtenidos en los laboratorios de microbiología de los hospitales de Zacapa,

Huehuetenango, Jutiapa, Chimaltenango, Sacatepéquez, El Progreso y San Marcos, recolectados entre enero y junio de 2025. Los datos fueron procesados mediante el software WHONET 5.6, aplicando estadística descriptiva para calcular frecuencias y proporciones de resistencia, así como estadística inferencial para explorar correlaciones entre los patrones identificados. El procedimiento incluyó una revisión de literatura científica relacionada con resistencia antimicrobiana en Guatemala, la gestión de permisos institucionales para la recopilación de la información, la recolección de datos retrospectivos de aislamientos bacterianos correspondientes al año 2023 y su validación por parte de los investigadores, con el fin de garantizar la coherencia y confiabilidad en la elaboración de tablas que describieron la distribución y los patrones de resistencia bacteriana según los servicios hospitalarios.

Resultados

Durante el año 2023 se registraron 9,385 aislamientos bacterianos en los siete hospitales nacionales incluidos en el estudio. Entre los microorganismos más prevalentes, *Escherichia coli* fue el principal agente identificado, con 4,457 aislamientos (47.5%), seguido de *Klebsiella pneumoniae* con 2,094 (22.3%), *Staphylococcus aureus* con 936 (10.0%) y *Pseudomonas aeruginosa* con 742 (7.9%). Otros agentes clínicamente relevantes incluyeron *Acinetobacter baumannii* y *Enterobacter cloacae*, aunque en menor proporción.

En relación con los mecanismos de resistencia antimicrobiana, se detectaron 3,183 cepas productoras de β-lactamasas de espectro extendido (BLEE), de las cuales la mayoría correspondió a *E. coli* y *K. pneumoniae*. Adicionalmente, se identificaron 129 aislamientos con resistencia MLS (macrólidos, lincosamidas y estreptograminas), distribuidos principalmente en los hospitales de San Marcos, Jutiapa y El Progreso. Estos hallazgos confirman la circulación de mecanismos de resistencia de importancia clínica y epidemiológica en múltiples instituciones.

La distribución por hospitales mostró diferencias relevantes:

- En el Hospital Pedro de Bethancourt, se aislaron principalmente *E. coli* (48.4%) y *K. pneumoniae* (18.7%), con mayor afectación en los pisos de Cirugía y Medicina.
- En el Hospital de El Progreso, los aislamientos se concentraron en *E. coli* (71.9%), destacando el servicio de Emergencia como el más afectado (37.0%).
- En el Hospital Nacional de San Marcos, de los 1,736 aislamientos reportados, el 63% correspondió a *E.*

coli y el 22% a *K. pneumoniae*. Los servicios más comprometidos fueron Cirugía de Hombres (22%) e Intensivos de Adultos (17%).

- En el Hospital Nacional de Chimaltenango, se reportaron 1,709 aislamientos, predominando *E. coli* (33.8%) y *K. pneumoniae* (17.7%), con mayor concentración en la Emergencia de Adultos (14.5%).
- En el Hospital Regional de Zacapa, se documentaron 2,068 aislamientos, con *E. coli* (40.4%) y *K. pneumoniae* (27.9%) como agentes principales, siendo Medicina de Mujeres y Cirugía de Hombres los servicios más afectados.
- En el Hospital Regional de Huehuetenango, *E. coli* representó el 48.4% de los 1,045 aislamientos, seguido por *K. pneumoniae* (18.6%) y *P. aeruginosa* (12.2%), con predominio en Unidades de Cuidados Intensivos.
- Finalmente, en el Hospital Nacional de Jutiapa se registraron 486 aislamientos, destacando *E. coli* (54.7%) y *K. pneumoniae* (20.5%). En este centro se identificó una alta proporción de resistencia a meticilina en *Staphylococcus epidermidis* y *S. aureus*, lo cual representa un hallazgo relevante por su implicación en infecciones asociadas a dispositivos invasivos.
- La distribución por servicios hospitalarios reflejó una concentración de aislamientos en áreas críticas. A nivel nacional, las Unidades de Cuidados Intensivos representaron el 25% de los aislamientos, seguidas de Cirugía (22%), Emergencias (18%), Medicina Interna (15%) y Pediatría (12%). Esta tendencia confirma que los servicios de mayor complejidad y exposición a antibióticos concentran la mayor carga de bacterias resistentes.

Tabla 1

Distribución nacional de microorganismos aislados en hospitales de Guatemala

Microorganismo	Aislamientos	Porcentaje (%)
<i>Escherichia coli</i>	4457	47.5
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	2094	22.3
<i>Staphylococcus aureus</i>	936	10
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	742	7.9

Se muestran los principales agentes bacterianos identificados en los siete hospitales participantes. *Escherichia coli* y *Klebsiella pneumoniae* representaron más del 60% de

los aislamientos totales, confirmando su papel predominante en infecciones hospitalarias.

Tabla 2

Principales mecanismos de resistencia antimicrobiana

Mecanismo de Resistencia	Número de cepas
BLEE	3183
MLS	129

Los mecanismos predominantes fueron las β -lactamasas de espectro extendido (BLEE) y la resistencia MLS. La mayor proporción correspondió a enterobacterias productoras de BLEE, hallazgo consistente con reportes regionales de resistencia

Tabla 3

Servicios hospitalarios con mayor número de aislamientos bacterianos

Servicio hospitalario	Porcentaje (%)
UCI	25
Cirugía	22
Emergencia	18
Medicina Interna	15
Pediatria	12

Las Unidades de Cuidados Intensivos, Cirugía y Emergencias concentraron la mayor carga de aislamientos multirresistentes. Estos hallazgos reflejan la alta exposición a procedimientos invasivos y uso intensivo de antimicrobianos en dichas áreas.

Discusión

El análisis integrado de los resultados obtenidos en los diferentes hospitales evidencia que, si bien *Escherichia coli* fue el patógeno predominante a nivel nacional, su presencia no fue uniforme entre las instituciones. Cada hospital mostró particularidades tanto en la frecuencia como en el contexto clínico de los aislamientos. En algunos hospitales, como el de San Marcos y Huehuetenango, se observó una alta concentración de aislamientos en unidades críticas como cirugía e intensivos, lo cual sugiere una circulación predominante de bacterias multirresistentes asociadas a infecciones nosocomiales. Esto implica un riesgo elevado

para los pacientes hospitalizados en estas áreas, quienes suelen tener estancias prolongadas, múltiples comorbilidades y exposición a dispositivos invasivos, todos factores que facilitan la colonización y posterior infección por patógenos resistentes.

En algunos Hospitales como el Hospital Pedro de Bethancourt, cabe destacar que en el contexto de este estudio no se lograron recopilar datos sobre otros mecanismos de resistencia bacteriana, como carbapenemas y aminoglucósidos, debido a que el hospital contaba en ese momento con un equipo de laboratorio diferente al actual. Esto representa una limitación importante, pues impide obtener una visión completa del perfil de resistencia.

En contraste, en hospitales como El Progreso, los aislamientos se concentraron principalmente en áreas de atención primaria como emergencia y consulta externa. Este hallazgo podría estar asociado a una mayor circulación comunitaria de bacterias resistentes, lo cual representa una amenaza epidemiológica que trasciende el entorno hospitalario.

En el caso de Zacapa, la distribución de los aislamientos fue más equilibrada entre los distintos servicios hospitalarios, incluyendo medicina interna, cirugía y pediatría. Esto sugiere una dispersión más amplia de la resistencia antimicrobiana en distintas poblaciones y contextos clínicos, lo que obliga a considerar estrategias de control que abarque tanto áreas críticas como servicios de atención general. Por su parte, el hospital de Chimaltenango presentó un patrón de distribución hospitalario típico, con predominio de aislamientos en emergencias, unidades intensivas y servicios quirúrgicos. Esto coincide con lo esperado en centros con alta demanda asistencial y pacientes con cuadros clínicos graves, y refleja la necesidad de reforzar las políticas de bioseguridad, así como el uso racional de antimicrobianos en esos servicios específicos.

Por último, en el Hospital Nacional de Jutiapa, los resultados apuntaron a una mayor concentración de aislamientos en servicios pediátricos, especialmente en unidades de cuidado intensivo neonatal y áreas de recién nacidos. Este perfil resulta particularmente preocupante, ya que los pacientes pediátricos, en especial los neonatos, tienen sistemas inmunes inmaduros y una alta susceptibilidad a infecciones invasivas. La presencia de bacterias multirresistentes en estos contextos representa un riesgo elevado de complicaciones graves, fallas terapéuticas y mortalidad. Un estudio en Colombia, evidencia el aumento de la colonización por microorganismos productores de carbapenemas en neonatos. Los resultados de este estudio demuestran que un porcentaje significativo de neonatos

que ingresan a las Unidades de Cuidado Neonatal se encuentran colonizados con Enterobacterias productoras de carbapenemas en tracto intestinal.

La frecuencia elevada de *E. coli* forma parte de la microbiota intestinal normal y, por tanto, sugiere un origen endógeno en muchas infecciones relacionadas con el aparato urinario, el cual fue uno de los focos más frecuentes de aislamiento (Oliverira, 2023). Su prevalencia también se ve favorecida por su habilidad para adherirse a epitelios, formar biopelículas y resistir ciertos antimicrobianos, lo que le permite diseminarse con rapidez en ambientes hospitalarios, sobre todo en pacientes con sondas, heridas o inmunocomprometidos. De hecho, en varios hospitales, como San Marcos, Zacapa, Huehuetenango y Jutiapa, *E. coli* fue el patógeno predominante y en muchos casos duplicó en frecuencia a *Klebsiella pneumoniae* y *Staphylococcus aureus*.

Un estudio realizado en Ecuador bajo el enfoque de “Una Salud”, documentó la coexistencia de genes BLEE y mcr-1 en cepas de *E. coli* y *Klebsiella pneumoniae* tanto en humanos como en animales domésticos (Caldes, 2024). Este hallazgo demuestra que la resistencia antimicrobiana no es un fenómeno aislado del ámbito hospitalario, sino que forma parte de un ecosistema interconectado. Igualmente, la expansión de genes de resistencia como BLEE y carbapenemas está directamente vinculada al uso intensivo de antibióticos en medicina humana, veterinaria y agricultura, reafirmando la necesidad de integrar esfuerzos desde múltiples sectores (Darby et al., 2023).

Respecto a los mecanismos de resistencia, destaca el alto porcentaje de cepas productoras de BLEE, principalmente en *E. coli* y *K. pneumoniae*, lo que se repite en hospitales como Chimaltenango, Zacapa, San Marcos, Huehuetenango y Jutiapa. Su presencia masiva en estos hospitales evidencia una presión antimicrobiana significativa, debido a que el uso extendido de antibióticos facilita la selección y propagación de cepas resistentes.

En algunos hospitales como el de Jutiapa, se identificaron además mecanismos de resistencia más preocupantes, como la producción de carbapenemas y resistencia a meticilina en *S. aureus* y *S. epidermidis*. Estos mecanismos son considerados críticos por la OMS, ya que comprometen los tratamientos de última línea y se asocian a una elevada morbilidad (OMS, 2017; Tacconelli et al., 2018).

Finalmente, el objetivo que planteaba la comparación entre hospitales y el análisis de diferencias epidemiológicas, fue logrado a través de una integración comparativa de los resultados por centro hospitalario, evidenciándose en la prevalencia de perfiles de resistencia (MDR, XDR, PDR).

Los resultados obtenidos en los hospitales nacionales de Guatemala evidencian una alta prevalencia de bacterias patógenas asociadas a infecciones intrahospitalarias, siendo *Escherichia coli* y *Klebsiella pneumoniae* las especies predominantes, con 4,457 y 2,094 aislamientos respectivamente. En cuanto a los mecanismos de resistencia, destaca la detección de 3,183 cepas productoras de β-lactamasas de espectro extendido (BLEE), principalmente entre *E. coli* y *K. pneumoniae*.

Por otro lado, la identificación de 129 aislamientos con resistencia al grupo MLS (macrólidos, lincosamidas y estreptograminas), concentrados en los hospitales de San Marcos, Jutiapa y El Progreso, sugiere la circulación de estafilococos resistentes, posiblemente *S. aureus* y estafilococos coagulasa negativos, que representan un desafío clínico adicional, especialmente en infecciones de piel, tejidos blandos y pacientes con dispositivos médicos (Delgado-Valverde et al., 2016).

La resistencia antimicrobiana continúa siendo una de las principales amenazas para la salud pública a nivel mundial, y los resultados observados en los hospitales evaluados reflejan claramente esta realidad. De todos los centros analizados, el Hospital Nacional de Jutiapa se posiciona como el que presenta una mayor proporción de resistencia en relación con el total de aislamientos realizados. A pesar de manejar una cantidad de muestras menor en comparación con otros hospitales, este centro mostró una carga elevada de microorganismos resistentes.

En cuanto al Hospital Nacional de Chimaltenango, que realizó un volumen de aislamientos similar al de otros hospitales grandes, reportó la menor proporción de resistencia. Este comportamiento sugiere la posible implementación de prácticas más rigurosas en cuanto al control de infecciones, una política más estricta en el uso de antibióticos y una mejor educación del personal sanitario en relación con la prevención de la diseminación de patógenos multirresistentes.

En general, se observó que los mecanismos de resistencia relacionados con la producción de betalactamasas de espectro extendido (BLEE) fueron los más prevalentes en comparación con las resistencias asociadas al grupo de los macrólidos, lincosamidas y estreptograminas (MLS). Este hallazgo coincide con múltiples estudios recientes que han señalado un incremento global sostenido de BLEE, sobre todo en enterobacterias como *Escherichia coli* y *Klebsiella pneumoniae*.

Por otro lado, el Hospital de El Progreso y el Hospital “Dr. Jorge Vides Molina” de Huehuetenango presentaron

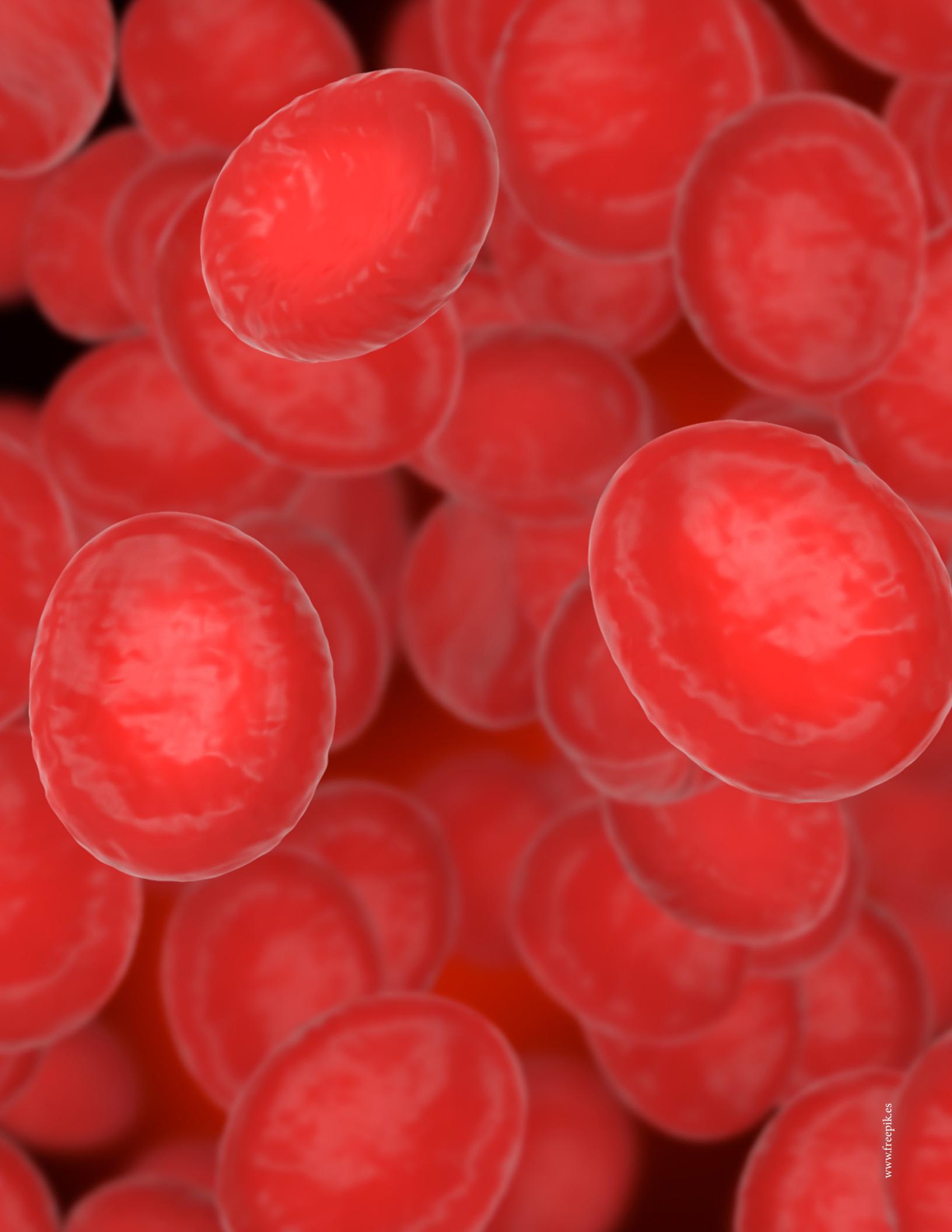
también niveles de resistencia elevados, lo que resalta la necesidad de reforzar en ellos las estrategias de vigilancia, higiene hospitalaria y formación del personal.

Agradecimientos

Agradecemos a la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala por el apoyo institucional brindado en el desarrollo de esta investigación. Asimismo, expresamos nuestro sincero reconocimiento a los directores y equipos de los laboratorios de microbiología de los hospitales nacionales participantes (Zacapa, Huehuetenango, Jutiapa, Chimaltenango, Sacatepéquez, El Progreso, San Marcos y Hospital Pedro de Bethancourt), quienes facilitaron el acceso a los datos y colaboraron en su validación. Agradecemos también a nuestro asesor M.A. Erwin Emilio García Fuentes por su orientación científica y acompañamiento constante.

Bibliografía

- Caldes C. Genes BLEE y mcr-1 en Enterobacterias de humanos y animales en Ecuador: un enfoque Una Salud. *Rev Salud Glob.* 2024;10(1):45-53.
- Darby A, Rodríguez J, Salazar M. Mecanismos de resistencia bacteriana en hospitales latinoamericanos. *Rev Infectología.* 2023;37(4):201-210.
- Delgado-Valverde M, Sojo-Dorado J, Pascual Á, Rodríguez-Baño J. Clinical management of infections caused by multidrug-resistant Gram-positive pathogens. *Rev Esp Quimioter.* 2016;29(3):142-149.
- Organización Mundial de la Salud. Global action plan on antimicrobial resistance. Ginebra: OMS; 2017.
- Oliveira R. Escherichia coli as predominant uropathogen in hospital infections. *Rev Bras Microbiol.* 2023;54(2):233-240.
- Tacconelli E, et al. Discovery, research, and development of new antibiotics: the WHO priority list of antibiotic-resistant bacteria. *Lancet Infect Dis.* 2018;18(3):318-327.



Hemoglobina glicosilada (HbA1c) como predictor de deterioro en la Función Renal de pacientes diabéticos ambulatorios que acuden al laboratorio de referencia de la Dirección Departamental de Redes Integradas de Servicios de Salud de Huehuetenango (DDRISSH)

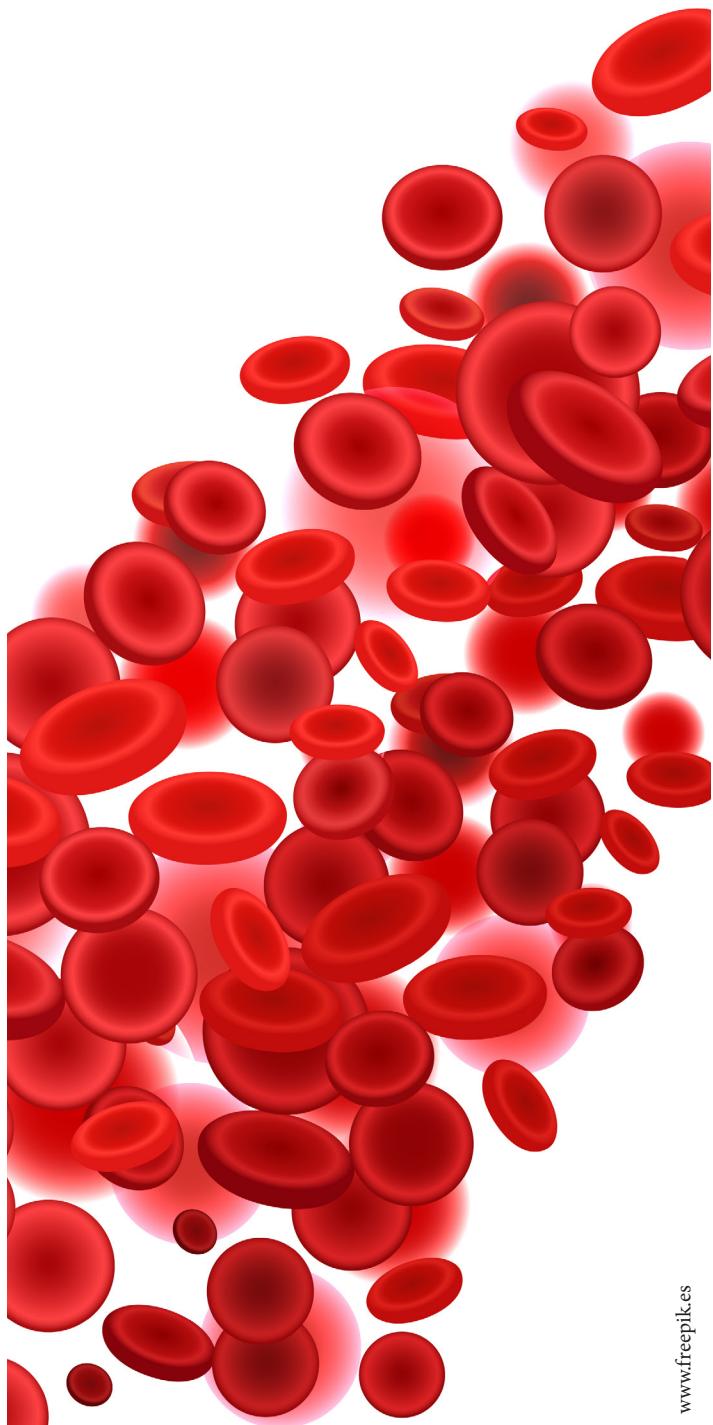
Glycosylated hemoglobin (HbA1c) as a predictor of renal function impairment in diabetic outpatients attending the reference laboratory of the Departmental Direction of Integrated Health Services Networks of Huehuetenango (DDRISSH)

Guillermo José Molina Sánchez¹, García F., E¹

¹Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia,
Programa de Experiencias Docentes con la Comunidad -EDC-,

Ejercicio Profesional Supervisado -EPS-, Química Biológica.

Correspondencia: qbusaceps@gmail.com



Resumen

La hemoglobina glicosilada (HbA1c) es un marcador reconocido para evaluar el control glucémico a largo plazo en pacientes diabéticos y ha mostrado asociación con diversas complicaciones, incluyendo el deterioro de la función renal (American Diabetes Association, 2021; Nguyen et al., 2018). Este estudio tuvo como objetivo evaluar la relación entre los niveles de HbA1c y el deterioro de la función renal en pacientes diabéticos ambulatorios que acudieron al laboratorio de referencia de la Dirección Departamental de Redes Integradas de Servicios de Salud de Huehuetenango (DDRISSH) durante el periodo de enero a mayo de 2025. Se realizó un análisis correlacional basado en la medición de HbA1c, tasa de filtración glomerular (TFG) y creatinina sérica en 100 pacientes seleccionados mediante criterios específicos. Los resultados evidenciaron una asociación estadísticamente significativa entre niveles elevados de HbA1c y disminución de la función renal, lo que posiciona a la HbA1c como un predictor útil para el deterioro renal (Gross et al., 2020; Larsen et al., 2020). Estos hallazgos pueden orientar intervenciones tempranas que mejoren la gestión clínica y los resultados en salud de esta población (Gross et al., 2020).

Glycosylated hemoglobin (HbA1c) is a recognized marker for assessing long-term glycemic control in diabetic patients and has been shown to be associated with various complications, including impaired renal function (American Diabetes Association, 2021; Nguyen et al., 2018). This study aimed to evaluate the relationship between HbA1c levels and impaired renal function in diabetic outpatients who attended the reference laboratory of the Huehuetenango Departmental Directorate of Integrated Health Services Networks (DDRISSH) during the period from January to May 2025. A correlational analysis was performed based on the measurement of HbA1c, glomerular filtration rate (GFR), and serum creatinine in 100 patients selected using specific criteria. The results showed a statistically significant association between elevated HbA1c levels and decreased renal function, positioning HbA1c as a useful predictor of renal impairment (Gross et al., 2020; Larsen et al., 2020). These findings may guide early interventions to improve clinical management and health outcomes in this population (Gross et al., 2020).

Palabras claves: Hemoglobina glicosilada, HbA1c, función renal, deterioro renal, diabetes mellitus, tasa de filtración glomerular, creatinina sérica, predicción de complicaciones.

Introducción

La diabetes mellitus representa una importante enfermedad crónica con impacto significativo en la salud pública debido a sus complicaciones multisistémicas, especialmente las renales. La hemoglobina glicosilada (HbA1c) es un biomarcador fundamental en el control glucémico, reflejando el promedio de glucosa en sangre durante los últimos dos o tres meses (American Diabetes Association, 2021). Su utilidad se ha extendido no solo para monitorizar el control glucémico sino también como predictor de complicaciones diabéticas, incluido el deterioro de la función renal (Nguyen et al., 2018; Gross et al., 2020). Estudios precedentes han establecido una fuerte correlación entre niveles elevados de HbA1c y el riesgo aumentado de nefropatía diabética (Nguyen et al., 2018). Sin embargo, existe una escasez de datos específicos en poblaciones de Guatemala, particularmente en la región de Huehuetenango. Este estudio intenta llenar este vacío evaluando los niveles de HbA1c y su relación con marcadores renales en pacientes diabéticos ambulatorios locales, con el objetivo de facilitar intervenciones clínicas más efectivas y personalizadas (Gross et al., 2020).

Materiales y Métodos

El estudio se diseñó como un análisis observacional basado en una muestra de 100 pacientes diabéticos ambulatorios que acudieron al laboratorio de referencia de la DDRISH entre el 1 de enero y el 31 de mayo de 2025 (DDRISSH, 2025). Se incluyeron pacientes mayores de 18 años que no presentaban diagnóstico previo de enfermedad renal crónica, eliminando a aquellos con condiciones concomitantes que afectaran directa o indirectamente la función renal. Se recolectaron muestras de sangre para la cuantificación de HbA1c mediante métodos estandarizados acreditados, así como mediciones de creatinina sérica para estimar la tasa de filtración glomerular (TFG) utilizando fórmulas validadas (Gross et al., 2020; Larsen et al., 2020). Los datos fueron analizados estadísticamente a través de pruebas de correlación y regresión para determinar la asociación entre HbA1c elevada y deterioro de la función renal. El protocolo se desarrolló respetando principios éticos, obteniéndose consentimiento informado de todos los participantes (DDRISSH, 2025).

Resultados

Los análisis mostraron que el 62% de los pacientes presentaban niveles de HbA1c por encima del objetivo recomendado ($>7\%$) (American Diabetes Association, 2021). Se encontró una correlación negativa significativa ($p<0.01$) entre los niveles de HbA1c y la tasa de filtración glomerular, con un aumento concomitante en los niveles de creatinina

sérica en pacientes con HbA1c elevada (Gross et al., 2020). Aproximadamente un 40% de los pacientes con HbA1c superior a 8% evidenciaron una disminución marcada en la función renal, mientras que aquellos con HbA1c controlada presentaron función renal estable. Estos hallazgos apoyan la hipótesis de que niveles elevados de HbA1c están asociados con un mayor riesgo de deterioro renal en esta población (Nguyen et al., 2018; Gross et al., 2020).

Discusión

Los resultados obtenidos concuerdan con la literatura global que reporta la HbA1c como un marcador predictivo clave para complicaciones renales en pacientes diabéticos (Gross et al., 2020; Nguyen et al., 2018). La significancia estadística encontrada subraya la importancia del control glucémico estricto para prevenir el daño renal progresivo. Si bien la HbA1c tiene limitaciones en etapas avanzadas de nefropatía, su utilidad en estadios tempranos permanece evidente (Gross et al., 2020). La población estudiada refleja características demográficas y socioeconómicas específicas, lo que resalta la necesidad de estrategias adaptadas localmente para el manejo de la diabetes y sus complicaciones (Gross et al., 2020). Se recomienda ampliar la muestra en futuros estudios y evaluar variables adicionales que puedan influir en el deterioro renal.

Conclusiones

Este estudio confirma que los niveles elevados de hemoglobina glicosilada constituyen un predictor significativo del deterioro de la función renal en pacientes diabéticos ambulatorios de Huehuetenango. La integración del monitoreo regular de HbA1c con evaluaciones periódicas de la función renal podría mejorar la detección temprana y la intervención efectiva, optimizando los resultados clínicos y reduciendo la carga asociada a complicaciones renales.

Recomendaciones

Se aconseja implementar protocolos de seguimiento coordinados que incluyan mediciones periódicas de HbA1c y evaluación de función renal en pacientes diabéticos. La educación dirigida sobre la importancia del control glucémico y su impacto renal debe ser prioritaria. Asimismo, se recomienda investigar factores adicionales que contribuyan al deterioro renal y diseñar intervenciones multidisciplinarias adaptadas a la realidad local. Finalmente, fortalecer los recursos y capacitación en centros de salud para mejorar el diagnóstico y manejo integral de la diabetes y sus complicaciones renales.

Agradecimiento

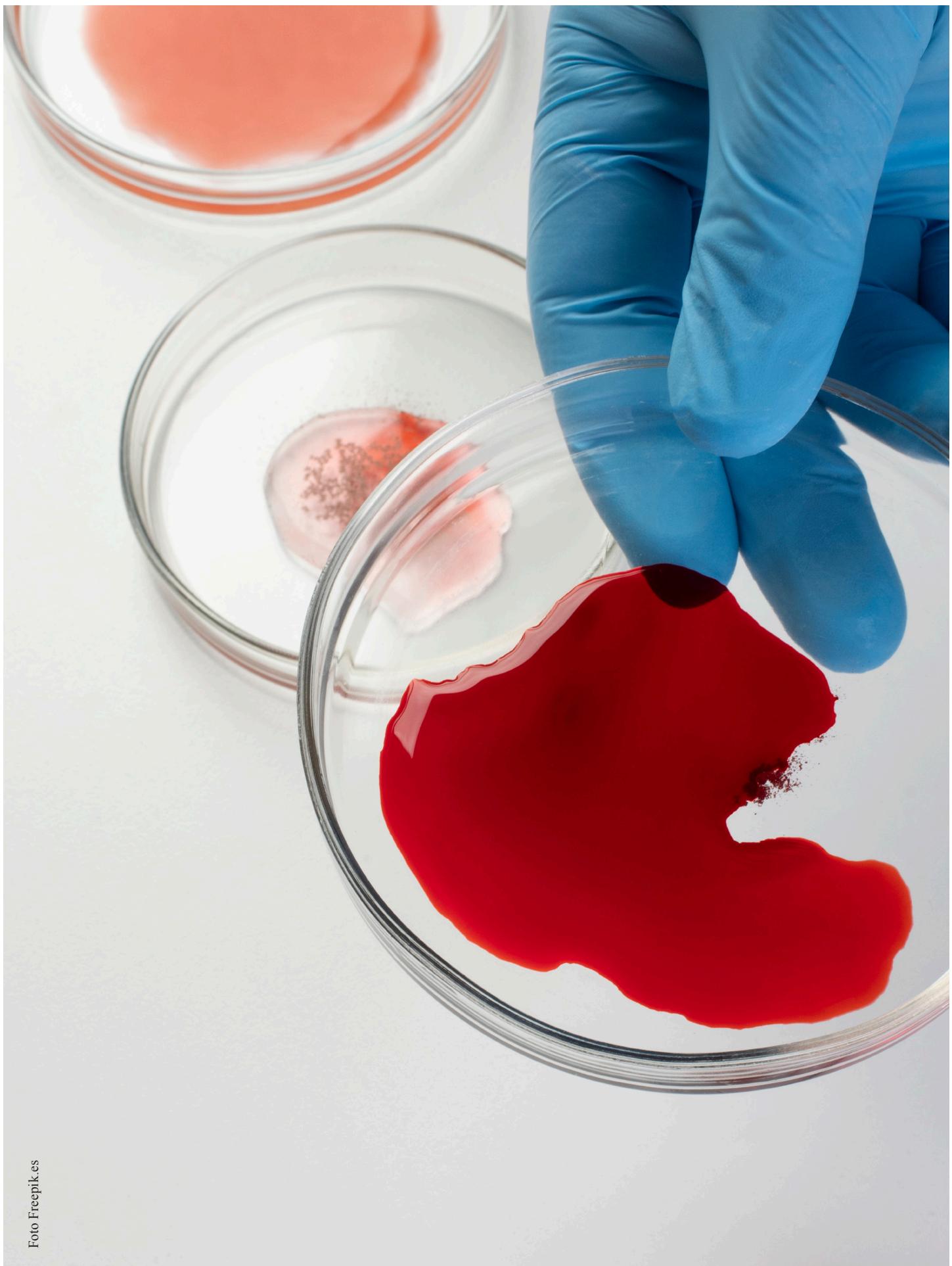
Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a la Dirección Departamental de Redes Integradas de Servicios de Salud de Huehuetenango (DDRISSH) por el invaluable apoyo técnico y logístico brindado para la realización de este estudio. Su colaboración fue fundamental para llevar a cabo esta investigación de manera exitosa.

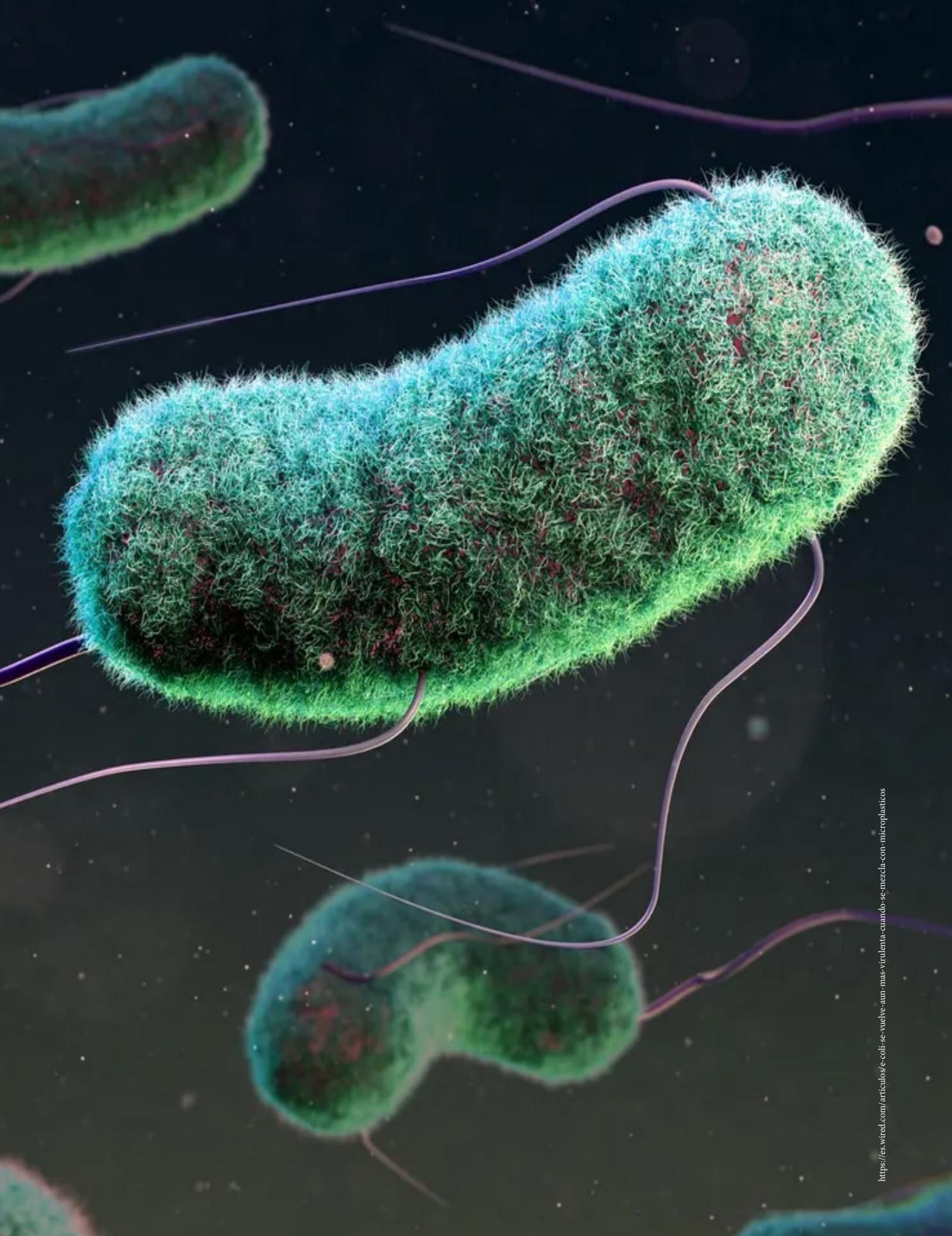
Asimismo, agradezco de manera especial a mis padres por su constante apoyo, comprensión y motivación durante todo el proceso. Sin su respaldo incondicional, este trabajo no habría sido posible.

Referencias

- American Diabetes Association. (2021). *Standards of Medical Care in Diabetes—2021*. Recuperado de: https://diabetesjournals.org/care/article/44/Supplement_1/S1/30961/Introduction-Standards-of-Medical-Care-in-Diabetes
- Gross, J., de Azevedo, M., Silveiro, S., Canani, L., Caramori, M., & Zelmanovitz, T.(2020). Diabetic nephropathy: diagnosis, prevention, and treatment. Recuperado de: <https://diabetesjournals.org/care/article/28/1/164/25782/Diabetic-Nephropathy-Diagnosis-Prevention-and>
- Larsen, M., Tofte, N., Clausen, P., Kamper, A. L., & Rossing, P. (2020). The role of HbA1c in predicting progression to diabetic kidney disease. *Diabetes Research and Clinical Practice*. Recuperado de: [https://www.diabetesresearchclinicalpractice.com/article/S0168-8227\(20\)30385-5/abstract](https://www.diabetesresearchclinicalpractice.com/article/S0168-8227(20)30385-5/abstract)
- Nguyen, T. Q., Ma, W., Mackensen-Haen, S., & Park, J. T. (2018). HbA1c as a predictor of clinical outcomes in diabetic nephropathy: The dilemma between good and bad glycemic control. Recuperado de: <https://academic.oup.com/ndt/article/33/7/1180/4084311>

QUÍMICA BIOLÓGICA





Evaluación de la Resistencia Antimicrobiana de *Escherichia coli* presentes en el Agua Residual de Hospitales Nacionales de la Red del País

*Evaluation the Antimicrobial Resistance of *Escherichia coli* present in the Wastewater of National Hospitals in the Country's Network*

Martha García Salas¹, Emilio García², Ana Rodas de García³, Vera Paredes⁴.

¹ *Epesista de Química Biológica, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.*

² *Supervisor de EPS de Química Biológica, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.*

Programa de Experiencias Docentes con la Comunidad -EDC-

Correspondencia: qbusaceps@gmail.com

³ *Jefa de laboratorio LAFYM, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC. email lafymusac@gmail.com*

⁴ *Administradora de laboratorio LAFYM, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.*



Resumen

El presente estudio evaluó la resistencia antimicrobiana de *Escherichia coli* aislada de aguas residuales en hospitales nacionales de Guatemala, con el objetivo de identificar su presencia, caracterizar su perfil de resistencia y examinar factores asociados a la contaminación microbiológica hospitalaria. Se recolectaron muestras en 10 hospitales durante la época seca de 2025, analizándose microbiológicamente en el laboratorio LAFYM mediante métodos bioquímicos y el test de difusión en disco para seis antibióticos.

Los resultados revelaron contaminación fecal en el 70% de los hospitales, con alta resistencia a Trimetoprim/Sulfametoazol (57.1%) y completa sensibilidad a Meropenem. Solo cuatro hospitales cumplieron con criterios microbiológicos en el tratamiento de aguas residuales. Se concluye que es necesario fortalecer la vigilancia microbiológica, optimizar los sistemas de tratamiento y promover el uso racional de antimicrobianos bajo un enfoque integral One Health.

Palabras claves: Agua residual, *Escherichia coli*, Resistencia Antimicrobiana, Hospitales.

Abstract

This study evaluated the antimicrobial resistance of *Escherichia coli* isolated from wastewater in national hospitals in Guatemala. The objective was to identify its presence, characterize its resistance profile, and examine factors associated with hospital microbiological contamination. Samples were collected from 10 hospitals during the dry season of 2025 and were microbiologically analyzed in the LAFYM laboratory using biochemical methods and the disk diffusion test for six antibiotics.

The results revealed fecal contamination in 70% of the hospitals, with high resistance to Trimethoprim/Sulfamethoxazole (57.1%) and complete susceptibility to Meropenem. Only four hospitals met microbiological criteria for wastewater treatment. It is concluded that it is necessary to strengthen microbiological surveillance, optimize treatment systems, and promote the rational use of antimicrobials within a comprehensive One Health approach.

Keywords: Wastewater, *Escherichia coli*, Antimicrobial Resistance, Hospitals.

Introducción

La presencia de *Escherichia coli* en el agua, es un indicador específico de la contaminación fecal humana, animal o de aguas residuales sin tratar. Su supervivencia en medios no entéricos es limitada, por lo que su presencia indica una contaminación reciente (Akbar, et al., 2022).

La resistencia antimicrobiana (RAM) es un fenómeno global de preocupación creciente debido a su impacto en la salud pública y en los sistemas sanitarios. Se produce cuando microorganismos, como bacterias, virus, hongos y parásitos, desarrollan mecanismos que les permiten resistir el efecto de los antimicrobianos que antes eran efectivos para tratarlos (World Health Organization [WHO], 2021).

Las aguas residuales generadas en entornos hospitalarios representan un elemento crucial, aunque frecuentemente ignorado, en la diseminación de la resistencia a los antimicrobianos (RAM). Estas aguas actúan como reservorios y vías de transmisión relevantes para bacterias resistentes. Debido a la elevada presencia de antibióticos y otros fármacos en su composición, se convierten en puntos críticos que favorecen la aparición de bacterias patógenas resistentes y contribuyen a la propagación de infecciones a nivel mundial. Por consiguiente, las aguas residuales hospitalarias representan una vía significativa mediante la cual los antibióticos y otros residuos biológicos, incluidos restos humanos con antimicrobianos no metabolizados, llegan al medio ambiente (Endalamaw, et al., 2024).

De acuerdo con informes de la Organización Mundial de la Salud (OMS), estas aguas constituyen una fuente global relevante en la generación de bacterias patógenas resistentes. Por ello, resulta fundamental identificar los perfiles de resistencia bacteriana presentes en estas aguas para diseñar estrategias específicas que permitan mitigar su impacto ambiental (Endalamaw, et al., 2024).

Varios estudios han propuesto recientemente el monitoreo de aguas residuales como una herramienta prometedora para la vigilancia de la resistencia a los antibióticos (Hutinel, et al., 2019). La resistencia antimicrobiana (RAM) es una amenaza global que compromete la eficacia de los tratamientos médicos, aumentando la morbilidad y mortalidad asociadas a infecciones bacterianas. *E. coli*, una bacteria gramnegativa y parte de la microbiota intestinal humana, ha emergido como un indicador crítico en estudios de RAM debido a su prevalencia y capacidad de adquirir genes de resistencia. Su detección en aguas residuales provenientes de hospitales nacionales y regionales proporciona información clave sobre la diseminación de genes de resistencia en el ambiente y su impacto en la salud pública (Huijbers, et al., 2023).

Los hospitales son reconocidos como puntos de alta concentración de antimicrobianos debido al uso intensivo de estos agentes en pacientes. Como resultado, las aguas residuales hospitalarias constituyen una fuente importante de microorganismos resistentes y genes relacionados con la RAM (Czekalski, et al., 2014). Esto implica un riesgo significativo, ya que estas aguas a menudo llegan a sistemas de tratamiento insuficientes o son vertidas directamente al ambiente, contribuyendo a la dispersión de resistencia en comunidades circundantes y ecosistemas acuáticos (Michael, et al., 2021).

Guatemala cuenta con normativas relacionadas con el manejo de residuos hospitalarios (Acuerdo Gubernativo 509-2001) y el vertido de aguas residuales (Acuerdo Gubernativo 236-2006). Sin embargo, en esta investigación se evaluará la presencia/ausencia de *E. coli* en aguas residuales.

La iniciativa de One Health reconoce la interconexión entre la salud humana, animal y ambiental, lo que la convierte en un marco ideal para abordar la problemática de *Escherichia coli* resistente a los antimicrobianos y su impacto en los ecosistemas y la salud pública (One Health Commission, 2023).

En este contexto, evaluar la resistencia antimicrobiana de *E. coli* en las aguas residuales hospitalarias permite no solo monitorear la circulación de cepas resistentes, sino también identificar posibles puntos críticos en la cadena de diseminación. Este tipo de investigaciones puede guiar políticas públicas orientadas a mejorar los sistemas de tratamiento de aguas residuales, así como optimizar el uso de antimicrobianos en los hospitales (Kümmerer, 2009).

Por lo tanto, en el presente estudio se analizó la resistencia antimicrobiana de *E. coli* en aguas residuales hospitalarias, se identificaron patrones de resistencia y su relación con el manejo hospitalario y la infraestructura de saneamiento en el país.

Materiales y Métodos

Este análisis se llevó a cabo con una enfoque descriptivo y analítico, utilizando un diseño experimental de corte transversal para valorar la resistencia a los antimicrobianos de *E. coli* en el agua residual de hospitales nacionales y regionales. El proceso se dividió en distintas etapas, comenzando con la preparación del material, la recolección y transporte de muestras, el análisis microbiológico, la evaluación de la resistencia antimicrobiana y su distribución en los diversos lugares y regiones del país, finalmente, el análisis de los datos obtenidos.

En la primera fase, se tomaron muestras de agua residual en puntos estratégicos de distribución en los hospitales seleccionados, como son drenajes, alcantarillas, fosas sépticas o plantas de tratamiento de aguas residuales.

Las muestras se transportaron al laboratorio con cuidado, prestando atención para que no se caigan o derramen. Las condiciones perfectas para transportar las muestras son: cadena de frío y se sugirió una temperatura entre 1 – 5 °C.

La identificación de *Escherichia coli* en las muestras de agua residual se realizó siguiendo la marcha (Anexo 1). Empezando con la inoculación de la muestra en Caldo Lauril, tras la incubación, en Agar EMB y Agar MacConkey, se observaron colonias características, se realizó IMViC y Chromocult para evidenciar la presencia de la enzima beta-glucuronidasa y confirmar la presente en *E. coli*.

Una vez confirmada la presencia de *E. coli* se procedió al aislamiento en Agar Mueller Hinton, tras su incubación, se evaluó la resistencia antimicrobiana. Se utilizó el método de Kirby-Bauer, que consiste en la difusión en disco de antibióticos sobre un cultivo bacteriano para medir la zona de inhibición y determinar la sensibilidad o resistencia de las cepas a varios antibióticos. Esta técnica es considerada el estándar de referencia para la evaluación de la susceptibilidad bacteriana (Herrera, 1999). Los discos de antibióticos que se utilizaron fueron: Amoxicilina/Ácido Clavulánico, Cefotaxime, Ceftazidime, Ciprofloxacina, Meropenem y Trimetroprim/Sulfametoazol.

Los resultados obtenidos se registraron en una base de datos digital y manual, asegurando la trazabilidad de cada muestra desde la recolección hasta la interpretación de los resultados. Se empleó estadística descriptiva para calcular la frecuencia de detección de *E. coli* en las muestras de agua hospitalaria, así como la distribución de resistencia a distintos antimicrobianos.

Se recolectaron muestras de agua residual de los siguientes hospitales públicos de Guatemala en la época seca (febrero y marzo de 2025).

- Centro de Atención Permanente de Tactic
- Hospital Fray Bartolomé de la Casas
- Hospital Nacional Ernestina García Vda. de Recinos
- Hospital de El Progreso
- Hospital Pedro Bethancourt
- Hospital Regional de Cobán
- Hospital Nacional de Salamá

- Hospital de Tiquisate
- Hospital Regional de Zacapa
- Hospital Regional de El Quiché
- Hospital Nacional San Marcos “Dr. Moises Villagrán M.”

Los materiales utilizados para la presente investigación fueron:

- Guantes
- Cofia
- Mascarilla
- Bata
- Lapiceros
- Computadora
- Recipientes para la toma de muestra de agua estériles (galón de 1L)
- Coladores de plástico
- Material para desinfección (algodón con alcohol)
- Hieleras
- Bolsas de hielo
- Carta de autorización de toma de muestra (Anexo 2)
- Hoja formato para anotar las condiciones de la muestra (Anexo 3)
- Hoja de registro para el procesamiento de muestras
- Hoja de registro del perfil antimicrobiano
- Hoja de registro de preparación de medios de cultivo
- Hoja de registro de control de preparación medios de aislamiento
- Hoja de registro de control de uso de autoclave
- Hoja de reporte de resultados
- Boecos de vidrio con Caldo Lauril Sulfato de 90 mL
- Bolsas WHIRL-PAK NASCO
- Placa Petri con Agar EMB
- Placa Petri con Agar Nutritivo
- Placa Petri con Agar Chromocult
- IMViC (Indol, Rojo de Metilo, Voges-proskauer y Citrato)
- Cajas Petri con agar Müller-Hinton

- Asas en argolla
- Discos de antibióticos para Enterobacterias
- Mecheros
- Fósforos

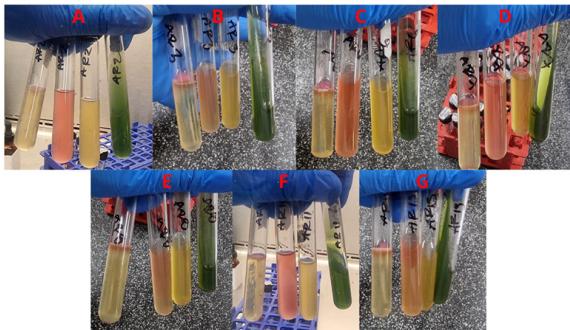
El estudio se desarrolló respetando los principios éticos de investigación en salud pública. Se obtuvo la autorización de las autoridades hospitalarias para la recolección de muestras y el análisis microbiológico. Además, se aseguró la confidencialidad de la información sobre las fuentes de agua evaluadas. La investigación cumplió con los lineamientos de la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2020) en el manejo de microorganismos resistentes, evitando cualquier riesgo biológico para el personal involucrado.

Resultados

Durante la ejecución de la presente investigación se alcanzaron diversos logros concretos. En primer lugar, se logró realizar de manera efectiva la toma de muestras de aguas residuales en 10 hospitales públicos de distintas regiones del país, seleccionando puntos estratégicos como drenajes de laboratorios, salas de cirugía, alcantarillas, fosas sépticas y plantas de tratamiento. Esta actividad se llevó a cabo bajo condiciones controladas, respetando la cadena de frío durante el transporte de las muestras hasta el Laboratorio de Análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos (LAFYM), lo que garantizó su integridad para su posterior análisis microbiológico.

Posteriormente, se efectuó con éxito la identificación microbiológica de *Escherichia coli* en las muestras recolectadas.

IMVIC como prueba confirmatoria de *E. coli* de las muestras de aguas residuales.



Nota. A: Hospital Fray Bartolomé de la Casas; B: Hospital Nacional Ernestina García Vda. de Recinos; C: Hospital Pedro Bethancourt; D: Hospital Regional de Cobán; E: Hospital Nacional de Salamá; F: Hospital Regional de Zacapa; G: Hospital Nacional San Marcos “Dr. Moisés Villagrán M”.

Tabla 1
Determinación de la presencia de *E. coli* en muestras de agua residual recolectadas en la red de hospitales nacionales y regionales del país

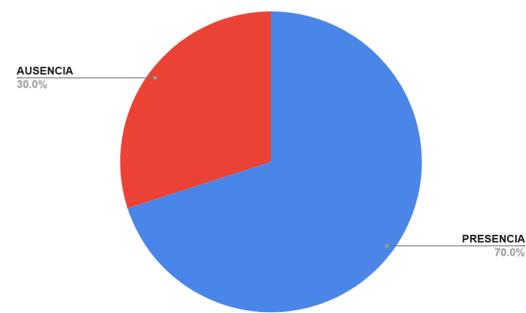
Hospitales nacionales y regionales del país	<i>E. coli</i>
Centro de Atención Permanente de Tactic	Ausencia
Hospital Fray Bartolomé de la Casas	Presencia
Hospital Nacional Ernestina García Vda. de Recinos	Presencia
Hospital de El Progreso	Ausencia
Hospital Pedro Bethancourt	Presencia
Hospital Regional de Cobán	Presencia
Hospital Nacional de Salamá	Presencia
Hospital Regional de Zacapa	Presencia
Hospital Regional de El Quiché	Ausencia
Hospital Nacional San Marcos “Dr. Moisés Villagrán M”	Presencia

Nota. Datos obtenidos en el Laboratorio de Análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos (LAFYM).

Para ello, se empleó una serie de pruebas microbiológicas estándar que incluyeron cultivo, subcultivo y pruebas bioquímicas, lo cual permitió confirmar la presencia de *E. coli* en 7 de los 10 hospitales evaluados, equivalente a un 70.0% de positividad.

Figura 1

Determinación del porcentaje de presencia/ausencia de *E. coli* en muestras de agua residual recolectadas en la red de hospitales nacionales y regionales del país

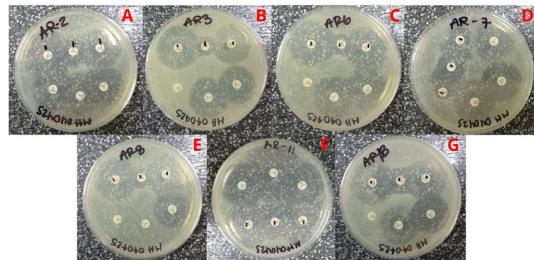


Nota. Datos obtenidos en el Laboratorio de Análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos (LAFYM).

Este resultado refleja la eficacia del protocolo de análisis bacteriológico implementado, permitiendo establecer con claridad la frecuencia de contaminación fecal en las aguas residuales hospitalarias.

Asimismo, se logró determinar el perfil de resistencia antimicrobiana de las cepas de *E. coli* aisladas mediante el método de difusión en disco de Kirby-Bauer.

Perfil de resistencia antimicrobiana de *E. coli* de las muestras de aguas residuales por el método de Kirby Bahuer



Nota. A: Hospital Fray Bartolomé de la Casas; B: Hospital Nacional Ernestina García Vda. de Recinos; C: Hospital Pedro Bethancourt; D: Hospital Regional de Cobán; E: Hospital Nacional de Salamá; F: Hospital Regional de Zacapa; G: Hospital Nacional San Marcos “Dr. Moisés Villagrán M”.

Tabla 2

Caracterización del perfil de resistencia antimicrobiana de las cepas aisladas de *E. coli* mediante el método de Kirby Bauer

Antibiótico	Susceptible	Intermedio	Resistente
Amoxicilina / Ácido Clavulánico	5 (71.42%)	1 (14.29%)	1 (14.29%)
Cefotaxime	6 (85.71%)	0 (0.00%)	1 (14.29%)
Ceftazidime	6 (85.71%)	0 (0.00%)	1 (14.29%)
Ciprofloxacina	6 (85.71%)	0 (0.00%)	1 (14.29%)
Meropenem	7 (100.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)
Trimetroprim / Sulfametoxazol	3 (42.86%)	0 (0.00%)	4 (57.14%)

Nota. Datos obtenidos en el Laboratorio de Análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos (LAFYM).

La Tabla 2 muestra que meropenem fue el antibiótico más efectivo, con un 100% de sensibilidad en las cepas evaluadas, seguido por cefotaxime, ceftazidime y ciprofloxacina con un 85.71% de sensibilidad. Por el contrario, se evidenció una elevada resistencia a trimetoprim/sulfametoxazol en un 57.14% de las cepas. La aplicación de esta técnica microbiológica permitió conocer de forma detallada la susceptibilidad de *E. coli* a diferentes antibióticos de uso hospitalario, evidenciando patrones de resistencia preocupantes que representan un riesgo sanitario.

Tabla 3

Identificar los factores asociados a la contaminación del agua residual con *E. coli* en los hospitales nacionales

Hospitales nacionales y regionales del país	Satisfactoria
Centro de Atención Permanente de Tactic	Satisfactoria
Hospital Fray Bartolomé de la Casas	No Satisfactoria
Hospital Nacional Ernestina García Vda. de Recinos	No Satisfactoria
Hospital de El Progreso	Satisfactoria
Hospital Pedro Bethancourt	No Satisfactoria
Hospital Regional de Cobán	No Satisfactoria
Hospital Nacional de Salamá	No Satisfactoria
Hospital Regional de Zacapa	No Satisfactoria
Hospital Regional de El Quiché	Satisfactoria
Hospital Nacional San Marcos “Dr. Moisés Villagrán M”	No Satisfactoria

Nota. Datos obtenidos en el Laboratorio de Análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos (LAFYM).

Adicionalmente, la Tabla 3 muestra la evaluación del nivel de contaminación con *E. coli* en aguas residuales de once hospitales nacionales y regionales, revelando que sólo cuatro presentan resultados satisfactorios en el tratamiento de sus aguas, mientras que siete no cumplen con los estándares microbiológicos. Estos datos, evidencian deficiencias en el manejo de aguas residuales en la mayoría de los hospitales evaluados, lo que representa un riesgo sanitario y ambiental.

En la etapa de análisis de los datos obtenidos, se lograron importantes avances mediante la aplicación de estadística descriptiva, la cual permitió cuantificar con precisión la frecuencia de detección de *E. coli* en las muestras de aguas residuales recolectadas en los once hospitales nacionales y regionales evaluados. Asimismo, se logró determinar, mediante el cálculo de porcentajes, la distribución de sensibilidad, resistencia e intermedio de las cepas aisladas frente a seis antibióticos de uso clínico frecuente, lo que permitió establecer patrones concretos de resistencia antimicrobiana en los entornos hospitalarios del país.

Los resultados permitieron confirmar la hipótesis alterna, ya que más del 50% de las muestras (70.0%) contenían *Escherichia coli*, y además se documentó resistencia a antibióticos de uso común, principalmente a trimetoprim/sulfametoxazol. En consecuencia, se rechazó la hipótesis nula que postulaba la ausencia significativa de *E. coli* y de resistencia antimicrobiana en las aguas residuales hospitalarias.

En cuanto al cumplimiento de los objetivos, se logró alcanzar en su totalidad el objetivo general, al evaluar la resistencia antimicrobiana de *E. coli* en aguas residuales

de hospitales nacionales. De igual forma, se cumplieron los objetivos específicos, ya que se determinó la presencia de *E. coli* en las muestras recolectadas, se caracterizó su perfil de resistencia antimicrobiana mediante el método de Kirby-Bauer y se identificaron factores asociados a la contaminación, como la deficiencia en las plantas de tratamiento de aguas residuales en la mayoría de los hospitales evaluados.

Discusión

Los hallazgos revelan que *Escherichia coli* fue detectada en las aguas residuales de la mayoría de hospitales analizados, lo que indica una alta frecuencia ($\geq 70\%$) de contaminación fecal en las aguas residuales hospitalarias. Esto coincide con estudios previos que muestran niveles similares de *E. coli* en diferentes países, un estudio en Etiopía identificó a *E. coli* como la segunda bacteria más frecuente en aguas residuales hospitalarias, con perfiles de resistencia a cefalosporinas de tercera generación en más del 50 % de los aislamientos (Endalamaw et al., 2024). Asimismo, una revisión en hospital y aguas municipales en Rumania detectó niveles elevados ($> 80\%$) de multirresistencia en cepas de *E. coli* recuperadas (Polianciuc et al., 2024). Además, es coherente con investigaciones recientes que subrayan el papel de los hospitales como reservorios clave de bacterias resistentes a los antimicrobianos. Un estudio llevado a cabo por Kumar et al. (2024) reportó que el 86 % de los aislados de *E. coli* provenientes de aguas residuales hospitalarias presentaban resistencia múltiple a antibióticos, lo que refuerza la preocupación sobre la capacidad de los efluentes hospitalarios para diseminar resistencia microbiana en el ambiente.

Estos resultados reflejan una situación epidemiológica preocupante. La presencia de *E. coli* resistente en aguas hospitalarias no solo representa un riesgo por sí misma, sino que sugiere la probable existencia de genes de resistencia transferibles, como ESBL (β -lactamasas de espectro extendido) y bombas de eflujo (efflux pumps), ya documentados en estudios similares (Harris et al., 2013; Polianciuc et al., 2024).

Además, el hecho de que algunos hospitales no hayan presentado detección de *E. coli* podría indicar mejores prácticas sanitarias y de tratamiento de efluentes. Sin embargo, esa interpretación debe considerarse con cautela: aspectos como el momento del muestreo, flujo de aguas y condiciones ambientales podrían haber influido en no detectarse la bacteria, sin descartar su presencia intermitente.

Estudios comparativos en sistemas con y sin descarga hospitalaria muestran resultados mixtos. Harris et al. (2013) demostraron que los efluentes hospitalarios no siempre tenían mayores porcentajes de *E. coli* resistente comparados con

efluentes municipales, aunque sí incrementaban la resistencia a antimicrobianos específicos como ciprofloxacina. Por otro lado, Kumar et al. (2024) consolidaron evidencia de que los sistemas de aguas hospitalarias tienden a albergar mayores niveles de bacterias resistentes.

Por otro lado, se ha comprobado que la presencia de residuos antimicrobianos en el efluente hospitalario (ciprofloxacino, tetraciclina, trimetoprim-sulfametoaxazol, entre otros) favorece la selección de cepas resistentes (Le et al., 2016). Esto explica por qué, incluso si no se detecta *E. coli*, podría haber otros indicadores de resistencia.

Uno de los resultados más destacados fue la completa susceptibilidad de las cepas frente a meropenem. Este antibiótico, perteneciente al grupo de los carbapenémicos, es considerado de última línea y está reservado para infecciones graves causadas por bacterias multirresistentes. Su alta efectividad en un entorno como el hospitalario, donde existe una presión antimicrobiana considerable, es un indicio positivo sobre su preservación terapéutica (Zielinski et al., 2021; Korzeniewska et al., 2013). Por tanto, aunque los resultados sean alentadores, es crucial mantener una vigilancia activa que incluya monitoreo genómico, para prevenir la emergencia de cepas resistentes en este ambiente.

En cuanto a las cefalosporinas de tercera generación (cefotaxime y ceftazidime) y a ciprofloxacina, se observó un nivel, si bien alto, es inferior al de meropenem y sugiere una mayor exposición a estos antibióticos. Estudios previos han reportado que la resistencia a cefalosporinas en aguas hospitalarias suele estar mediada por la producción de β -lactamasas de espectro extendido (BLEE) (Gaspar et al., 2022). En el caso de ciprofloxacina, las resistencias suelen relacionarse con mutaciones en genes *gyrA* y *parC*, o con la presencia de genes plasmídicos como *qepA* y *qnr*, que han sido ampliamente documentados en aguas residuales hospitalarias (Osinska et al., 2021). Estos mecanismos de resistencia pueden transferirse entre bacterias, lo que incrementa el riesgo de aparición de cepas multirresistentes.

Respecto a la combinación amoxicilina/ácido clavulánico, se observó una eficacia intermedia. Este resultado refleja una presión antimicrobiana más pronunciada sobre antibióticos de uso frecuente. La resistencia puede estar relacionada con la expresión de β -lactamasas inhibidas parcialmente por el clavulánico.

El antibiótico que mostró mayor resistencia fue trimetoprim/sulfametoaxazol. Este hallazgo es coherente con estudios realizados en Vietnam y otros países, donde se ha reportado que *E. coli* en aguas residuales hospitalarias presenta tasas de resistencia superiores al 70 % (Huong et al., 2017).

La mayoría de los hospitales evaluados no alcanzan niveles satisfactorios en cuanto a la calidad microbiológica de sus aguas residuales, siendo siete de once los que presentan contaminación por *E. coli*. Este resultado sugiere una problemática sistemática en el manejo de aguas residuales hospitalarias, frecuentemente relacionada con la ausencia de plantas de tratamiento funcionales o su mal funcionamiento. La descarga directa de estos efluentes sin tratamiento adecuado contribuye no solo a la contaminación ambiental, sino también a la proliferación de bacterias resistentes a los antimicrobianos, incluyendo cepas de *E. coli* productoras de betalactamasas de espectro extendido (BLEE) (Michael et al., 2021).

Diversos estudios coinciden en señalar que los hospitales constituyen focos importantes de emisión de contaminantes biológicos, especialmente cuando no disponen de tecnologías de tratamiento específicas para eliminar microorganismos resistentes y residuos farmacéuticos (Zhang et al., 2023). La inadecuada infraestructura sanitaria y la mala gestión en el descarte de residuos líquidos con carga antimicrobiana promueven la transferencia horizontal de genes de resistencia en cuerpos de agua receptores, generando riesgos tanto para la salud humana como animal.

Desde el enfoque One Health, que reconoce la interconexión entre la salud humana, animal y ambiental, el vertido de aguas hospitalarias contaminadas representa una amenaza crítica en la lucha contra la resistencia antimicrobiana (FAO, UNEP, WHO & WOAH, 2021). Las aguas residuales actúan como reservorios y vehículos de transmisión de bacterias resistentes, capaces de llegar a poblaciones humanas y animales a través del agua potable, cultivos irrigados o fuentes recreativas (Manaia et al., 2018). Por tanto, fortalecer las estrategias de vigilancia ambiental, establecer plantas de tratamiento especializadas y promover políticas intersectoriales de salud son medidas fundamentales para mitigar este problema creciente.

Agradecimiento

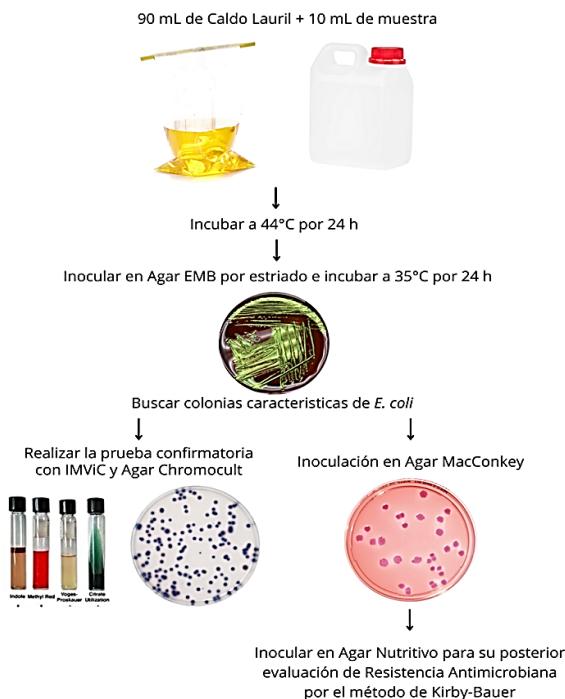
Agradecemos profundamente al Laboratorio de Análisis Fisicoquímico y Microbiológico (LAFYM) de la Universidad de San Carlos de Guatemala por brindar el espacio, equipo e insumos necesarios para la realización de este estudio.

A los Hospitales Nacionales de la red pública que colaboraron facilitando el acceso a los puntos de descarga de aguas residuales, por su disposición y apertura para contribuir al fortalecimiento del conocimiento científico en el país.

Referencias

- Akbar, A., Naeem, W., Liaqat, F., Sadiq, M. B., Shafee, M., Gul, Z., Khan, S. A., Mengal, H., Chein, S. H., Qasim, S., Arshad, M., Rehman, F. U., & Sher, H. (2022). Hospital acquired pathogenic Escherichia coli from clinical and hospital water samples of Quetta Balochistan. *Journal of Tropical Medicine*, 1(6), 1–8.
- Czekalski, N., Berthold, T., Caucci, S., Egli, A., & Bürgmann, H. (2014). Antibiotic-resistant Escherichia coli in municipal wastewater and recipient rivers. *Environmental Microbiology*, 16(9), 2532–2541.
- Endalamaw, K., Tadesse, S., Asmare, Z., Kebede, D., Erkikhun, M., & Abera, B. (2024). Antimicrobial resistance profile of bacteria from hospital wastewater at two specialized hospitals in Bahir Dar city, Ethiopia. *BMC Microbiology*, 24(525): 1-7.
- FAO, UNEP, WHO, & WOAH. (2022). *One Health Joint Plan of Action (2022–2026). Working together for the health of humans, animals, plants and the environment*. Rome. <https://doi.org/10.4060/cc2289en>
- Gaşpar, C.-M., Cziszter, L. T., Lăzărescu, C. F., Țibru, I., Pentea, M., & Butnariu, M. (2021). Antibiotic resistance among Escherichia coli isolates from hospital wastewater compared to community wastewater. *Water*, 13(23), 1-11.
- González, M., y Ramírez, J. (2020). Evaluación de contaminantes en aguas residuales hospitalarias y su impacto ambiental. *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(2), 34-50.
- Harris, S., Morris, C., Morris, D., Cormican, M., & Cummins, E. (2013). The effect of hospital effluent on antimicrobial resistant *E. coli* within a municipal wastewater system. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 15(3), 617-622.
- Herrera, M. (1999). Pruebas de sensibilidad antimicrobiana: metodología de laboratorio. *Revista Médica del Hospital Nacional de Niños Dr. Carlos Sáenz Herrera*, 34(1), 33-41.
- Huijbers, P., Bobis, C., J., Hutinel, M., Larsson, D., & Flach, C. (2023). Sampling Considerations for Wastewater Surveillance of Antibiotic Resistance in Fecal Bacteria. *International journal of environmental research and public health*, 20(5), 4555.
- Hutinel, M., Huijbers, P., Fick, J., Åhrén, C., Larsson, D., & Flach, C. Population-level surveillance of antibiotic

- resistance in *Escherichia coli* through sewage analysis. *Euro Surveill.* 24(37), 1-11.
- Hu, Y., Yang, X., Li, J., Lv, N., Liu, F., & Zhu, B. (2021). The role of drinking water in environmental transmission of antibiotic resistance. *Environmental Science & Technology Letters*, 8(7), 536-543.
- Huong, L., Thompson, C., & Baker, S. (2017). Antimicrobial resistance in *Escherichia coli* from hospital wastewater in Vietnam. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(7), 699-704.
- Köck, R., Becker, K., Idelevich, E. A., & Kern, W. V. (2022). Multidrug-resistant gramnegative bacteria in the hospital setting: Epidemiology and treatment options. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases*, 41(4), 539- 551.
- Korzeniewska, E., Korzeniewska, A., & Harnisz, M. (2013). Antibiotic resistant *Escherichia coli* in hospital and municipal sewage and their emission to the environment. *Ecotoxicology and environmental safety*, 91(1), 96–102.
- Kumar, G., Balakrishna, K., Mukhopadhyay, C., & Kalwaje, V. (2024). Characterization and comparative analysis of antimicrobial resistance in *Escherichia coli* from hospital and municipal wastewater treatment plants. *Journal of water and health*, 22(12), 2276–2288.
- Kümmerer, K. (2009). Antibiotics in the aquatic environment A review Part I. *Chemosphere*, 75(4), 417–434.
- Le, T., Ng, C., Chen, H., Yi, X., Koh, T., Barkham, T., Zhou, Z., & Gin, K. (2016). Occurrences and Characterization of Antibiotic-Resistant Bacteria and Genetic Determinants of Hospital Wastewater in a Tropical Country. *Antimicrobial agents and chemotherapy*, 60(12), 7449–7456.
- Manaia, C. M., Rocha, J., Scaccia, N., Marano, R., Radu, E., Biancullo, F., & Henriques, I. (2018). Antibiotic resistance in wastewater treatment plants: Tackling the black box. *Environment International*, 115(1), 312–324.
- Michael, I., Rizzo, L., McArdell, C. S., Manaia, C. M., Merlin, C., Schwartz, T., Dagot, C., & Fatta-Kassinos, D. (2021). Urban wastewater treatment plants as hotspots for antibiotic-resistant bacteria and genes spread into the environment: A review. *Science of the Total Environment*, 447(1), 345–360.
- Mutuku, C., Gazdag, Z., & Melegh, S. (2022). Occurrence of antibiotics and bacterial resistance genes in wastewater: resistance mechanisms and antimicrobial resistance control approaches. *World journal of microbiology & biotechnology*, 38(9), 1-27.
- Ogura, Y., Ueda, T., Nukazawa, K. et al. (2020) The level of antimicrobial resistance of sewage isolates is higher than that of river isolates in different *Escherichia coli* lineages. *Sci Rep* 10(1), 1-10.
- One Health Commission. (2023). *What is One Health*. Recuperado de: https://www.who.int/health-topics/one-health#tab=tab_1
- Osińska, A., Korzeniewska, E., Harnisz, M., & Niestępski, S. (2017). The prevalence and characterization of antibiotic-resistant and virulent *Escherichia coli* strains in the municipal wastewater system and their environmental fate. *The Science of the total environment*, 577(1), 367–375.
- Polianciuc, S., Colobatiu, L., Duma, M., Mihaiu, M., & Loghin, F. (2024). The first characterization of *Escherichia coli* isolates recovered from three wastewater treatment plants in Romania. *Water Science & Technology*, 90(6), 1853–1864.
- Reutelshöfer T., Y Guzmán, L. (2015). *Guía para la toma de muestras de agua residual*. Recuperado de: <https://coral.org/wp-content/uploads/2022/06/Toma-de-muestras-agua-residual.pdf>
- Ribeiro, T. G., Novais, Á., Peixe, L., & Machado, E. (2022). Atypical *Escherichia coli* as a reservoir of transferable blaCTX-M elements: epidemic spread of blaCTX-M-15 in *E. coli* ST410. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 75(3), 693-695.
- Standard Methods. (2023). *Multiple-tube fermentation technique for members of the coliform group*. Recuperado de: <https://www.standardmethods.org/doi/10.2105/SMWW.2882.192>
- World Health Organization (WHO). (2020). *Antimicrobial resistance*. Recuperado de: <https://www.who.int>
- Zhang, Q., Jin, M., Liu, W., Wang, M., Zhang, W., Yang, D., & Wang, X. (2023). Antibiotic resistance in wastewater treatment plants: A global analysis. *Science of the Total Environment*, 875(1), 1-9.

Anexos**Anexo 1****Marcha bacteriológica para la identificación de *Escherichia coli* en agua residual**

Nota. Realización propia. Para el análisis bacteriológico de *E. coli* en agua residual.

Anexo 2**Carta para solicitar permiso al hospital de la toma de muestra de agua**

[Nombre del Hospital]
[Dirección del Hospital]
[A la Atención de: Nombre del Responsable / Dirección General / Departamento Correspondiente]

Estimados/as [Nombre o "Responsables del Hospital"].

Por medio de la presente, me permito dirigirme a ustedes en representación de [nombre del proyecto], para solicitar su amable autorización para llevar a cabo la toma de muestras de agua residual en la planta de tratamiento de su hospital.

El propósito de esta acción es "Evaluar de la Resistencia Antimicrobiana de *Escherichia coli* presentes en el agua residual de la red de hospitales nacionales y regionales del país". Este análisis es parte de un proyecto de investigación.

Los resultados del análisis serán manejados con total confidencialidad y podrán ser compartidos con ustedes si así lo desean.

De ser posible, proponemos realizar la toma de muestra el día [fecha sugerida], en el horario que resulte más conveniente para ustedes.

Agradecemos de antemano su apoyo y quedamos atentos a cualquier información adicional o requisitos que debamos cumplir para llevar a cabo esta actividad.

Atentamente,

Firma

Firma

Estudiante EPS LAFYM

Vo.Bo. Supervisión

Anexo 3**Hoja de registro de datos de la toma de muestra de agua**

Universidad de San Carlos de Guatemala
Laboratorio de Análisis Físicoquímico y Microbiológico (LAFYM)
Ejercicio Profesional Supervisado (EPS)

Registro de la muestra

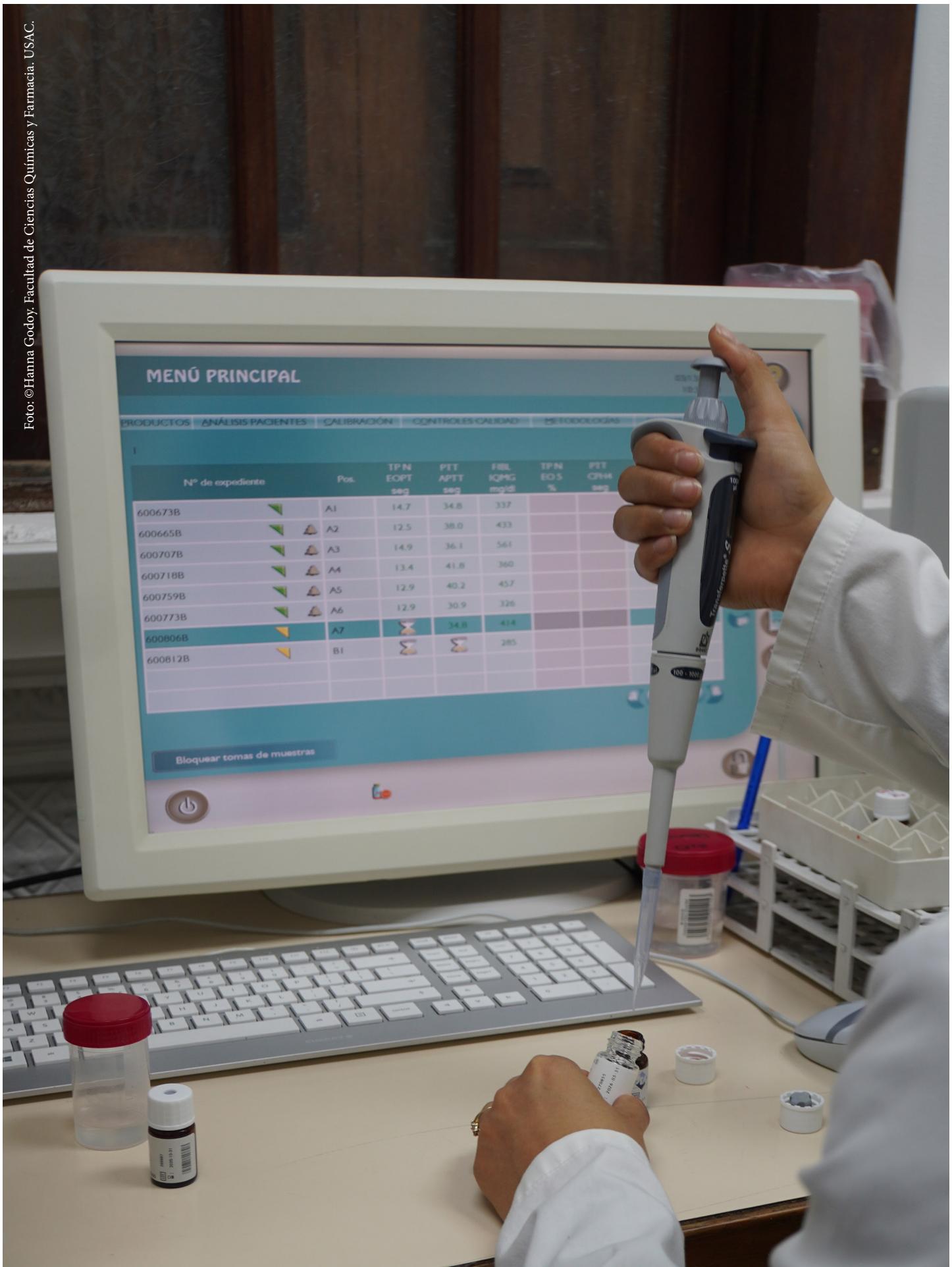
Nombre del lugar: _____

Ubicación de la fuente de agua: _____

Tipo de agua (marcar con X): Agua Potable: Agua Residual:

Fecha de toma de muestra: _____ Hora de toma de muestra: _____

Nota. Realización propia. Para que los Epesistas registren la toma de muestra.





Frecuencia y clasificación de anemia en mujeres atendidas en el servicio de Ginecología del Hospital Fray Bartolomé de las Casas durante febrero a abril 2025

*Frequency and classification of anemia in women attended in
the gynecology department of Fray Bartolomé de las Casas
Hospital During february to april 2025*

Autores: Elizabeth D. Fuentes¹, Emilio García F.

¹ Universidad de San Carlos de Guatemala,

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

Programa de Experiencias Docentes con la Comunidad –

EDC, Ejercicio Profesional Supervisado – EPS, Química Biológica,

Correspondencia: qbusaceps@gmail.com



Resumen

El objetivo de este estudio fue determinar la frecuencia y clasificación de anemia en mujeres atendidas en el servicio de Ginecología del Hospital Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, durante los meses de febrero, marzo y abril de 2025. Se revisaron 865 hemogramas y se aplicó una encuesta estructurada a cinco profesionales del área. Los resultados revelaron que el 76.6% de las pacientes presentaron algún grado de anemia, siendo más frecuentes los casos leves (38.6%) y moderados (36.1%), mientras que solo el 2% presentó anemia grave. El personal médico identificó como principales causas el déficit nutricional, parasitosis, hemorragias e infecciones crónicas, además de señalar limitaciones como la escasez de insumos, falta de diagnósticos complementarios y deficiente educación en salud. Se concluye que la anemia representa un problema clínico y estructural en este contexto rural, y que se requiere fortalecer las capacidades diagnósticas, terapéuticas y preventivas para su adecuado abordaje.

Abstract

The objective of this study was to determine the frequency and classification of anemia in women treated at the Gynecology Department of Fray Bartolomé de las Casas Hospital, Alta Verapaz, during February, March, and April 2025. A total of 865 blood counts were reviewed, and a structured survey was administered to five professionals in the field. The results revealed that 76.6% of the patients presented some degree of anemia, with mild cases (38.6%) and moderate cases (36.1%) being the most frequent, while only 2% presented severe anemia. The medical staff identified nutritional deficiencies, parasitosis, hemorrhages, and chronic infections as the main causes, in addition to pointing out limitations such as lack of supplies, insufficient complementary diagnostics, and inadequate health education. It is concluded that anemia represents both a clinical and structural problem in this rural context, and that strengthening diagnostic, therapeutic, and preventive capacities is required for its proper management.

Introducción

La anemia es una condición caracterizada por una concentración insuficiente de hemoglobina, lo que reduce la capacidad de transporte de oxígeno en el organismo. Se considera que una mujer presenta anemia cuando sus niveles de hemoglobina son inferiores a 12 g/dL. A nivel global, alrededor del 30 % de las mujeres en edad reproductiva (15–49 años) padecen anemia, lo que representa a más de 570 millones de personas (WHO, 2022). En Guatemala, la Encuesta Nacional de Salud Materno Infantil (ENSMI) reportó que el 11 % de las mujeres entre 15 y 49 años presentan anemia, con un predominio de los casos leves (8 %), seguidos por los moderados (2 %) y severos (menos del 1 %) (MSPAS, 2015).

La anemia en mujeres puede tener diversas causas, como deficiencias nutricionales, menstruación, enfermedades infecciosas y patologías ginecológicas. Entre sus consecuencias se encuentran la fatiga, el bajo rendimiento físico, alteraciones cognitivas y complicaciones gineco-obstétricas (OMS, 2021). En regiones rurales e indígenas como Alta Verapaz, factores como la pobreza, el difícil acceso a servicios de salud, las barreras culturales y lingüísticas contribuyen a una mayor vulnerabilidad.

La presente investigación se llevó a cabo con el objetivo de determinar la frecuencia de anemia en mujeres atendidas en el servicio de Ginecología del Hospital de Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, durante los meses de febrero a abril de 2025. El estudio se centró en una población diversa, sin limitarse a mujeres embarazadas, y permitió generar información valiosa para orientar futuras estrategias de prevención, diagnóstico y tratamiento de esta condición en contextos de alta vulnerabilidad.

Materiales y métodos

Se realizó un estudio observacional, transversal y descriptivo. Se revisaron 865 hemogramas de mujeres atendidas entre febrero y abril de 2025. Se clasificaron los niveles de hemoglobina según los criterios de la OMS: leve (11.0–11.9 g/dL), moderada (8.0–10.9 g/dL) y grave (<8.0 g/dL). Además, se aplicó una encuesta virtual estructurada a tres médicos y dos internos del servicio de Ginecología. Se garantizó la confidencialidad de los datos y el cumplimiento de principios éticos conforme a la Declaración de Helsinki. Los datos se analizaron mediante estadística descriptiva.

Resultados

Durante el período comprendido entre febrero y abril del año 2025, se evaluaron los niveles de hemoglobina y hematocrito de un total de 865 mujeres atendidas en el

servicio de Ginecología del Hospital Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz. Con base en los valores de hemoglobina y hematocrito, se determinó la presencia de anemia y su clasificación según los criterios de la Organización Mundial de la Salud (OMS), estableciendo tres categorías: leve (11–11.9 g/dL), moderada (8–10.9 g/dL) y grave (menor de 8 g/dL).

En el mes de febrero, se analizaron los registros de 243 pacientes. De estas, el 38.3 % presentó anemia moderada, el 37.0 % anemia leve y el 1.6 % anemia grave, mientras que el 23.0 % no presentó anemia (Figura 1). Durante el mes de marzo, en este mes se evaluaron 262 pacientes. El 40.8 % fue diagnosticado con anemia leve, el 36.3 % con anemia moderada y el 1.9 % con anemia grave. El 21.0 % restante no presentó anemia (Figura 2). Por último, en el mes de abril, se revisaron los hemogramas de 360 pacientes. El 38 % presentó anemia leve, el 34.5 % anemia moderada y el 2.2 % anemia grave. El 25.3 % de las pacientes no presentó alteraciones hematológicas compatibles con anemia (Figura 3).

El análisis global reveló que 663 pacientes (76.6 %) presentaron algún grado de anemia, mientras que 202 pacientes (23.4 %) no presentaron anemia (Figura 5). De las pacientes diagnosticadas con anemia, el 39 % correspondió a casos leves, el 37.5 % a casos moderados y el 1.9 % a casos graves (Figura 6).

La encuesta aplicada mostró que el 100 % de los médicos no se sorprende por la alta frecuencia de anemia en el servicio, considerándola común. Identificaron como principales causas el déficit nutricional (100%), el parasitismo (60%), hemorragias (40%) e infecciones crónicas (40%). La mayoría reconoció una relación entre la condición obstétrica y la presencia de anemia. Para el manejo clínico, se mencionó la suplementación y transfusión según la gravedad. Entre los principales retos destacan la falta de insumos, exámenes diagnósticos y personal capacitado; solo el 34.20 % consideró que el servicio está adecuadamente equipado. Además, el 100 % indicó que las pacientes no comprenden la importancia del tratamiento y que no se desarrollan actividades preventivas en el área (Figura 7).

Discusion

Los resultados obtenidos en este estudio evidencian una situación que ha sido previamente documentada en distintos contextos nacionales e internacionales. La alta prevalencia de anemia entre las mujeres atendidas en el servicio de Ginecología del Hospital Fray Bartolomé de las Casas refleja un patrón clínico consistente con otros escenarios donde se combinan condiciones de vulnerabilidad social, acceso limitado a servicios de salud y deficiencias nutricionales. Esta situación no solo representa un problema clínico, sino también un desafío estructural en los servicios de salud de áreas rurales.

Sin embargo, debe considerarse la posibilidad de falsos positivos en los diagnósticos de anemia leve, ya que los valores de hemoglobina definidos por organismos internacionales, como la OPS o la OMS, podrían no reflejar con precisión las características hematológicas de ciertas poblaciones locales. Estudios recientes han evidenciado que factores como altitud, etnicidad, hábitos alimentarios y condiciones fisiológicas particulares pueden influir significativamente en los niveles basales de hemoglobina, lo que puede llevar a clasificar erróneamente a individuos como anémicos cuando sus valores son normales dentro del contexto poblacional específico (Kassebaum y Gardner, 2020; OMS, 2021). Esto resalta la necesidad de contar con valores de referencia locales validados que permitan un diagnóstico más preciso y contextualizado.

Numerosos estudios han señalado que la anemia en mujeres, especialmente en edad reproductiva, se encuentra influenciada por múltiples factores. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2021), más del 30% de las mujeres en el mundo presentan algún grado de anemia, con una mayor concentración en regiones con desventajas socioeconómicas. En este sentido, la relación observada entre los factores sociodemográficos y la presencia de anemia en las pacientes evaluadas se corresponde con estos hallazgos globales (Owais et al., 2021). La deficiencia de micronutrientes como el hierro, el ácido fólico y la vitamina B12 sigue siendo la causa principal de la anemia en poblaciones con dietas pobres y limitado acceso a servicios médicos (Petry et al., 2016).

En Fray Bartolomé de las Casas, el perfil sociodemográfico de las mujeres atendidas refleja condiciones que propician la aparición de anemia, como bajos niveles de escolaridad (más del 70% con educación primaria o menor), alta proporción de mujeres indígenas (aproximadamente 90%), y un 65% de hogares en situación de pobreza multidimensional, según datos del Instituto Nacional de Estadística y de la SESAN (INE, 2019; SESAN, 2021). Estas condiciones limitan el acceso a una dieta adecuada y servicios de salud, aumentando la vulnerabilidad a deficiencias de hierro y otros micronutrientes.

El manejo adecuado de la anemia en mujeres en edad reproductiva requiere un abordaje integral que combine el diagnóstico oportuno con intervenciones terapéuticas efectivas. Sin embargo, en contextos como el del Hospital Fray Bartolomé de las Casas, la escasez de insumos médicos, como suplementos de hierro, ácido fólico y reactivos de laboratorio, limita significativamente la capacidad de respuesta del sistema de salud. Esta situación no solo compromete el tratamiento individual de las pacientes,

sino que también tiene implicaciones más amplias en salud pública, perpetuando ciclos de morbilidad, desnutrición y vulnerabilidad materna (Mazariegos et al., 2016).

Otro elemento clave en la interpretación de estos resultados es la percepción del personal médico respecto a las causas y limitaciones en el abordaje de la anemia. Estudios realizados en contextos similares, como el de Alem et al. (2023), han señalado que, en muchas áreas rurales de América Latina, el diagnóstico y tratamiento de la anemia está condicionado por la falta de recursos básicos, como laboratorios con capacidad diagnóstica, suplementos específicos o personal profesional. Esto refuerza la validez de las observaciones hechas por los médicos encuestados en este estudio, quienes señalaron deficiencias estructurales como uno de los principales obstáculos en el tratamiento adecuado de esta condición.

Desde la perspectiva del laboratorio clínico, los resultados de esta investigación evidencian una necesidad urgente de fortalecer los procesos diagnósticos y la gestión de insumos esenciales. La elevada frecuencia de anemia identificada exige que el laboratorio mantenga un control riguroso sobre la calidad de los hemogramas, asegurando resultados confiables y oportunos que permitan la clasificación de los casos y la adición de evaluaciones como el recuento de reticulocitos, electroforesis de hemoglobina y prueba de Coombs, y la necesidad de pruebas complementarias para la evaluación de deficiencias nutricionales específicas (Auerbach, 2023).

Los resultados obtenidos evidencian la importancia de establecer valores de referencia hematológicos ajustados a las condiciones locales y al sexo, particularmente para mujeres en edad reproductiva en Fray Bartolomé de las Casas. Estudios han demostrado que los niveles normales de hemoglobina pueden variar significativamente según el sexo, la etnicidad, la altitud y el estado nutricional, lo que resalta la necesidad de desarrollar valores de referencia locales validados en la propia población femenina para mejorar la precisión diagnóstica, evitar la sobre diagnosis de anemia leve y diseñar intervenciones más contextualizadas (Beutler y Waalen, 2006; OMS, 2021).

Por otro lado, ya que el estudio mostró una carga significativa de casos moderados y severos, aumenta la demanda transfusional en la población femenina atendida. Este escenario subraya la importancia de una planificación estratégica del centro transfusional que garantice la disponibilidad de unidades compatibles, controles cruzados eficaces y protocolos clínicos actualizados (Moisidis-Tech y Shulman, 2022).

El hecho de que todos los médicos encuestados hayan indicado la falta de comprensión por parte de las pacientes sobre la importancia del tratamiento coincide con lo planteado por Balarajan et al. (2011), quienes destacaron que la educación en salud es un factor determinante en la adherencia terapéutica. La falta de alfabetización en salud y el desconocimiento de las consecuencias de no tratar la anemia generan un círculo vicioso que mantiene su prevalencia elevada.

El contexto geográfico y cultural de un departamento como Alta Verapaz, investigaciones realizadas en regiones indígenas de otros países, han demostrado que las barreras lingüísticas, las creencias culturales sobre la alimentación durante el embarazo y la limitada disponibilidad de servicios de salud eficientes continúan siendo factores de riesgo importantes para la persistencia de la anemia (Tang y Sholzberg, 2024). Este tipo de evidencia cualitativa es coherente con las percepciones del personal médico entrevistado, quienes sugirieron implementar actividades educativas comunitarias y en centros de salud como medida preventiva fundamental.

En conjunto, los hallazgos del estudio se alinean con investigaciones previas y destacan la necesidad urgente de intervenciones multisectoriales que aborden las causas estructurales de la anemia en mujeres, para reducir la prevalencia de esta condición en contextos como el de Fray Bartolomé de las Casas.

Agradecimientos

Quisiera expresar mi sincero agradecimiento al Hospital Fray Bartolomé de las Casas por su valiosa colaboración y por facilitar el acceso a la información necesaria para el desarrollo de esta investigación, especialmente al servicio de Ginecología. Su apoyo institucional permitió llevar a cabo el estudio de manera ordenada y eficiente.

Asimismo, expreso mi profundo reconocimiento al M.A. Erwin Emilio García Fuentes, asesor y revisor del estudio, por su constante orientación, acompañamiento académico y retroalimentación durante todo el proceso. Su experiencia y dedicación fueron esenciales para el fortalecimiento metodológico y científico de esta investigación.

Referencias

- Alem, A. Z., Efendi, F., McKenna, L., Felipe-Dimog, E. B., Chilot, D., Tonapa, S. I., ... y Zainuri, A. (2023). Prevalence and factors associated with anemia in women of reproductive age across low-and middle-income countries based on national data. *Scientific Reports*, 13(1), 20335.
- Auerbach, M. (2023). Optimizing diagnosis and treatment of iron deficiency and iron deficiency anemia in women and girls of reproductive age: Clinical opinion. *International Journal of Gynecology & Obstetrics*, 162, 68–77.
- Balarajan, Y., Ramakrishnan, U., Özaltın, E., Shankar, A. H., y Subramanian, S. V. (2011). Anaemia in low-income and middle-income countries. *The Lancet*, 378(9809), 2123–2135.
- Beutler, E., y Waalen, J. (2006). The definition of anemia: what is the lower limit of normal of the blood hemoglobin concentration? *Blood*, 107(5), 1747–1750. <https://doi.org/10.1182/blood-2005-07-3046>
- Instituto Nacional de Estadística (INE). (2019). Encuesta Nacional de Condiciones de Vida ENCOVI 2014–2015. Guatemala.
- Kassebaum, N. y Gardner, W. (2020). Global, Regional, and National Prevalence of Anemia and Its Causes in 204 Countries and Territories, 1990–2019. *Current Developments in Nutrition*, 4(Suppl 2), 830. https://doi.org/10.1093/cdn/nzaa053_035
- Mazariegos, M., Martínez, C., Mazariegos, D. I., Méndez, H., Román, A. V., Palmieri, M., y Tomás, V. (2016). Análisis de la situación y tendencias de los micronutrientes clave en Guatemala, con un llamado a la acción desde las políticas públicas. Washington, DC: FHI 360. 42 <https://www.fantaproject.org/sites/default/files/resources/GuatemalaMicronutrient-Analysis-Sep2016.pdf>
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS). (2015). Encuesta Nacional de Salud Materno Infantil 2014–2015 (ENSMI). https://portal.siinsan.gob.gt/wp-content/uploads/2018/11/EnsmiIndicadoresBasicos_2014_2015.pdf
- Moisidis-Tesch, C. M., y Shulman, L. P. (2022). Iron deficiency in women's health: new insights into diagnosis and treatment. *Advances in Therapy*, 39(6), 2438–2451.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2021). *Anemia*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/anaemia>

Owais, A., Merritt, C., Lee, C., y Bhutta, Z. A. (2021).

Anemia among women of reproductive age: an overview of global burden, trends, determinants, and drivers of progress in low-and middle-income countries. *Nutrients*, 13(8), 2745.

Petry, N., Boy, E., Wirth, J. P., Thah, C., Singh, S., Baranwal, A., ... Haas, J. D. (2017). The proportion of anemia associated with iron deficiency in low, medium, and high human development index countries: A systematic analysis of national surveys. *Nutrients*, 9(1), 51. <https://doi.org/10.3390/nu9010051>

Rai, R. K., De Neve, J. W., Geldsetzer, P., y Vollmer, S. (2022). Maternal iron-andfolic-acid supplementation and its association with low-birth weight and neonatal mortality in India. *Public Health Nutrition*, 25(3), 623–633. <https://doi.org/10.1017/S1368980021004572>

Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nutricional [SESAN] (2021). Revisión de la etapa de diagnóstico conforme la metodología de gestión por resultados. Gran Cruzada Nacional por la Nutrición. <https://portal.sesan.gob.gt/wpcontent/uploads/2022/12/Alineacion-de-la-GCNN-con-la-GpR.pdf>

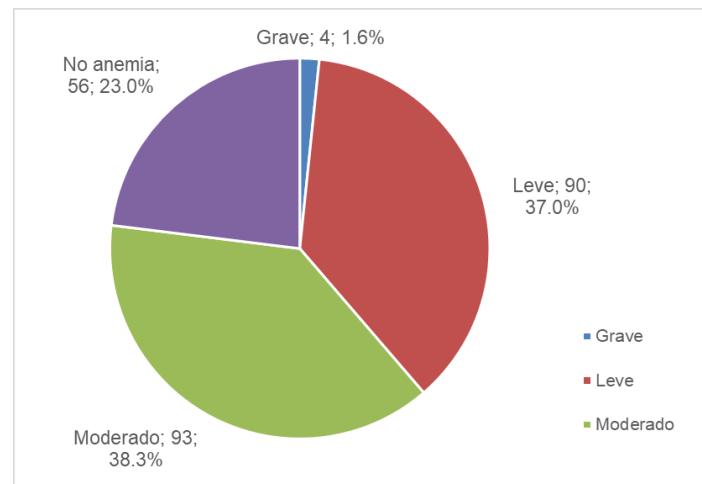
Tang, G. H., y Sholzberg, M. (2024). Iron deficiency anemia among women: an issue of health equity. *Blood Reviews*, 64, 101159.

World Health Organization [WHO]. (2022). Prevalence of anemia in women aged 15–49 (%). <https://data.who.int/indicators/i/41D099F/8D58801>

Figuras y tablas

Figura 1

Distribución de mujeres atendidas según presencia y grado de anemia en el Hospital Fray Bartolomé de las Casas, en el mes de febrero 2025

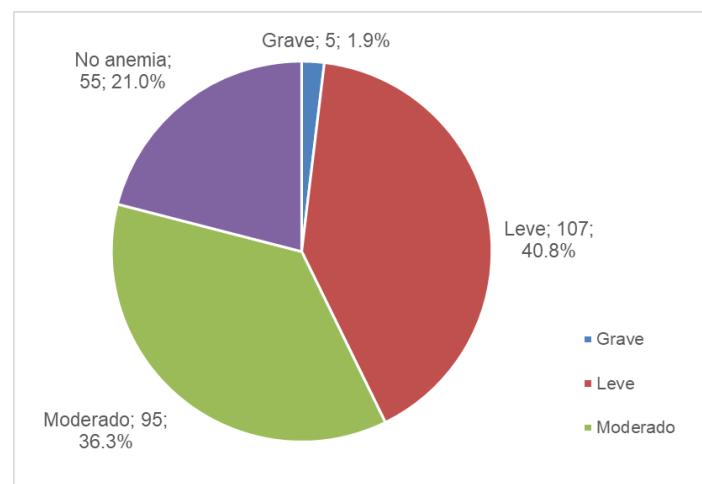


Nota. Datos obtenidos del sistema 4DLab del Hospital Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.

Este gráfico representa la distribución de anemia en mujeres atendidas durante el mes de febrero. Se observa que: El 37.0% de las pacientes (90 casos) presentaron anemia leve, el 38.3% (93 casos) presentaron anemia moderada y el 1.6% (4 casos) presentaron anemia grave. El 23.0% (56 casos) no presentaron anemia. En conjunto, más de tres cuartas partes de las mujeres evaluadas en este mes presentaron algún grado de anemia, siendo la forma moderada la más prevalente.

Figura 2

Distribución de mujeres atendidas según presencia y grado de anemia en el Hospital Fray Bartolomé de las Casas, en el mes de marzo 2025

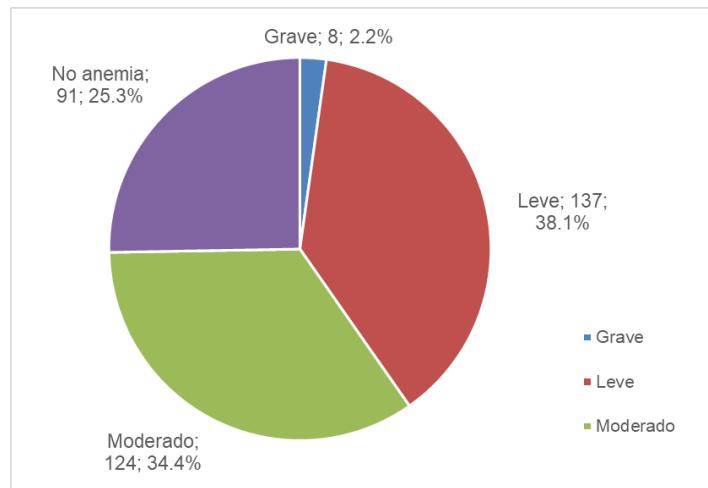


Nota. Datos obtenidos del sistema 4DLab del Hospital Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.

Este gráfico representa la distribución de anemia en mujeres atendidas durante el mes de marzo. Se observa que el 40.8% de las pacientes (107 casos) presentaron anemia leve, el 36.3% (95 casos) presentaron anemia moderada y el 1.9% (5 casos) presentaron anemia grave. El 21.0% (55 casos) no presentaron anemia. Al igual que el mes anterior, predominan las formas leves y moderadas de anemia, con una ligera alza en los casos leves.

Figura 3

Distribución de mujeres atendidas según presencia y grado de anemia en el Hospital Fray Bartolomé de las Casas, en el mes de abril 2025

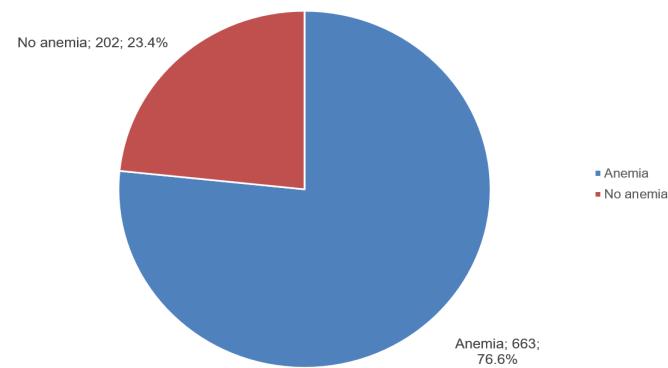


Nota. Datos obtenidos del sistema 4DLab del Hospital Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.

Este gráfico representa la distribución de anemia en mujeres atendidas durante el mes de abril. Se observa que el 38.1% de las pacientes (137 casos) presentaron anemia leve, el 34.4% (124 casos) presentaron anemia moderada y el 2.2% (8 casos) presentaron anemia grave. El 25.3% (91 casos) no presentaron anemia. Aunque los casos graves continúan siendo mínimos, abril muestra un incremento leve en los casos sin anemia en comparación con los meses anteriores.

Figura 4

Distribución de mujeres atendidas según presencia de anemia en el Hospital Fray Bartolomé de las Casas, durante febrero, marzo y abril del 2025

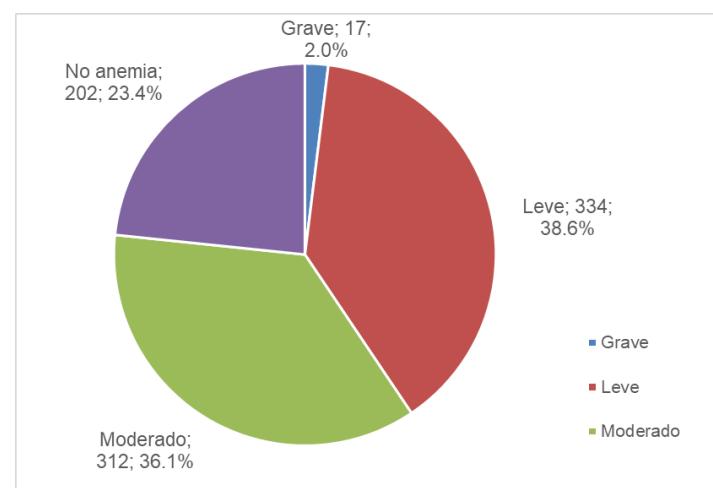


Nota. Datos obtenidos del sistema 4DLab del Hospital Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.

Este gráfico representa el consolidado total de mujeres atendidas durante el periodo de estudio. Se observa que el 76.6% de las pacientes (663 casos) presentaron algún grado de anemia, mientras que el 23.4% (202 casos) no presentaron anemia. Esto evidencia una alta prevalencia de anemia en la población analizada, lo que subraya la importancia de establecer estrategias de abordaje preventivo y terapéutico.

Figura 5

Distribución de mujeres atendidas según presencia y grado de anemia en el Hospital Fray Bartolomé de las Casas, durante febrero, marzo y abril del 2025



Nota. Datos obtenidos del sistema 4DLab del Hospital Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.

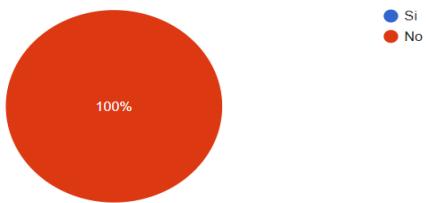
Este gráfico representa la distribución general de los tipos de anemia en mujeres atendidas durante el periodo de estudio. Se observa que el 38.6% de las pacientes (334 casos) presentaron anemia leve, el 36.1% (312 casos) presentaron anemia moderada y el 2.0% (17 casos) presentaron anemia grave. El 23.4% (202 casos) no presentaron anemia. La anemia leve fue la más frecuente, seguida de cerca por la moderada, reflejando la tendencia observada mes a mes.

Figura 6

Resultados de encuesta aplicada sobre los resultados de frecuencia de anemia en pacientes al personal médico encargado del servicio de Ginecología del Hospital Fray Bartolomé de las Casas

En relación a la frecuencia de anemia en el servicio de Ginecología ¿Le sorprende esta alta frecuencia o es algo común?

5 respuestas



En relación a la frecuencia de los grados de anemia ¿Cómo interpreta este patrón clínico?

5 respuestas

Acorde a la situación de la población atendida, población con poca información de cómo prevenir la anemia y malnutrida

Frecuente anemia secundaria posiblemente con poca vigilancia médica en comunidades y deficiencia para la prevención. Aparece ya en el momento crítico.

El patrón se debe a la no asistencia de las pacientes al control prenatal, malos hábitos alimentarios

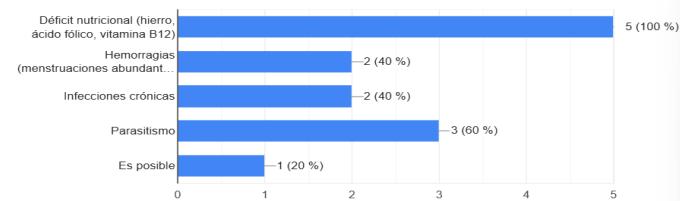
El embarazo origina un estado de anemia fisiológica en la paciente

Anemia fisiológica potenciado por un inadecuado aporte exógeno

¿Cuáles son las causas más frecuentes de anemia que ha identificado en sus pacientes? Seleccione una o varias:

5 respuestas

[Copiar gráfico](#)



¿Ha notado alguna relación entre la condición obstétrica de las pacientes (embarazo, parto reciente, etc.) y la presencia de anemia?

5 respuestas

En ocasiones no hay relación, las pacientes anémicas son más propensas a infecciones, partos prematuros, sangrados durante el parto prematuro, sangrado durante el parto restricciones del crecimiento fetal.

En algunas veces sí guarda relación. Estas pacientes son más propensas a infecciones frecuentes, partos prematuros sangrado posparto, bajo peso y deficiente control clínico.

Si, la multiparidad es uno de los principales factores de riesgo

No

Deficit aporte nutricional

¿Qué protocolos se aplican para el manejo clínico de casos de anemia moderada o grave?

5 respuestas

Plan educacional, Dieta rica en alimentos que contengan hierro hemínico y no hemínico, tratar parasitismo, suplementos de hierro oral parenteral, en última instancia transfundir células

Plan educacional, tratamiento ambulatorio (hierro), ácido fólico y vitamina B12. Suplemento hogar. (Opcional: transfusión)

En el caso de anemia moderada se le complementa la alimentación con suplementos de hierro en caso de severa transfusión

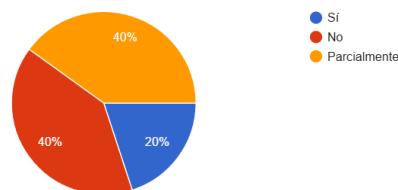
Moderada: suplementación, grave: transfusión

En caso de moderada, suplementación con hierro y en caso de grave, transfusión

[Copiar gráfico](#)

¿Considera que el servicio cuenta con suficientes insumos y personal capacitado para atender esta condición?

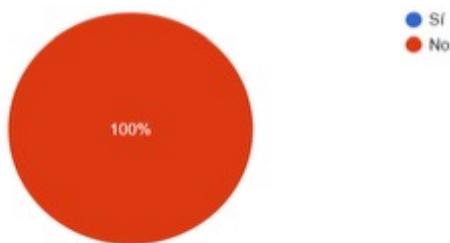
5 respuestas



¿Cree que las pacientes comprenden la importancia del tratamiento contra la anemia y lo siguen adecuadamente?

5 respuestas

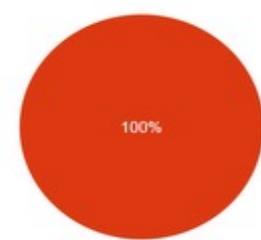
[Copiar gráfico](#)



¿Se desarrollan actividades preventivas o educativas en el área para reducir la incidencia de anemia?

5 respuestas

[Copiar gráfico](#)



¿Qué recomendaciones haría para mejorar el abordaje y reducir la frecuencia de anemia en pacientes ginecológicas?

5 respuestas

Mejor atención primaria de salud para poder educar y sensibilizar a las pacientes con la enfermedad

Mejorar la atención primaria para que no lleguen tarde. Descentralizar la distribución desde el hospital al centro de salud.

Control adecuado de cada paciente (la asistencia al control prenatal), Incorporar alimentos ricos en hierro, insumos necesarios para diagnosticar y clasificar el tipo de anemia en el laboratorio

Implementar insumos, capacitar a la población que asiste a los centros de salud

Para reducir: Ampliar trabajo de campo de parte del área de salud, no es un indicador propio de manejo hospitalario. Para abordar: incorporar suministros con los que aun no se cuentan

Nota. Datos obtenidos de una encuesta realizada al personal médico encargado del servicio de Ginecología en Hospital Fray Bartolomé de las Casas.



Evaluación integral de la aplicación de los protocolos de código rojo y transfusión masiva, aplicados en hospitales de Guatemala en las áreas de banco de sangre y servicios médicos

Comprehensive Evaluation of the Implementation of Code Red and Massive Transfusion Protocols in Guatemalan Hospitals in Blood Bank and Medical Services

Luisa Fernanda Sierra Ardón; Estiven Omar Eduardo Rodríguez Morán;
María José Jiménez Hernández; Allan Obdulio Rabanales Mérida, Emilio García F^l
Universidad de San Carlos de Guatemala,
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia,.
Programa de Experiencias Docentes con la Comunidad -EDC-,
Ejercicio Profesional Supervisado -EPS-, Química Biológica,
Correspondencia: qbusaceps@gmail.com



© Licda. Paola Sierra, Química Biológica.

Resumen

Las emergencias hemorrágicas representan una de las principales causas de morbimortalidad en Guatemala y requieren protocolos estandarizados para garantizar la seguridad transfusional y el uso racional de hemocomponentes. Con este propósito, el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social implementó los protocolos de Código Rojo (CR) y Transfusión Masiva (TM); sin embargo, su aplicación práctica presenta deficiencias. El objetivo de este estudio fue evaluar la implementación de dichos protocolos en hospitales guatemaltecos, específicamente en bancos de sangre y servicios médicos. Se realizó un estudio descriptivo transversal con enfoque cualitativo en cuatro hospitales regionales, utilizando encuestas al personal técnico, listas de verificación y revisión de formularios de activación. Se registraron 161 activaciones: 128 TM (79.5%) y 33 CR (20.5%). En CR predominó la justificación basada en parámetros de laboratorio como hemoglobina y hematocrito, con escasa documentación de signos clínicos clave. En TM, la causa principal fue trauma, hemorragia gastrointestinal, ruptura de aneurisma o procedimiento quirúrgico (48.4%); no obstante, el 34.4% de las activaciones careció de justificación clínica válida y el 17.2% no consignó diagnóstico. La mayoría de los eventos TM administró entre tres y cinco unidades de hemocomponentes y solo dos de los cuatro hospitales alcanzaron un cumplimiento igual o superior al 90% del protocolo. En conclusión, aunque los protocolos son conocidos por la mayoría del personal, su aplicación es heterogénea y presenta deficiencias en justificación clínica, documentación y retroalimentación, lo que compromete la seguridad transfusional y evidencia la necesidad de reforzar la capacitación, estandarizar registros y fortalecer los procesos de auditoría y supervisión en emergencias hemorrágicas.

Palabras claves: Código Rojo; Transfusión masiva; Banco de sangre; Seguridad del paciente; Guatemala.

Summary

Hemorrhagic emergencies are one of the leading causes of morbidity and mortality in Guatemala and require standardized protocols to ensure transfusion safety and the rational use of blood components. To this end, the Ministry of Public Health and Social Assistance implemented the Code Red (CR) and Massive Transfusion (MT) protocols; however, their practical application has shortcomings. The objective of this study was to evaluate the implementation of these protocols in Guatemalan hospitals, specifically in blood banks and medical services. A descriptive cross-sectional study with a qualitative approach was conducted

in four regional hospitals, using surveys of technical staff, checklists, and review of activation forms. A total of 161 activations were recorded: 128 MT (79.5%) and 33 CR (20.5%). In CR, the justification was predominantly based on laboratory parameters such as hemoglobin and hematocrit, with little documentation of key clinical signs. In MT, the main cause was trauma, gastrointestinal bleeding, aneurysm rupture, or surgical procedure (48.4%); however, 34.4% of activations lacked valid clinical justification and 17.2% did not record a diagnosis. Most TM events administered between three and five units of blood components, and only two of the four hospitals achieved compliance with the protocol at 90% or higher. In conclusion, although the protocols are known to most staff, their application is inconsistent and presents deficiencies in clinical justification, documentation, and feedback, which compromises transfusion safety and highlights the need to reinforce training, standardize records, and strengthen audit and supervision processes in hemorrhagic emergencies.

Keywords: Code Red; Massive transfusion; Blood bank; Patient safety; Guatemala.

Introducción

Las emergencias hemorrágicas representan uno de los mayores desafíos clínicos en los hospitales de Guatemala. La pérdida masiva de sangre compromete la vida de los pacientes y exige respuestas rápidas y estandarizadas. Para ello, el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS) desarrolló los protocolos de **Código Rojo (CR)**, orientado al manejo de la hemorragia obstétrica, y **Transfusión Masiva (TM)**, dirigido a hemorragias traumáticas y quirúrgicas. Ambos buscan optimizar la atención transfusional, garantizar seguridad y reducir la mortalidad. Sin embargo, informes hospitalarios y observaciones del personal sugieren que la implementación práctica de estos lineamientos no siempre corresponde a lo normado, generando riesgos en la atención y en la utilización de hemocomponentes.

Materiales y Métodos

El presente estudio observacional, descriptivo y transversal, de carácter multicéntrico, se llevó a cabo en cuatro hospitales nacionales de Guatemala —Hospital Nacional de Zacapa, Hospital Nacional de El Quiché, Hospital Nacional de Cuilapa y Hospital Nacional El Progreso (Guastatoya)— durante el período de enero a junio de 2025. Se incluyeron todas las activaciones registradas de los protocolos CR y TM en los bancos de sangre y servicios clínicos de las sedes participantes. Se excluyeron formularios o eventos con información esencial incompleta (identificación del caso, hospital o fecha), registros duplicados y activaciones realizadas fuera de las unidades estudiadas.

La recolección de datos se efectuó mediante: (1) revisión de formularios de activación de CR/TM, (2) lista de verificación estructurada de cumplimiento de pasos clave del protocolo y (3) encuesta auto-administrada al personal técnico de banco de sangre sobre conocimiento operativo, barreras e infraestructura. Del formulario se extrajeron, entre otras, las variables: causa/diagnóstico de la activación, consignación de criterios clínicos (hipotensión, taquicardia, perfusión periférica y estado mental), parámetros de laboratorio (Hb/Hto cuando estaban disponibles), número de unidades transfundidas y tiempos operativos documentados.

Se emplearon definiciones operativas preespecificadas: activación con justificación clínica válida cuando existía evidencia de hemorragia aguda con datos de inestabilidad hemodinámica y/o sangrado activo documentado; documentación clínica completa cuando, además de Hb/Hto, se registraban signos clínicos clave; y cumplimiento protocolario adecuado cuando el porcentaje de pasos críticos satisfechos por hospital alcanzó un umbral operativo de $\geq 90\%$. La variable principal fue el porcentaje de activaciones con

justificación clínica válida; variables secundarias incluyeron el porcentaje de formularios con diagnóstico consignado, la distribución de causas de activación, el volumen de unidades transfundidas por evento y el cumplimiento por hospital.

Los datos se capturaron en una base electrónica con doble verificación y resolución de discrepancias por dos revisores independientes. El análisis se realizó con estadística descriptiva (frecuencias, proporciones y medidas de tendencia central y dispersión) y estimación de porcentajes de cumplimiento por sede; los resultados se consolidaron de forma global y por hospital utilizando Excel y EpiInfo.

Se garantizó el cumplimiento de principios éticos de confidencialidad y anonimización mediante codificación de los registros; no se solicitó consentimiento informado al tratarse de información institucional rutinaria sin intervención directa sobre pacientes y sin recolección de datos sensibles identificables. La propuesta fue comunicada y autorizada por las autoridades de cada hospital conforme a los procedimientos internos vigentes.

Resultados

Se evaluaron las activaciones de Código Rojo (CR) y Transfusión Masiva (TM) registradas en cuatro hospitales nacionales de Guatemala durante enero–junio de 2025. En total se documentaron 161 activaciones, de las cuales 128 correspondieron a TM (79.5%) y 33 a CR (20.5%). En las cuatro sedes TM predominó sobre CR; El Quiché concentró la mayor carga de eventos.

En CR, la justificación principal se sustentó en parámetros de laboratorio (Hb/Hto), mientras que la consignación de signos clínicos clave —hipotensión, taquicardia, perfusión periférica y estado mental— fue poco frecuente, lo que sugiere dependencia de criterios hematológicos por encima de la evaluación hemodinámica al momento de la activación.

En TM, la distribución de causas mostró un predominio de trauma/hemorragia gastrointestinal/ruptura de aneurisma/procedimiento quirúrgico (48.4%); se registraron además activaciones por anemia (15.6%), trombocitopenia (5.5%) y dengue (1.6%). Un 17.2% de los formularios no consignó diagnóstico. Respecto al volumen transfundido, la mayoría de eventos se concentró en el rango de 3–5 unidades por activación, con pocos casos de alto volumen (≥ 10 unidades).

La calidad de la documentación y la adherencia al protocolo evidenciaron heterogeneidad entre hospitales. Solo 2 de 4 sedes alcanzaron un cumplimiento $\geq 90\%$ de los pasos críticos, por lo que se aceptó la hipótesis nula de que menos del 90% de los hospitales cumple el umbral operativo predefinido.

En la encuesta al personal técnico, 88.9% reportó conocer los manuales institucionales y 77.8% percibió directrices claras para la activación; sin embargo, únicamente 38.9% refirió recibir retroalimentación posterior a las activaciones, lo que limita los ciclos de mejora continua.

En conjunto, los hallazgos describen un uso mayoritario de TM, documentación clínica incompleta en CR, porción relevante de activaciones TM sin justificación clínica válida (34.4%) y lagunas de registro (17.2% sin diagnóstico), con variabilidad interhospitalaria en el desempeño y la adherencia.

Discusión

Los hallazgos confirman una dependencia excesiva de parámetros de laboratorio para activar CR y documentación insuficiente de variables clínicas críticas, lo que contraviene el enfoque fisiopatológico recomendado. En TM se identificaron activaciones sin criterio clínico validado o sin diagnóstico consignado, con potencial sobreutilización de hemocomponentes y riesgos para el paciente. La concentración de TM en 3–5 unidades sugiere sobreclasificación de eventos o activación temprana sin consolidar criterios. Las brechas formativas (uso del manual, simulacros, algoritmos) y operativas (retroalimentación y auditoría) explican parte del subcumplimiento. Fortalecer infraestructura, simulacros, listas de verificación y comités de revisión puede mejorar adherencia, oportunidad y seguridad transfusional.

Conclusiones

1. TM se activa con mayor frecuencia que CR ($\approx 80\%$ vs. 20%).
2. En CR, la documentación clínica es incompleta y se priorizan Hb/Hto sobre signos hemodinámicos.
3. En TM, ~34% de activaciones carecen de justificación clínica válida y 17.2% no consignan diagnóstico.
4. Solo 50% de hospitales alcanzó $\geq 90\%$ de cumplimiento; se acepta H0 (menos del 90% cumple).

Recomendaciones

- Capacitación periódica y simulacros semestrales de CR/TM, con evaluación de competencias.
- Lista de verificación previa a la activación para asegurar criterios clínicos y de laboratorio documentados.
- Auditorías mensuales y retroalimentación caso a caso (comité transfusional).
- Indicadores de calidad institucionales (p. ej., %

activaciones con criterios completos, % formularios con diagnóstico consignado).

- Fortalecer comunicación Banco de Sangre–Servicios Clínicos y la infraestructura crítica.

Agradecimientos

A la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC; al Programa EPS; a los bancos de sangre y servicios clínicos de los hospitales participantes; y al Licenciado Emilio García por su asesoría.

Referencias

- Berro, M. (2023). Puesta al día sobre transfusión masiva. *Revista Médica del Uruguay*, 39(2), e401. <https://doi.org/10.1688-0390-rmu-39-2-e401>

Camdzic-Smajic, S., Zabic, A., Jovic, S., Suljkanovic-Mahmutovic, A., Custendil-Delic, S., & Osmic-Husni, A. (2024). Type and Significance of Transfused Blood Products. *Materia socio-medica*, 36(3), 182–186. <https://doi.org/10.5455/msm.2024.36.182-186>

Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud (CENETEC). (2021). Diagnóstico y tratamiento de la hemorragia obstétrica: Guía de práctica clínica. *Secretaría de Salud*. Recuperado de <https://www.cenetec-difusion.com/CMGPC/GPC-SS-103-21/ER.pdf>

Charbe, N., Castillo, F., Tambuwala, M., Prasher, P., Chellappan, D., Carreño, A., Satija, S., Singh, S. K., Gulati, M., Dua, K., & González-Aramundiz, J. V. (2022). A new era in oxygen therapeutics? From perfluorocarbon systems to haemoglobin-based oxygen carriers. *Blood Reviews*, 54(1), 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.blre.2022.100927>

Fernández Mendoza, L. E., Torres Cancino, I. I., González Gracia, I., Hoyos Mesa, A. J., García Bellocq, M., & Medina Tápanes, E. (2020). Importancia de la sangre, hemoderivados y las donaciones voluntarias de sangre. *Revista Médica Electrónica*, 42(1), 1674-1681. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-18242020000101674

Fernández, Y., Betancourt, Y., Pérez, I., & Sánchez, Y. (2021). Implementación de un protocolo de transfusión masiva en el Hospital General Docente “Dr. Agostinho Neto”. *Medicent Electrón*, 27(2), 1-20.

Green, L., Knight, M., Seeney, F. M., & Collins, P. W. (2021). The management of major obstetric hemorrhage: Insights from the UK Obstetric Surveillance System. *International Journal of Obstetric Anesthesia*, 45, 103157. <https://doi.org/10.1016/j.ijoa.2020.103157>

Guasch, E. y Gilsanz, F. (2016). Hemorragia masiva obstétrica: enfoque terapéutico actual. *Medicina intensiva*, 1(1), 1-13

Jiménez, A., Chaves, C., & Mora, M. (2022). Transfusión sanguínea masiva en shock hemorrágico: análisis de activación en hospitales públicos de Costa Rica. *Revista Médica de Costa Rica y Centroamérica*, 79(641), 53–60. <https://www>

- binasss.sa.cr/revistas/rmcc/2022/641/641_8.pdf Jiménez V., M. F., Villalobos R., B., & Quirós C., K. (2022). Transfusión sanguínea masiva en shock hemorrágico. *Revista Médica Sinergia*, 7(5), e795. <https://doi.org/10.31434/rms.v7i5.795>
- Juan A., S. G., Mario, G. M., Beatriz, G. M., & Elizabeth, A. G. G. (2023). Resultados de la estrategia de código rojo en la atención a pacientes con hemorragia posparto. *Medicentro Electrónica*, 27(2). Epub 01 de abril de 2023. Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30432023000200001&lng=es&tlang=es
- Kvržić, Z. (2024). History of blood donation and transfusion medicine. *Springer Nature*.
- Khan, S., Brohi, K., & Chana, M. (2022). Massive transfusion protocols in trauma: An update. *Transfusion Medicine Reviews*, 36(1), 32–39. <https://doi.org/10.1016/j.tmrv.2021.05.004>
- Macías E., J. A., Saltos M., H. Y., & Eras C., J. E. (2023). Características de la activación de código rojo en la emergencia obstétrica en un hospital. *Polodelconocimiento.com*, 8(7), 863-880. <https://doi.org/10.23857/pc.v8i7>
- Mejía, D. (2020). Determinación del Conocimiento del Código Rojo en Hemorragia Posparto. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/05/05_11484.pdf
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de Guatemala. (2011). Acuerdo Ministerial No. 529-2011: Creación de la Red Nacional de Bancos de Sangre y Centros de Transfusión. <https://www.sns.gob.gt>
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de Guatemala. (2021, diciembre 22). MSPAS insta a donar sangre para abastecer bancos de este recurso. *Agencia Guatemalteca de Noticias*.
- Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2021). OPS entrega equipos al Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social para fortalecer la respuesta a emergencias. Recuperado de <https://www.paho.org/es/noticias/25-8-2021-ops-entrega-equipos-al-ministerio-salud-publica-bienestar-social-para-abastecer-bancos-de-este-recurso/>
- Organización Panamericana de la Salud. (2021). *Guía de prácticas clínicas sobre transfusión segura*. OPS. <https://iris.paho.org/handle/10665.2/53905>
- Pons Escoll, V., Cabirta, A., Porras, J. M., Linares, M., Ayats, J., Rierola, M., & Parra, R. (2023). P-082 - Evaluación de la implementación de un protocolo de transfusión masiva en el área de obstetricia; características clínicas de los casos de hemorragia posparto con activación del protocolo. *Blood Transfusion*, 21(3), 445-446.
- Rodríguez, M. A., López, J., & Niño, C. (2021). Evaluación del cumplimiento del protocolo de hemorragia obstétrica en un hospital universitario de Colombia. *Revista Colombiana de Obstetricia y Ginecología*, 72(3), 218–225. <https://doi.org/10.18597/rcog.3854>
- Roldán, M., Arboleda, M., Martínez, L., & Hernández, F. (2023). Transfusión masiva: un abordaje desde el protocolo de control de daños. *Medicina Interna de México*, 39(3), 523-535. <https://doi.org/10.24245/mim.v39i3.7422>
- Tennyson, M., Redlaff, J., Biosse-Duplan, G., Lewin, M., Jones, N., & Layard Horsfall, H. (2021). Massive blood loss protocol 'Code Red' at Papworth Hospital: A closed loop audit. *Journal of Perioperative Practice*, 31(9), 334–340. <https://doi.org/10.1177/1750458920943361>
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. (2021). *Normas para el uso de hemocomponentes y hemoderivados en los servicios de salud*. <https://www.mspas.gob.gt>
- World Health Organization. (2023). *Blood transfusion safety*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/blood-safety-and-availability>

Anexos

Anexo 1

Frecuencia de activación de Códigos Rojo y de Transfusiones masivas en los distintos Bancos de sangre de los Hospitales

Hospital	Activación					
	Código Rojo	Transfusiones masivas	Total por Hospital			
	n ¹	% ²	n	%	n	%
Hospital Regional de Zacapa	5	11.9	37	88.1	42	100
Hospital Regional de El Quiché	16	32	34	68	50	100
Hospital Regional de Cuilapa	8	22.2	28	77.8	36	100
Hospital Nacional El Progreso	4	12.1	29	87.9	33	100
Total	33	20.5	128	79.5	161	100

Nota. 1 Frecuencia, 2 Porcentaje. Datos recopilados por investigadores durante el mes de marzo a mayo del año 2025.





Evaluación de la capacidad para la vigilancia de la resistencia a los antimicrobianos, de acuerdo a la propuesta de una salud, en los laboratorios de la red hospitalaria que cuenta con área de microbiología atendidos por estudiantes de EPS de Química Biológica en el segundo semestre del año 2024

Evaluation of the Capacity for Monitoring Antimicrobial Resistance, According to the One Health Proposal, in Hospital Network Laboratories with Microbiology Areas Attended by EPS Biological Chemistry Students in the Second Semester of 2024

*Br. Margareth Litta Josse Garcia Perez, Br. Mariana Jose Guerra Burelo, Br. Mirna Noelí Sagché Telón,
Br. Allison Beatriz Escobar Godoy, Br. José Raquel Gonzalez, Br. Juan Pablo Chinchilla Cano, Br.
Damaris Eunice Cumes Panchoy¹ y M.A. Erwin Emilio García Fuentes²
Estudiantes de EPS de QB en los hospitales sedes del estudio.*

*Profesor Supervisor de EPS de QB
Universidad de San Carlos de Guatemala,
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.
Programa de Experiencias Docente con la Comunidad -EDC-.
Ejercicio Profesional Supervisado -EPS-, Química Biológica,
Correspondencia: qbusaceps@gmail.com*



Foto: ©Hanna Godoy, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Resumen

Este estudio tiene como objetivo evaluar la capacidad de vigilancia de la resistencia a los antimicrobianos en la red hospitalaria que cuenta con áreas de microbiología en los que participa el EPS de Química Biológica de la USAC durante el segundo semestre del año 2024, utilizando la herramienta LAARC. La investigación se basa en un análisis transversal, para evaluar si los laboratorios clínicos del área de bacteriología cuentan con las herramientas necesarias y óptimas para la identificación de microorganismos que presentan resistencia a antibióticos. Con los datos recopilados se realizaron estadísticas descriptivas para el análisis. Se evaluaron los siguientes módulos de la herramienta LAARC; instalaciones con un promedio de 60.57 (4.50), sistema de información de laboratorio 71 (5.89), gestión de datos 80.29 7.91), garantía de la calidad 49(18.57), control de calidad de medio 47.71 9.20), control de calidad en métodos de identificación 56.14 27.69), control de prueba de sensibilidad antibiótica 42 21.87), recogida, transporte y gestión de muestras 59.57 (10.58), procesamiento 70.14 11.48), procedimientos operativos estandarizados y método de identificación 52.57(16.72), aspectos básicos de las pruebas de sensibilidad antibiótica 67.57 11.91), reglas de experto para pruebas de sensibilidad antibiótica 77.71 (6.05), política y análisis de paneles de pruebas de sensibilidad antibiótica 46.86 12.05) y seguridad 58.71 (12.96). La evaluación de la herramienta LAARC revela deficiencias significativas en la garantía de calidad y el control de las pruebas de sensibilidad antibiótica. La bioseguridad en los laboratorios es moderadamente deficiente. Según los datos obtenidos, el 80% de los laboratorios clínicos estatales de la República de Guatemala no tiene la capacidad total de detectar Resistencia a Antibiótico.

Abstract

This study aims to evaluate the antimicrobial resistance surveillance capacity within the network hospital with microbiology departments that participate in the Biological Chemistry EPS at USAC during the second semester of 2024, using the LAARC tool. The research is based on a cross-sectional analysis to assess whether clinical laboratories in the bacteriology area have the necessary and optimal tools for identifying microorganisms with antibiotic resistance. Descriptive statistics were performed for analysis using the collected data. The following LAARC tool modules were evaluated: Facilities with an average of 60.57 (4.50), laboratory system information 71 (5.89), management data 80.29 (\pm 7.91), quality assurance 49 (18.57), medium quality control 47.71 (\pm 9.20), identification method quality control 56.14 (\pm 27.69), antibiotic susceptibility testing control 42

(± 21.87), sample collection, transport, and management 59.57 (10.58), processing 70.14 (± 11.48), standard operating procedures and identification method 52.57 (16.72), basic aspects of antibiotic susceptibility testing 67.57 (± 11.91), expert rules for susceptibility antibiotic testing 77.71 (6.05), susceptibility antibiotic testing policy and analysis panel 46.86 (± 12.05), and safety 58.71 (12.96). The evaluation of the LAARC tool reveals significant deficiencies in quality assurance and control of susceptibility antibiotic testing. Laboratories biosafety is deficient moderately. According to the obtained data, 80% of the public clinical laboratories in the Guatemala Republic do not have the full capacity to detect antibiotic resistance.

Introducción

La resistencia antimicrobiana se define como la capacidad de un microorganismo para resistir los efectos de los antibióticos; es una característica inherente de la bacteria o puede ser una capacidad adquirida durante el proceso infeccioso.

En la actualidad la resistencia antimicrobiana es una de las mayores amenazas para la salud pública mundial. El consumo excesivo e inapropiado de antibióticos en los últimos 50 años se ha incrementado de forma alarmante y de no tomar medidas urgentes se adentrará a la denominada “era post antibiótica”, donde ningún antimicrobiano será efectivo y las infecciones más comunes podrían ser mortales (Ángeles, 2018).

Dado que muchos antibióticos pertenecen a la misma clase de medicamentos, la resistencia a un agente antibiótico concreto puede llevar a la resistencia a toda una clase conexa. La resistencia que se manifiesta en un organismo puede propagarse de forma rápida e impredecible, por ejemplo mediante el intercambio de material genético entre diferentes bacterias, y puede afectar a la antibioterapia de un amplio número de infecciones y enfermedades.

Las consecuencias directas de una infección por microorganismos resistentes pueden ser graves, por ejemplo, enfermedades más largas, mayor mortalidad, estancias prolongadas en el hospital, pérdida de protección en el caso de los pacientes que se someten a operaciones y otros procedimientos médicos, e incremento de los costos. La resistencia a los antimicrobianos afecta a todos los ámbitos de la salud, implica a muchos sectores y tiene efectos en el conjunto de la sociedad (OMS, 2016).

Las redes de vigilancia generan información de los sujetos afectados, hospitales, magnitud y extensión, qué tipos de antibióticos se emplean, impacto en la mortalidad, gravedad de la enfermedad e impacto económico (Cerezo et al. 2021).

El Instituto de Patología Tropical (2014) indicó que, en Guatemala, tras la implementación de sistemas de vigilancia y protocolos para el manejo de la resistencia antimicrobiana por parte de la Organización Panamericana de la Salud los microorganismos que presentan mayor resistencia a nivel intrahospitalario son los siguientes: *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterobacter spp*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus coagulasa negativa*, *Enterococcus spp*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa*.

Actualmente en Guatemala existen normativos de reciente creación y se están implementando para evitar

la automedicación y consecuentemente, la resistencia bacteriana a antibióticos (Chávez, et al. 2021).

La RAM puede propagarse entre los seres humanos, el ganado y la fauna silvestre por contacto directo o a través de alimentos, piensos, agua y suelo contaminados. Una sola salud aborda la resistencia a los antimicrobianos en la vía de acción preservando la eficacia de los antimicrobianos y garantizar el acceso sostenible y equitativo a estos medicamentos, fomentando al mismo tiempo su uso responsable.

Por los datos anteriormente presentados surge el interés de conocer cuáles son las características de la resistencia antimicrobiana de los pacientes ingresados en las diferentes áreas de la red hospitalaria en Guatemala.

Materiales y Métodos

7.1 Universo de trabajo

Laboratorios de microbiología de Hospitales nacionales de la República de Guatemala.

7.2 Selección y tamaño de muestra

Laboratorios de microbiología de Hospitales Nacional de Salamá, San Marcos, Jutiapa, Chimaltenango, El Progreso, Cobán y Pedro de Bethancourt en el periodo de segundo semestre del 2024 de EPS de la Carrera de Química Biológica.

7.2.1 Criterios de inclusión

- Laboratorios que cuenten con equipo de identificación de microorganismos.
- Uso de Whonet
- Tipos de muestras a analizar
- Pacientes de cualquier servicio
- Pacientes de cualquier edad

7.2.2 Criterios de exclusión

Laboratorios que no cuenten con área de bacteriología.

7.3 Materiales y recurso

7.3.1. Humanos

- Br. Margareth Litta Josse Garcia Perez
- Br. Mariana Jose Guerra Burelo
- Br. Mirna Noelí Sagché Telón
- Br. Allison Beatriz Escobar Godoy

- Br. José Raquel Gonzalez
- Br. Juan Pablo Chinchilla Cano
- Br. Damaris Eunice Cumes Panchoy
- Lic. Emilio García

7.3.2. Físicos

a. Materiales

- Medios de cultivo (Agar sangre, MacConkey, chocolate)
- Placas de Petri
- Solución salina
- Densicheck
- Equipo VITEK
- Tarjetas de identificación y susceptibilidad VITEK
- Asas calibradas
- Incubadora a 37°C
- Cabina de bioseguridad
- Computadora
- Formatos de registro de datos
- Formatos de registro de resistencias
- Microscopio
- Impresora

7.3.3. Institucionales

- Hospital Pedro de Bethancourt
- Hospital de El Progreso
- Hospital Nacional de Chimaltenango
- Hospital Nacional de Salamá
- Hospital Nacional de San Marcos
- Hospital Regional de Cobán
- Hospital Nacional de Jutiapa

Metodología

Diseño experimental: La investigación se basó mediante un análisis transversal, se evaluó si los laboratorios clínicos del área de bacteriología cuentan con las herramientas necesarias y óptimas para la identificación de microorganismos que presentan resistencia a antibióticos. Se llevó a cabo el

procedimiento con previa autorización de cada laboratorio para la aplicación de la herramienta LAARC, se evaluó la capacidad de los laboratorios en la vigilancia de la resistencia a los antimicrobianos del Hospital Nacional de Salamá (HNS), Hospital Nacional de San Marcos (HNSM), Hospital Nacional de Jutiapa (HNJ), Hospital Nacional de Chimaltenango (HNCH), Hospital de El Progreso (HEP), Hospital Nacional de Cobán (HNC) y Hospital Nacional Pedro de Bethancourt (HNPB) los cuales cuentan con área de microbiología, con la ayuda de la herramienta de Evaluación de Laboratorio de la Capacidad para detectar Resistencia a Antibióticos (LAARC). Evaluando la competencia técnica en las metodologías bacteriológicas y los procesos de calidad relacionados con la detección de resistencia a antimicrobianos. LAARC cuenta con una serie de cuestionamientos y estos se organizan por módulos. Se aplicaron un total de 14 módulos con preguntas cerradas, al finalizar cada módulo se obtenía una nota, los resultados se unificaron en un gráfico denominado heatmaps o mapa de calor, en el gráfico se localiza los resultados obtenidos por cada laboratorio, estratificados por color según sea el resultado y según las clasificaciones que la herramienta LAARC del CDC, determina; capacidad baja (0-49), capacidad moderada (50-79) y capacidad total de (80 y más) (Yamba, Chizimu, Mudenda., et.al., 2024).

Análisis de datos: Los datos obtenidos se obtuvieron a través de la aplicación de la herramienta LAARC, estos fueron tabulados y organizados en una base de datos estructurada, en la que cada hospital fue identificado con un código específico, y los resultados de cada módulo se registraron en formato numérico.

Tabulación de datos:

- Se recopiló la información de los 14 módulos en una matriz de datos, donde las filas representaron a los hospitales evaluados y las columnas correspondieron a los puntajes obtenidos en cada módulo.
- Los puntajes se agruparon según la clasificación establecida por la herramienta LAARC del CDC:
- Capacidad baja: 0-49
- Capacidad moderada: 50-79
- Capacidad total: 80 o más
- Los datos se consolidaron en un heatmap (mapa de calor), lo que permitió una representación visual clara de los resultados por hospital y módulo.

Ánalisis Estadístico: Se calcularon medidas de tendencia central y dispersión, como la media y la desviación estándar, para evaluar la variabilidad en el desempeño de los hospitales. El análisis estadístico descrito permitió comprobar la hipótesis de la investigación al proporcionar una evaluación cuantitativa y comparativa del desempeño de los hospitales en la identificación de microorganismos resistentes a los antibióticos.

Aspectos éticos: Para completar el estudio se requirió el compromiso, responsabilidad, honestidad y lealtad de cada uno de los responsables a aplicar la herramienta LAARC en el estudio. En este estudio no se utilizó consentimiento informado debido a la metodología de análisis, la cual no hay acción riesgosa, en la que se vea involucrada la salud de participantes, para la ejecución del mismo se contó con el permiso de la jefatura del laboratorio.

Resultados

La herramienta de LAARC es utilizada para evaluar la capacidad de detectar resistencia a antibióticos, su diseño es estructurado para entornos con recursos limitados. LAARC está diseñada para examinar partes técnicas difíciles de evaluar y para ser adaptada a laboratorios en países de bajos y medianos ingresos que aún no han establecido regulaciones y/o normativas en el laboratorio.

Se aplicó en 7 hospitales de la República de Guatemala obteniendo los siguientes resultados por módulo (Anexo 1): instalaciones con un promedio de 60.57 (4.50), sistema de información de laboratorio 71 (5.89), gestión de datos 80.29 (\pm 7.91), garantía de la calidad 49 (18.57), control de calidad de medio 47.71 (\pm 9.20), control de calidad en métodos de identificación 56.14 (\pm 27.69), control de prueba de sensibilidad antibiótica 42 (\pm 21.87), recogida, transporte y gestión de muestras 59.57 (\pm 10.58), procesamiento 70.14(\pm 11.48), procedimientos operativos estandarizados y método de identificación 52.57(\pm 16.72), aspectos básicos de las pruebas de sensibilidad antibiótica 67.57 (\pm 11.91), reglas de experto para pruebas de sensibilidad antibiótica 77.71 (\pm 6.05), política y análisis de paneles de pruebas de sensibilidad antibiótica 46.86 (\pm 12.05) y seguridad 58.71 (\pm 12.96).

En todo laboratorio que determine resistencia antimicrobiana, se deben evaluar condiciones como disponibilidad de equipos, calibración, mantenimiento, control de temperatura, autoclave y gestión de inventarios. El HNPB presentó el mayor punteo de 68 y el HNJ el puntero más bajo de 55. El Sistema de Información de Laboratorio evalúa infraestructura, softwares, procedimientos y gestión

de información en el laboratorio con un promedio de 71, donde el HNCH consiguió 77 y el HNPB 60.

El módulo de gestión de datos evalúa las condiciones de Identificación de pacientes y muestras, formularios de solicitud, informes de datos de cultivo y pruebas de sensibilidad antimicrobiana (PSA), copias de seguridad e intercambio de datos, proporcionando la integridad de los datos para administrar un mejor acceso a los usuarios. Los hospitales de HNC puntuo de 45, HNS puntuo de 50, HNJ puntuo de 46, HNPB puntuo de 75, HNSM puntuo de 50, se encuentran en una capacidad baja y los puntuos altos correspondientes a HNC puntuo 71 y HNP 68 se encuentran en una capacidad moderada.

El módulo de garantía de la calidad evalúa los sistemas de gestión de calidad (SGC), evaluaciones de competencia del personal, mecanismos de resolución de problemas y EQA. Los hospitales con capacidad moderada son HNCH puntuo de 71 y HNPB puntuo de 75, el HSM puntuo de 50 se encuentra en una capacidad moderada en el módulo de gestión de la calidad. Los Hospitales HNS puntuo de 29, HNJ puntuo de 46, HEP puntuo de 27, HNC puntuo de 45, cuentan con una capacidad baja.

La esterilidad es fundamental para garantizar que el medio de cultivo no contenga contaminantes que puedan interferir con los resultados. En este módulo los hospitales presentaron puntaje de 47.71 indicando una capacidad considerablemente baja en la calidad de los medios y solamente el HNCH estuvo arriba del puntuo con un 65 de su puntuación. El resto de hospitales dieron se tuvo los siguientes puntuos: HNJ puntuo de 36, HNS puntuo de 43, HNSM puntuo de 53, HEP puntuo de 27,HNPB puntuo de 45 y HNC puntuo de 45.

Los métodos de identificación son esenciales para diagnosticar, tratar y controlar infecciones. Todos los métodos tienen limitaciones, como la correcta identificación en muestras y la disponibilidad de equipo y capacitación del personal. El HNJ presentó un puntaje de 85 y HNCH puntaje de 80 se encuentran en capacidad total, al contrario del Hospital de Salamá con una puntuación por debajo de la media, se estrechamente ligado a que los recursos económicos que el hospital no posee para darse abasto, los hospitales como: HNSM puntuo de 50, HEP puntuo de 27,HNPB puntuo de 71 y HNC puntuo de 68, están catalogados con capacidad moderada.

En el control de calidad de los métodos de pruebas de sensibilidad de antibióticos, el HNS puntuo de 32, HNSM puntuo de 40 y HNJ 34 tienen una baja capacidad, mientras que los demás hospitales HEP puntuo de 57 ,HNPB puntuo de 56 y HNC puntuo de 53, tienen una capacidad moderada.

En el Módulo de transportes y gestión de muestras HNS cuenta con puntaje de 53, HNSM punteo de 73, HNJ punteo de 60, HNCJ punteo de 75, HEP punteo de 50, HNC punteo de 53 y HNPB punteo de 57. El HNS presentó el puntaje más bajo de 49 y el HNCH presentó el promedio más alto de 75.

La metodología de procedimientos de los cultivos es crucial para la identificación de cepas resistentes a los antibióticos, el apartado de procesamiento describe el procesamiento de hemocultivos, sistema manual de hemocultivos, urocultivos y coprocultivos para *Salmonella* y *Shigella*. Los hospitales de los departamentos de HNCH con puntaje de 81 y HEP con 83 se encuentran en capacidad alta, el HNC con 79 cuenta con una capacidad moderada, a diferencia del resto de hospitales estos se sitúan en una capacidad baja para procesamiento de cultivos. Los hospitales de Guatemala tienen una capacidad moderada para el procesamiento de cultivos. En métodos de identificación, que incluyen convencionales, automatizados y basados en KIT, se obtuvo un puntaje de 52.57, clasificándose como moderado. El HNJ con puntuo de 35, HEP con 33 y HNC con 45, se estratifican con capacidad baja, esto representa que la metodología empleada requiere de mejoras para que su capacidad sea óptima.

Las pruebas de sensibilidad antimicrobiana son fundamentales en los laboratorios de bacteriología de los hospitales nacionales, ya que predicen la efectividad de los antibióticos frente a los microorganismos. La evaluación que se realizó en los aspectos básicos de pruebas de sensibilidad antimicrobiana (PSA) y sus apartados, se logró determinar que los hospitales HNCH y HNPB tienen un puntaje de 80, demostrando una capacidad total en PSA es total, en el caso contrario el HNJ posee el puntuo más bajo con 46, los hospitales con capacidad moderada son HNSM con 66, HEP con 71 y HNC con 60.

El promedio total del manejo de PSA en los hospitales de Guatemala es de 67.57, lo que se clasifica como capacidad moderada según la herramienta LAARC. La mayoría de los hospitales posee las competencias necesarias para PSA. Se evaluó las reglas de expertos para pruebas de sensibilidad antibiótica, se obtuvieron resultados con un porcentaje alto por cada hospital. En la evaluación de las reglas de expertos para pruebas de sensibilidad antibiótica, se obtuvieron resultados altos en cada hospital. El HNCH obtuvo 85 puntos, el HNC 67 puntos, y el promedio total de los hospitales fue de 77.71. Según esta clasificación, los hospitales tienen una capacidad moderada en el seguimiento de instrucciones de los expertos para las pruebas de sensibilidad antibiótica.

Los procedimientos operativos estandarizados (POE) son esenciales en microbiología para obtener resultados

uniformes, los laboratorios deben tener un POE que establece la combinación estándar de antibióticos que probara en cada uno de los microorganismos. En la evaluación de las políticas y análisis de paneles de PSA, el puntaje promedio de los hospitales fue 46.86, debajo de la media, indicando incumplimiento. El HNCH tuvo el mayor puntaje con 58, seguido por el HNPB con 54, HNS con 52, HNC con 52, y HNSM con 48. El HEP obtuvo el menor puntaje con 22. Esto muestra una capacidad moderada en la mayoría de los hospitales evaluados.

La bioseguridad es un pilar fundamental en el laboratorio. Todo el equipo de trabajo debe conocer las normas de bioseguridad para evitar accidentes y adoptar precauciones normalizadas y protecciones de barrera. Las prácticas y procedimientos de bioseguridad nivel 2 son indispensables en la manipulación de muestras. El módulo de bioseguridad tuvo un promedio de 58.71 puntos en todos los hospitales evaluados, indicando una capacidad moderada. El HNCH obtuvo el puntaje más alto con 76, mientras que el HNJ obtuvo 56, HNS 54, HNSM 43, HEP 46, HNPB 61 y HNC 75. Esto muestra una capacidad moderada en la mayoría de los hospitales evaluados, siendo el HNSM con 43 puntos el hospital con capacidad baja en bioseguridad.

En base a los resultados obtenidos y el análisis estadístico con la herramienta LAARC, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula. Los hospitales de la República de Guatemala tienen capacidad moderada para la vigilancia de Resistencia Antimicrobiana.

El Hospital Nacional de Salamá (HNS) tiene una baja capacidad en las instalaciones del laboratorio de bacteriología al no contar con un espacio físico ni ventilación ventilación adecuada, no es posible movilizarse dentro del mismo y se toman las muestras dentro del área de procesamiento. Además, no se lleva un correcto registro de las temperaturas de las refrigeradoras, incubadoras y presión de los autoclaves. No se cuenta con equipo necesario como congeladores o estufas.. La norma ISO 15189 indica que el laboratorio debe disponer de un espacio suficiente, de forma que su carga de trabajo se pueda realizar sin afectar su calidad ni la seguridad de todo el personal, trabajador o visitante (Alados, et al., 2010). Así también, es necesario fortalecer el control de calidad en el equipo ya que todos los instrumentos utilizados en el laboratorio deben estar respaldados por un programa de control de calidad y de mantenimiento preventivo y correctivo, basados en las instrucciones del fabricante y los procedimientos establecidos. Debe mantenerse un registro de todo lo realizado al respecto, con el nombre del instrumento, fecha, resultado y comentarios (Herrera y Campos, 2005).

En el sistema de información de laboratorio se obtuvo una capacidad moderada, y en la gestión gestión de datos

una capacidad total, ya que se cuenta con los sistemas de información de laboratorio (LIS) que han facilitado y logrado una mejor eficiencia en este aspecto, llevando un mejor control y evitando la confusión de las muestras (Preciado, et al., 2021).

El HNS presentó una baja capacidad en todos los aspectos relacionados a la calidad, correspondiendo a los módulos 4 al 9. Es importante mencionar que no se cuenta con un sistema de gestión de la calidad ni un manual de calidad que indique las políticas, objetivos indicadores, evaluaciones, regulaciones, auditorías o encargados, lo que dificulta los pasos a seguir para los distintos procesos relacionados. Los laboratorios de microbiología clínica deben de realizar controles de calidad (CC) para sus métodos de análisis, que es el nivel inicial de control de un procedimiento. Los requisitos de CC son exigidos por las agencias reguladoras y especificados en los prospectos de los fabricantes de productos preparados comercialmente. Además es necesario realizar seguimiento de los CC y los indicadores de calidad y se analizan las tendencias. El CC incluye el control de los suministros, la calibración y el mantenimiento de los equipos, los procedimientos, la competencia del personal, las pruebas de competencia, la recolección y el transporte de las muestras, y la precisión y puntualidad de los informes de resultados (Carey, et al., 2018). Respecto al control de calidad de los medios, únicamente se verifica la esterilidad, debido a la falta de potenciómetro y cepas para realizarlo. Por otro lado, en el control de calidad de identificación y pruebas de sensibilidad antimicrobiana, recién se ha implementado; sin embargo, es necesario supervisar y realizar las modificaciones correspondientes para hacer el control de calidad de forma periódica.

Respecto a la recogida, transporte y gestión de muestras, el HNS tiene una baja capacidad. Esto se debe a que el servicio de laboratorio clínico no cuenta con los procedimientos operativos estandarizados de la toma de muestra y su transporte ya que otros servicios como enfermería, son los encargados de realizarla, provocando errores en la fase preanalítica, por lo que se desconoce si la recolección de la muestra fue adecuada (Dominguez y Ferras, 2018). Por tanto, es necesario trabajar de la mano con los demás profesionales para garantizar que la fase preanalítica no tenga errores que repercutan en los resultados de los cultivos (San Miguel, et al., 2017).

En el módulo de procesamiento, el HNS cuenta con una capacidad moderada ya que es necesario actualizar y mejorar procedimientos como el conteo de las unidades formadoras de colonias y la verificación de hemocultivos positivos diariamente junto con una capacitación del personal para garantizar una estandarización de los procesos según los procedimientos operativos estandarizados (POEs). El

módulo de POEs resultó una con una capacidad moderada ya que sí se encuentran en los mismos la mayoría de los procedimientos; sin embargo, es necesario revisarlos y actualizarlos anualmente (Carey, et al., 2018).

En los aspectos básicos de las pruebas de sensibilidad antibiótica se reportó una capacidad moderada, ya que se tienen que realizar mejoras en el almacenamiento de los discos según el fabricante ya que no se utilizan los desecantes para almacenarlos. Así también no se repiten antibiogramas cuando existen dudas en la lectura de los halos de inhibición en el caso del swarming o colonias dentro del halo de inhibición. Por otro lado, en las reglas de experto, se reportó una capacidad total ya que se cuentan con documentos con los puntos de corte actualizados y con la forma correcta de la interpretación de los antibiogramas; sin embargo, es necesario formar a todo el personal para que se encuentre en la capacidad de interpretarlo correctamente.

Para el módulo de política y análisis de paneles de pruebas de sensibilidad antibiótica, se reporta una capacidad moderada, siendo la mayor dificultad el reporte anual del antibiograma de los aislamientos, ya que a través de este reporte es posible monitorear, analizar y compartir los datos de susceptibilidad a los antimicrobianos para tomar acciones dentro del centro hospitalario utilizando distintos software gratuitos como WHONET (Ghosh, et al., 2013).

En el módulo de seguridad, se observa una capacidad moderada, teniendo fallas en áreas de lavado de manos y lavado de ojos, así como la falta de capacitaciones anuales sobre bioseguridad a todo el personal del laboratorio. Por tanto, es necesario la concienciación individual de autoprotección, la identificación de los peligros y la evaluación del riesgo, la adopción de medidas de contención apropiadas y el empleo de técnicas microbiológicas escrupulosas que garanticen hacer del laboratorio un lugar seguro (Rojo-Molinero, et al., 2015).

Conclusiones

La evaluación de la herramienta de LAARC revela deficiencias significativas en la garantía de calidad y el control de las pruebas de sensibilidad antibiótica, lo que afecta la validez en la determinación de las resistencias antimicrobianas. Es crucial abordar estas deficiencias para mejorar la fiabilidad de los resultados.

La bioseguridad dentro del área de trabajo de los laboratorios en estudio es moderadamente deficiente, por lo que debe ser fortalecida debido a los peligros que esto involucra y de esta forma prevenir condiciones que podrían causar accidentes laborales.

La evaluación de la capacidad de los laboratorios en vigilancia de la resistencia a los antimicrobianos en Guatemala muestra un panorama mixto, dejando en claro que no todos los hospitales cumplen con los requerimientos necesarios, solamente algunos hospitales alcanzaron un nivel adecuado y otros enfrentan serios desafíos en áreas como la garantía de calidad, el procesamiento de cultivo y la implementación de políticas.

El 80% de los laboratorios de la República de Guatemala cuentan con capacidad moderada para la vigilancia de Resistencia Antimicrobiana.

Recomendaciones

Establecer laboratorios equipados adecuadamente en cada región del país para frenar la propagación de microorganismos resistentes. Esto permitiría una mejor recolección de datos y comparación entre los laboratorios nacionales, facilitando el monitoreo y control de la resistencia antimicrobiana.

Estandarizar los protocolos y procedimientos para medir la resistencia, garantizando la consistencia y confiabilidad de los resultados en todo el país.

Implementar un sistema de gestión integrado que promueva la mejora continua en todas las áreas del laboratorio o sistema evaluado.

Asegurar que las instalaciones, equipos, y sistemas de información estén actualizados, y que el personal reciba formación continua en buenas prácticas, normativas aplicables y gestión de riesgos.

Adoptar herramientas digitales para mejorar la trazabilidad, gestión de documentos e inventarios, y fortalecer las auditorías internas y externas, asegurando el cumplimiento con las normativas locales e internacionales.

Discusión

El Hospital de El Progreso presentó capacidad baja en varios módulos, incluyendo garantía de la calidad, control de calidad de medios, procedimientos operativos estandarizados, métodos de identificación, política y análisis de paneles de pruebas de sensibilidad antibiótica, y seguridad. El laboratorio carece de un encargado exclusivo de gestión de calidad, y la mayoría del personal no posee el conocimiento necesario para microbiología. No está inscrito en ningún control externo de calidad, carece de manuales para diversos procedimientos, y necesita implementar métodos y pruebas manuales para identificación y antibiograma. Tampoco se realizan evaluaciones de riesgo y falta equipo de bioseguridad como una estación de lavado de ojos y un armario de seguridad para inflamables. En los módulos de

instalaciones, sistema de información de laboratorio, gestión de datos, control de calidad de pruebas de sensibilidad antibiótica, recogida, transporte y gestión de muestras, aspectos básicos de las pruebas de sensibilidad antibiótica, y reglas de experto para pruebas de sensibilidad antibiótica, el laboratorio mostró capacidad moderada. La bacteriología carece de varios equipos descritos en los módulos y el programa utilizado para reportar resultados no tiene varios parámetros evaluados. El laboratorio no está inscrito en ningún sistema de vigilancia de RAM. El único módulo donde se presentó capacidad total fue en procesamiento, ya que el laboratorio procesa la mayoría de cultivos y cuenta con POES para ellos.

En el hospital de Jutiapa las instalaciones requieren de mejora como un área más amplia, instrumentación para la fabricación de medios como también un área solamente para elaboración de los mismos, sin embargo, su capacidad se encuentra en rango moderado, el sistema de información de laboratorio cumple con la logística de obtención de datos, el sistema de datos con el que cuenta es apto. En temas de control de calidad requiere mejoras, su capacidad baja, así como vigilar el control de calidad de los medios de cultivo. Para garantizar un resultado, es esencial tener respaldo y metodologías confiables. (Morales et al., 2017). En la metodología de identificación y sensibilidad antibiótica, es esencial realizar controles para validar resultados. Sería útil crear ceparios para control interno. El laboratorio tiene capacidad moderada para identificar microorganismos resistentes, su capacidad es similar a los demás laboratorios de los Hospitales de la República de Guatemala.

El Hospital Nacional de San Marcos posee una capacidad moderada en las instalaciones, ya que el espacio es reducido y no está en un área independiente, por lo tanto no posee área específica para poder realizar medios y procesamientos de las muestras, el área no cuenta con rotulaciones y señalizaciones, el laboratorio tiene una capacidad baja en el control de calidad y garantía de calidad, no se cuenta con manuales o procedimientos operativos estandarizados de calidad en el área, tampoco se tiene un profesional encargado del área de bacteriología para poder tener un mejor control y calidad de los procedimientos, la recogida, transporte y gestión de muestras posee una capacidad alta ya que se le indica constantemente a los médicos el tipo de medio a utilizar por muestra y la correcta información que debe llevar en la rotulación. La seguridad en el laboratorio posee una capacidad baja, el personal técnico no utiliza bata ni lentes de protección, no se cuenta con botiquín de primeros auxilios ni lavamanos en el área de bacteriología. Todas las áreas evaluadas no cumplen con la capacidad máxima en el área de bacteriología según la herramienta LAARC.

El laboratorio del Hospital Regional de Cobán no cuenta con Procedimientos Operativos Estandarizados (POES). Además, no dispone de un área específica para la preparación de medios de cultivo, lo cual limita la eficiencia y organización del laboratorio. Según la norma ISO 15189, el laboratorio de microbiología debe ser un espacio seguro, eficiente, cómodo para los trabajadores y agradable para los visitantes. Debe contar con un espacio adecuado que permita realizar las actividades sin comprometer la calidad ni la seguridad del personal. (Alados, et al., 2010).

Carece de material necesario para realizar controles e identificaciones manuales. En términos de capacidad, presenta un nivel moderado en áreas clave como instalaciones, sistemas de información de laboratorio, gestión de datos, control de calidad de métodos de identificación, pruebas de sensibilidad antibiótica, así como en el manejo de muestras, procedimientos operativos estandarizados, y seguridad.

Por lo tanto, existe un amplio margen de mejora en diversas áreas clave, como la implementación de procedimientos operativos estandarizados, el fortalecimiento de las medidas de bioseguridad, y la actualización de equipos y materiales, lo que es crucial para garantizar tanto la calidad de los resultados como la seguridad del personal del laboratorio. Estas mejoras no solo optimizarían la eficiencia operativa, sino que también asegurarían un entorno de trabajo más seguro y acorde con los estándares internacionales.

El Hospital Nacional de Chimaltenango (HNCH) muestra un desempeño adecuado en varias áreas clave, cabe resaltar que también presenta oportunidades de mejora, especialmente en las instalaciones, donde los equipos, espacios y condiciones no son completamente óptimos para realizar procedimientos de manera eficiente, lo que podría reducir los costos derivados de errores de diagnóstico y atención prolongada de enfermedades mal tratadas (Lötsch, 2018). Las puntuaciones bajas en áreas críticas pueden afectar la confianza de la población en los servicios de salud. La calidad de los laboratorios y la fiabilidad de los resultados son cruciales para la prevención y detección temprana de enfermedades, lo que impacta directamente en la salud pública (Peterson & Melnick, 2017). En cuanto al control de calidad, el HNCH necesita mejorar en áreas como el control de medios y las pruebas de sensibilidad antibiótica. La falta de capacitación continua puede generar errores en la ejecución de procedimientos, afectando la calidad de los resultados. La ausencia de procedimientos operativos estandarizados y personal capacitado puede comprometer los diagnósticos y tratamientos (Miller, 2015). Además, la calidad de las pruebas diagnósticas es clave para identificar enfermedades infecciosas y resistentes a antibióticos, y la

falta de control en las pruebas de sensibilidad antibiótica podría contribuir a la resistencia bacteriana, un creciente problema de salud pública (Baucher et al., 2021; WHO, 2014).

Respecto a la gestión de datos, el hospital mantiene un control adecuado, asegurando que la información de muestras, pacientes y resultados sea precisa, segura y accesible, lo cual es vital para tomar decisiones rápidas y precisas en los centros de salud. Sin embargo, la falta de un sistema de información completamente funcional podría generar demoras en la entrega de resultados, afectando la toma de decisiones y aumentando complicaciones, costos y la ineficiencia en la administración del sistema de salud (López & González, 2020). Finalmente, el puntaje en seguridad es relativamente alto, pero se debe seguir fortaleciendo la capacitación para prevenir accidentes y garantizar la integridad del personal y las muestras. El cumplimiento de los protocolos de seguridad es esencial para minimizar riesgos y evitar la contaminación o brotes infecciosos, asegurando la salud tanto de los pacientes como del personal (Schaefer, 2016).

El Hospital Nacional de Salamá (HNS) tiene una baja capacidad en las instalaciones del laboratorio de bacteriología al no contar con un espacio físico adecuado, no existe ventilación por lo que está sujeto a humedad, no es posible movilizarse dentro del mismo y se toman las muestras dentro del área de procesamiento. Además, no se lleva un correcto registro de las temperaturas de las refrigeradoras, incubadoras y presión de los autoclaves. No se cuenta con equipo necesario como congeladores o estufas. El laboratorio debe ser un lugar seguro, eficiente y cómodo ya que un ambiente agradable influye de forma positiva en el trabajador, aumenta la concentración del personal y la eficacia, e incrementa la productividad. La norma ISO 15189 indica que el laboratorio debe disponer de un espacio suficiente, de forma que su carga de trabajo se pueda realizar sin afectar su calidad ni la seguridad de todo el personal, trabajador o visitante (Alados, et al., 2010). Así también, es necesario fortalecer el control de calidad en el equipo ya que todos los instrumentos utilizados en el laboratorio deben estar respaldados por un programa de control de calidad y de mantenimiento preventivo y correctivo, basados en las instrucciones del fabricante y los procedimientos establecidos. Debe mantenerse un registro de todo lo realizado al respecto, con el nombre del instrumento, fecha, resultado y comentarios (Herrera y Campos, 2005).

En el sistema de información de laboratorio se obtuvo una capacidad moderada, y en la gestión de datos una capacidad total, ya que se cuenta con los sistemas de información de

laboratorio (LIS) que han facilitado y logrado una mejor eficiencia en este aspecto, llevando un mejor control y evitando la confusión de las muestras (Preciado, et al., 2021).

El HNS presentó una baja capacidad en todos los aspectos relacionados a la calidad, correspondiendo a los módulos 4 al 9. Es importante mencionar que no se cuenta con un Sistema de gestión de la calidad ni un manual de calidad que indique las políticas, objetivos indicadores, evaluaciones, regulaciones, auditorías o encargados, lo que dificulta los pasos a seguir para los distintos procesos relacionados. Los laboratorios de microbiología clínica deben de realizar controles de calidad (CC) para sus métodos de análisis, que es el nivel inicial de control de un procedimiento. Los requisitos de CC son exigidos por las agencias reguladoras y especificados en los prospectos de los fabricantes de productos preparados comercialmente. El siguiente nivel de supervisión de la calidad es el aseguramiento de la calidad (CC), donde se realiza un seguimiento de los controles de calidad y los indicadores de calidad y se analizan las tendencias. El CC incluye el control de los suministros, la calibración y el mantenimiento de los equipos, los procedimientos, la competencia del personal, las pruebas de competencia, la recolección y el transporte de las muestras, y la precisión y puntualidad de los informes de resultados (Carey, et al., 2018). Respecto al control de calidad de los medios, únicamente se verifica la esterilidad, debido a la falta de potenciómetro y cepas para realizarlo. Por otro lado, en el control de calidad de identificación y pruebas de sensibilidad antibiótica, recién se ha implementado; sin embargo, es necesario supervisar y realizar las modificaciones correspondientes para hacer el control de calidad de forma periódica.

Respecto a la recogida, transporte y gestión de muestras, el HNS tiene una baja capacidad. Esto se debe a que el servicio de laboratorio clínico no cuenta con los procedimientos operativos estandarizados de la toma de muestra y su transporte ya que otros servicios como enfermería, son los encargados de realizarla, provocando errores en la fase preanalítica, por lo que se desconoce si la recolección de la muestra fue adecuada (Dominguez y Ferras, 2018). Por tanto, es necesario trabajar de la mano con los demás profesionales para garantizar que la fase preanalítica no tenga errores que repercutan en los resultados de los cultivos (San Miguel, et al., 2017).

En el módulo de procesamiento, el HNS cuenta con una capacidad moderada ya que es necesario actualizar y mejorar procedimientos como el conteo de las unidades formadoras de colonias y la verificación de hemocultivos positivos diariamente junto con una capacitación del

personal para garantizar una estandarización de los procesos según los procedimientos operativos estandarizados (POEs). El módulo de POEs resultó con una capacidad moderada ya que sí se encuentran en los mismos la mayoría de los procedimientos; sin embargo, es necesario revisarlos y actualizarlos anualmente (Carey, et al., 2018).

En los aspectos básicos de las pruebas de sensibilidad antibiótica se reportó una capacidad moderada, ya que se tienen que realizar mejoras en el almacenamiento de los discos según el fabricante ya que no se utilizan los desecantes para almacenarlos. Así también no se repiten antibiogramas cuando existen dudas en la lectura de los halos de inhibición en el caso del swarming o colonias dentro del halo de inhibición. Por otro lado, en las reglas de experto, se reportó una capacidad total ya que se cuentan con documentos con los puntos de corte actualizados y con la forma correcta de la interpretación de los antibiogramas; sin embargo, es necesario formar a todo el personal para que se encuentre en la capacidad de interpretarlo correctamente.

Para el módulo de política y análisis de paneles de pruebas de sensibilidad antibiótica, se reporta una capacidad moderada, siendo la mayor dificultad el reporte anual del antibiograma de los aislamientos, ya que a través de este reporte es posible monitorear, analizar y compartir los datos de susceptibilidad a los antimicrobianos para tomar acciones dentro del centro hospitalario utilizando distintos software gratuitos como WHONET (Ghosh, et al., 2013).

En el módulo de seguridad, se observa una capacidad moderada, teniendo fallas en áreas de lavado de manos y lavado de ojos, así como la falta de capacitaciones anuales sobre bioseguridad a todo el personal del laboratorio. Portanto, es necesario la concienciación individual de autoprotección, la identificación de los peligros y la evaluación del riesgo, la adopción de medidas de contención apropiadas y el empleo de técnicas microbiológicas escrupulosas que garanticen hacer del laboratorio un lugar seguro (Rojo-Molinero, et al., 2015).

El HNPB presentó una capacidad moderada en el apartado de instalaciones, siendo el más alto de todos los laboratorios evaluados ya que cuenta con áreas separadas de la área de atención al paciente, muy organizado, aire acondicionado funcionando de forma adecuada, manteniendo el área a una temperatura de 20 a 26 °C y libre de humedad. Todos los equipos se encuentran conectados a una planta de energía en caso que haya problemas con la electricidad, de esta forma los equipos siguen funcionando sin ningún problema, el servicio de internet funciona sin ningún problema, los médicos pueden acceder a la red del laboratorio y de esta forma tener los resultados de forma

eficiente. En el equipamiento el laboratorio presenta la mayoría de equipos y en estado funcional esto permite trabajar las muestras de forma eficiente y obtener resultados correctos.

Respecto a la disponibilidad de equipamiento para la preparación de medios fue baja ya que no posee algunos equipos como el pH-metro y no se puede medir el pH de los medios que es muy importante para el crecimiento de algunos microorganismos. La mayoría de equipos del área no están calibradas y no hay un registro de si se ha realizado o cuando fue la última vez que se calibró los equipos. El refrigerador y la incubadora si poseen termómetros que permite la vigilancia de la temperatura y mantener los medios, la tarjetas de identificación y antibiograma en condiciones óptimas.

El sistema de información de laboratorio presentó una capacidad moderada y la más baja respecto al resto de hospitales en estudio, si se encuentran los campos de datos demográficos de los pacientes, datos de las muestras pero no campos separados para colocar los datos de cultivos por separado, esto se coloca en un apartado junto.

Respecto a la gestión de datos, representan una capacidad alta, se identifican los pacientes y muestras de forma correcta para que no exista equivocación alguna al procesar las muestras, notificando al médico los resultados tanto en la red como impreso y se mantiene la confidencialidad de los pacientes.

En garantía de calidad presento una capacidad moderada, el laboratorio cuenta con un encargado del área de bacteriología que supervisa el trabajo diario de los técnicos, en la preparación de medios de cultivos, revisa los resultados positivos de los cultivos todos los días e indica que cultivos trabajar para su identificación y antibiograma, cuáles realizarles aislamientos, dejar 24 horas más o bien descartarlas como muestras contaminadas y no trabajarlas. El personal se encuentra altamente capacitado para trabajar en el área, así como también reciben capacitaciones constantes.

En la preparación de medios y control de calidad se obtuvo una capacidad baja, ya que no existe POES de preparación de medios de cultivo, así como también registros de preparación de medios. La preparación de medios se realiza dentro del misma área donde se trabajan las siembras.

En control de calidad presentó una capacidad moderada cumpliendo con el etiquetado correcto y almacenamiento de reactivos, importante como la fecha de apertura y fecha de caducidad, se registra la temperatura del refrigerador diario para mantener las condiciones adecuadas para el almacenamiento de los medios, reactivos y pruebas.

El control de calidad de pruebas de sensibilidad antibiótica, presentó una capacidad moderada, el laboratorio contiene cepas de referencia ATCC, que sirven como control del equipo Vitek y que este identifique el microorganismo correcto y su respectivo antibiograma. En la recogida, transporte y gestión de muestras presentó una capacidad moderada, las muestras son etiquetadas de forma correcta con nombre y registro así como también en el libro de registros. Las muestras que no son procesadas se almacenan de forma correcta y no pierde la estabilidad. Respecto a la recogida de muestra de hemocultivos se capacita a los médicos, de la forma correcta de toma, la asepsia y el volumen adecuado para niños y adultos. Las muestras de heces y orina se recogen de forma adecuada. En la prueba de sensibilidad antimicrobiana, las colonias a trabajar son de 24 horas o más, utilizando colonias puras para su identificación y antibiograma, los medios a utilizar son estériles y adecuados para cada tipo de muestra.

Agradecimientos

A los hospitales de los distintos departamentos de Guatemala incluidos en la investigación, así como a los jefes inmediatos de los laboratorios y encargados del área de microbiología, queremos agradecerles por brindar la autorización e información necesaria para poder llevar a cabo este estudio. Asimismo, a cada integrante que conformó el grupo de investigación por su esfuerzo y dedicación.

Referencias

- Ahmad, N., Joji, R., Shahid, M. (2023). Evolution and implementation of One Health to control the dissemination of antibiotic-resistant bacteria and resistance genes: A review. *Frontiers Cell. Infect. Microbiol.*, 12(1). <https://doi.org/10.3389/fcimb.2022.1065796>
- Alados, J., Alcaraz, M., Aller, A., Miranda, C., Pérez, J. y Romero, P. (2010). Diseño de un laboratorio de microbiología clínica. *Enfermedades infecciosas y microbiología clínica*, 28(7), 453-460.
- Alvarado, J. (2015) Resistencia bacteriana en infecciones del tracto urinario adquiridas en la comunidad [Tesis de maestría]. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Ángeles, E. (2018). Uso racional de antimicrobianos y resistencia bacteriana ¿hacia dónde vamos? *Rev Méd Hered*; 29. (1): 3-4.
- Balouiri, M., Sadiki, M. y Ibnsouda S. (2016). Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: a review. *Journal of Pharmaceutical Analysis*, 6(1), 71-79. <https://doi.org/10.1016/j.jpha.2015.11.005>
- Boucher, R. (2021) Impact of diagnostic errors in microbiology on antibiotic resistance and treatment. *Journal of clinical Microbiology*. 59 (1)
- Camacho-Silvas, L., Portillo-Gallo, J., Rivera-Cisneros, A., Sánchez-González, J., Franco-Santillán, R., Duque-Rodríguez, J., Velo-Méndez, G e Ishida-Gutiérrez, C. (2021). Multirresistencia, resistencia extendida y panresistencia a antibacterianos en el norte de México. *Cirugía y cirujanos*, 89(4), 426-434.
- Carey, R., Bhattacharyya, S., Kehl, S., Matukas, L., Pentella, M., Salfinger, M y Schuetz, A. (2018). Implementing a Quality Management System in the Medical Microbiology Laboratory. *American Society for Microbiology*, 31(3). <https://doi.org/10.1128/CMR.00062-17>
- Centers of Disease Control and Prevention (2020). Kit de herramientas para la evaluación de laboratorio de la capacidad de prueba de resistencia a los antibióticos (LAARC).<https://www.cdc.gov/antimicrobial-resistance/php/toolkit/index.html>
- Cerezo, S., Santos, J., Rayo, M., Torres, F. (2021). Resistencia Antimicrobiana. Importancia y esfuerzos por Contenerla. *Rev. Gaceta Médica de México*. 156 (2), 172-180.

- Chaves, J., Gomez, J., Montenegro, K. (2021). Resistencia Antimicrobiana en Pacientes Adultos Ingresados a la Unidad de Cuidados Intensivos. Universidad San Carlos de Guatemala.
- Corso, A., Ceriana, P., Guerriero, L., Callejo, R., Prieto, M., Tuduri, E., Leonardo, H., Vay, C., Smayevsky, J., Tokumoto, M., Domínguez, H., Guerreiro, B., Paz, M. y Galas, M. (2008). Control de calidad en bacteriología y resistencia a los antimicrobianos: siete años de experiencia en América Latina. *Revista Panamericana de Infectología*, 10(4), 526-537.
- Dirección del Laboratorio Nacional de Salud -DLNS-. (2022). *Boletín RAM 2022*. Recuperado de https://cofaqui.com.gt/storage/2023/11/boletin_ram22.pdf
- Domínguez, J. y Ferreras, S. (2018). Errores preanalíticos en el laboratorio por acción directa del personal de enfermería (Tesis de pregrado). Universidad Pontificia Comillas de Madrid, España.
- Fowotade, A., Fayemiwo, S., Bongomin, F., Fasuyi, T. Aigbovo, O y Adegboro, B. (2018). Internal and external quality control in the medical microbiology laboratory. *African Journal of Clinical and Experimental Microbiology*, 19(13), 238-250.<https://dx.doi.org/10.4314/ajcem.v19i4.1>
- Gagetti, P., Pasteran, F., Ceriana, P., Prieto, M., Cipolla, L., Tuduri, E., Bruinsma, N., Galas, M. Ramón-Pardo, P. y Corso, A. (2020). Evolución del desempeño de Laboratorios de Referencia de América Latina en la detección de mecanismos de resistencia a los antimicrobianos. *Rev Panam Salud Publica*, 44(42). <https://doi.org/10.26633/RPSP.2020.42>
- Garnica, L., Hernández, G., y López, E. (2017). Resistencia bacteriana a la vancomicina y piperacilina/tazobactam (Tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Ghosh, A., Bhatta, D., Ansari, M., Tiwari, H., Mathuria, J., Gaur, A., Supram, H. y Gokhale, S. (2013). Application of WHONET in the antimicrobial resistance surveillance of uropathogens: a first user experience from Nepal. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 7(5), 845-848.
- Herrera, M. (2019). Detección de los genes de β-lactamasas blaTEM, blaSHV y blaCTX-M en aislamientos de Escherichia coli comunitarios [Tesis de Maestría]. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Herrera, M. y Campos, M. (2005). Control de calidad para un laboratorio de microbiología. *Revista médica del hospital nacional de niños*, 40(1).
- Jiménez, M., Galas, M., Corso, A., Hormazábal, J., Duarte, C., Salgado, N., Ramón-Pardo, P. y Melano, R. (2019). Consenso latinoamericano para definir, categorizar y notificar patógenos multirresistentes, con resistencia extendida o panresistentes. *Revista Panamericana en Salud Pública*, 43(1). <https://doi.org/10.26633/RPSP.2019.65>
- Kassim, A., Mouse, G., Premji, Z. y Revathi, G. (2016). Comparison of Clinical Laboratory Standards Institute and European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing guidelines for the interpretation of antibiotic susceptibility at a University teaching hospital in Nairobi, Kenya: a cross-sectional study. *Ann Clin Microbiol Antimicrobiology*, 15(21). <https://doi.org/10.1186/s12941-016-0135-3>
- ledo, E., Vera, I., Suarez, J., Suarez, I., Sao, M. (2021). Una Salud. Educación Médica Superior. 35(2), 1-17.http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21412021000200018
- López, R., y González, A. (2020). Impact of information management systems in healthcare: Benefits and challenges. *Journal of Health Management*, 22(4), 227-235.
- López-Henández, I., López-Cerero, L., Fernández-Cuenca, F. y Pascual, A. (2022). El papel del laboratorio de microbiología en el diagnóstico de infecciones por bacilos gramnegativos multirresistentes. Importancia de la determinación de mecanismos de resistencias. *Medicina intensiva*, 46(1), 455-464. <https://doi.org/10.1016/j.medint.2022.01.004>
- Lötsch, J. (2018). Economic implications of improving laboratory practices for better healthcare outcomes. *Health Economics*, 27(9), 1465-1474.
- Miller, L., et al. (2015). The impact of continuous professional development on laboratory practices. *Clinical Biochemistry*, 48(8-9), 544-549.
- Morales, G.I., Castro, G. y Mendoza,Y.C.(2017). Una mirada rápida al control de calidad interno en el quehacer diario del laboratorio de microbiología. *Medicina & Laboratorio*. 23(09-10). <https://www.medicgraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=99472>

- Ordóñez, E. (2017). Análisis de la resistencia antimicrobiana en un hospital privado de la ciudad de Guatemala (Tesis de posgrado). Universidad Rafael Landívar, Guatemala.
- Organización Mundial de la Salud. (2016). Plan de Acción Mundial sobre la Resistencia a Los Antimicrobianos. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/255204/9789243509761-spa.pdf>
- Organización Mundial de la Salud Animal. (2018). Una Sola Salud. <https://www.woah.org/es/que-hacemos/iniciativas-mundiales/una-sola-salud/>
- Organización Panamericana de la Salud. (2020). Guía GLASS para los sistemas nacionales de vigilancia y seguimiento del consumo de antimicrobianos en los hospitales. https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/54978/9789275324158_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Peterson, J. T., & Melnick, R. (2017). Trust and confidence in healthcare systems: The role of laboratory services. *Healthcare Policy*, 13(3), 62-70.
- Preciado, A., Valles, M. y Lévano, D. (2021). Importancia del uso de sistemas de información en la automatización de historiales clínicos, una revisión sistemática. *Revista Cubana de Informática Médica*, 13(1).
- Rojo-Molinero, E., Alados, J., Gómez, E., Leiva, J. y Pérez, J. (2015). Seguridad en el laboratorio de microbiología clínica. *Enfermedades infecciosas y microbiología clínica*, 33(6), 404-410.
- Saele, A., Hutchison, C., Fernandes, S., Stoesser, N., Kelly, H., Lowe, B., Turner, P., Hanson, K., Chandler, C., Goodman, C., Stabler, R. y Scott, A. (2017). Supporting surveillance capacity for antimicrobial resistance: Laboratory capacity strengthening for drug resistant infections in low and middle income countries. *Wellcome open research*, 2(91). <https://doi.org/10.12688%2Fwellcomeopenres.12523.1>
- San Miguel, A., de la Fuente, P., Garrote, J., Lobo, R., Lorueña, M. y Eiros, J. (2017). Minimización de errores preanalíticos y su repercusión en el control del laboratorio clínico.
- Sánchez, E. (2019). Detección de Enterobacterias resistentes a los carbapenemes, aisladas en el Hospital Pedro de Bethancourt de la ciudad de la Antigua Guatemala, de agosto a diciembre de 2018 (Tesis de pregrado). Universidad Galileo, Guatemala.
- Schaefer, M. L., et al. (2016). Improving laboratory safety: A focus on infection control and environmental health. *Infection Control & Hospital Epidemiology*, 37(2), 162-169.
- Wattai, C., KAur, J., Goel, N., Datta, S., Reveendran, R., Prasad, K. (2020). Experience of Indian Association of Medical Microbiology External Quality Assurance Scheme Centre, New Delhi: Challenges and Quality Assessment of Clinical Microbiology Laboratories. *Indian Journal of Medical Microbiology*, 37(2), 163-172.
- World Health Organization. (2013). *Guide for establishing laboratory-based surveillance for antimicrobial resistance*. <https://www.afro.who.int/sites/default/files/2017-06/guide-for-establishing-lab-based-surveillance-for-amr.pdf>
- World Health Organization (WHO). (2014). *Antimicrobial resistance: global report on surveillance*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241564748>
- Yamba, K., Chizimu, J., Mudenda, S., Lukwesa, C., Chanda, R., Nakazwe, R., Simunyola, B., Shawa, M., Kalungia, A., Chanda, D., Mateele, T., Thapa, J., Kopolowe, K., Mazaba, M., Mpundu, M., Masninga, F., Azam, K., Nakajima, C., Suzuki, Y., Bakyaita, N., Wesangula, E., Matu, M. y Chilengi, R. (2024). Assessment of antimicrobial resistance laboratorybased surveillance capacity of hospitals in Zambia: findings and implications for system strengthening. *Journal of Hospital Infection*, 148(1), 129-137. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2024.03.014>

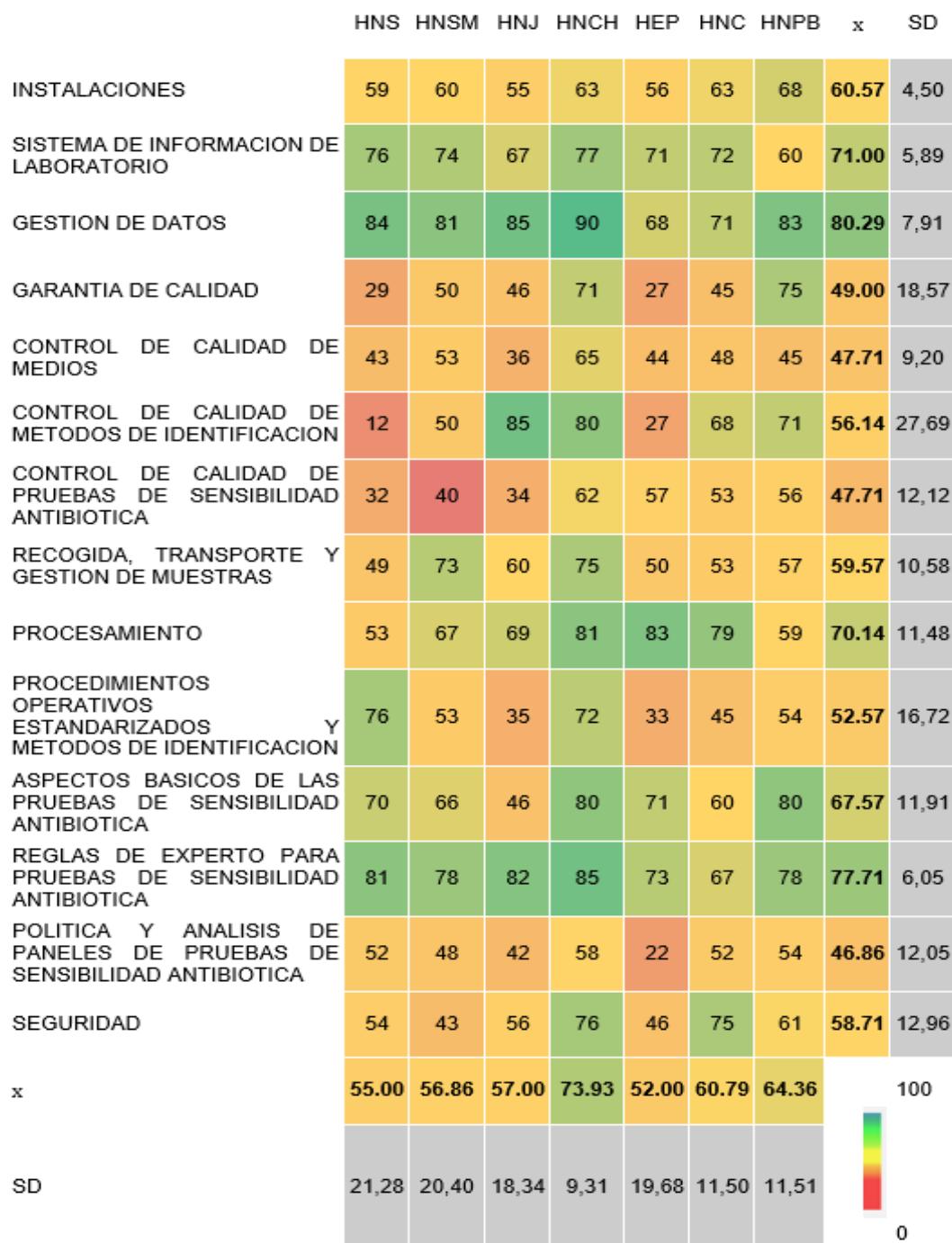
Figura 1**Mapa de calor de la evaluación de la herramienta LAARC para cada módulo por hospital**

Figura 1. Se observa la puntuación de cada módulo de la herramienta LAARC por cada hospital. Así mismo se muestra el promedio y desviación estándar para cada hospital y módulo. HNS, Hospital Nacional de Salamá; HNSM, Hospital Nacional de San Marcos; HNJ, Hospital Nacional de Jutiapa; HNCH, Hospital Nacional de Chimaltenango; HEP, Hospital de El Progreso; HNC, Hospital Nacional de Cobán; HNPB, Hospital Nacional Pedro de Bethancourt; , promedio; SD, desviación estándar.



Foto: © Hanna Godoy, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.. USAC.



QUÍMICA FARMACÉUTICA

HOSPITAL NACIONAL
AMATITLAN



Estudio de resistencia antimicrobiana del Hospital Nacional de Amatitlán del 2022 a junio 2023

***Antimicrobial resistance study at the Amatitlán National
Hospital from 2022 to June 2023***

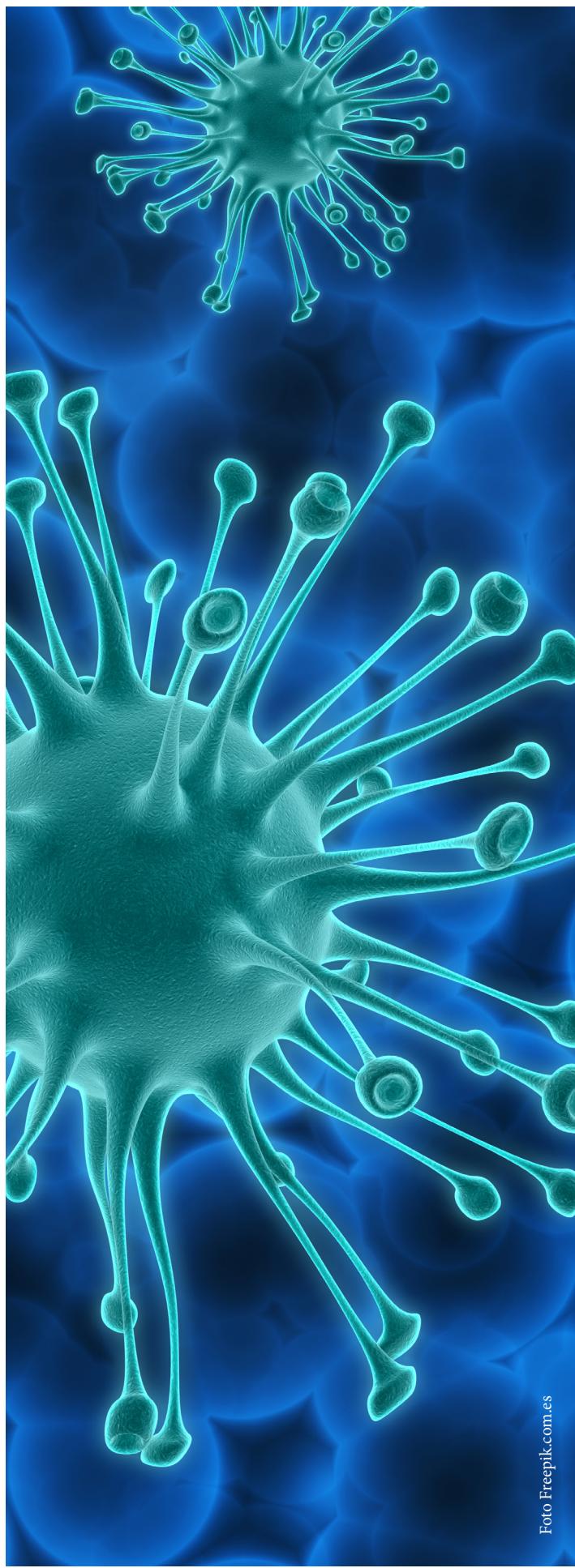
Rezzio Santizo, Diana Marisol¹, Juárez Velásquez, Elisa Catalina¹

Universidad de San Carlos de Guatemala

*¹Epesista de Química Farmacéutica, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia,
Subprograma de EPS de Química Farmacéutica,*

Programa de Experiencias Docentes con la Comunidad -EDC-

Correspondencia: epsqf.2023@gmail.com



Resumen

La resistencia bacteriana constituye un problema de salud a nivel mundial, por el uso indiscriminado e irracional de antimicrobianos, esto constituye una de las causas de gravedad en los hospitales. Sin embargo, dependiendo que tipo de cepas se encuentran en el hospital, se debe prescribir el mejor tratamiento disponible. Se ha estudiado la resistencia antimicrobiana existente en el Hospital Nacional de Amatitlán, para promover un programa de uso de antibióticos, a través de una serie de intervenciones para monitorear y dirigir el uso de los mismos, con un enfoque estandarizado y basado en la evidencia del uso correcto de antibióticos y la reducción de la resistencia antimicrobiana. De esta forma contribuye a mejorar el uso indiscriminado e irracional de los antimicrobianos, ya que constituye la causa principal de la resistencia a las bacterias, dejando sin alternativa farmacológica y volviéndose una tarea difícil para el médico, para brindar la mejor opción terapéutica basada en evidencia para el tratamiento de las infecciones. Por lo que, se analizaron diferentes tipos de bacterias, para tener una línea base de bacterias presentadas en el hospital, con respecto a 11 antibióticos, desde enero 2022 hasta julio 2023, observando que en el año 2022 eran más resistentes las bacterias con respecto a los antibióticos en comparación del 2023. Lo anterior es debido a que, en el año 2023, se realizaron más antibiogramas para brindar un tratamiento mejor a los pacientes. Sin embargo, la sensibilidad de las bacterias con respecto a los antibióticos, ha disminuido.

Abstract

Bacterial resistance constitutes a global health problem due to the indiscriminate and irrational use of antimicrobials, which is one of the serious issues in hospitals. However, depending on the types of strains found in the hospital, the best available treatment should be prescribed. Antimicrobial resistance has been studied at the Amatitlán National Hospital to promote an antibiotic usage program through a series of interventions to monitor and guide their use, with a standardized and evidence-based approach to proper antibiotic use and the reduction of antimicrobial resistance. In this way, it helps improve the indiscriminate and irrational use of antimicrobials, as it is the main cause of bacterial resistance, leaving no pharmacological alternatives and making it a difficult task for the physician to provide the best evidence-based therapeutic option. Evidence for the treatment of infections. Therefore, different types of bacteria were analyzed to establish a baseline of bacteria present in the hospital regarding 11 antibiotics, from January 2022 to July 2023, observing that in 2022 the bacteria were more resistant to antibiotics compared to 2023. This is because, in

2023, more antibiograms were performed to provide better treatment to patients. However, the sensitivity of the bacteria to the antibiotics has decreased.

Introducción

Los antimicrobianos son medicamentos utilizados para prevenir y/o tratar las infecciones bacterianas y otros agentes biológicos. La resistencia se produce cuando ocurren mutaciones en los mismos en respuesta al uso continuado de estos fármacos. Esta resistencia hace que se incrementen los costos médicos, se prolonguen las estancias hospitalarias y aumente la mortalidad como está sucediendo en los últimos años. La resistencia se da en los gérmenes no en los seres humanos (Serra Valdés, 2017).

La resistencia a los antimicrobianos ha sido definida como una pandemia silenciosa. El Banco Mundial ha estimado que sin no se hace frente al problema de la RAM, es posible que para 2050 a economía mundial haya perdido casi el 4% del producto interno bruto (PIB) anual, y que las pérdidas serán aún mayores en los países de ingresos bajos y medianos. Para el 2050 esta situación podría llevar a 28 millones de personas a la pobreza, la mayoría de ellas en los países en desarrollo, principalmente debido al impacto económico por la atención médica que conllevan las RAM. El mal uso de los antibióticos incrementa la resistencia bacteriana, aumentando la morbilidad y la mortalidad a nivel mundial; la resistencia antimicrobiana ha hecho que el tratamiento de las enfermedades infecciosas, se vuelva una tarea difícil para el médico, para brindar la mejor opción terapéutica basadas en evidencia.

En el Hospital Nacional de Amatitlán, se ha tenido una multirresistencia, reduciendo la posibilidad de un tratamiento eficaz a la enfermedad, prolongando el tiempo y los gastos de hospitalización de los pacientes, obligando a utilizar medicamentos selectivos y costosos para erradicar la bacteria y el riesgo de aumento de mortalidad. La presente investigación pretende dar conocer la línea base de la utilización de antibióticos que se han manejado en los pacientes del Hospital Nacional de Amatitlán, contribuyendo a mejorar el uso indiscriminado e irracional de estos, ya que constituye la causa principal de la gravedad de la resistencia de las bacterias, dejando sin alternativa farmacológica, volviéndose una tarea difícil para el médico, para brindar la mejor opción terapéutica basada en evidencia, para el tratamiento de las infecciones.

La resistencia antimicrobiana es considerada como una de las amenazas más graves para la salud pública a nivel mundial, afectando a cualquier persona. En el 2015 la Organización Mundial de la Salud (OMS), en colaboración con socios claves como la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE),

desarrollo el Plan de Acción Mundial sobre la Resistencia a los Antimicrobianos, adoptado por la Asamblea Mundial de la Salud, y los Estados Miembros de la Organización Panamericana de la Salud.

En este plan manifiestan que la resistencia a los antimicrobianos supone una amenaza a la esencia misma de la medicina moderna y a la sostenibilidad de una respuesta de salud pública mundial eficaz ante la amenaza persistente de las enfermedades infecciosas (OMS, Plan de acción mundial sobre la resistencia a los antimicrobianos, 2016).

Metodología

1. Para la recolección de datos: Se revisaron los datos epidemiológicos de la población que ingresados el Hospital Nacional de Amatitlán de enero 2022 a julio 2023.
2. Para el análisis de los datos:
 - a) Investigación bibliográfica sobre la resistencia de antimicrobianos, bacterias y medicamentos utilizados durante el tiempo de los datos.
 - b) Informe de investigación:
 - i. Primera etapa; esta consistió en tabular datos estadísticos de cada servicio del Hospital Nacional de Amatitlán, según fuente epidemiológica del nosocomio.
 - ii. Segunda etapa; se realizó una gráfica de las diferentes bacterias que estuvieron presentes en el período de tiempo del estudio, según el tratamiento.
 - iii. Tercera etapa; se analizaron los datos, llegando a las conclusiones respectivas, como también a la presentación de la presente investigación.

Resultados

Tabla 1

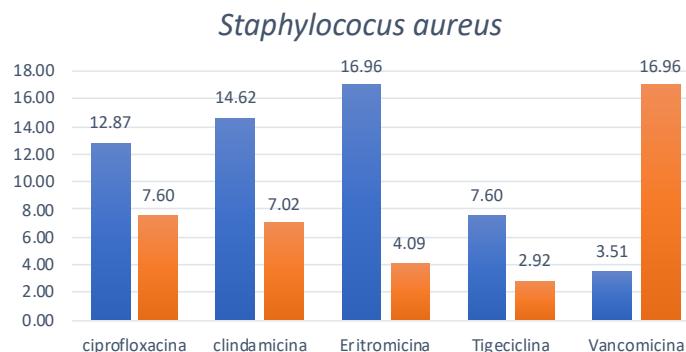
Porcentaje de pacientes que presentan *Staphylococcus aureus*

	Resistente	Sensible	Sin prueba
ciprofloxacina	12.87	7.60	79.53
clindamicina	14.62	7.02	78.36
Eritromicina	16.96	4.09	78.95
Tigeciclina	7.60	2.92	89.47
Vancomicina	3.51	16.96	79.53

Fuente: Datos estadísticos epidemiológicos 2022, HNA

Gráfica 1

Resultados de antibiograma *Staphylococcus aureus*



Fuente: Datos estadísticos epidemiológicos 2022, HNA

Tabla 2

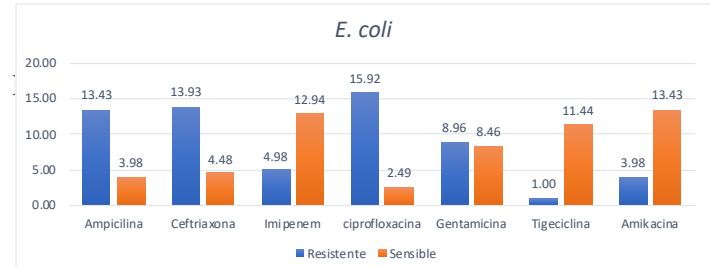
Resultado de antibiograma de *E. coli*

	Resistente	Sensible	Sin prueba
Ampicilina	13.43	3.98	82.59
Ceftriaxona	13.93	4.48	81.59
Imipenem	4.98	12.94	82.09
ciprofloxacina	15.92	2.49	81.59
Gentamicina	8.96	8.46	82.59
Tigeciclina	1.00	11.44	87.56
Amikacina	3.98	13.43	82.59

Fuente: Datos estadísticos epidemiológicos 2022, HNA

Gráfica 2

Resultados de antibiograma *E. coli*

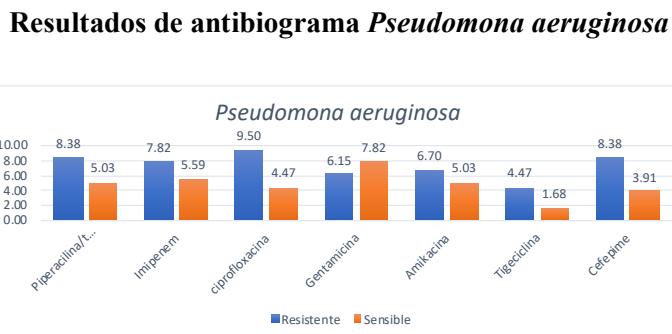


Fuente: Datos estadísticos epidemiológicos 2022, HNA

Tabla 3**Resultado de antibiograma de *Pseudomonas aeruginosa***

HNA	Resistente	Sensible	Sin prueba
Piperacilina/tazobactam	8.38	5.03	86.59
Imipenem	7.82	5.59	86.59
ciprofloxacina	9.50	4.47	86.03
Gentamicina	6.15	7.82	86.03
Amikacina	6.70	5.03	88.27
Tigeciclina	4.47	1.68	93.85
Cefepime	8.38	3.91	87.71

Fuente: Datos estadísticos epidemiológicos 2022, HNA

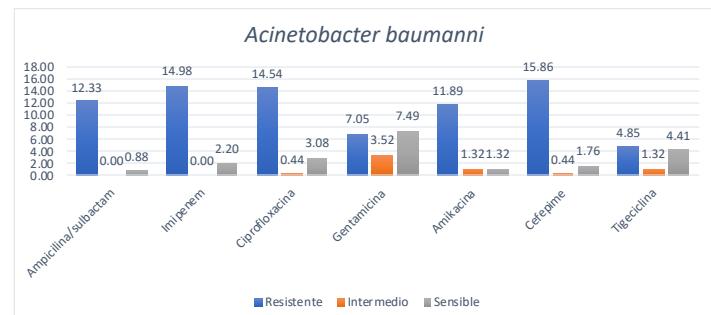
Gráfica 3

Fuente: Datos estadísticos epidemiológicos 2022, HNA

Tabla 4**Resultado de antibiograma de *Acinetobacter baumannii***

HNA	Resistente	Intermedio	Sensible	Sin prueba
Ampicilina/sulbactam	12.33	0.00	0.88	86.78
Imipenem	14.98	0.00	2.20	82.82
Ciprofloxacina	14.54	0.44	3.08	81.94
Gentamicina	7.05	3.52	7.49	81.94
Amikacina	11.89	1.32	1.32	85.46
Cefepime	15.86	0.44	1.76	81.94
Tigeciclina	4.85	1.32	4.41	89.43

Fuente: Datos estadísticos epidemiológicos 2022, HNA

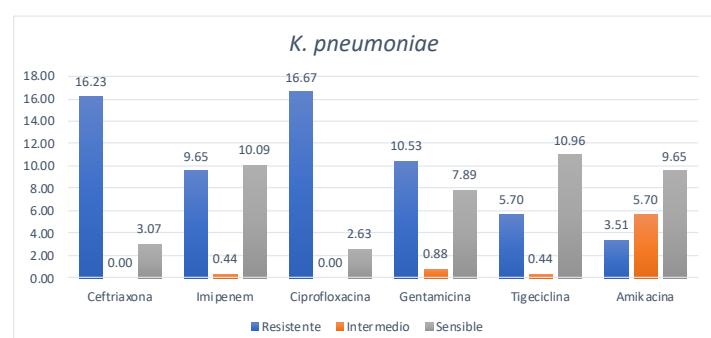
Gráfica 4**Resultados de antibiograma *Acinetobacter baumannii***

Fuente: Datos estadísticos epidemiológicos 2022, HNA

Tabla 5**Resultado de antibiograma *Klebsiella pneumoniae***

	Resistente	Intermedio	Sensible	Sin prueba
Ceftriaxona	16.23	0.00	3.07	80.70
Imipenem	9.65	0.44	10.09	79.82
Ciprofloxacina	16.67	0.00	2.63	80.70
Gentamicina	10.53	0.88	7.89	80.70
Tigeciclina	5.70	0.44	10.96	82.89
Amikacina	3.51	5.70	9.65	81.14

Fuente: Datos estadísticos epidemiológicos 2022, HNA

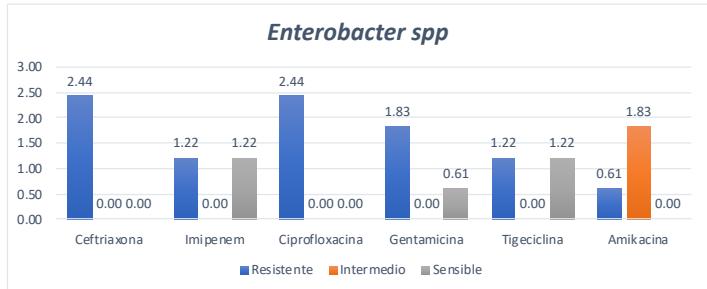
Gráfica 5**Resultados de antibiograma *Klebsiella pneumoniae***

Fuente: Datos estadísticos epidemiológicos 2022, HNA

Tabla 6**Resultado de antibiograma de *Enterobacter spp***

HNA	Resistente	Intermedio	Sensible	Sin prueba
Ceftriaxona	2.44	0.00	0.00	97.56
Imipenem	1.22	0.00	1.22	97.56
Ciprofloxacina	2.44	0.00	0.00	97.56
Gentamicina	1.83	0.00	0.61	97.56
Tigeciclina	1.22	0.00	1.22	97.56
Amikacina	0.61	1.83	0.00	97.56

Fuente: Datos estadísticos epidemiológicos 2022, HNA

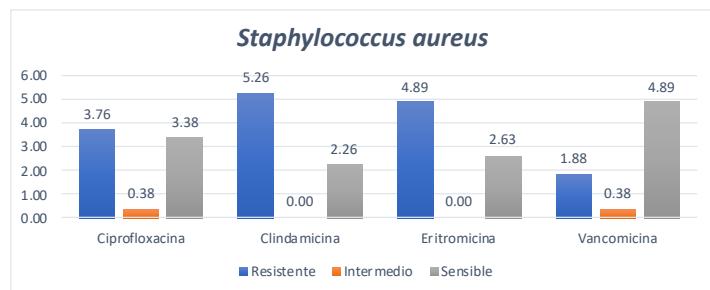
Gráfica 6**Resultados de antibiograma *Enterobacter spp***

Fuente: Datos estadísticos epidemiológicos 2022, HNA

Tabla 7**Resultado de antibiograma de *Staphylococcus aureus***

HNA	Resistente	Intermedio	Sensible	Sin prueba
Ciprofloxacina	3.76	0.38	3.38	92.48
Clindamicina	5.26	0.00	2.26	92.48
Eritromicina	4.89	0.00	2.63	92.48
Vancomicina	1.88	0.38	4.89	92.86

Fuente: Datos estadísticos epidemiológicos 2023, HNA

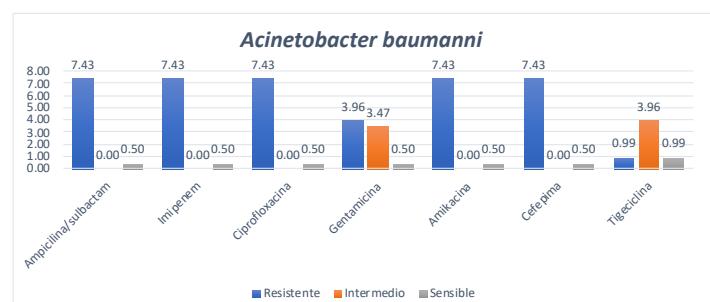
Gráfica 7**Resultados de antibiograma *Staphylococcus aureus***

Fuente: Datos estadísticos epidemiológicos 2023, HNA

Tabla 8**Resultado de antibiograma de *Acinetobacter***

HNA	Resistente	Intermedio	Sensible	Sin prueba
Ampicilina/sulbactam	7.43	0.00	0.50	92.08
Imipenem	7.43	0.00	0.50	92.08
Ciprofloxacina	7.43	0.00	0.50	92.08
Gentamicina	3.96	3.47	0.50	92.08
Amikacina	7.43	0.00	0.50	92.08
Cefepima	7.43	0.00	0.50	92.08
Tigeciclina	0.99	3.96	0.99	94.06

Fuente: Datos estadísticos epidemiológicos 2023, HNA

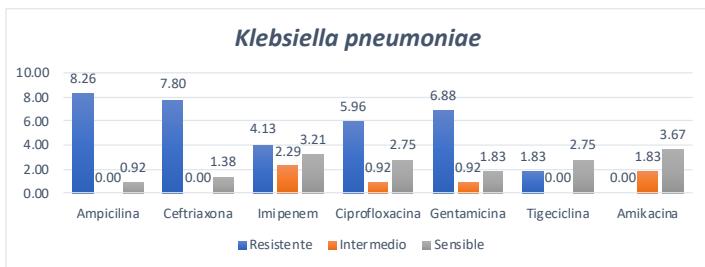
Gráfica 8**Resultados de antibiograma *Acinetobacter***

Fuente: Datos estadísticos epidemiológicos 2023, HNA

Tabla 9**Resultado de antibiograma de *Klebsiella pneumoniae***

HNA	Resistente	Intermedio	Sensible	Sin prueba
Ampicilina	8.26	0.00	0.92	90.83
Ceftriaxona	7.80	0.00	1.38	90.83
Imipenem	4.13	2.29	3.21	90.37
Ciprofloxacina	5.96	0.92	2.75	90.37
Gentamicina	6.88	0.92	1.83	90.37
Tigeciclina	1.83	0.00	2.75	95.41
Amikacina	0.00	1.83	3.67	94.50

Fuente: Datos estadísticos epidemiológicos 2023, HNA

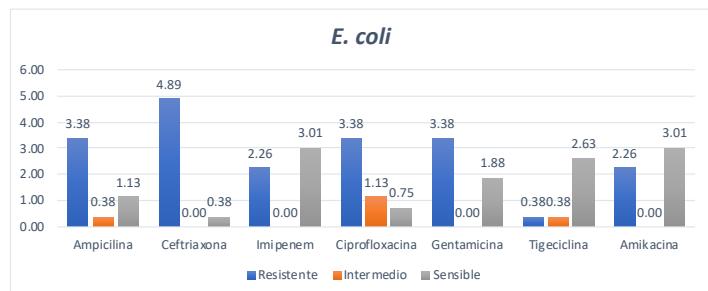
Gráfica 9**Resultados de antibiograma *Klebsiella pneumoniae***

Fuente: Datos estadísticos epidemiológicos 2023, HNA

Tabla 10**Resultado de antibiograma de *E. coli***

HNA	Resistente	Intermedio	Sensible	Sin prueba
Ampicilina	3.38	0.38	1.13	95.11
Ceftriaxona	4.89	0.00	0.38	94.74
Imipenem	2.26	0.00	3.01	94.74
Ciprofloxacina	3.38	1.13	0.75	94.74
Gentamicina	3.38	0.00	1.88	94.74
Tigeciclina	0.38	0.38	2.63	96.62
Amikacina	2.26	0.00	3.01	94.74

Fuente: Datos estadísticos epidemiológicos 2023, HNA

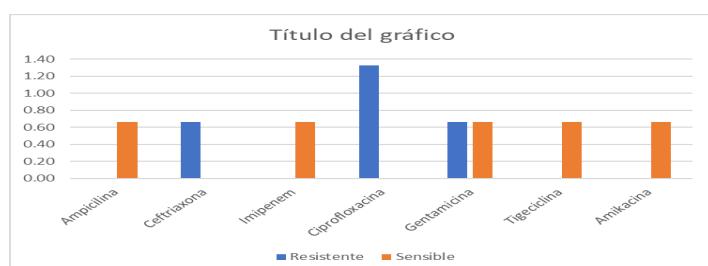
Gráfica 10**Resultados de antibiograma *E. coli***

Fuente: Datos estadísticos epidemiológicos 2023, HNA

Tabla 11**Resultado de antibiograma de *Enterobacter spp***

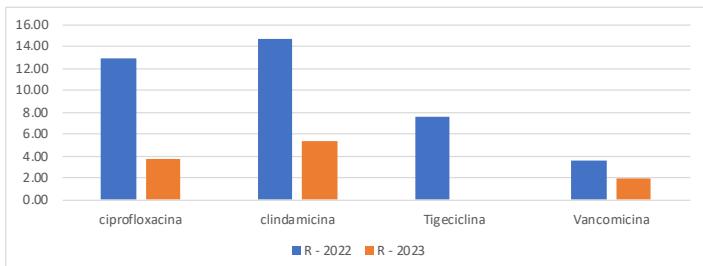
HNA	Resistente	Sensible	Sin prueba
Ampicilina	0.00	0.66	99.34
Ceftriaxona	0.66	0.00	99.34
Imipenem	0.00	0.66	99.34
Ciprofloxacina	1.32	0.00	98.68
Gentamicina	0.66	0.66	98.68
Tigeciclina	0.00	0.66	99.34
Amikacina	0.00	0.66	99.34

Fuente: Datos estadísticos epidemiológicos 2023, HNA

Gráfica 11**Resultados de antibiograma *Enterobacter spp***

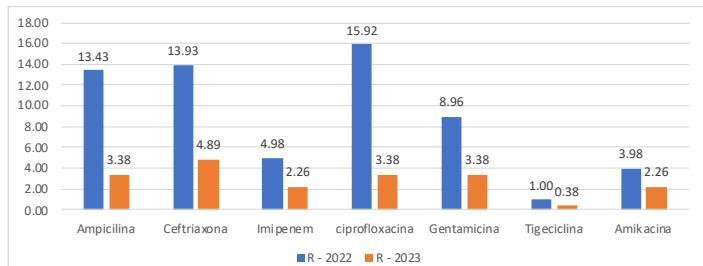
Fuente: Datos estadísticos epidemiológicos 2023, HNA

Gráfica 12

Resultados de antibiograma *Staphylococcus aureus*

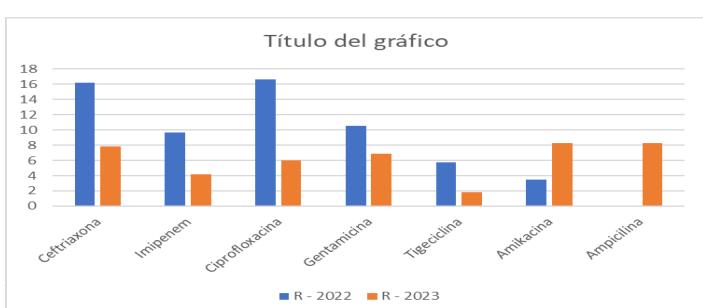
Fuente: Datos estadísticos epidemiológicos 2022-2023, HNA

Gráfica 13

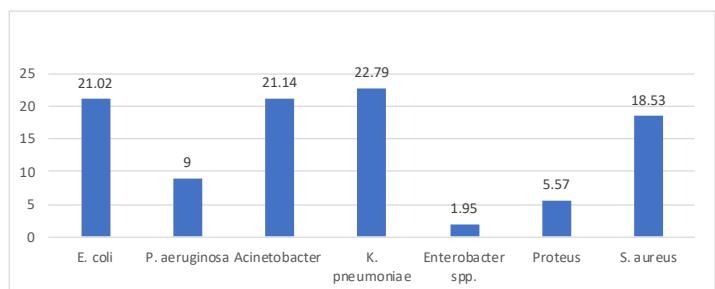
Resultados de antibiograma *E. coli*

Fuente: Datos estadísticos epidemiológicos 2022-2023, HNA

Grafica 14

Resultados de antibiograma *Acinetobacter*

Fuente: Datos estadísticos epidemiológicos 2022-2023, HNA

Línea base de bacterias

Fuente: Datos estadísticos epidemiológicos 2022-2023, HNA

Discusión de Resultados

Recientemente la Organización Mundial de la Salud (OMS), ha incluido patógenos ESKAPE en la lista de 12 bacterias contra las que se necesitan con urgencia nuevos antibióticos. El grupo de microorganismos se destacan por ser unos de los principales agentes etiológicos de infecciones asociadas al área de salud (IAAS), según el informe anual de la Red Hospitalaria de Vigilancia Epidemiológica del 2015 (J. Guevara, 2021).

Las bacterias desarrollan resistencias por sus genes de resistencia en el ADN, algunas bacterias pueden compartir su ADN, y hacer que otras bacterias se vuelvan más resistentes, evitando que los antibióticos tengan efecto en ellas, restringiendo el acceso cambiando las entradas o limitando el número de ellas, como lo hacen las gran negativas, protegiéndose de su entorno por una membrana externa, las bacterias mediante bombas en su paredes celulares eliminan los antibióticos que ingresan a ellas.

En el análisis realizado se encontró un alto porcentaje de bacterias gran negativas resistentes a diferentes antimicrobianos, entre las bacterias cultivadas en el periodo de enero 2022 a julio 2023 se aisló *K. pneumoniae*, en un 21.14%, *Acinetobacter* un 21.14%, *E. coli* siendo la tercera en porcentaje de aislamiento con un 21.02%, siguiendo el *S. aureus* 18.53%, siendo las menos aisladas *P. aeruginosa*, *Proteus* y *Enterobacter spp*, como se muestra en la Gráfica 16.

Sin embargo, analizando por año cada bacteria, en la gráfica 1, el *S. aeureus* presente en el año 2022, se puede observar una mayor resistencia para esta bacteria con la eritromicina, seguido de la clindamicina y ciprofloxacina, siendo sensible a la vancomicina, seguido de la ciprofloxacina y clindamicina. Con respecto a estos datos es necesario realizar un antibiograma a cada paciente para darle su tratamiento adecuado, para identificar cuál

medicamento es sensible esta bacteria. En la gráfica 7, se evidencia que la *S. aureus* con datos del 2023, la cual es resistente frente a la clindamicina en un 5.26%, seguido de 3.76% de la ciprofloxacina, siendo sensible a la vancomicina en un 4.89%, esta bacteria se encuentra en la microbiota humana de la mucosa nasal entre 20 y 40% de la población en general. Realizando una comparación de la resistencia de los medicamentos del año 2022 y año 2023, se evidencia en la gráfica 12 que la resistencia de la ciprofloxacina del año 2022, fue más alta con respecto al año 2023, la *S. aureus* tuvo una mayor resistencia el 2022 frente a la clindamicina que el 2023 y frente a vancomicina la bacteria fue más resistente el año 2022 que el año 2023.

En la gráfica 2, se puede observar que la *E. coli* un 15.92 es resistente a la ciprofloxacina, seguido de la ceftriaxona y ampicilina, como también se observa que la sensibilidad de la bacteria con respecto al medicamento es más sensible a la amikacina, seguido de la Tigeciclina e imipinem. En la gráfica 3, se puede observar que la *P. aeruginosa* la cual es más resistente a la ciprofloxacina con un 9.50%, seguido de la piperacilina + tazobactam y cefepima con el 8.38% y luego con un 7.82% resistente al imipenem y gentamicina; sin embargo, si se observan los resultados con respecto a la gentamicina, el 6.15% se obtuvo una resistencia y un 7.82 la bacteria fue sensible a este medicamento, por lo que una vez más es necesario realizar el antibiograma para dar un tratamiento efectivo, esta bacteria puede producir bombas para eliminar varios antibióticos importantes diferentes, como fluoroquinolonas, betalactámicos, cloranfenicol y trimetoprima (J. Guevara, 2021). La resistencia durante el año 2023 de la *E. coli* se da a conocer en la gráfica 10, donde muestra una resistencia creciente con respecto a la ceftriaxona, ampicilina, ciprofloxacina y gentamicina, del 4.89% al 3.38%, siendo susceptible para la amikacina, imipenem y Tigeciclina. La resistencia con respecto a la *E. coli* del año 2022 y el año 2023, se observa en la gráfica 13 una disminución en la resistencia del 2023, con respecto a la ampicilina, ceftriaxona, imipinem, ciprofloxacina, gentamicina, Tigeciclina y amikacina, la bacteria es más susceptible a la ceftriaxona, siempre evaluado con respecto a un antibiograma.

En la gráfica 4, se evidencia que la *Acinetobacter* del año 2022, es más resistente a la cefepima con un 15.86%, seguido del imipenem con un 14.98% y la ciprofloxacina con un 14.54%, seguido de ampicilina/sulbactam, amikacina y gentamicina. Así también la sensibilidad de esta bacteria, siendo más sensible a la gentamicina con un 7.49%, seguido de la Tigeciclina con un 4.41%. Se tiene que evaluar el cultivo de esta bacteria ya que es susceptible en un 7.49% a la gentamicina y un 7.05% también es resistente. Los

datos del año 2023, plasmados en la gráfica 9, se puede observar que es resistente frente a ampicilina/sulbactam, imipinem, ciprofloxacina, amikacina, cefepima, es sensible a la Tigeciclina en un 3.96%, siendo uno de los que pueden matar a la bacteria, sin embargo, la gentamicina, es similar la resistencia que su susceptibilidad, por lo que es necesario el aislamiento de la bacteria y realizar el antibiograma, para que el médico evalúe el tratamiento más efectivo en contra de esta cepa. Con respecto a la resistencia por año, en el 2022 se observa una mayor resistencia que la que presento el año 2023, como lo visualiza la gráfica 14.

En la gráfica 5, se presentan los datos de resistencia de la *Klebsiella pneumoniae*, siendo más resistente esta bacteria en un 16.67% a la ciprofloxacina y un 16.23% a la ceftriaxona, presentando una sensibilidad del 10.96% a la Tigeciclina y un 10.09 al imipenem, Se evidencia que la bacteria es sensible a la Tigeciclina como al imipenem, sin embargo, por costos la Tigeciclina no se puede comprar suficiente cantidad para tratar infecciones que abarca su espectro, así como también por los efectos adversos que ella presenta así como el imipenem, por lo que es necesario iniciar con un tratamiento de bajo espectro para el paciente. En el 2023 se observa en a gráfica 9 que la cepa de *Klebsiella* es resistente a la ampicilina, ceftriaxona, ciprofloxacina y gentamicina, por lo que hay un aumento entre la resistencia del año 2022 con respecto al año 2023, quedando como ultimo tratamiento la amikacina, en algunos casos la Tigeciclina e imipenem. En la gráfica 15, se observa la resistencia comparativa del año 2022 contra el 2023, evidenciando que el año 2022 hubo una resistencia mayor de la bacteria con respecto a la ceftriaxona, ciprofloxacina, gentamicina, imipinem y una sensibilidad mayor a la amikacina y ampicilina.

La *Enterobacter* en el 2022, fue más resistente frente a la ceftriaxona y ciprofloxacina, como se muestra en la gráfica 6, sin embargo, esta es sensible frente a la amikacina. En las últimas décadas ha surgido esta bacteria como una de las principales etiologías de bacteriemia intrahospitalaria. Durante el año 2023, se pudo observar una mayor sensibilidad que resistencia a ciertos medicamentos para la *Enterobacter*, los que se encuentra la ampicilina, imipenem, gentamicina, Tigeciclina y amikacina.

Muchos antibióticos están diseñados para seleccionar y destruir partes específicas de una bacteria, pero los gérmenes cambian el objetivo del antibiótico, por lo que el medicamento ya no puede encajar y hacer su trabajo.

El lema de la Organización Mundial de la Salud respecto a la resistencia a los antimicrobianos es “ninguna acción hoy, ninguna cura mañana” ya que se estima que la resistencia bacteriana ocasionará 10 millones de muertes por

año para el 2050 y una reducción de 2 a 5% del producto interno bruto en algunos países. Con base al informe de riesgos en el 2013, este problema de salud se situó a la par de la proliferación de armas de destrucción masiva y la crisis mundial, realizando una investigación con redes interdisciplinarias de laboratorios y en asociaciones de investigación nacionales, regionales e internacionales, sobre la resistencia microbiana (G. Cerezo, 2021).

Los nuevos antimicrobianos pueden ser útiles, con respecto a la resistencia de otros antimicrobianos, sin embargo, las casas farmacéuticas ya no están invirtiendo en investigación por lo que es necesario crear estrategias de prevención y control, y capacitar al personal para detección rápida y certera de la notificación de las cepas que son resistentes o susceptibles, según antibiograma. Se debe de tomar en cuenta la cantidad de antibiogramas necesarios para el aislamiento de las bacterias, así mismo, con el ingreso de los pacientes con un tratamiento de bajo espectro, se obtiene un resultado positivo al momento del diagnóstico y tratamiento específico para la bacteria aislada, bajando los costos de estadía de los pacientes en los hospitales.

Para enfrentar la resistencia a los antimicrobianos, en algunos países como el Perú ha desarrollado un proyecto nacional para enfrentar la resistencia a los antimicrobianos, con lineamientos del Plan de Acción Mundial de la OMS, elaborado con participación representativa de la salud humano, salud animal y sector fitosanitario (Yagui, 2018).

Conclusiones

1. Las bacterias con mayor incidencia en el Hospital Nacional de Amatitlán son la *S. aureus*, *E. coli*, *Acinetobacter*, *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Proteus*, presentes en los diferentes servicios.
2. Se puede observar que en el 2023 aumentó la susceptibilidad de varias bacterias con respecto a los medicamentos estudiados.
3. Es indispensable realizar antibiogramas a los pacientes para uso racional de antimicrobianos y darle un tratamiento eficaz al paciente con respecto a la bacteria respectiva, antes y después del tratamiento.

Bibliografía

- J. Guevara, M. M. (2021). Resistencia bacteriana: organismos del grupo ESKAPE. *ENF INF MICROBIOL*, 111-117.
- G. Cerezo, S. S. (26 de mayo de 2021). Resistencia antimicrobiana. Importancia y esfuerzos por contenerla. . Obtenido de *Gaceta médica de México*: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0016-38132020000200172
- OMS, O. M. (2016). Organización Mundial de la Salud. doi:www.who.int
- Serra Valdés, M. Á. (21 de mayo de 2017). La resistencia microbiana en el contexto actual y la importancia del conocimiento y aplicación en la política antimicrobiana. Obtenido de *Ciencias Epidemiológicas y Salubristas*: file:///E:/EPE%202023/trabajo%20de%20investigaci%C3%B3n/LA%20RESISTENCIA%20MICROBIANA%20EN%20EL%20CONTEXTO%20ACTUAL%20%20CUBA%202017.pdf
- Yagui, M. (enero-marzo de 2018). Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública. Obtenido de *Resistencia antimicrobiana: nuevo enfoque y oportunidad*: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342018000100002



la epilepsia pediátrica - I (Responses)

	Zona de Residencia	Edad de Inicio de Crisis Epilepticas	Tipo de Epilepsia	Comorbilidades	Comorbilidades ()	Antecedentes de epilepsia familiar	Patologías	Historia Social de Vida	Medicamentos	Terapias	Intervenciones
13.79	Rural	Ninguna	Focal	Ninguna	Ninguna	Si					
8.41	Rural	1a	Generalizada	Ninguna	Ninguna	Si					
15.81	Urbano	Ninguna	No especificada	Ninguna	Ninguna	Si					
7.94	Rural	40d.	No especificada	Parálisis cerebral espástica	Parálisis cerebral espástica	Si					
9.85	Rural	Ninguna	Generalizada	Parálisis cerebral espástica	Parálisis cerebral espástica	Si					
6.91	Urbano	9m	Generalizada	Microcefalia	Microcefalia	Si					
12.17	Urbano	Ninguna	Generalizada	Osteocefalo-discapacidad intelectual profunda	Parálisis cerebral espástica	Si					
12.06	Rural	5a	Generalizada	Parálisis cerebral espástica	Parálisis cerebral espástica	Si					
14.89	Urbano	Ninguna	No especificada	Ninguna	Ninguna	Si					
14.36	Urbano	5a	No especificada	Ninguna	Ninguna	Si					
0.26	Urbano	Ninguna	Generalizada	Ninguna	Ninguna	Si					
10.2	Urbano	7a	No especificada	Autismo	Ninguna	Si					
7.54	Urbano	5m	No especificada	Ninguna	Ninguna	Si					
12.35	Urbano	9a	No especificada	Ninguna	Ninguna	Si					
11.03	Rural	3m	No especificada	Ninguna	Ninguna	Si					
18.24	Urbano	5a	No especificada	Parálisis cerebral espástica	Parálisis cerebral espástica	Si					
6.21	Rural	11a	Generalizada	Ninguna	Ninguna	Si					
17.04	Rural	Ninguna	No especificada	Ninguna	Ninguna	Si					
14.15	Urbano	Ninguna	Focal	Ninguna	Ninguna	Si					
9.42	Rural	Ninguna	No especificada	Ninguna	Ninguna	Si					
9.11	Rural	1a	No especificada	Ninguna	Ninguna	Si					
5.06	Rural	Ninguna	No especificada	Ninguna	Ninguna	Si					
12.12	Urbano	Ninguna	Generalizada	TDHAH	Ninguna	Si					
0.12	Urbano	Ninguna	No especificada	Ninguna	Ninguna	Si					
16.59	Urbano	Ninguna	No especificada	Ninguna	Ninguna	Si					
11.76	Rural	10a	No especificada	Ninguna	Ninguna	Si					
18.75	Rural	12a	No especificada	Ninguna	Ninguna	Si					
12.44	Urbano	Ninguna	No especificada	Ninguna	Ninguna	Si					
14.16	Rural	4a	Generalizada	Parálisis cerebral espástica	Ninguna	Si					
11.92	Rural	Ninguna	No especificada	Ninguna	Ninguna	Si					
12.93	Urbano	8a	Generalizada	Ninguna	Ninguna	Si					
5.26	Rural	Ninguna	No especificada	Ninguna	Ninguna	Si					
9.66	Rural	Ninguna	No especificada	Ninguna	Ninguna	Si					

Copy of Form E Sheet4

Form Responses 1

Interacciones

Copy of Form E

Sheet4



Estudio epidemiológico sobre la prevalecia de polimedication en pacientes con epilepsia atendidos en el Hospital Materno Infantil Juan Pablo II

***Epidemiological study on prevalence of polypharmacy in
patients with epilepsy treated at the Hospital Materno Infantil
Juan Pablo II***

Barrios Coronado, Andres Alberto¹; Marroquín Rosales, Rudy.

¹ *Epesista de Química Farmacéutica, Subprograma de EPS de Química Farmacéutica,*

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC. Programa de Experiencias Docentes con la Comunidad -EDC-

Correspondencia: epsqf.2023@gmail.com

Guatemala, 11 de julio de 2025

A	B	C	D	E	F	G
	Clasificación de interacción	Efecto metabólico	Efecto fisiológico	Enzima hepática	Otros	
Significativa	Significativa	Sinergia	Aumento de la sedación	N.R.	Ácido valproico + Levetiracetam	
Significativa	Significativa	Sinergia	Aumento de la sedación	N.R.	Ácido valproico + Clonazepam	
Significativa	Significativa	Sinergia	Aumento de la sedación	N.R.	Ácido valproico + Levetiracetam	
Significativa	Significativa	Sinergia	Aumento de la sedación	N.R.	Ácido valproico + Fenobarbital	
	Menor	Inductor metabólico	Aumento metabólico del ácido valproico	N.R.	Ácido valproico + Fenitoína	
Significativa	Significativa	Sinergia	Aumento de la sedación	N.R.	Ácido valproico + Fenobarbital	
Significativa	Significativa	Inhibidor metabólico	Decremento metabólico de lamotrigina	N.R.	Ácido valproico + Lamotrigina	
Significativa	Significativa	Sinergia	Aumento de la sedación	N.R.	Lamotrigina + Clonazepam	
Significativa	Significativa	Inductor metabólico	Aumento metabólico del ácido valproico	N.R.	Ácido valproico + Carbamazepina	
Significativa	Significativa	Sinergia	Aumento de la sedación	N.R.	Ácido valproico + Clonazepam	
Significativa	Significativa	Sinergia	Aumento de la sedación	N.R.	Ácido valproico + Levetiracetam	
Significativa	Significativa	Sinergia	Aumento de la sedación	N.R.	Clonazepam + Levetiracetam	
Menor	Inductor metabólico	Aumento metabólico del ácido valproico	N.R.	Ácido valproico + Fenitoína		
Significativa	Significativa	Sinergia	Aumento de la sedación	N.R.	Ácido valproico + Levetiracetam	
Significativa	Significativa	Sinergia	Aumento de la sedación	N.R.	Levetiracetam + Diazepam	
Significativa	Significativa	Sinergia	Aumento de la sedación	N.R.	Ácido valproico + Clonazepam	
Significativa	Significativa	Sinergia	Aumento de la sedación	N.R.	Ácido valproico + Levetiracetam	
Significativa	Significativa	Sinergia	Aumento de la sedación	N.R.	Clonazepam + Levetiracetam	
Significativa	Inductor metabólico	Aumento metabólico del ácido valproico	N.R.	Ácido valproico + Clonazepam		

Interacciones teóricas ▾

Copy of Form F

Sheet4



Resumen

La epilepsia comprende una de las enfermedades neurológicas crónicas más frecuentes a nivel mundial, afectando a aproximadamente el 0.5-1% de la población pediátrica, la cual suele requerir de combinaciones farmacológicas para permitir una gestión controlada de las crisis de la enfermedad. Debido a esto, la investigación tuvo como objetivo describir la prevalencia asociada a la polimedición en niños con diagnóstico de epilepsia atendidos en el Hospital Materno-Infantil Juan Pablo II, mediante un enfoque observacional y descriptivo basado en la revisión de expedientes médicos y el análisis de variables en cuanto a la polimedición y tipo de epilepsia. Dicho análisis permitió establecer un planteamiento en cuanto a las posibles interacciones farmacológicas entre la terapia farmacológica de los pacientes e identificar posibles efectos adversos asociados a la politerapia.

Ahora bien, los resultados obtenidos en dicha investigación describieron una prevalencia de polimedición del 46.7% dentro de los expedientes médicos revisados. Así como un predominio del sexo masculino y la existencia de comorbilidades neurológicas como aspectos que señalan una alta probabilidad de asociación conforme a la polimedición del paciente pediátrico. Además, los esquemas de tratamiento antiepileptico con ácido valproico y levetiracetam fueron categorizados como los medicamentos de mayor prescripción dentro de los pacientes polimedicados, siendo utilizados como esquemas de tratamiento farmacológico de menor riesgo de interacción farmacológica.

Palabras clave: Epilepsia, polimedición, epidemiología, antiepilepticos, pediatría.

Abstract

Epilepsy is among the most common chronic neurological disorders worldwide, affecting approximately 0.5–1% of the pediatric population. This condition often requires pharmacological combinations to achieve controlled management of seizures. Therefore, the objective of this study was to describe the prevalence of polypharmacy among children diagnosed with epilepsy treated at the Hospital Materno-Infantil Juan Pablo II, through an observational and descriptive approach based on the review of medical records and the analysis of variables related to polypharmacy and epilepsy type. This analysis enabled the identification of potential drug–drug interactions within the patients' therapeutic regimens and the recognition of possible adverse effects associated with polytherapy.

The results of this investigation revealed a polypharmacy prevalence of 46.7% among the medical records reviewed. A predominance of male patients and the presence of neurological comorbidities were also identified as factors potentially associated with a higher likelihood of polypharmacy in the pediatric population. Furthermore, antiepileptic treatment regimens involving valproic acid and levetiracetam were identified as the most frequently prescribed medications among polypharmacy cases, being categorized as therapeutic options with a lower risk of pharmacological interactions.

Introducción

La epilepsia constituye una de las enfermedades neurológicas crónicas más prevalentes a nivel mundial, afectando aproximadamente al 0.5–1% de la población pediátrica y requiriendo el uso de fármacos antiepilépticos (FAE) para reducir la frecuencia e intensidad de las crisis (López Gonzalez et al., 2023; Solari, 2011). No obstante, un porcentaje considerable de pacientes pediátricos requiere de la administración de múltiples FAE debido al control insuficiente con monoterapia, haciendo necesaria la implementación de un esquema de polimedición (Scheffer et al., 2017). Cabe mencionar que, dicho fenómeno implica riesgos adicionales, como interacciones farmacológicas, efectos adversos y dificultades en la adherencia terapéutica, afectando la calidad de vida de estos pacientes (Barrios et al., 2020).

Ahora bien, a pesar del incremento en el uso de la politerapia en la epilepsia pediátrica, la evidencia científica en esta población se mantiene limitante, ya que la mayoría de los ensayos clínicos se realizan en adultos y sus resultados son extrapolados a la población pediátrica (Pereira et al., 2022; López Gonzalez et al., 2023). En América Latina, la prevalencia de polimedición en niños con epilepsia es elevada, probablemente relacionada con la disponibilidad restringida de tratamientos de primera línea y la necesidad de combinaciones farmacológicas para lograr un control adecuado de las crisis (Scheffer et al., 2017). Debido a esto, el presente estudio tuvo como objetivo describir la prevalencia y los factores de riesgo asociados a la polimedición en niños con diagnóstico de epilepsia atendidos en el Hospital Materno-Infantil Juan Pablo II, mediante un enfoque observacional y descriptivo basado en la revisión de expedientes médicos y el análisis de variables relacionadas con la polimedición y el tipo de epilepsia (Díaz Gonzales, 2018).

Metodología

El presente estudio se desarrolló bajo un diseño observacional, transversal y descriptivo, con el propósito de caracterizar la prevalencia y los factores asociados a la polimedición en pacientes pediátricos con diagnóstico de epilepsia atendidos en el Hospital Materno-Infantil Juan Pablo II. La investigación se fundamentó en la revisión documental de expedientes clínicos, para la recopilación de información relacionada sobre los tratamientos farmacológicos, características clínicas y evolución terapéutica de los pacientes.

La población de estudio estuvo conformada por todos los pacientes pediátricos atendidos en el programa de

epilepsia de la consulta externa del Hospital Materno-Infantil Juan Pablo II. La muestra se integró por 92 pacientes que se encontraban (1) entre 0 y 18 años con diagnóstico confirmado de epilepsia; (2) pacientes en tratamiento con dos o más fármacos antiepilepticos durante al menos seis meses, cumpliendo el criterio de polimedición; y (3) expedientes clínicos completos con registros de medicamentos prescritos y evolución clínica documentada.

Plan de recolección de datos

La recolección de la información se realizó mediante una ficha de recolección de datos estructurada, diseñada específicamente para este estudio. Dicho instrumento fue elaborado en función de los elementos clínicos y epidemiológicos: variables sociodemográficas (edad y sexo), historial de tratamiento, tipo de epilepsia, número de fármacos prescritos y características clínicas de las crisis epilépticas.

Plan de análisis de datos

Para el análisis descriptivo, se calcularon frecuencias y porcentajes en las variables categóricas (sexo, tipo de epilepsia, uso de polimedición), y medidas de tendencia central y dispersión en las variables cuantitativas (edad, número de fármacos antiepilepticos administrados, frecuencia mensual de crisis y duración del tratamiento con polimedición).

Posteriormente, se realizó una evaluación de la distribución de los datos mediante la construcción de un gráfico Q-Q Plot (Quantile–Quantile Plot), en cuanto a la asociación entre las edades y la polimedición del paciente, en el software de análisis estadístico software *STATA-64 versión 12.1*. Esto con el propósito de determinar si las variables analizadas seguían una distribución normal al comparar los cuantiles observados con los teóricos esperados.

Finalmente, se llevó a cabo un planteamiento de posibles interacciones farmacológicas derivadas de los esquemas terapéuticos identificados. Este análisis permitió establecer los patrones de prescripción más frecuentes y proponer una identificación preliminar de las interacciones potenciales entre FAE, así como de los problemas asociados con la medicación en pacientes pediátricos con epilepsia.

Resultados

En la tabla no. 1 se puede visualizar el perfil epidemiológico recopilado a partir de los expedientes clínicos consultados en el Hospital Materno-Infantil Juan Pablo II. Se analizaron un total de 92 expedientes clínicos de pacientes pediátricos con diagnóstico de epilepsia atendidos en el programa de

epilepsia del Hospital Materno-Infantil Juan Pablo II durante el año 2025. De ellos, 59 (64.1%) correspondieron al sexo masculino y 33 (35.9%) al femenino, con una distribución etaria entre 0 y 18 años, predominando los grupos de 7 a 9 años (17.4%) y de 11 a 13 años (18.5%).

Tabla No. 1

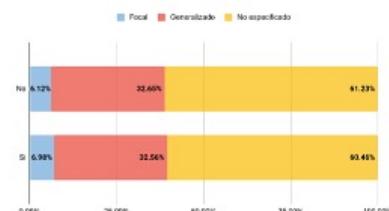
Descripción generalizada del perfil de pacientes pediátricos con tratamiento farmacológico de antiepilepticos para su diagnóstico de epilepsia registrados en los expedientes clínicos del sistema de archivo en el Programa de Epilepsia del servicio de Especialidades

Hospital Materno Infantil Juan Pablo II - 2025

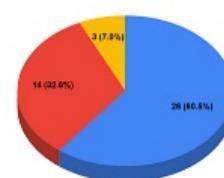
	Niños	Niñas	Total*
Número Total de Pacientes	59	33	92
Edades			
0 - 2 años	2 (50.0%)	2 (50.0%)	4 (4.34%)
2 - 5 años	4 (80.0%)	1 (20.0%)	5 (5.43%)
5 - 7 años	11 (78.6%)	3 (21.4%)	14 (15.2%)
7 - 9 años	11 (68.8%)	5 (31.2%)	16 (17.4%)
9 - 11 años	5 (50.0%)	5 (50.0%)	10 (10.9%)
11 - 13 años	8 (47.1%)	9 (52.9%)	17 (18.5%)
13 - 15 años	7 (70.0%)	3 (30.0%)	10 (10.9%)
15 - 19 años	11 (68.8%)	5 (31.2%)	16 (17.4%)
Total de Tipos de Epilepsia			
Focal	2 (33.3%)	4 (66.7%)	6 (6.5%)
Generalizada	19 (63.3%)	11 (36.7%)	30 (32.6%)
No refiere clasificación	38 (67.8%)	18 (32.2%)	56 (60.9%)
Polimedición	31 (52.5%)	12 (36.4%)	43 (46.7%)
No. Fármacos: 2	26 (74.29%)	9 (25.71%)	35 (38.0%)
No. Fármacos: 3	3 (50%)	3 (50%)	6 (6.5%)
No. Fármacos: 4	2 (100%)	0 (0%)	2 (2.17%)

*Los datos porcentuales totales se encuentran calculados en función del número total de expedientes revisados: 92 pacientes, a excepción de la polimedición (43 pacientes)

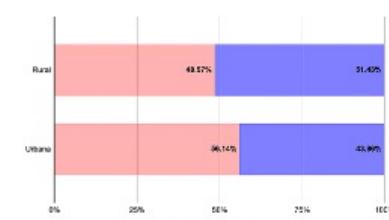
Por otro lado, la prevalencia de polimedición fue del 46.7% (43 pacientes), definida por el uso simultáneo de dos o más fármacos antiepilepticos (FAE) por un período mínimo de seis meses (Gráfica 1). Cabe mencionar que, respecto al número de fármacos prescritos, la mayoría de los pacientes polimedicados recibía dos FAE (38.0%), mientras que un menor porcentaje utilizaba tres (6.5%) o cuatro fármacos (2.17%).



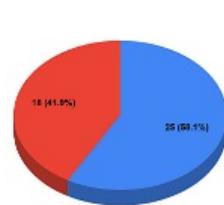
Gráfica 1. Descripción del perfil de polimedición de los pacientes pediátricos con tratamiento farmacológico de antiepilépticos en función de la clasificación de su diagnóstico de epilepsia, según su expediente clínico.



Gráfica 2. Clasificación de los tipos de epilepsia en pacientes pediátricos polimedidos con esquemas farmacológicos de antiepilépticos (43 pacientes) con diagnóstico de epilepsia atendidos por el servicio de Especialidades.



Gráfica 3: Descripción del perfil de polimedición de los pacientes pediátricos con tratamiento farmacológico de antiepilépticos en función de la clasificación de sus lugares de residencia, según su expediente clínico.

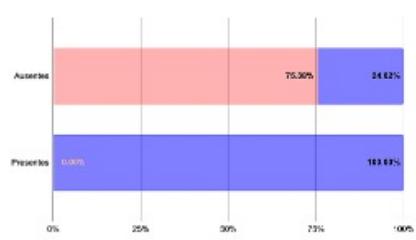


Gráfica 4. Clasificación de la zona de residencia de pacientes pediátricos polimedidos con esquemas farmacológicos de antiepilépticos (43 pacientes) con diagnóstico de epilepsia atendidos por el servicio de Especialidades

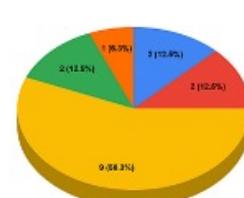
Ahora bien, dentro del análisis epidemiológico se consideró la asociación entre variables con respecto a la polimedición. Debido a esto, en cuanto al tipo de epilepsia en pacientes polimedidos, los casos sin clasificación definida (60.2%) fueron los más comunes, seguida por la epilepsia generalizada (32.6%), y finalmente la focal (7.0%) (Gráfica 2).

En las condiciones de zonas de residencia y polimedición señalaron un mayor uso de polimedición en aquellos pacientes que viven en zonas urbanas, donde contribuye en un 58.1% a los pacientes con prescripciones de polimedición de antiepilépticos (Gráfica 3 y 4).

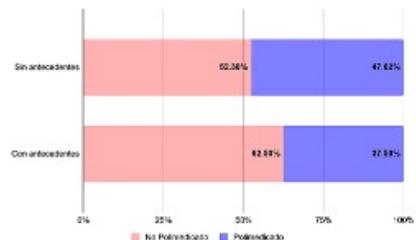
Por otro lado, el estudio identificó la presencia de comorbilidades neurológicas en un 100% los pacientes polimedidos, siendo la parálisis cerebral espástica (56.3% - 9 pacientes) de los diagnósticos asociados con mayor frecuencia (Gráficas 5 y 6). Sin embargo, en aquellos que carecían de una comorbilidad, solo el 24% registró el uso de polimedición. Asimismo, se documentaron antecedentes familiares de epilepsia en el 27.9% de los casos (Gráficas 7 y 8), una variable en la cual solo el 7% de los pacientes fue registrado con la necesidad de polimedición.



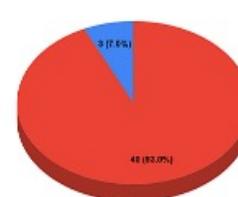
Gráfica 5: Descripción del perfil de polimedición de los pacientes pediátricos con tratamiento farmacológico de antiepilépticos en función de diagnósticos de comorbilidades descritos en el expediente clínico.



Gráfica 6. Prevalencia de comorbilidades en pacientes pediátricos polimedidos con esquemas farmacológicos de antiepilépticos (43 pacientes) con diagnóstico de epilepsia atendidos por el servicio de Especialidades.



Gráfica 7: Descripción del perfil de polimedición de los pacientes pediátricos con tratamiento farmacológico de antiepilépticos en función de la existencia de antecedentes familiares de epilepsia descritas en el expediente clínico.

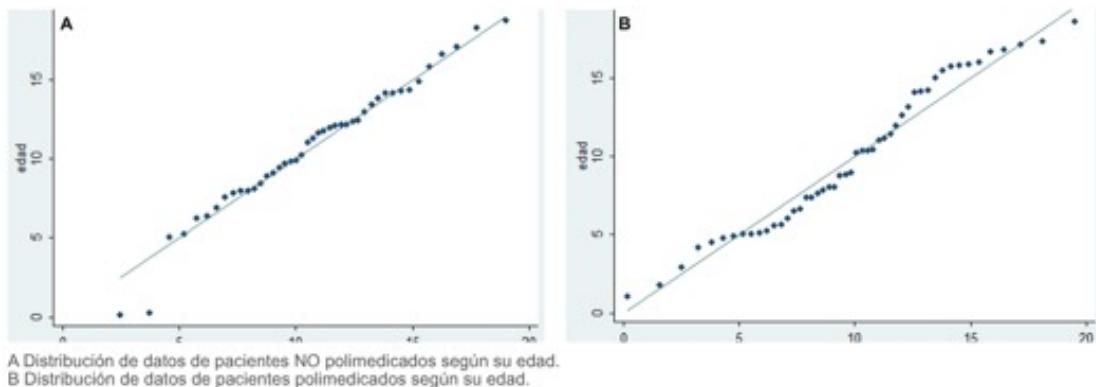


Gráfica 8: Prevalencia de antecedentes familiares de epilepsia en pacientes pediátricos polimedidos con esquemas farmacológicos de antiepilépticos (43 pacientes) con diagnóstico de epilepsia atendidos por el servicio de Especialidades.

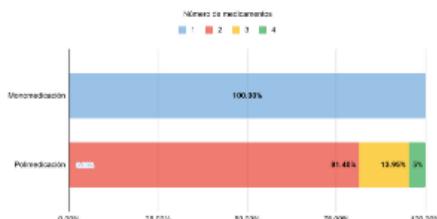
El análisis de distribución etaria mediante los gráficos Q–Q evidenció un patrón homogéneo en la dispersión de los datos tanto para pacientes con monoterapia como con politerapia, sin desviaciones significativas respecto a la normalidad entre la polimedición y el rango de etario de edades considerado en el muestreo de los expedientes (Gráfica 9).

Dentro de la descripción del tratamiento antiepiléptico en politerapia, las cantidades de fármacos prescritos presentaron una mayor prevalencia en términos de terapias duales (81.40%), donde el uso de ácido valproico (93%) y levetiracetam (58%) como los medicamentos de mayor prescripción dentro de los esquemas de tratamiento farmacológico (Gráfica 10 y 11). Además, dichos fármacos fueron identificados como la combinación de mayor prescripción dentro de la farmacoterapia para los pacientes (51.1% pacientes polimedicados). Por otro lado, se identificó el uso en cuanto a clonazepam, carbamazepina, lamotrigina, oxcarbazepina, fenobarbital, fenitoína y diazepam dentro de las prescripciones de los pacientes con diagnóstico de epilepsia (Gráfico 12).

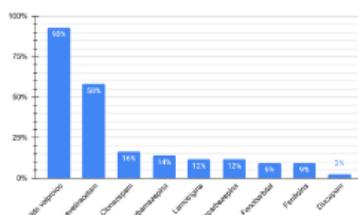
Finalmente, se cuantificó el número de interacciones farmacológicas teóricas posibles dentro de los esquemas de tratamiento farmacológico para la epilepsia, evidenciando en su mayoría interacciones no significativas (41.7%).



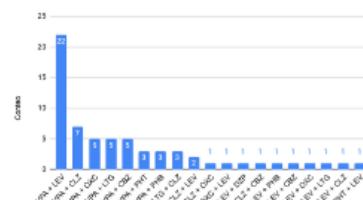
Gráfica 9: Visualización de la distribución de datos en la prevalencia de polimedication de fármacos antiepilépticos según la edad en pacientes pediátricos con diagnóstico de epilepsia atendidos por el servicio de Especialidades.



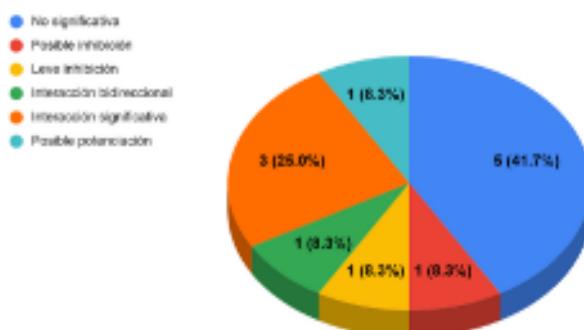
Gráfica 10: Visualización de la distribución de datos en la cantidad de fármacos antiepilépticos en los esquemas de tratamiento farmacológico en pacientes pediátricos con diagnóstico de epilepsia atendidos por el servicio de Especialidades.



Gráfica 11: Porcentajes de prevalencia de medicamentos antiepilépticos dentro de los esquemas de tratamiento farmacológico de pacientes pediátricos polimedificados (43 pacientes).



Gráfica 12: Cuantificación de interacciones farmacológicas teóricas de antiepilépticos en pacientes pediátricos polimedificados con diagnóstico de epilepsia (43 pacientes), atendidos por el servicio de Especialidades.



Gráfica 13: Quantificación teórica de los efectos farmacocinéticos implicados en las interacciones farmacológicas identificadas debido a la prescripción de antiepilépticos en pacientes pediátricos polimedificados con diagnóstico de epilepsia (43 pacientes).

Discusión de resultados

Los resultados obtenidos en este estudio permitieron caracterizar de manera general el perfil epidemiológico de la epilepsia pediátrica atendida en el Hospital Materno-Infantil Juan Pablo II, evidenciando una alta frecuencia de tratamientos en politerapia dentro de la población evaluada. La distribución etaria y la proporción de pacientes por sexo coinciden con los patrones descritos en la literatura, donde la epilepsia infantil presenta mayor incidencia en edades escolares y una ligera predominancia del sexo masculino (Pérez Rodríguez et al., 2022).

En cuanto a la proporción de pacientes en polimedication, reflejó un uso frecuente de combinaciones farmacológicas, sugiriendo la necesidad de optimizar el control de las crisis ante una respuesta insuficiente a la monoterapia. Este fenómeno es consistente con los reportes de López González et al. (2023), quienes describieron que la epilepsia

farmacorresistente en edad pediátrica suele requerir ajustes terapéuticos sucesivos y la incorporación de nuevos agentes antiepilepticos. Además, el predominio del ácido valproico y el levetiracetam dentro de los esquemas de tratamiento coincide con lo descrito en estudios internacionales, donde ambos fármacos se consideran opciones de amplio espectro y con menor riesgo de interacciones clínicamente relevantes.

Los resultados relacionados al lugar de vivienda mostraron una distribución similar entre pacientes de áreas urbanas y rurales. Sin embargo, la presencia de comorbilidades neurológicas en un alto porcentaje de los pacientes polimedificados resalta la complejidad del abordaje clínico en este grupo. Por ejemplo, condiciones como el trastorno por déficit de atención e hiperactividad, la parálisis cerebral infantil y el autismo demandan esquemas terapéuticos más individualizados, donde el riesgo de interacciones y efectos adversos aumenta de manera proporcional a la cantidad de fármacos utilizados.

Ahora bien, aunque el hallazgo de que la mayoría de los pacientes polimedicados no presentara antecedentes familiares de epilepsia este pudo sugerir que los factores etiológicos de esta población son predominantemente adquiridos o multifactoriales, más que hereditarios. Dicho aspecto concordó con lo señalado por Scheffer et al. (2017), quienes destacan que la etiología genética solo representa una fracción de los casos de epilepsia infantil y no determina por sí sola la respuesta terapéutica.

El análisis teórico de interacciones farmacológicas evidenció una proporción importante de combinaciones con riesgo potencial, particularmente aquellas que involucran inductores o inhibidores enzimáticos del citocromo P450, como el ácido valproico, la carbamazepina o la fenitoína. Debido a que, durante el proceso de biotransformación de los metabolitos activos de los FAE se ha reportado un riesgo de interacciones asociado a la actividad inhibitoria del metabolismo por parte del ácido valproico, el capaz de aumentar las concentraciones plasmáticas de su coadyuvante, con un riesgo de toxicidad y aumento del efecto depresor del sistema nervioso central. Por otro lado, la inducción enzimática de la carbamazepina, la fenitoína, el fenobarbital y la oxcarbazepina, los cuales son capaces de reducir los niveles plasmáticos de sus coadyuvantes y requerir un ajuste de dosificación para la obtención de los niveles terapéuticos efectivos en el paciente (Apéndice 1).

Sin embargo, la mayoría de estas interacciones no resultan clínicamente significativas en la práctica habitual, ya que la presencia de levetiracetam como un fármaco con metabolismo extrahepático ha evidenciado una disminución de riesgo relacionado a interacciones farmacoterapéuticas, el cual se encuentra en combinación en 53% de los esquemas de polifarmacia con antiepilepticos. Por otro lado, la prescripción de ácido valproico se encontró presente en al menos 7 combinaciones en los esquemas de polifarmacia en los pacientes, donde su versatilidad e interacciones farmacológicas leves o no significativas parecieran favorecer su prescripción en conjunto con uno o más antiepilepticos para el control del estado clínico del paciente.

Finalmente, el análisis gráfico Q-Q permitió confirmar una distribución normal de los datos respecto a la edad y la presencia de polimedición, sugiriendo que el comportamiento de estas variables sigue un patrón homogéneo en la población estudiada. Dicho análisis respaldó la posibilidad de aplicar análisis estadísticos correlacionales en futuras investigaciones, orientados a identificar factores predictivos o de riesgo asociados al uso de politerapia en la epilepsia pediátrica. Cabe mencionar que, la realización de un análisis Q-Q Plot mediante la

asociación de otras variables no fue posible debido a que la técnica de análisis estadístico sólo es aplicable a variables cuantitativas continuas (Edad y Polimedición), ya que este tipo de gráfico compara los cuantiles empíricos de los datos con los cuantiles de una distribución teórica, generalmente normal.

Conclusiones

Por lo tanto, la presente investigación permitió establecer un panorama general sobre la polimedición en pacientes pediátricos con diagnóstico de epilepsia atendidos en el Hospital Materno-Infantil Juan Pablo II durante el año 2025, evidenciando una incidencia del 46.7% en el uso simultáneo de dos o más agentes antiepilepticos, con una prevalencia en el sexo masculino (2:1). Además, dentro de dichos esquemas se demostró una predominancia de esquemas terapéuticos compuestos por dos fármacos, principalmente ácido valproico y levetiracetam, utilizados por su eficacia clínica y bajo riesgo de interacciones significativas. En cuanto a factores como la zona de residencia y los antecedentes familiares de epilepsia no evidenciaron una relación directa con el uso de politerapia, mientras que la presencia de comorbilidades neurológicas representó un elemento determinante en la necesidad de instaurar tratamientos combinados en la totalidad de los casos observados.

Asimismo, el análisis teórico de las interacciones farmacológicas indicó que la mayoría correspondió a interacciones no significativas o compatibles (41.7%), debido al metabolismo extrahepático del levetiracetam. Sin embargo, se identificaron interacciones de tipo inductoras e inhibitorias enzimáticas asociadas al sistema CYP450, principalmente vinculadas al ácido valproico y a la carbamazepina.

Por otro lado, el análisis de distribución Q-Q Plot evidenció una distribución normal entre la edad y la incidencia de polimedición, lo que respalda la viabilidad de futuros estudios correlacionales orientados a identificar los factores de riesgo asociados a la politerapia en epilepsia pediátrica.

Referencias Bibliográficas

Barrios, A., Barrios, S., Behrens, H., Bentos-Pereira, C., Catterina, X. D., Maurente, L., & García, L. (2020). Politerapia en niños y adolescentes hospitalizados en cuidados moderados en el Hospital Pediátrico del Centro Hospitalario Pereira Rossell (julio-setiembre 2019). *Archivos de Pediatría del Uruguay*, 91(4), 207-224.

De León, J. (2015). Efectos de los inductores antiepilepticos en la neuropsicofarmacología: una cuestión ignorada. Parte I: Resumen para los clínicos de la situación actual. *Revista de Psiquiatría y Salud Mental*, 8(2), 97-115.

Díaz González, B. (2018). Reacciones adversas a medicamentos antiepilepticos en pacientes pediátricos hospitalizados en inp con diagnóstico de epilepsia en mono o biterapia. [Tesis de Licenciatura]. Universidad Autónoma Metropolitana, México.

López Gonzalez, F.J. Villanueva, V., Falip, M., Toledo, M., Campos, D., y Serratosa, J. (2023). *Manual de Práctica Clínica en Epilepsia: Recomendaciones diagnóstico-terapéuticas de la SEN2019*. Recuperado de: https://www.sen.es/pdf/guias/GuiaEpilepsia_2023.pdf

Pereira, A. K. A., Nogueira, E. C., Brito, E. N. D., De Almeida, M. G., Da Silva Nascimento, S. C., & Santos, S. C. D. (2022). A polifarmácia para o tratamento da epilepsia na rede pública de saúde: uma revisão integrativa de literatura. *Research Society And Development*, 11(11), e39811133621. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i11.33621>

Rodríguez, A. P., Carballo, J. A., & Cabote, N. D. (2022). Caracterización clínica y epidemiológica de niños epilépticos de difícil control. *Revista Médica Sinergia*, 7(4), e783. <https://doi.org/10.31434/rms.v7i4.783>

Solari, B. F. (2011). Crisis epilépticas en la población infantil. *Revista Médica Clínica las Condes*, 22(5), 647-654. [https://doi.org/10.1016/s0716-8640\(11\)70477](https://doi.org/10.1016/s0716-8640(11)70477)

Apéndice 1

Tabla de interacciones farmacológicas teóricas establecidas por revisión bibliográfica en función de los esquemas de polimedición prescritos para pacientes pediátricos con diagnósticos de epilepsia polimedicated (43 pacientes)

Interacción farmacológica	Interacción con CYP450	Mecanismo	Enzimas involucradas	Observaciones
VPA + LEV	No significativa	Sin interacción enzimática clínicamente relevante	—	Levetiracetam se elimina principalmente sin metabolismo hepático, por lo que no afecta ni es afectado por CYP450.
VPA + CLZ	Possible inhibición	VPA inhibe el metabolismo de CLZ	CYP3A4, CYP2C19	Puede aumentar las concentraciones plasmáticas de clonazepam. Riesgo de sedación excesiva.
VPA + OXC	Leve inhibición	VPA puede inhibir la glucuronidación de metabolito activo de OXC	— (UGT más que CYP450)	Puede aumentar levemente los niveles de OXC. Interacción clínicamente moderada.
VPA + CBZ	Interacción bidireccional	CBZ induce metabolismo de VPA; VPA inhibe epóxido hidrolasa	CYP3A4	Riesgo de toxicidad por epóxido de CBZ. Los niveles de VPA pueden disminuir.
VPA + PHT	Interacción significativa	VPA inhibe metabolismo de PHT; PHT induce metabolismo de VPA	CYP2C9, CYP2C19	Niveles de PHT aumentan (riesgo de toxicidad); niveles de VPA pueden disminuir.
VPA + PHB	Interacción significativa	VPA inhibe metabolismo de PHB; PHB induce metabolismo de VPA	CYP2C9, CYP2C19	Aumento de niveles de PHB (sedación, toxicidad); reducción de VPA.
CLZ + LEV	No significativa	LEV no se metaboliza por CYP450	—	No se espera interacción enzimática clínicamente relevante.
CLZ + OXC	Possible potenciación	OXC puede inducir metabolismo de CLZ	CYP3A4	Leve disminución de CLZ; puede requerir ajuste.
OXC + LEV	No significativa	LEV no afecta ni es afectado por OXC enzimáticamente	—	Compatibles.
LEV + DZP	No significativa	LEV no afecta metabolismo de DZP	—	No hay interacción significativa con CYP450.
CLZ + CBZ	Interacción significativa	CBZ induce metabolismo de CLZ	CYP3A4	Reducción de niveles de CLZ. Puede requerir ajuste de dosis.
LEV + CBZ	No significativa	LEV no se metaboliza por vía hepática	—	No se espera interacción enzimática.

VPA: Ácido valproico; **LEV:** Levetiracetam; **CLZ:** Clonazepam; **OXC:** Oxcarbazepina; **PHB:** Fenobarbital; **PHT:** Fenitoína; **LTG:** Lamotrigina; **CBZ:** Carbamazepina; **DZP:** Diazepam.

Información obtenida de: De León, 2015; Díaz-González, 2018; López González *et al*, 2023



Atención farmacéutica al egreso en pacientes del Departamento de Pediatría del Hospital Roosevelt

*Pharmaceutical Care at Discharge in Patients from the
Pediatrics Department of Roosevelt Hospital*

*Br. Verónica Haydé Félix Ajcuc & et.al, EDC del Subprograma de Farmacia Hospitalaria;
MSc. Gloria María Eleonora Gaitán Izaguirre; MSc. Lesly Yanira Xajil Ramos*



Resumen

Este estudio evaluó la implementación de la atención farmacéutica al egreso hospitalario en pacientes pediátricos del Departamento de Pediatría del Hospital Roosevelt. Se buscó optimizar el uso de medicamentos en el hogar, asegurando que los cuidadores comprendan y manejen adecuadamente los tratamientos prescritos para minimizar errores y mejorar la calidad de vida post alta. Se aplicaron materiales educativos y sesiones individuales de educación sanitaria, enfatizando la adherencia al régimen terapéutico y el manejo de efectos secundarios. Los resultados mostraron que los cuidadores recibieron favorablemente la educación, mejorando su comprensión y capacidad para detectar y reportar eventos adversos. Se concluye que la educación sanitaria estructurada al egreso puede significativamente preparar a los cuidadores para un manejo seguro y efectivo de la medicación pediátrica en casa.

Palabras clave: Atención farmacéutica, educación sanitaria, pacientes pediátricos, egreso hospitalario, adherencia terapéutica

Abstract

This study evaluated the implementation of pharmaceutical care at hospital discharge for pediatric patients in the Pediatrics Department of Roosevelt Hospital. The aim was to optimize medication use at home, ensuring caregivers adequately understood and managed prescribed treatments to minimize errors and improve post-discharge quality of life. Educational materials and individual health education sessions were applied, emphasizing adherence to therapy and adverse effect management. Results indicated positive reception from caregivers, enhancing their understanding and ability to identify and report adverse events. It is concluded that structured health education at discharge significantly prepares caregivers to safely and effectively manage pediatric medications at home.

Key words: Pharmaceutical care, Health education, Pediatric patients, Hospital discharge, Therapeutic adherence

Introducción

La transición del entorno hospitalario al hogar representa una etapa crítica en la atención pediátrica, especialmente en lo que respecta al uso seguro y eficaz de medicamentos. Durante este proceso, los cuidadores, principalmente padres o familiares asumen la responsabilidad de administrar tratamientos que, en muchos casos, implican múltiples fármacos y manejo de posibles efectos adversos. La falta de preparación o información adecuada en este momento puede traducirse en errores de medicación, baja adherencia terapéutica, reingresos hospitalarios y, en última instancia, un impacto negativo en la calidad de vida del paciente y su familia.

En este contexto, la Atención Farmacéutica surge como una estrategia clave para garantizar la continuidad del cuidado farmacoterapéutico. Según Hepler y Strand (1990) define la Atención Farmacéutica como “la provisión responsable de la farmacoterapia con el propósito de alcanzar resultados concretos que mejoren la calidad de vida del paciente”. Esta definición implica no solo la dispensación correcta del medicamento, sino también la identificación, prevención y resolución de problemas relacionados con la medicación, así como la educación al paciente y sus cuidadores para asegurar un uso seguro y eficaz del tratamiento.

El presente estudio se realizó en el Departamento de Pediatría del Hospital Roosevelt, con el objetivo de evaluar la implementación de un programa de atención farmacéutica al egreso en pacientes pediátricos del servicio de niños e infantes. A través de un enfoque descriptivo y participativo, se brindó educación sanitaria personalizada a cuidadores, se identificaron interacciones medicamentosas y se promovió el uso racional de medicamentos. Los resultados obtenidos permiten reflexionar sobre la efectividad de esta intervención, las barreras que limitan su cobertura y la necesidad de la participación del químico farmacéutico en el proceso de alta hospitalaria, fortalecer la atención farmacéutica en pediatría donde la educación sanitaria y la adecuada gestión de la medicación pueden marcar una diferencia significativa en los desenlaces clínicos y en la calidad de vida de los pacientes y sus familias.

Metodología

Este estudio tuvo un diseño descriptivo centrado en la implementación y evaluación de un programa de atención farmacéutica complementado con educación sanitaria, dirigido a pacientes pediátricos del servicio de niños e infantes del Departamento de Pediatría del Hospital Roosevelt y a sus cuidadores en el momento del egreso hospitalario. La intervención estuvo a cargo de 23 estudiantes

de Química Farmacéutica que formaron parte del Programa de Experiencias Docentes con la Comunidad (EDC).

Se desarrollaron diversos materiales educativos accesibles y diseñados para facilitar la comprensión por parte de los cuidadores, incluyendo folletos, afiches y trifoliares que abordaban el manejo adecuado de los medicamentos, dosis, horarios, almacenamiento y posibles efectos secundarios. Además, se realizaron sesiones educativas individuales para reforzar la información y responder dudas de manera personalizada.

Se recopilaron variables como diagnósticos clínicos, medicamentos prescritos, y se documentaron las intervenciones farmacéuticas realizadas durante el proceso. También se identificaron y clasificaron problemas relacionados con medicamentos para mejorar la adherencia y la seguridad en la administración terapéutica domiciliaria.

El análisis de los datos fue realizado de manera descriptiva, presentando frecuencias absolutas y relativas para evaluar la cobertura del programa y el impacto de la atención farmacéutica y educación sanitaria en este grupo vulnerable. Este enfoque permitió fortalecer la continuidad del cuidado farmacoterapéutico en la transición hospital-domicilio, contribuyendo a la prevención de eventos adversos y al uso racional y seguro de los medicamentos en la población pediátrica.

Resultados

Gráfica No.1

Atención Farmacéutica brindada del 21 de enero al 30 de abril de 2024 por parte del Subprograma de Farmacia Hospitalaria

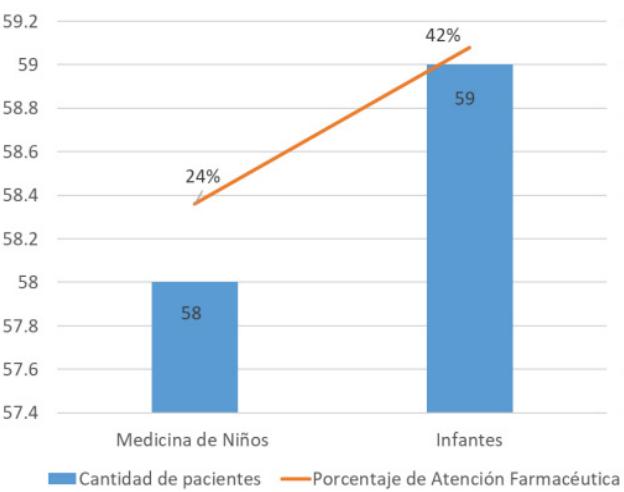


Tabla No. 1

Intervenciones farmacológicas brindada del 21 de enero al 30 de abril de 2024 en el servicio de Medicina de Niños y Medicina de Infantes

No.	Medicamento asociado	Tipo de PRM
1	Espironolactona	El paciente usa un medicamento que le produce una Reacción Adversa (Deshidratación)
2	Captopril	El paciente presenta interacción farmacológica
3	Fenobarbital	El paciente sufre un problema de salud, consecuencia de no recibir la medicación que necesita
4	Levetiracetam	

Tabla No. 2

Patologías con mayor frecuencia en Servicio de Medicina de Niños

Diagnóstico	Clasificación CIE-10	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)	Σ Tiempo de estancia (días)
Bronquitis	J40	60	25.1	5
Dengue	A90	31	12.9	4
Crisis Asmática	J45.9	14	5.8	4

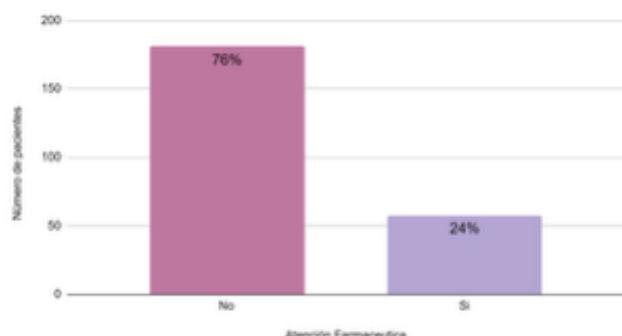
Tabla No. 3

Medicamentos más utilizados durante su estadía hospitalaria en el Servicio de Medicina de Niños

Medicamento	Clasificación ATC	No. de prescripciones
Salbutamol	R03AC02	49
Budesonida	R03BA02	45
Paracetamol	JN02BE01	22

Gráfica No. 2

Porcentaje de pacientes que recibieron Atención Farmacéutica en Servicio de Medicina de Niños

**Gráfica No. 3**

Reacciones adversas reportadas por Salbutamol prescrito en el Servicio de Medicina de Niños



Tabla No. 4
Patologías con mayor frecuencia en el Servicio de Infantes

Diagnóstico	Clasificación CIE-10	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)	Σ Tiempo de estancia (días)
Bronquiolitis	J21.9	26	18.7	7
Neumonía adquirida en la comunidad	J18.8	17	12.2	8
Bronquitis	J40	7	5.0	14

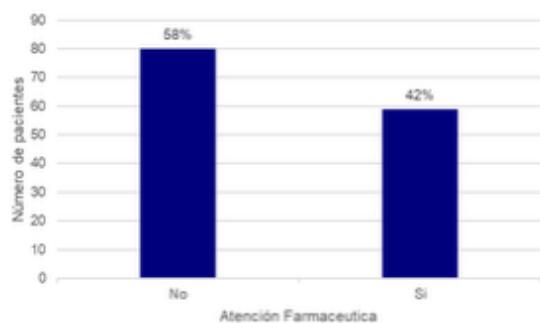
Tabla No. 5

Medicamentos más utilizados durante su estadía hospitalaria en el Servicio de Infantes

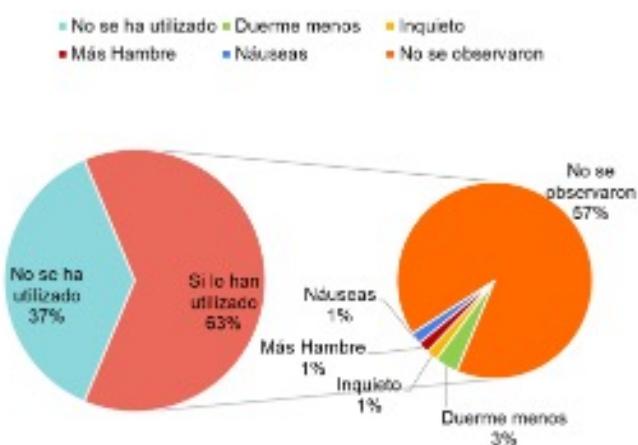
Medicamento	Clasificación ATC	No. de prescripciones
Paracetamol	N02BE01	51
Salbutamol	R03AC02	23
Budesonida	R03BA02	15

Gráfica No. 4

Porcentaje de pacientes que recibieron Atención Farmacéutica en Servicio de Infantes

**Gráfica No. 5**

Reacciones adversas reportadas por Salbutamol prescrito en el Servicio de Infantes

**Discusión**

En la Gráfica No.1 se observa que el servicio de Medicina de Infantes alcanzó un 42% de atención farmacéutica al egreso, frente al 24% del servicio de Niños, a pesar de manejar un número similar de pacientes. Esta diferencia se atribuye a que en Infantes los egresos suelen realizarse antes del mediodía, lo que facilita la organización y entrega de tratamientos. Además, los médicos residentes prescriben más rápidamente las recetas de egreso en este servicio, lo que permite una intervención farmacéutica oportuna (Faus et al., 2024).

La Tabla No.1 muestra intervenciones farmacéuticas clave, como la suspensión de espironolactona en una paciente con deshidratación post-laparotomía, debido al riesgo de hipertotasemia grave cuando se combina con captoril en estado de deshidratación. Esta intervención se clasificó como un PRM tipo 5, es decir, un problema de seguridad no cuantitativo. También se destaca la intervención con fenobarbital, donde se identificaron interacciones medicamentosas significativas con levetiracetam, lorazepam, metilprednisolona, ácido valproico y metadona, lo que requirió ajustes de dosis y monitoreo estrecho para evitar depresión respiratoria, sedación excesiva o reducción de eficacia terapéutica (Drug Interaction Checker, 2024; Asociación Española de Pediatría, 2020).

En otro caso, se intervino con levetiracetam en el servicio de Niños, donde la madre del paciente no contaba con recursos económicos para comprar la presentación en tabletas. Se identificó que el medicamento estaba disponible en jarabe a menor costo en la farmacia del hospital, aplicándose el principio de los 5 correctos del uso racional de medicamentos, específicamente el de accesibilidad económica (Carrasco, 2020).

Las Tablas No.2 y No.4 muestran que las enfermedades respiratorias fueron la principal causa de hospitalización en ambos servicios. En el servicio de Niños, la bronquitis (J40) fue la patología más frecuente (25.1%), con una estancia promedio de 5 días, mientras que en Infantes, la bronquiolitis (J21.9) ocupó el primer lugar (18.7%), con una estancia de 7 días. Estas diferencias en la duración de la hospitalización pueden deberse a la edad del paciente y a la severidad clínica de la enfermedad, lo que sugiere la necesidad de abordajes terapéuticos diferenciados según el grupo etario (Pérez, 2016; Navas et al., 2017).

La neumonía adquirida en la comunidad (NAC) fue la segunda causa de ingreso en Infantes (12.2%), con una estancia de 8 días. La alta incidencia de estas patologías respiratorias resalta la importancia de medidas preventivas

como la vacunación, lactancia materna y higiene adecuada (Ubeda et al., 2013; Manzanares et al., 2023).

Las Tablas No.3 y No.5 indican que salbutamol, budesonida y paracetamol fueron los medicamentos más prescritos en ambos servicios. El salbutamol, un broncodilatador β_2 -adrenérgico, fue el más utilizado en Niños (49 prescripciones), seguido de budesonida, un corticoide inhalado con efecto antiinflamatorio local (AEP, 2020). En Infantes, el paracetamol fue el más recetado (51 prescripciones), lo que refleja la alta frecuencia de síntomas como fiebre y dolor asociados a infecciones respiratorias (Moreno et al., 2015).

Las Gráficas No.3 y No.5 describen los efectos adversos reportados por el uso de salbutamol. En el servicio de Niños, el 78% no presentó efectos adversos, mientras que en servicio de Infantes esta cifra fue del 91%. Los efectos reportados en Niños fueron taquicardia (4%) y agitación (2%), mientras que en Infantes se observaron insomnio e inquietud (3%) y náuseas (1%). Estos efectos son consistentes con el mecanismo de acción del salbutamol sobre los receptores β_2 -adrenérgicos (Fowler & Lipworth, 2009; Montoya-Giraldo et al., 2018). La diferencia en la frecuencia de efectos adversos podría deberse a la adherencia terapéutica, ya que en el servicio de Niños se reportó que un 16% de los pacientes no había utilizado el medicamento, lo que dificulta la identificación de reacciones adversas (Sanz, 2024).

Las Gráficas No.2 y No.4 revelan que la mayoría de los pacientes no recibieron atención farmacéutica al egreso: 78% en el servicio de Niños y 58% en el servicio de Infantes. Las principales barreras identificadas fueron egresos fuera del horario laboral del farmacéutico, fines de semana sin personal de turno, traslados internos del paciente y falta de integración con el equipo de salud. Esto limita la educación sanitaria y la continuidad del cuidado farmacéutico, aumentando el riesgo de errores de medicación en el hogar. Aunque en algunos casos se proporcionaron notas y dibujos para facilitar la comprensión de los cuidadores, especialmente cuando no hablaban español, estas acciones fueron insuficientes para cubrir la demanda.

Conclusiones

La implementación de la atención farmacéutica al egreso en el Departamento de Pediatría del Hospital Roosevelt ha demostrado ser una estrategia valiosa para identificar y resolver problemas relacionados con medicamentos, optimizar tratamientos y mejorar el acceso a terapias seguras y económicas. Sin embargo, aún existen brechas significativas, especialmente en la cobertura de educación sanitaria al egreso, donde más de la mitad de los pacientes

no reciben orientación farmacéutica por barreras logísticas y de coordinación interprofesional. La alta prevalencia de enfermedades respiratorias y el uso frecuente de medicamentos como salbutamol, budesonida y paracetamol refuerzan la necesidad de protocolos terapéuticos claros y adaptados a cada grupo etario. Fortalecer la atención farmacéutica al egreso, con educación personalizada y continuidad del cuidado, es esencial para garantizar la seguridad, adherencia y efectividad del tratamiento pediátrico en el hogar.

Referencias

- Asociación Española de Pediatría. [AEP]. (2020). *Budesónida*. <https://www.aeped.es/comite-medicamentos/pediamecum/budesonida-nasal>
- Asociación Española de Pediatría [AEP]. (2020). *Levetiracetam*. <https://www.aeped.es/comite-medicamentos/pediamecum/levetiracetam>
- Asociación Española de Pediatría. [AEP]. (2021). *Paracetamol (acetaminofén)*. <https://www.aeped.es/comite-medicamentos/pediamecum/paracetamol-acetaminofen>
- Asociación Española de Pediatría. (2020). *Salbutamol*. <https://www.aeped.es/comite-medicamentos/pediamecum/salbutamol>
- Carrasco, O. (2020). Uso racional de medicamentos y normas para las buenas prácticas de prescripción. *Revista Médica La Paz*, 26(2), 78-93. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-89582020000200011&lng=es&tlang=es
- Drug Interaction Checker. (2024). *Drug Interaction Checker*. https://www.drugs.com/drug_interactions.html
- Faus, M., Amariles, P. y Martínez, F. (2008). Atención Farmacéutica: Conceptos, procesos y casos prácticos. Universidad de Granada
- Fowler, S., & Lipworth, B. (2009). Pharmacokinetics and systemic β_2 -adrenoceptor-mediated responses to inhaled salbutamol. *British Journal of Clinical Pharmacology*, 51(4), 359–362. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2125.2001.01362.x>
- Manzanares, Á., Moraleda, C., & Tagarro, A. (2023). Neumonía adquirida en la comunidad. *Protocolos diagnósticos y terapéuticos en Pediatría*, 2, 151–165. https://www.aeped.es/sites/default/files/documentos/10_neumonia_adquirida_comunidad.pdf
- Montoya, M., & Flores, F. (2022). La farmacovigilancia como estrategia de calidad en áreas de rehabilitación. *Revista Mexicana de Medicina Física y Rehabilitación*, 34(1–4), 20–26. <https://doi.org/10.35366/108637>
- Moreno, D., Martín, A., Tagarro, A., Escribano, A., Figuerola, J., García, J., Moreno, A., Gonzalo, C., Ruiz, J., & Saavedra, J. (2015). Neumonía adquirida en la comunidad: tratamiento ambulatorio y prevención. *Anales de Pediatría*, 83(6), 439.e1-439.e7. <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2014.10.028>
- Navas, D., Barrantes, M., & Arias, R. (2023). Consideraciones fisiopatológicas y clínico-terapéuticas de la bronquiolitis en la población pediátrica. *Revista Médica Sinergia*, 8(8), e1080. <https://doi.org/10.31434/rms.v8i8.1080>
- Pérez, J. (2016). Bronquitis y bronquiolitis. *Pediatría Integral*, 1, 28–37
- Sanz, Á. (2019). Prevención de efectos adversos. *Offarm*, 28(4). <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-prevencion-efectos-adversos-13136837>
- Úbeda, I., Murcia, J., & Asensi, T. (2013). Neumonía adquirida en la comunidad. *Protocolos del GVR*. <https://www.aepap.org/sites/default/files/gvr/protocolo-neumonia-2011.pdf>



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



COMPENDIO DE FORMULAS MAGISTRALES ORALES



Optimización de la preparación de fórmulas magistrales orales mediante el desarrollo de un compendio hospitalario

*Optimization of the preparation of oral magistral formulations
through the development of a hospital compendium*

EPS Johana Gabriela Manrique Orellana; EPS Astrid Raquel Nimatuj Roché;
MSc. Gloria María Eleonora Gaitán Izaguirre;
MSc. Lesly Yanira Xajil Ramos



Resumen

El avance de la industria farmacéutica ha favorecido la producción de medicamentos estandarizados, limitando las opciones terapéuticas personalizadas y generando vacíos que afectan especialmente a la población pediátrica y a pacientes con dificultades de deglución. En el Hospital Roosevelt de Guatemala, esta situación se refleja en la alta demanda de readecuaciones orales en áreas de maternidad, pediatría y en pacientes adultos con necesidades específicas. Con el propósito de responder a esta problemática, se desarrolló un compendio de fórmulas magistrales orales mediante un diseño mixto de investigación que incluyó encuestas y entrevistas a químicos farmacéuticos del Departamento de Farmacia Interna, complementadas con revisión bibliográfica. El análisis de los datos permitió identificar las preparaciones más solicitadas, las patologías y servicios hospitalarios con mayor demanda, así como la disponibilidad de insumos. Los resultados evidenciaron que las formulaciones magistrales son especialmente necesarias en neonatos e infantes para ajustar dosis según peso corporal y estado clínico, y en adultos con limitaciones para ingerir presentaciones sólidas. Además, se confirmó que la limitada disponibilidad de presentaciones comerciales adecuadas incrementa la necesidad de estas preparaciones. El compendio desarrollado reúne información estandarizada sobre composición, elaboración, indicaciones, precauciones y estabilidad, y fue evaluado positivamente por los profesionales farmacéuticos, quienes lo calificaron como útil o muy útil. Su implementación contribuye a mejorar la calidad, seguridad y eficacia de las terapias, fortaleciendo la atención farmacéutica en el hospital.

Abstract

The pharmaceutical industry has prioritized standardized medicines, limiting personalized therapeutic options and creating gaps that particularly affect pediatric patients and those with swallowing difficulties. At Hospital Roosevelt in Guatemala, this is reflected in the high demand for oral readaptations in maternity, pediatric, and adult patients with specific needs. To address this, a compendium of oral magistral formulations was developed using a mixed-methods approach, including surveys and interviews with pharmacists from the Internal Pharmacy Department, complemented by a bibliographic review. Analysis identified the most frequently requested preparations, relevant pathologies, high-demand hospital services, and the availability of necessary supplies. Results highlight the importance of magistral formulations for neonates, infants, and adults requiring dose adjustments or adapted dosage forms. The compendium standardizes composition,

preparation methods, indications, precautions, and stability information, and was positively evaluated by pharmacists as useful or very useful. Its implementation enhances the quality, safety, and efficacy of therapies, supporting standardized pharmaceutical care and improving patient outcomes in the hospital setting.

Palabras clave: Preparaciones orales, Pediatría, Dificultad de deglución.

Introducción

En los últimos años, el avance de la industria farmacéutica ha ampliado las posibilidades de investigación y producción de medicamentos. Sin embargo, esto ha generado un enfoque menos personalizado, donde el paciente debe adaptarse al medicamento en lugar de que éste se ajuste a sus necesidades específicas. Esta situación crea vacíos terapéuticos que afectan particularmente a la población pediátrica, ya que muchos medicamentos diseñados para adultos no están autorizados para menores, dejándolos en una situación de desprotección. Para atender estas necesidades, las fórmulas magistrales permiten elaborar dosificaciones y formas farmacéuticas adaptadas a las características particulares de cada paciente, representando una solución eficaz ante estas limitaciones.

En el Hospital Roosevelt de Guatemala, la necesidad de readecuaciones orales de medicamentos es particularmente evidente en las farmacias satélites de maternidad y pediatría, donde los pacientes requieren formas líquidas debido a su edad, capacidad de deglución o requerimientos específicos. Esta necesidad también se extiende a pacientes adultos con dificultades para ingerir tabletas o cápsulas. Sin embargo, actualmente no existe un compendio estandarizado que reúna las fórmulas magistrales orales utilizadas en el hospital, lo que ha resultado en variaciones en los métodos y formulaciones empleadas, afectando la eficacia, seguridad y estabilidad de los tratamientos.

Ante esta situación, se desarrolló un compendio de 43 fórmulas magistrales orales con el propósito de unificar la información y los procesos, garantizando consistencia, calidad y seguridad en la preparación de readecuaciones orales. Este documento sirve como una herramienta esencial para los químicos farmacéuticos del Departamento de Farmacia Interna, contribuyendo a mejorar el cuidado de los pacientes en el Hospital Roosevelt.

Metodología

Se empleó un diseño mixto de investigación con recolección de datos primarios y secundarios. Los datos primarios se obtuvieron mediante encuestas estructuradas y entrevistas semiestructuradas dirigidas a químicos farmacéuticos del Departamento de Farmacia Interna del Hospital Roosevelt, con el objetivo de identificar necesidades, métodos de preparación, estabilidad y características de las fórmulas magistrales orales. Los datos secundarios se recopilaron mediante revisión bibliográfica de manuales, libros de farmacología, artículos científicos, tesis y recursos en línea.

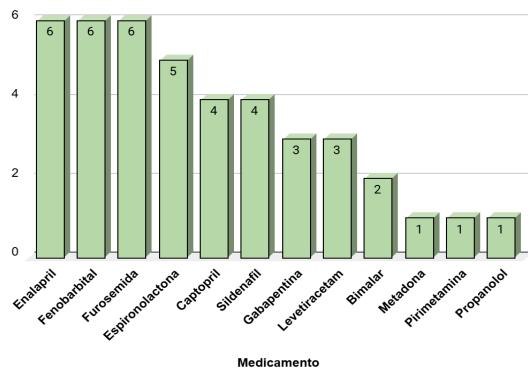
El análisis incluyó la tabulación de encuestas y la comparación de resultados con la información encontrada en la literatura, lo que permitió estandarizar criterios. Con base en esta evidencia, se elaboró un compendio que organiza cada fórmula con su composición, procedimiento de elaboración, indicaciones, precauciones, condiciones de almacenamiento y parámetros de estabilidad. Finalmente, el documento fue revisado por un grupo de farmacéuticos expertos, cuyas observaciones se integraron para generar la versión final, garantizando precisión, aplicabilidad y utilidad profesional.

Resultados

Gráfica no. 1

Preparaciones más solicitadas

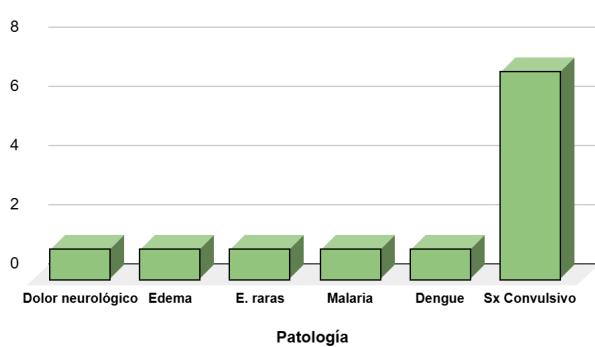
Fuente: Servicio de Consulta Terapéutica y Toxicológica – SECOTT– 2025



Gráfica No.2

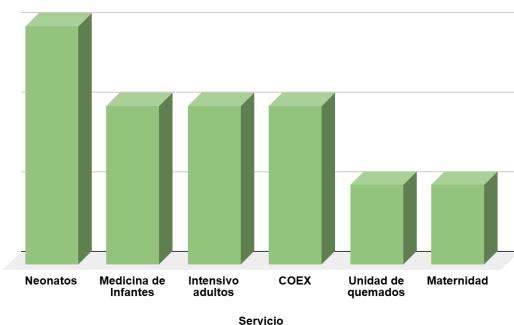
Patologías más frecuentes que requieren una formulación/preparación magistral

Fuente: Servicio de Consulta Terapéutica y Toxicológica – SECOTT– 2025



Gráfica No.3

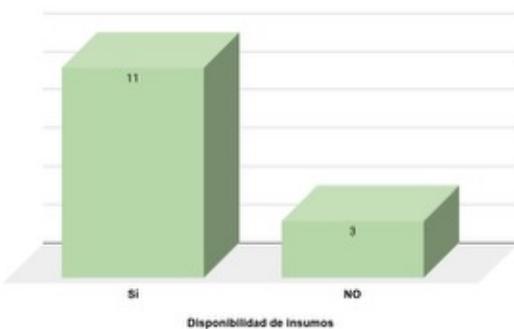
Servicios del hospital de mayor demanda de formulaciones/preparaciones magistrales



Fuente: Servicio de Consulta Terapéutica y Toxicológica – SECOTT– 2025

Gráfica No.4

Disponibilidad de insumos para realización de formulaciones/preparaciones magistrales



Fuente: Servicio de Consulta Terapéutica y Toxicológica – SECOTT– 2025

Discusión

En la gráfica No. 1 se detallan cuáles son las preparación o formulaciones magistrales orales elaboradas por los profesionales del Departamento de Farmacia Interna. Dichos resultados se relacionan con los obtenidos en las gráficas No. 2 y 3, donde se muestran las patologías para las cuales se utilizan con más frecuencia estas preparaciones y los servicios por los cuales son solicitadas respectivamente. Se consideran neonatos a los bebés hasta un mes de vida e infantes a los bebés que tienen hasta un año de vida, por lo que estos pacientes suelen ser los que presentan más dificultades para deglutar otras formas farmacéuticas orales que no son líquidas (Avís, Higuero y Vicente, 2018). Los resultados reflejan la utilidad de las formulaciones magistrales en

dichos pacientes ya que permiten ajustar dosis según peso corporal y estado clínico de los pacientes (Eranzo, 2019). Sin embargo, la alta frecuencia de estas preparaciones también puede estar influenciada por la limitada disponibilidad de presentaciones comerciales adecuadas para los grupos de pacientes antes mencionados (Cabezas, 2019).

En cuanto a las patologías, los resultados obtenidos se alinean con la tendencia observada en diversos hospitales pediátricos, donde infecciones respiratorias agudas y trastornos digestivos son comunes (Benoni y López, 2013). En el caso de pacientes adultos, las dificultades para deglutar, derivadas de condiciones como accidentes cerebrovasculares o cáncer, también impulsan la demanda de formulaciones adaptadas. Estos resultados resaltan la necesidad de contar con un sistema estandarizado para asegurar la eficacia y seguridad de las formulaciones utilizadas.

En cuanto a la disponibilidad de insumos, los profesionales del Departamento consideran que, en general, disponen de los insumos necesarios para realizar las preparaciones magistrales (gráfica No. 4). Sin embargo, señalan que, en ocasiones, faltan insumos específicos para ciertos medicamentos o vehículos particulares requeridos en estas preparaciones. Además, los profesionales destacan la importancia de contar con un compendio actualizado de las formulaciones elaboradas en el hospital, sugiriendo la necesidad de ampliar y actualizar la información disponible al respecto. Esto busca garantizar la calidad y seguridad en la atención farmacéutica (Red EAMI, 2017). Asegurando que los profesionales cuenten con los recursos y la información necesaria para elaborar las formulaciones requeridas por los pacientes.

Con la información recopilada y en base a los resultados obtenidos se elaboró el Compendio de Fórmulas Magistrales el cual cuenta con secciones de importancia y ámbito de aplicación de las fórmulas magistrales, aspectos legales y normativos, abreviaturas frecuentes, requisitos de solicitud, procedimientos estándares de operación, procedimiento de cálculos y 41 monografías de fórmulas magistrales.

Conclusiones

El compendio de fórmulas magistrales desarrollado permite estandarizar los procesos de elaboración de formulaciones orales realizadas por los profesionales del Departamento de Farmacia Interna, ofreciendo una herramienta actualizada que facilita el ajuste preciso de dosis y la adaptación de formas farmacéuticas a las limitaciones fisiológicas de los pacientes, especialmente en aquellos casos donde las alternativas comerciales resultan insuficientes. Su implementación fue aceptada por los químicos farmacéuticos

del Hospital Roosevelt, quienes lo calificaron como útil o muy útil, lo que evidencia que cumple con los estándares requeridos y responde a las necesidades específicas del área, contribuyendo significativamente a la calidad, seguridad y estandarización de las preparaciones magistrales orales.

Referencias

- Avís, S., Higuero, F. L. P., & Vicente, R. M. (2018). Evaluación de la efectividad de la Atención Farmacéutica en pacientes tratados con fórmulas magistrales en el periodo de septiembre 2017 – febrero 2018 en *Farmacia Magistral de Villanueva de la Serena* (Badajoz). https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/138970/Evaluacion_de_la_efectividad_de_la_Atenc.pdf;jsessionid=05E452024CCDE7FCA4A0B8BD069B9E01?sequence=1
- Benoni, I. y López, J. (2013). Manual de Formulaciones Magistrales Orales para Hospitales: General San Juan de Dios, Roosevelt, Infantil de Infectología y Rehabilitación y del Interior de la República de Guatemala. [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala]. <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/Tesis/QF1297.pdf>
- Cabezas, V. G. (2019). Perfil de utilización de fórmulas magistrales por vía oral en una oficina de farmacia de León = Study of oral magistral formula consumption in a pharmacy of León. [Tesis Doctoral, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, la Universidad de León y la Universida de de Tras-Os-Montes e Alto Douro, Portugal]. <https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/11127/Ver%C3%b3nica%20Garc%C3%ada%20Cabezas.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Erazo, G. J. (2019). Diseño de un plan piloto para la implementación de un área de formulación magistral en el servicio de farmacia del Hospital Pediátrico Alfonso Villagómez de Riobamba. [Tesis de grado], Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- Red de Autoridades de Medicamentos de Iberoamérica [Red EAMI]. (2017). GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS de elaboración y control de calidad de preparaciones magistrales y oficinales. *Red EAMI*.



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA
Programa de Experiencias Docentes con la Comunidad -EDC-

Guatemala, noviembre de 2025