



Vi^{Si}ón Antataura

ISSN L 2520-9892 Volumen 7, No. 1
junio – noviembre 2023

Universidad de Panamá – Centro Regional Universitario de Azuero



Chitré, provincia de Herrera, República de Panamá



ISSN L 2520-9892

Revista



Vi **ión**
Antataura

Volumen 7, No. 1
JUNIO - NOVIEMBRE 2023

Editada por:
Universidad de Panamá
Centro Regional Universitario de Azuero

Consejo Editorial

Editora responsable

Mgtr. Linnette Palacios
Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero, Panamá.
linnette.palacios@up.ac.pa. <https://orcid.org/0000-0001-5785-6502>

Mgtr. Italo Goti
Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero, Panamá. italo.goti@up.ac.pa.
<https://orcid.org/0000-0001-5702-5389>

Mgtr. Cintia Corro
Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero, Panamá. cintia.corro@up.ac.pa.
<https://orcid.org/0000-0002-9559-263X>

Dra. Carmen Indira Espino
Universidad de Panamá, Facultad de Medicina, Panamá. carmen.espino@up.ac.pa.
<https://orcid.org/0000-0002-9046-4081>

Dr. Amado Batista Mainegra
Universidad de La Habana, Cuba. amado@epes.uh.cu. <https://orcid.org/0000-0002-0130-2874>

Dra. Jennifer Solano Parada
Universidad de Granada, España. jsolano@go.ugr.es. <https://orcid.org/0000-0001-5108-4820>

Dr. Danilo Franco
Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud, Panamá. dfranco@gorgas.gob.pa.
<https://orcid.org/0000-0002-0905-9055>

Dr. Laron Nelson
Yale University-NY. Estados Unidos. laron.nelson@yale.edu. <https://orcid.org/0000-0002-2630-602X>

Comité científico externo

Dr. Mauricio Sierra Morales. Universidad de Boyacá, Tunja, Colombia.
mausierra@uniboyaca.edu.co. <https://orcid.org/0000-0002-0486-0417>

Mgtr. Patricio Marcelo Moscoso. Universidad Católica Boliviana “San Pablo” Sede Tarija, Bolivia.
pmmoscoso@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0003-2484-7030>

Dra. Juana Medarda Ortellano de Canese. Universidad Nacional de Asunción, Paraguay.
juanaortelladopy@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0003-0352-5681>

Dra. Lissette Retana Moreira. Universidad de Costa Rica, Costa Rica.
lissette.retanamoreira@ucr.ac.cr. <https://orcid.org/0000-0001-5215-582X>

Dra. Maryuri García. Universidad de La Habana, Cuba. maryuri@cepes.uh.cu.
<https://orcid.org/0000-0002-2734-6541>

Dra. María Dolores Alvarez. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Nicaragua.
alvarez.antropologa@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-6836-1318>

Dra. Ivonne Hernández. Universidad del Sur de La Florida, Estados Unidos.
ihernand@health.usf.edu. <https://orcid.org/0000-0002-6158-1035>

Dr. Sergio Bermúdez. Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud, Panamá.
bermudezsec@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0003-1830-3133>

Dra. Denisse Maguire. South Florida University. Estados Unidos. dmaguire@health.usf.edu.
<https://orcid.org/0000-0003-0670-196X>

Dra. Constance Visovski. South Florida University. Estados Unidos. cvisovsk@usf.edu.
<https://orcid.org/0000-0003-2409-7284>

Dr. Humberto López Castillo. University of Central Florida. Estados Unidos.
humberto.LopezCastillo@ucf.edu. <https://orcid.org/0000-0003-4604-0887>

Miembros eméritos del consejo editorial

Dr. Maximino Espino Cedeño. Excatedrático de la Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero, Panamá. maximino.chitre@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-0069-2751>

Mgtr. Adys Pereira de Herrera. Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero, Panamá. adys.deherrera@up.ac.pa. <https://orcid.org/0000-0003-2946-651X>

Mgtr. María E. Pedreschi. Universidad de Panamá, Centro Regional Univeristario de Azuero, Panamá. maría.pedreschi@up.ac.pa. <https://orcid.org/0000-0002-1729-8726>

Especialistas de apoyo a la revista del Centro Regional Universitario de Azuero de la Universidad de Panamá

Revisores de estilo y redacción en español

Mgtr. Ilka de Mora

Mgtr. Olga Vargas

Mgtr. Melquiades Villarreal

Revisores de estilo y redacción en inglés

Mgtr. Meibis González

Mgtr. Erika Sandoval

Diagramadores y maquettadores editoriales

Mgtr. Aracelis Alonso

Ing. Linnette Castillo

Arq. José Carlos Ulloa R.

Soporte tecnológico

Mgtr. Luis Rodríguez. SIBIUP, Universidad de Panamá

Editorial

Centrada en el objetivo fundamental de continuar incrementando el patrimonio científico, *Visión Antatura* ofrece desde la mirada de distintas áreas del conocimiento, una valiosa contribución de diez (10) artículos de interés multidisciplinario para la comunidad científica nacional e internacional.

La primera entrega agrupa estudios del área de Parasitología y Microbiología Humana que presenta tres(3) estudios orientados a: diferenciar la composición genética del protista *Tripanosomatidos* en perros, cuyos miembros son exclusivamente, parásitos que impactan la salud humana; el uso de la prueba GeneXpertMTB/RIF en el diagnóstico de casos sospechosos de tuberculosis y finalmente, el análisis de enfermedades de transmisión sexual (ETS) asociada a infecciones bacterianas de *Chlamydia Trachomatis* y *Mycoplasma Spp* en un grupo étnico de nuestro país, Panamá.

En el área del medio ambiente, se desarrollan dos (2) estudios significativos por el impacto que tiene el deterioro de los ecosistemas, frente a las amenazas del cambio climático: uno, el estudio de la avifauna en el territorio panameño, muy caracterizado como espacio de tránsito de aves migratorias y por la amenaza latente de su hábitat; en tanto, el otro, refiere el alto grado de presencia de los micro plásticos en playas con potencial turístico en el Pacífico panameño, en la región central del país.

Del ámbito socioeconómico y educativo se aglutinan dos (2) trabajos relacionados con: el gasto público en salud y educación, versus crecimiento económico y la ausencia de programas de formación a nivel de doctorados en ciencias agropecuarias y la importancia que tiene para fortalecer la investigación agropecuaria y en su efecto, la seguridad alimentaria del país. Del paisaje tecnológico y empresarial, que cada vez sorprende más a la sociedad, se abordan dos (2) estudios, uno relativo al impacto de la inteligencia artificial (AI) en el desarrollo de los sistemas de información empresarial; y el otro sobre los elementos presentes en las organizaciones inteligentes en el desarrollo de operaciones empresariales.

Cierra el volumen con las ciencias “duras”, un aporte de la Matemática sobre los espacios métricos parciales.

Finalmente, la invitación formal a todos los interesados y a los conscientes de que la ciencia es el pasaporte para la construcción y crecimiento del conocimiento, e igualmente para el mejoramiento de la calidad de vida.

Magíster Linnette Palacios
Editora Responsable

<https://orcid.org/0000-0001-5785-6502>

Índice

Título	Página
Diagnóstico y genotipificación de tripanosomátidos en perros de una comunidad rural de la provincia de Panamá Oeste, Panamá	
<i>Krislly R. Ramírez, Vanessa Pineda, Vanessa Vásquez y Azael Saldaña</i>	9
Evaluación del rendimiento del ensayo GeneXpert MTB/RIF en muestras con sospecha de tuberculosis extrapulmonar recibidas en el C.H.DR.A.A.M. de enero 2020-diciembre 2021	
<i>Oneira T. Riquelme y José Moreno</i>	30
Detección de <i>Chlamydia trachomatis</i> , <i>Mycoplasma hominis</i> y <i>Ureaplasma urealyticum</i> en mujeres entre 18 a 50 años del Centro de Salud Básico de Wichub Huala en Guna Yala, en los meses de junio a octubre del año 2019	
<i>Yanilka M. Iglesias, Yulianna I. Ramos, Norayda L. Gonzalez, Carmen I. Espino y Nora de Moreno</i>	47
Uso de cámaras trampas como método para el estudio de la avifauna en la República de Panamá	
<i>Nelson Guevara Alvarado</i>	61
Diagnóstico de la abundancia de microplástico en tres playas del distrito de Las Tablas, Pacífico panameño, durante agosto y octubre de 2022	
<i>Calixto Barrera M, Mariel Fuentes, Jesús Cedeño, Enith Domínguez, Adriana Cedeño, Brayan Argüello y Ariana Irias</i>	77
El gasto público en salud y educación y su influencia en el crecimiento económico en Panamá, 1996-2019	
<i>Rufino Vega Moreno</i>	92

Investigación del mercado educativo: programas de doctorados en ciencias agropecuarias en Panamá, una necesidad social	
<i>Enrique A. Sánchez-Galán</i>	112
Chatbots e inteligencia artificial: aportes, innovaciones y aplicación en el desarrollo de sistemas de información empresarial	
<i>Roberto Daniel Gordon Graell</i>	132
Elementos presentes de las organizaciones inteligentes en el desarrollo de las operaciones empresariales en las organizaciones de servicio en el distrito de Santiago, provincia de Veraguas	
<i>Pompilio Campos, Briceida Rodríguez, Mavis González y Olmedo Caballero</i>	148
Espacios métricos parciales	
<i>José Lezcano y Jorge Hernández</i>	168

Diagnóstico y genotipificación de tripanosomátidos en perros de una comunidad rural de la provincia de Panamá Oeste, Panamá

Diagnosis and genotyping of trypanosomatids in dogs from a rural community in the province of Panama Oeste, Panama

Krislly R. Ramírez¹, Vanessa Pineda², Vanessa Vásquez³, Azael Saldaña⁴

¹Universidad de Panamá, Facultad de Medicina, Centro de Investigación y Diagnóstico de Enfermedades Parasitarias, Panamá; krislly.ramirez@up.ac.pa; <https://orcid.org/0000-0002-7384-9334>

²Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud, Departamento de investigaciones en Parasitología, Panamá; vpineda@gorgas.gob.pa; <https://orcid.org/0000-0002-2847-2419>

³Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud, Departamento de investigaciones en Parasitología, Panamá; vasquez@gorgas.gob.pa; <https://orcid.org/0000-0002-5589-7527>

⁴Universidad de Panamá, Facultad de Medicina, Centro de Investigación y Diagnóstico de Enfermedades Parasitarias, Panamá; azael.saldana@up.ac.pa; <https://orcid.org/0000-0002-5653-1332>

Fecha de recepción: 14 de marzo de 2023

Fecha de aceptación: 04 de mayo de 2023

Resumen: El perro doméstico es huésped de una gran variedad de parásitos, muchos de los cuales pueden también causar enfermedad en el humano. En este estudio, se evaluó la infección con tripanosomátidos de importancia médica en 91 perros de la comunidad rural de Las Pavas, provincia de Panamá Oeste. Para esto se utilizaron metodologías parasitológicas (hemocultivo y xenodiagnóstico), serológicas (western blot, inmunofluorescencia indirecta y pruebas inmunocromatográficas comerciales) y moleculares (PCR) durante el diagnóstico de las infecciones con *Leishmania* spp., *Trypanosoma cruzi* y *T. rangeli*. Los resultados sugieren que las infecciones con *Leishmania* spp. no son frecuentes en estos animales. No obstante, se encontró que las infecciones con *T. cruzi* y *T. rangeli* son prevalentes en un 28.5% y 15.3% respectivamente, con un índice global de infección por tripanosomas de 42.8% (39/91). Ocho perros presentaron una infección mixta con *T. cruzi/T. rangeli*. El genotipo de *T. rangeli* presente en los perros evaluados fue caracterizado como KP1-, el cual se vincula con el vector *Rhodnius pallescens* y es además el único grupo genético de este parásito hasta ahora reportado en Panamá. Se confirma la utilidad del perro doméstico como centinela epidemiológico para la infección con estas especies de tripanosomas.

Palabras claves: *Trypanosoma cruzi*, *Trypanosoma rangeli*, *Leishmania*, perro, diagnóstico.

Abstract: The domestic dog serves as a host for a wide variety of parasites, many of which can also cause disease in humans. In this study, infection with trypanosomatids of medical importance was evaluated in 91 dogs from the rural community of Las Pavas, Panama Oeste province. Parasitological (blood culture and xenodiagnosis), serological (western blot, indirect immunofluorescence and commercial immunochromatographic tests) and molecular (PCR) methodologies were used during the diagnosis of infections with *Leishmania* spp., *Trypanosoma cruzi* and *T. rangeli*. The results suggest that infections with *Leishmania* spp. are not frequent in these animals. However, infections with *T. cruzi* and *T. rangeli* were found to be prevalent at 28.5% and 15.3%, respectively, with an overall trypanosome infection rate of 42.8% (39/91). Eight dogs had mixed infection with *T. cruzi/T. rangeli*. The genotype of *T. rangeli* present in the evaluated dogs was characterized as KP1-, which is linked to the vector *Rhodnius pallescens* and is also the only genetic

group of this parasite so far reported in Panama. The usefulness of the domestic dog as an epidemiological sentinel for infection with these trypanosome species is confirmed.

Keywords: *Trypanosoma cruzi*, *Trypanosoma rangeli*, *Leishmania*, dog, diagnosis.

1. Introducción

Diferentes especies de parásitos protozoarios del orden cinetoplástida han sido demostrados en mamíferos silvestres y domésticos de Panamá (Restrepo et al., 2013; Sousa, 1971). Algunos de estos tripanosomátidos pueden ser transmitidos al hombre y producir patologías serias, como la enfermedad de Chagas causada por *Trypanosoma cruzi* y la leishmaniasis cutánea ocasionada por especies de parásitos del género *Leishmania* (Torrice et al., 2013; Valderrama et al., 2014). Además, es frecuente la infección de estos reservorios con *Trypanosoma rangeli*, un parásito no patógeno para los seres humanos, pero de gran interés biológico, epidemiológico e inmunológico en áreas donde la enfermedad de Chagas es endémica (Vallejo et al., 2015). El ciclo biológico de los tripanosomátidos involucra una alternancia de generaciones entre un insecto vector y un hospedero vertebrado (Maia da Silva et al., 2007). Por lo general, estos vectores tienen como hábitat principal ambientes boscosos o tipos de vegetación particulares como las “palmas reales” en el caso de *Rhodnius pallescens*, principal vector de *T. cruzi* y *T. rangeli* en Panamá (Perea et al., 2021; Romaña et al., 1999). La cercanía de las viviendas humanas a estos escenarios silvestres promueve la aproximación de los vectores al ambiente peridoméstico y doméstico (Hurtado et al., 2014), lo que se vincula frecuentemente con la transmisión de estas infecciones al ser humano, pero también conlleva la infección de animales domésticos y con ello el potencial establecimiento de los ciclos biológicos de estos parásitos en el entorno familiar (Calzada et al., 2015; Fung et al., 2014). Estudios previos realizados en otras regiones del continente, sugieren que los cánidos intervienen en el ciclo de transmisión doméstico de estos hemoflagelados (Montenegro et al., 2002; Tome et al., 2011). En Panamá se ha reportado la infección con tripanosomátidos en perros de zonas endémicas para la EC y LT (Calzada et al., 2015; Pineda et al., 2011), sin embargo, aún no se define totalmente si actúan como reservorios o huéspedes accidentales de estos hemoparásitos (Calzada et al., 2015; Pineda et al., 2011; Saldaña et al., 2015). El objetivo de

esta investigación fue diagnosticar y genotipificar los tripanosomátidos presentes en perros de una comunidad rural de la provincia de Panamá Oeste y determinar por medio de una encuesta las características epidemiológicas que se relacionan con los casos de cánidos infectados en esta región.

2. Materiales y métodos

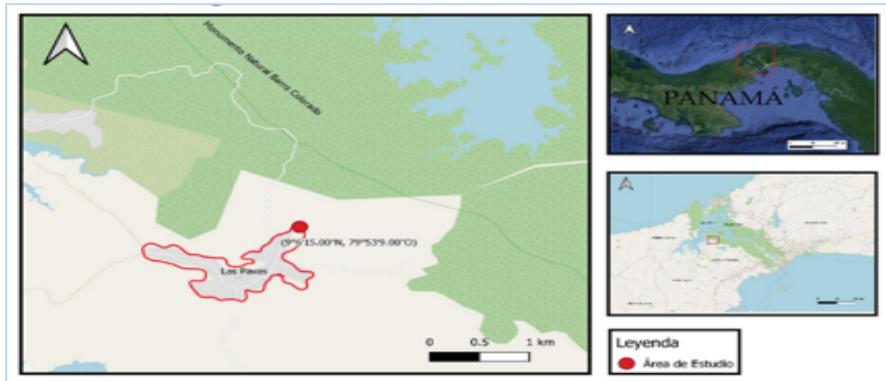
El estudio se realizó en la comunidad rural de Las Pavas, (9°6_15N, 79°53_9W), distrito de La Chorrera, provincia de Panamá Oeste. Figura 1. La misma se encuentra en una región considerada endémica para las infecciones humanas con *T. cruzi*, *T. rangeli* y *Leishmania* spp. Se evaluó la infección con *T. cruzi*, *T. rangeli* y *Leishmania* spp. en 91 perros (*Canis lupus familiaris*).

Inicialmente, mediante una encuesta realizada a los dueños de los perros, se registraron las características generales de las viviendas (techo, paredes, piso, etc.) y ambiente peridoméstico (presencia y tipo de vegetación, estructuras secundarias, ordenamiento, etc).

Posteriormente, se tomó una muestra de 2-4 ml de sangre de la vena cefálica de cada animal. La muestra de sangre se dividió en dos alícuotas, 1.0 ml fue mezclado con EDTA y 2-3 ml se pasaron a tubos sin anticoagulante. La muestra con EDTA fue utilizada para la extracción del ADN total, el mismo se utilizó para la realización de las pruebas moleculares. Las muestras de sangre sin anticoagulante se utilizaron para las pruebas serológicas y hemocultivos. Para esto, cada muestra fue centrifugada a fin de obtener la fracción de suero, el cual se recolectó y se almacenó a -20°C para su posterior uso en análisis serológicos. La sangre remanente (incluyendo el coágulo) se utilizó en hemocultivos para tripanosomátidos siguiendo los procedimientos descritos por (Flores-Chávez et al., 2007 y Sousa, 1971).

Figura 1

Mapa de localización de la zona de estudio, comunidad de las Pavas, Panamá Oeste



Fuente: Sistema de información geográfica.

- **Estudios Serológicos**

El diagnóstico serológico se realizó mediante diferentes pruebas, para la detección de anticuerpos específicos para cada parásito: Una prueba rápida para *T. cruzi*, (RDT): Dipstick test *T. cruzi* Detect, (Inbios, Seattle, WA), según el protocolo descrito por (Lorca et al., 2008); una prueba rápida para la detección de anticuerpos anti-Leishmaniasis visceral en perros TR DPP® (Fundação Oswaldo Cruz-FIOCRUZ, 2020). Adicionalmente se utilizó una prueba de inmunofluorescencia indirecta (IFI) según el protocolo descrito por (Vásquez et al., 2011). Para esta prueba de IFI se utilizaron como antígeno epimastigotes de un aislado de *T. cruzi* (Aislado 1551 A, Arraiján, Burunga/*Rhodnius pallescens*), de *T. rangeli* (PL 18-03 Capira, Lidice/*Choloepus hoffmanni*) y promastigotes de *Leishmania* spp. del aislado MHOM/PA/1971/LS94, provenientes del cepario del Departamento de Investigaciones en Parasitología del Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud (ICGES). Para la detección en la IFI se empleó un conjugado de fluroceina-anticuerpos de conejo anti-IgG (H+L) de perro (Jackson Immuno Reserch). Se realizaron también pruebas de Western Blot utilizando los antígenos antes referidos, esto según el protocolo descrito por (Saldaña et al., 1995). Para este análisis se usó un conjugado peroxidasa-anticuerpos de conejo anti-IgG (molécula completa) de perro (Sigma. Aldrich).

Las muestras se consideraron positivas cuando mostraron reactividad en al menos dos de las pruebas serológicas utilizadas.

- **Estudios Parasitológicos**

- Hemocultivos**

El hemocultivo de las muestras de sangre se realizó según lo descrito por (Vásquez et al., 1997). Los tripanosomas aislados se identificaron mediante observación microscópica y posteriormente por pruebas moleculares. El tiempo para considerar la prueba negativa sin presencia de parásitos fue de 60 días.

- Xenodiagnóstico**

Posterior a la toma de sangre de los perros, se les realizó un xenodiagnóstico, según lo descrito por (Flores-Chaves et al., 2007). Para esto se utilizaron 10 triatominos por perro (*R. pallescens* de 4to y 5to estadio), procedentes del insectario del Centro de Investigación y Diagnóstico de Enfermedades Parasitarias (CIDEP), Facultad de Medicina, Universidad de Panamá. Una muestra del contenido intestinal de estos triatominos se revisó semanalmente por microscopia. Los triatominos que resultaron positivos a la presencia de flagelados se utilizaron para realizar los análisis de PCR durante la identificación y caracterización de *T. cruzi* / *T. rangeli*.

- **Estudios Moleculares**

- Extracción de ADN**

La extracción del ADN total de las muestras sanguíneas de cada perro se realizó de acuerdo con las instrucciones del kit de purificación QIA amp[®] DNA Blood cat # 51106. Una vez completada la búsqueda de parásitos por xenodiagnóstico, los triatominos utilizados en cada animal fueron divididos en dos grupos de cinco insectos (2 pools) y también procesados para la extracción del ADN del contenido intestinal utilizando el kit de extracción Wizard[®] Genomic DNA purification Kit de Promega catálogo # A1120. El ADN obtenido de cada grupo fue colocado en un microtubo de 1.5 ml que contenía 500 µl de PBS (Pavia et al., 2007).

- Reacción en cadena de la polimerasa (PCR) para la detección de *T. cruzi* y *T. rangeli***

Todas las muestras de ADN extraídas de sangre y del contenido intestinal de triatominos (xenodiagnóstico), fueron analizadas por PCR para la región variable del minicírculo (ADNk) con los cebadores (S35 Y S36) los cuales amplifican una secuencia

repetida de este parásito de 330 pb para *T. cruzi* y 460/750 pb para *T. rangeli*, según el protocolo descrito por (Vallejo et al., 1999). Posteriormente, se realizó una PCR en un termociclador SimpliAMP Thermal Cycler, Applied Biosystems by Thermo Fisher Scientific, con los cebadores específicos S35 (5'-AAATAATGTACGGGKGA- GATGCATGA-3') y S36 (5'-GGTTCGATTGGGGTTGGTGTAAATATA-3') utilizando 5µl de ADN en un volumen final de 50 µl de reacción.

Además, todas las muestras de este estudio fueron analizadas por un PCR para el gen, snoRNA-cl1 con los cebadores (TrF y TrR2), según el protocolo descrito por (Morales et al., 2002). Estos cebadores amplifican una secuencia repetida de 620 pb específica para *T. rangeli*. La reacción de PCR se realizó en un termociclador SimpliAMP Thermal Cycler, Applied Biosystems by Thermo Fisher Scientific, con los cebadores específicos TrF (5'-CGCCCCGTCTTG CCCTGT-3') and TrR2 (5'-CGCAGCAAGGACAG GAGGGA-3') utilizando 5µl de ADN en un volumen final de 25µl de reacción.

El diagnóstico de la infección con *Leishmania (Viannia)* spp. para todas las muestras de ADN sanguíneo se basó en el protocolo descrito originalmente por (Passos et al., 1999), el cual utiliza los cebadores (B1 y LV), que amplifican para una región variable del ADNk de este subgénero de 750 pb. Se realizó una PCR en un termociclador SimpliAMP Thermal Cycler, Applied Biosystems by Thermo Fisher Scientific, con los cebadores específicos [5'-GGG(G/T) AGGGGCGTTCT (G/C) CGAA-3' and 5'-(G/C) (G/C) (G/C) A/C) CTA T (A/T) TTACACCAACCCC-3'], utilizando 5µl de ADN en un volumen final de 50 µl de reacción.

Caracterización de aislados de *T. cruzi* según el genotipo (UDTs) del parásito

Las muestras con resultados positivos para la infección por *T. cruzi* fueron evaluadas a fin de determinar la Unidad Discreta de Tipificación (UDTs) del parásito. Para esto se utilizaron dos metodologías, un PCR que amplifica la región intergénica del gen miniexon de *T. cruzi* según el protocolo descrito por (Souto et al., 1996), utilizando los cebadores TC 1: 5'-GTGTCCGCCACCTCCTTCGGGCC, TC2: CCTGCAGGCACA- CGTGTGTGTG, TC: 5'-CCCCCTCCCAGGCCCACTG. Se utilizaron 5 µl de ADN para un volumen final de 25 µl de reacción, los productos de amplificación esperados eran de 300 pb para TC1 y 350 pb para TC2 y un segundo RTPCR diseñado para la tipificación de los genotipos *T. cruzi* (TcI- TcVI),

que amplifica la región intergénica (SL-IR) descrito por (Cura et al., 2015). En esta prueba se incluyeron los aislados de control SF1, Tulahuén, PG/ PL014/RT35/Pt04, utilizando sondas TaqMan (MTq-PCR) con los siguientes oligonucleótidos:

UTCC-Fw: (5' CAGTTTCTGACTATATTGGTACG 3') concentración 0.5 μ M., TcI-Rv: (5' CGATCAGCGCCACAGAAAGT 3') concentración 0.5 μ M., TcII/V/VI-Rv: (5' GGAAAACACAGGAAGAAGC 3') concentración 0.5 μ M., TcIII-Rv: (5' CATT TTTATGAGGGGTTGTTTCG 3') concentración 0.5 μ M., TcI (probe): (FAM-CTC+CTTC+AT+GTT+TGT+GTCG-BHQ1) concentración 0.1 μ M., TcII/V/VI (probe): (HEX-TATA+CC+CATATA+TATA+TA+GC-BHQ1) concentración 0.05 μ M., TcIII (probe): (Quasar670-AATCGCG+TGTATGCACCGT-BHQ3) concentración 0.05 μ M. Para una reacción de 25 μ l, utilizando un equipo Applied Biosystems™ QuantStudio™ 5 Real-Time PC.

Genotipificación de los aislados de *T. rangeli* y *T. cruzi* basado en la amplificación de la subunidad 2 del gen del citocromo oxidasa.

En aquellas muestras con resultados positivos a *T. cruzi* o *T. rangeli* también se procedió a la genotipificación de las respectivas especies utilizando el protocolo descrito por (De Sá et al., 2013). El mismo se basa en la amplificación de la subunidad 2 del gen del citocromo oxidasa (COII-RFLP), usando la enzima AluI para la detección simultánea de *T. rangeli* (KP1+/ KP1-) y *T. cruzi* (UDT I – UDT VI). Se emplearon los cebadores Tcmit-10 (5'-CCA TAT ATT GTT GCA TTA TT-3') y Tcmit-21 (5'-TTG TAA TAG GAG TCA TGT TT-3'), utilizando 5 μ l de ADN para un volumen final de 50 μ l de reacción. Los productos finales se sometieron a electroforesis en gel de agarosa al 2% teñido con Bromuro de Etidio (Ethidium Bromide Solution, Molecular Grade catalogo # H5041). Posterior a la electroforesis los geles se evaluaron con luz ultravioleta para detectar los fragmentos sin digerir de 400pb. Luego de digerirla con la enzima Alu I, para *T. rangeli* la digestión del amplicón COII de aislados de *T. rangeli* del genotipo KP1- debe generar un fragmento de aproximadamente 400 pb. Los geles fueron observados con la ayuda de un equipo de análisis de imágenes (UVP BioDoc- It™ System). Para cada reacción se incluyeron controles positivos y negativos.

3. Resultados

El presente estudio se realizó en la comunidad de Las Pavas, localizada en una zona rural de la provincia de Panamá Oeste, en donde han sido reportados casos humanos de enfermedad de Chagas y leishmaniasis cutánea (Perea et al., 2021; Pineda et al., 2011). El perro es el mamífero doméstico más común en esta comunidad, pudiendo servir eventualmente como fuente de alimentación (sangre), para los vectores de hemoflagelados tripanosomátidos que se aproximen a las viviendas. Con la finalidad de diagnosticar y caracterizar los tripanosomátidos de importancia médica que infectan los cánidos domésticos de la comunidad de Las Pavas se analizaron un total de 91 perros los cuales se sometieron a análisis parasitológicos directos, inmunológicos y moleculares. Estas pruebas revelaron que 26 perros (28.5%) fueron positivos para *T. cruzi*, 14 perros (15.3%) para *T. rangeli* y 0 perros (0%) para *Leishmania* spp. , tabla 1. Una sola muestra fue positiva para *T. rangeli* tanto en hemocultivo como en xenodiagnóstico.

Tabla 1

Anticuerpos contra Trypanosoma cruzi y Trypanosoma rangeli en perros de la comunidad de Las Pavas, Panamá Oeste

Las Pavas	n	Frecuencia de Anticuerpos		
		<i>T. cruzi</i>	<i>T. rangeli</i>	<i>Leishmania</i> spp.
	91	28.5%	15.3%	0%

Fuente: Los Autores.

De las 91 muestras analizadas por PCR, 1.09% (1/91) fue encontrada positiva para *T. cruzi*, 4.39% (4/91) resultaron positivos para *T. rangeli* y 0 % para *Leishmania (Viannia)*. Los resultados obtenidos se describen en la tabla 2, figura 2 y 3.

Tabla 2

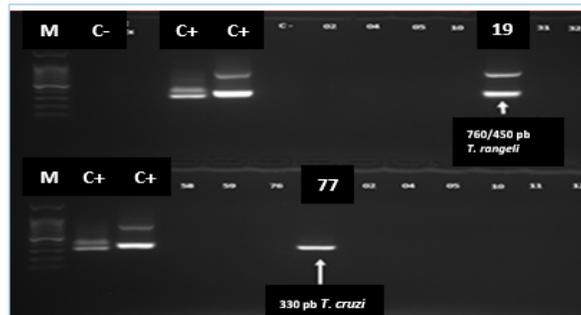
Detección por PCRs de T. cruzi/T. rangeli en perros, de la comunidad de las Pavas, Panamá Oeste

Muestras con ADN de tripanosómidos detectados por PCR	<i>T. cruzi</i> Cebadores S35/S36	<i>T. rangeli</i> Cebadores S35/S36	<i>T. rangeli</i> Cebadores TrF/ TrR2
LP – 19 Sangre		Positivo (760/450 pb)	
LP – 73X (Triatominos usados en Xenodiagnóstico)		Positivo (760/450 pb)	Positivo 620pb
LP - 77 Sangre	Positivo (330 pb)		
LP - 82 X (Triatominos usados en Xenodiagnóstico)		Positivo (760/450 pb)	
LP - 90 X (Triatominos usados en Xenodiagnóstico)		Positivo (760/450 pb)	Positivo 620 pb

Fuente: Los Autores.

Figura 2

Análisis por PCR para muestras de cánidos, de la comunidad de las Pavas utilizando los Cebadores S35/S36

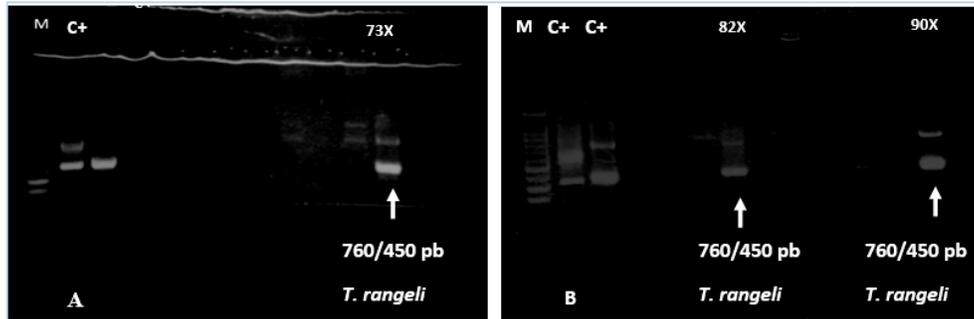


Fuente: Los Autores.

M: Marcador de peso molecular, C-: Control negativo C+: Control positivo (*T. cruzi*, *T. rangeli*, 19: LP19 Positiva para *T. rangeli*, 77 : LP 77 positiva para *T. cruzi*.

Figura 3

Análisis por PCR (S35/S36) de triatominos utilizados en xenodiagnóstico de cánidos, comunidad de Las Pavas



Fuente: Los autores.

A: Carriles M: Marcador de peso molecular, C+: Control positivo (*T. cruzi*, *T. rangeli*, C-: Control negativo 73 X: LP- 73 Triatominos- xenodiagnóstico – positivo *T. rangeli*, B: M: Marcador de peso molecular 82X: LP- 82 y 90X: LP – 90 Triatominos xenodiagnóstico-positivos para *T. rangeli*.

La tipificación (UDTs) de la muestra LP- 77, que mostró un resultado positivo por PCR convencional (ADNk), no fue posible. Dos muestras positivas para *T. rangeli* fueron tipificadas, determinando que el genotipo de *T. rangeli* presente en ambas muestras fue KP1-, como se muestra en la tabla 3, figura 4 y 5.

Tabla 3

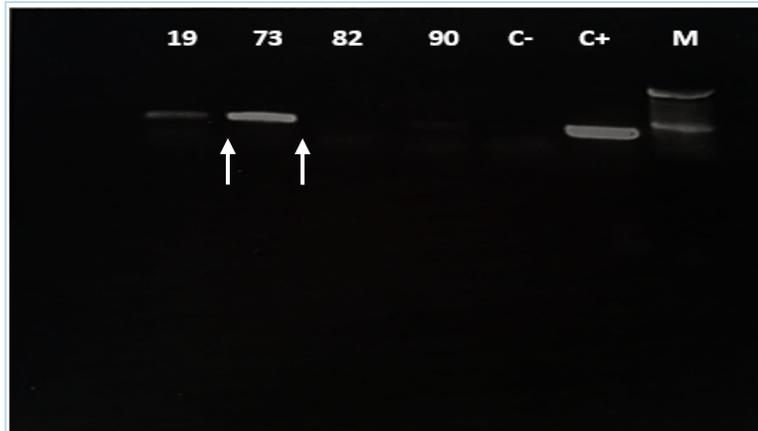
Genotipificación de los aislados de T. rangeli o T. cruzi basado en la amplificación de la sub unidad 2 del gen del citocromo oxidasa

Muestra	UDTs <i>T. cruzi</i>	Grupo genético <i>T. rangeli</i>
LP-19		KP1 -
LP- 73		KP1 -
LP-77	No amplificó	
LP- 82		No amplificó
LP-90		No amplificó

Fuente: Los Autores.

Figura 4

Genotipificación de los aislados de *T. rangeli* basado en la amplificación de la sub unidad 2 del gen del citocromo oxidasa (COII-RFLP)



Fuente: Los autores.

Carriles 19: LP19 positivo para *T. rangeli*, 73: LP- 73 Triatominos- xenodiagnóstico – positivo *T. rangeli*, 82 y 90: LP-82 – LP 90 Triatominos- xenodiagnóstico – negativos *T. rangeli*, C-: Control negativo, C+: Control positivo, M: marcador de peso molecular.

Figura 5

Genotipificación por digestión del amplicón COII para las cepas de *T. rangeli* KP1-



Fuente: Los autores.

Carriles 19: LP-19 *T. rangeli* (KP1 -), 73: LP- 73 *T. rangeli* (KP1 -), C+r: Control positivo de *T. rangeli*, M: Marcador molecular.

De las 83 encuestas que se aplicaron a los jefes de familia, el 100% de los entrevistados confirmó poseer al menos 1 perro por vivienda. Se reportó que el 95.1% (79/83) de los perros permanece fuera de las casas la mayoría del tiempo y que un 57.8% (48/83)

incursionaba con frecuencia al bosque o “montes” cercano. Según sus dueños, un 36.1% (30/83) de los perros independientemente cazaban animales silvestres, entre los que se destacan en orden de frecuencia armadillos, zarigüeyas y conejos. Los dueños de los perros evaluados reportaron que el 95.1% (79/83) residían en viviendas construidas parcialmente con techos de hojas de palmas (pencas), 75.9% (63/83) con piso de madera y 95,1% (66/83) con paredes de adobe/quincha o madera. El 67.4% (56/83) de estas viviendas disponían de electricidad como fuente de iluminación. Además, el 51.8% (43/83) de los entrevistados reportaron la presencia de palmas reales en el área domiciliar cercana. Se encontró una asociación estadísticamente significativa entre las variables que describen las condiciones de la vivienda (tipo de piso, tipo de pared) y las variables ambientales y peridomiciliares (visita de perros al bosque, presencia de gallineros y cocina con leña) y los casos positivos por *T. cruzi* y/o *T. rangeli* con una $p < 0.05$.

4. Discusión

La enfermedad de Chagas y la leishmaniasis cutánea son infecciones parasitarias endémicas en muchas regiones rurales de Panamá, incluyendo las áreas aledañas a la ribera oeste del canal de Panamá (Perea et al., 2021; Sousa, 1971). Lo anterior se vincula con la presencia de muchas de las características eco-epidemiológicas que favorecen la transmisión de estas infecciones zoonóticas al humano (Calzada et al., 2015; Fung et al., 2014). Como es frecuente, en los asentamientos humanos de estos sitios, el perro es el mamífero doméstico más común, pudiendo resultar eventualmente infectado con especies de tripanosomas y Leishmanias.

Con la finalidad de diagnosticar y caracterizar a los tripanosomátidos de importancia médica que infectan a cánidos domésticos de una comunidad de la provincia de Panamá Oeste, se analizaron un total de 91 muestras sanguíneas, las cuales se sometieron a análisis parasitológicos directos, inmunológicos y moleculares. Los resultados obtenidos (serología/PCR), sugieren la existencia de una baja o nula prevalencia de infección para *Leishmania* spp. (0%) y una mayor prevalencia para *T. cruzi* (28.5%) y *T. rangeli* (15.3%) en los perros de esta comunidad rural. La aparente ausencia de la infección con *Leishmania*

spp. en las muestras evaluadas fue un resultado inesperado ya que se conoce en este sitio la existencia de los vectores, reservorios y casos humanos de leishmaniasis cutánea (Perea et al., 2021). Quizás una diferencia importante con respecto a estudios realizados en otros países, en donde sí se ha podido confirmar la infección de perros con especies causante de leishmaniasis cutánea (Reithinger et al., 2000), sea las especies y variantes genéticas del género *Leishmania* endémicas en Panamá (Miranda et al., 2021). Es probable que los perros no sean huéspedes apropiados para estos parásitos. No obstante, es necesario realizar estudios adicionales que contemplen un mayor número de muestras colectadas en diferentes épocas del año. Al respecto de la infección con leishmaniasis visceral, tampoco se encontraron perros positivos, hallazgo que confirma la ausencia de esta parasitosis en el sitio evaluado.

A diferencia de los resultados con *Leishmania* spp., la infección con *T. cruzi* fue frecuente (28.5%) en los perros estudiados según los resultados de la serología utilizada en este trabajo. Este alto porcentaje de animales seropositivos podría ser el resultado de una eficiente vía de transmisión. Diferentes estudios refieren que la vía oral es la ruta de transmisión más frecuente en los casos de la infección chagásica en perros; los cuales suelen morder, masticar o comer los triatominos infectados que llegan al área peridomiciliar (Montenegro et al., 2002; Saldaña et al., 2015).

En relación con *T. rangeli* once (12.08%) de los perros evaluados resultaron con serología positiva para este parásito, el cual se transmite predominantemente por medio de la saliva del vector durante la alimentación de los mismos (Cuba, 1998). A pesar de que la infección con *T. rangeli* no se asocia con ninguna característica clínica, su presencia está siempre vinculada con los vectores y reservorios de *T. cruzi* (Guhl et al., 2003). Esta condición hace por lo tanto importante conocer la prevalencia y frecuencia de la transmisión de *T. rangeli* en un área determinada. Es de resaltar que en Panamá este parásito comparte el mismo vector y reservorios que *T. cruzi* (Sousa, 1971).

En el caso de *T. cruzi* y *Leishmania* spp. no se lograron cultivos positivos para estos parásitos. Esto obedece principalmente a que, para lograr el aislamiento de estos

tripanosomátidos por hemocultivos, es necesario la presencia de formas parasitarias en sangre al momento de tomar la muestra. Parasitemias detectables son más frecuentes en las primeras semanas de la infección chagásica o quizás en animales que presenten lesiones cutáneas por *Leishmania* spp. (Flores-Chávez et al., 2007; Reithinger et al., 1999). Al respecto la alta seroprevalencia (28.7%) encontrada para la infección chagásica en este estudio sugiere que la mayoría de estas infecciones se encontraban en etapa crónica, con muy pocos tripomastigotes sanguíneos.

Todas las muestras sanguíneas de este estudio fueron también analizadas por pruebas moleculares. Algunos autores reportan una alta sensibilidad al utilizar el análisis por PCR para diagnosticar la infección chagásica en los perros (Araújo et al., 2002; Enriquez et al., 2013). Esta metodología permitió detectar la infección de *T. cruzi* y *T. rangeli*; dos de las muestras sanguíneas positivas por PCR, presentaron serología positiva a una infección mixta con *T. cruzi* y *T. rangeli*. Este hallazgo es de importancia ya que aun cuando *T. rangeli* no causa enfermedad en los humanos ni en los perros, debido a su similitud antigénica con *T. cruzi* puede interferir con el diagnóstico de la infección chagásica en zonas donde coexisten ambos parásitos (Cuba, 1998). Se ha sugerido también, que la infección con *T. rangeli* induce una respuesta inmunológica capaz de conferir una protección parcial contra posteriores infecciones por *T. cruzi* (Paláu et al., 2003).

Por otro lado, el análisis molecular del contenido intestinal de los triatominos utilizados en las pruebas de xenodiagnóstico confirmó la infección con *T. rangeli* en tres perros, y con ello su capacidad como reservorio amplificador para este hemoflagelado. Además, estos resultados demuestran el potencial sinérgico que tiene la combinación de estas dos técnicas (Xenodiagnóstico/PCR) para el diagnóstico de la infección con *T. rangeli*/*T. cruzi*, al aumentar la sensibilidad diagnóstica.

Al respecto de la caracterización genética, no se logró la identificación de las UDT's de *T. cruzi*, aun cuando una muestra resultó positiva por PCR. Esto puede estar relacionado con la baja parasitemia encontrada en la muestra sanguínea (cultivo y xenodiagnóstico negativos), lo cual representaría una baja concentración de ADN parasitario. Hasta donde sabemos, no se conocen la(s) UDTs de *T. cruzi* en perros infectados en Panamá. En relación

a esto, en futuros estudios en nuestro medio, deben ser considerados los hallazgos realizados en perros de otras áreas geográficas, en donde sí se ha logrado la tipificación de *T. cruzi*, por ejemplo utilizando la extracción de ADN del coágulo de los hemocultivos y continuar con el uso de triatomino/xenodiagnóstico (Dario et al., 2022; Enriquez et al., 2013).

Para la tipificación de los aislados de *T. rangeli* se utilizó la amplificación de la subunidad 2 del gen del citocromo oxidasa (COII-RFLP), usando la enzima AluI para la detección de *T. rangeli* (KP1+/ KP1-). El linaje KP1- fue el único encontrado en dos (2) muestras positivas para *T. rangeli*, lo que coincide con investigaciones previas realizadas en Panamá (Pineda et al., 2022). Esta variante genética se vincula a la presencia del vector *R. pallescens*, el cual como se ha mencionado anteriormente es el vector de *T. cruzi* y ha sido reportado por algunos autores en el área de estudio (V. Pineda et al., 2011; Saldaña et al., 2015).

Por otro lado, el análisis estadístico de los resultados indicó que existe una relación significativa entre las variables físicas de las viviendas (tipo de piso, tipo de pared, presencia de cocinas con leña) y la infección canina con *T. cruzi* y/o *T. rangeli*. Los hallazgos sugieren, que estas características favorecen la infección de los perros con tripanosomátidos (Hurtado et al., 2014). Se encontró también, que entre la variable movimiento de perros al bosque/monte y los casos positivos de *T. cruzi* y *T. rangeli* existe una asociación estadísticamente significativa con una $p < 0.05$ para la prueba de Chi cuadrado, a un nivel de 95% de confianza. Se resuelve que la visita de los perros al área silvestre guarda relación con los casos positivos, lo que puede obedecer a que la infección de los perros se da por la ingestión del vector o sus heces (*T. cruzi*), por la picadura del vector (*T. rangeli*) o por la ingesta de animales reservorios infectados. Probablemente los perros están en contacto con *T. cruzi* y *T. rangeli* al masticar insectos triatomino infectados a partir de reservorios silvestres; por lo tanto, es razonable considerar que la movilidad permanente de los perros al área silvestre cercana aumenta el riesgo de infección por alguna de estas vías.

El papel epidemiológico del perro doméstico, en el contexto de las infecciones con tripanosomátidos de importancia médica, ha sido evaluado en numerosos estudios, desde

el sur de Estados Unidos hasta Argentina (Calzada et al., 2015; Gürtler et al., 2007; Montenegro et al., 2002). Si bien algunas de estas investigaciones también se han realizado en Panamá (Calzada et al., 2015; V. Pineda et al., 2011), los resultados previos y los nuestros, no permiten confirmar con certeza el papel que juega el perro doméstico en la transmisión de estas parasitosis en las diferentes regiones endémicas del país. Los hallazgos del presente estudio confirman la infección con *T. cruzi* y *T. rangeli* en los perros evaluados y la utilidad de este animal como centinela de estas infecciones. La infección con parásitos causantes de la LC y LV parece no ser frecuente en estos animales, sin embargo, es necesario continuar con estas evaluaciones utilizando diferentes metodologías diagnósticas y con un número mayor de muestras de esta y otras regiones endémicas del país.

5. Conclusiones

- Los resultados confirman que las infecciones con *T. cruzi* y *T. rangeli* son prevalentes en 28.5% y 15.3% respectivamente en los perros evaluados durante este estudio.
- Se corrobora la utilidad de este animal como centinela epidemiológico para estas infecciones.
- El papel del perro como reservorio funcional (amplificador) de *T. cruzi* no pudo ser confirmado, ya que no se logró aislar por cultivo o xenodiagnóstico en ningún animal.
- Se comprobó que *R. pallescens* se infecta con *T. rangeli* al alimentarse de la sangre de perros infectados con este tripanosomátido, lo que sugiere que este mamífero puede servir como reservorio amplificador para este parásito en el ambiente peridoméstico.
- Se ratifica que el genotipo de *T. rangeli* presente en los perros de la comunidad de LP corresponde al linaje KP1(-)
- Las infecciones con parásitos causantes de la LC y LV parecen no ser frecuentes en estos animales; no se obtuvo ningún resultado positivo con las metodologías utilizadas.

- Los análisis estadísticos sugieren que los perros que visitan áreas boscosas, frecuentemente, y los que viven en casas con condiciones precarias, son más propensos a infectarse con tripanosomas de importancia médica.

Los autores declaran que no existe conflicto de interés y que el trabajo fue aprobado por el Comité de ética de la investigación y bienestar de los animales (CEIBA) de la Universidad de Panamá, con número de nota CEIBA – UP- 004-2022 y del Registro y seguimiento de investigación para la salud RESEGIS número 2157.

Referencias Bibliográficas

- Araújo, F., Bahia, M., Magalhães, N., Martins-Filho, O., Veloso, V., Carneiro, C., Tafuri, W. & Lana, M. (2002). Follow-up of experimental chronic Chagas' disease in dogs: Use of polymerase chain reaction (PCR) compared with parasitological and serological methods. *Acta Tropica*, 81(1), 21–31. [https://doi.org/10.1016/S0001-706X\(01\)00196-6](https://doi.org/10.1016/S0001-706X(01)00196-6)
- Calzada, J., Saldaña, A., González, K., Rigg, C., Pineda, V., Santamaría, A., Rodríguez, I., Gottdenker, N., Laurenti, M. & Chaves, L. (2015). Cutaneous Leishmaniasis in dogs: is high seroprevalence indicative of a reservoir role?. *Parasitology*, 142, 1202–1214. <https://doi.org/10.1017/S0031182015000475>
- Cuba, A. (1998). Revisión de los aspectos biológicos y diagnósticos del *Trypanosoma (Herpetosoma) rangeli* Review of biological and diagnostic aspects of. *Revista Da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 31(2), 207–220. <https://doi.org/10.1590/s0037-86821998000200007>
- Cura, C., Duffy, T., Lucero, R., Bisio, M., Péneau, J., Jimenez-Coello, M., Calabuig, E., Gimenez, M., Valencia Ayala, E., Kjos, S., Santalla, J., Mahaney, S., Cayo, N., Nagel, C., Barcán, L., Málaga Machaca, E., Acosta Viana, K., Brutus, L., Ocampo, S., Aznar, C., ... Schijman, A. (2015). Multiplex Real-Time PCR Assay Using TaqMan Probes for the Identification of *Trypanosoma cruzi* DTUs in Biological and Clinical Samples. *PLoS neglected tropical diseases*, 9(5), e0003765. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0003765>.
- Dario, M., Lisboa, C., Xavier, S., D'Andrea, P., Roque, A. & Jansen, A. (2022). Trypanosoma Species in Small Nonflying Mammals in an Area With a Single Previous Chagas Disease Case. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 12(2), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2022.812708>.
- de Sá, A., Steindel, M., Demeu, L., Lückemeyer, D., Grisard, E., Neto, Q., de Araújo, S., Toledo, M. & Gomes, M. (2013). Cytochrome oxidase subunit 2 gene allows simultaneous detection and typing of *Trypanosoma rangeli* and *Trypanosoma cruzi*. *Parasites & vectors*, 6, 363. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-6-363>.

- Enriquez, G., Cardinal, M., Orozco, M., Lanati, L., Schijman, A. & Gürtler, R. (2013). Discrete typing units of *Trypanosoma cruzi* identified in rural dogs and cats in the humid Argentinean Chaco. *Parasitology*, 140(3), 303–308. <https://doi.org/10.1017/S003118201200159X>.
- Flores-Chávez, M., de Fuentes, I., Gárate, T. y Cañavate, C. (2007). Diagnóstico de laboratorio de la enfermedad de Chagas importada. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 25(3) 29-37. <https://doi.org/10.1157/13111835>.
- Fundacao Oswaldo Cruz-FIOCRUZ. (2020). *Teste rápido qualitativo para a detecção de Anticorpos de cão para Leishmania em soro, plasma ou sangue total venoso (TR DPP Leishmaniose visceral canina)*. <https://www.bio.fiocruz.br/index.php/br/produtos/reativos/testes-rapidos/dppr-leishmaniose-canina>.
- Fung, H., Calzada, J., Saldaña, A., Santamaria, A., Pineda, V., Gonzalez, K., Chaves, L., Garner, B. & Gottdenker, N. (2014). Domestic dog health worsens with socio-economic deprivation of their home communities. *Acta Tropica*, 135(1), 67–74. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2014.03.010>.
- Guhl, F. & Vallejo, G. (2003). *Trypanosoma* (Herpetosoma) *rangeli* Tejera, 1920-An Updated Review. *Memorias Do Instituto Oswaldo Cruz*, 98(4), 435–442. <https://doi.org/10.1590/S0074-02762003000400001>.
- Gürtler, R., Cecere, M., Lauricella, M., Cardinal, M., Kitron, U. & Cohen, J. (2007). Domestic dogs and cats as sources of *Trypanosoma cruzi* infection in rural northwestern Argentina. *Parasitology*, 134(1), 69–82. <https://doi.org/10.1017/S0031182006001259>.
- Hurtado, L., Calzada, J., Pineda, V., González, K., Santamaría, A., Cáceres, L., Wald, C. y Saldaña, A. (2014). Conocimientos y factores de riesgo relacionados con la enfermedad de Chagas en dos comunidades panameñas donde *Rhodnius pallescens* es el vector principal. *Biomédica*, 34(2), 260–270. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v34i2.2133>.
- Lorca, M., Contreras, M., Salinas, P., Guerra, A. y Raychaudhuri, S. (2008). Evaluación de una prueba rápida para el diagnóstico de la infección por *Trypanosoma cruzi* en suero. *Parasitología Latinoamericana*, 63(1/4), 29-33. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-77122008000100005>.
- Maia Da Silva, F., Junqueira, A., Campaner, M., Rodrigues, A., Crisante, G., Ramirez, L., Caballero, Z., Monteiro, F., Coura, J., Añez, N. & Teixeira, M. (2007). Comparative phylogeography of *Trypanosoma rangeli* and *Rhodnius* (Hemiptera: Reduviidae) supports a long coexistence of parasite lineages and their sympatric vectors. *Molecular Ecology*, 16(16), 3361–3373. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2007.03371.x>.

- Miranda, A., González, K., Samudio, F., Pineda, V., Calzada, J., Capitan-Barrios, Z., Jiménez, A., Castillo, J., Mendoza, Y., Suárez, J., Ortiz, B., Méndez, J., Pascale, J., Grögl, M., Sosa, N. & Saldaña, A. (2021). Molecular identification of parasites causing cutaneous leishmaniasis in Panama. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 104(4), 1326–1334. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.20-1336>.
- Montenegro, V., Jiménez, M., Pinto Dias, J. & Zeledón, R. (2002). Chagas disease in dogs from endemic areas of Costa Rica. *Memorias Do Instituto Oswaldo Cruz*, 97(4), 491–494. <https://doi.org/10.1590/S0074-02762002000400006>.
- Morales, L., Romero, I., Diez, H., Del Potrillo, P., Montilla, M., Nicholson, S. & Puerta, C. (2002). Characterization of a candidate *Trypanosoma rangeli* small nucleolar RNA gene and its application in a PCR-based parasite detection. *Experimental Parasitology*, 102(2), 72-80. [https://doi.org/10.1016/s0014-4894\(03\)00027-4](https://doi.org/10.1016/s0014-4894(03)00027-4).
- Paláu, M., Mejía, A., Vergara, U. & Zúñiga, C. (2003). Action of *Trypanosoma rangeli* in Infections with Virulent *Trypanosoma cruzi* Populations. *Memorias Do Instituto Oswaldo Cruz*, 98(4), 543–548. <https://doi.org/10.1590/S0074-02762003000400022>.
- Passos, V., Fernandes, O., Lacerda, P., Volpini, A., Gontijo, C., Degravé, W. & Romanha, A. (1999). *Leishmania (Viannia) braziliensis* is the predominant species infecting patients with American cutaneous leishmaniasis in the State of Minas Gerais, Southeast Brazil. *Acta Tropica*, 72(3), 251-258. [https://doi.org/10.1016/s0001-706x\(98\)00100-4](https://doi.org/10.1016/s0001-706x(98)00100-4).
- Pavia, P., Vallejo, G., Montilla, M., Nicholls, R. & Puerta, C. (2007). Detection of *Trypanosoma cruzi* and *Trypanosoma rangeli* infection in triatomine vectors by amplification of the histone H2A/SIRE and the sno-RNA-C1 genes. *Revista Do Instituto de Medicina Tropical de Sao Paulo*, 49(1), 23–30. <https://doi.org/10.1590/S0036-46652007000100005>.
- Perea, M., Rigg, C., Santamaría, A., González, K., Magallón, A., Calzada, J., Hurtado, L., Chavez, L. y Saldaña, A. (2021). Factores de riesgo asociados con la leishmaniasis cutánea en dos comunidades rurales de Panamá Oeste. *Revista Médica de Panamá*, 41(3), 12–20. <https://doi.org/10.37980/im.journal.rmdp.20211834>.
- Pineda, V., González, K., Perea, M., Rigg, C., Calzada, J., Chaves, L., Vásquez, V., Samudio, F., Gottdenker, N. & Saldaña, A. (2022). Surveillance and genotype characterization of zoonotic trypanosomatidae in *Didelphis marsupialis* in two endemic sites of rural Panama. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*, 17, 20–25. <https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2021.12.002>.

- Pineda, V., Saldaña, A., Monfante, I., Santamaría, A., Gottdenker, N., Yabsley, M., Rapoport, G. & Calzada, J. (2011). Prevalence of trypanosome infections in dogs from Chagas disease endemic regions in Panama, Central America. *Veterinary Parasitology*, 178(3–4), 360–363. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2010.12.043>.
- Reithinger, R. & Davies, C. (1999). Is the domestic dog (*Canis familiaris*) a reservoir host of American cutaneous leishmaniasis? A critical review of the current evidence. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 61(4), 530–541. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.1999.61.530>.
- Reithinger, R., Lambson, B., Barker, D. & Davies, C. (2000). Use of PCR to detect *Leishmania (Viannia)* spp. in dog blood and bone marrow. *Journal of Clinical Microbiology*, 38(2), 748–751. <https://doi.org/10.1128/jcm.38.2.748-751.2000>.
- Restrepo, C., De la Guardia C., Sousa, O., Calzada, J., Fernández, P. & Lleonart, R. (2013). AFLP Polymorphisms Allow High Resolution Genetic Analysis of American Tegumentary Leishmaniasis Agents Circulating in Panama and Other Members of the *Leishmania* Genus. *PLoS ONE*, 8(9), 1–8. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0073177>.
- Romaña, C., Pizarro, J., Rodas, E. & Guilbert, E. (1999). Palm trees as ecological indicators of risk areas for Chagas disease. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 93(6), 594–595. [https://doi.org/10.1016/S0035-9203\(99\)90059-7](https://doi.org/10.1016/S0035-9203(99)90059-7)
- Saldaña, A., Sousa, O. & Orn, A. (1995). Immunoparasitological Studies of *Trypanosoma cruzi* Low Virulence Clones from Panama: Humoral Immune Responses and Antigenic Cross-Reactions with *Trypanosoma rangeli* in Experimentally Infected Mice. *Scandinavian Journal of Immunology*, 42(6), 644-650. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3083.1995.tb03707.x>.
- Saldaña, A., Calzada, J., Pineda, V., Perea, M., Rigg, C., González, K., Santamaria, A. Gottdenker, N. & Chaves, L. (2015). Risk factors associated with *Trypanosoma cruzi* exposure in domestic dogs from a rural community in Panama. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, 110(7), 936–944. <https://doi.org/10.1590/0074-02760150284>.
- Sousa, O. (1971). Anotaciones sobre la enfermedad de Chagas en Panamá. Frecuencia y distribución de *Trypanosoma cruzi* y *Trypanosoma rangeli*. *Rev. Biol. Trop.*, 20(2), 167–179. <https://tropicalstudies.org/rbt/attachments/volumes/vol20-2/02-Sousa-Chagas.pdf>
- Souto, R., Fernandes, O., Macedo, A., Campbell, D., Zingales, B. (1996). DNA markers define two major phylogenetic lineages of *Trypanosoma cruzi*. *Molecular and Biochemical Parasitology*, 83(2), 141-152. [https://doi.org/10.1016/S0166-6851\(96\)02755-7](https://doi.org/10.1016/S0166-6851(96)02755-7).

- Tome, R., Gaio, F., Generoso, D., Menozzi, B. & Langoni, H. (2011). Active surveillance of canine visceral leishmaniasis and american trypanosomiasis in rural dogs from non endemic area. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinaria*, 20(1), 64–66. <https://doi.org/10.1590/s1984-29612011000100013>
- Torricono, M., Tellez, T., Tenorio, O., Rojas, L., Huaranca, J., De la Barra, A., Garcia, A. & Torrico, F. (2013). Trypanosomatidae isolated from wild mammals in three departments of Bolivia (Cochabamba, Potosi and Santa Cruz de la Sierra). *Gac Med Bol*, 36(1), 6–10. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1012-29662013000100002.
- Valderrama, A., Tavares, M. & Dilermando, J. (2014). Phylogeography of the *Lutzomyia gomezi* (Diptera: Phlebotominae) on the Panama Isthmus. *Parasites & Vectors*, 7(9), 1–11. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-7-9>.
- Vallejo, G., Suárez, Y., Olaya, J., Gutierrez, S. & Carranza, J. (2015). *Trypanosoma rangeli*: un protozoo infectivo y no patógeno para el humano que contribuye al entendimiento de la transmisión vectorial y la infección por *Trypanosoma cruzi*, agente causal de la enfermedad de Chagas. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 39(150), 111. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.143>
- Vásquez, J., Krusnell, J., Sousa, O. & Harris, R. (1997) Serological diagnosis of *Trypanosoma rangeli* infected patients. A comparison of different methods and its implications for the diagnosis of Chagas disease. *Scandinavian Journal of Immunology*, 45(3), 322-330. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3083.1997.d01-405.x>
- Vásquez, L., Ruelas, N., Cordoba, E. (2011). Patrones de coloración en la inmunofluorescencia indirecta y su utilidad en el diagnóstico de leishmaniasis tegumentaria y enfermedad de Chagas. *Acta Médica Peruana*, 28(1), 19-22. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S172859172011000100004

Evaluación del rendimiento del ensayo GeneXpert MTB/RIF en muestras con sospecha de tuberculosis extrapulmonar recibidas en el C.H.DR.A.A.M. de enero 2020-diciembre 2021

Evaluation of the performance of the GeneXpert MTB/RIF assay in specimens with suspected extrapulmonary tuberculosis received at the C.H.DR.A.A.M. January 2020-December 2021

Oneira T. Riquelme¹ y José Moreno²

¹Caja de Seguro Social, Complejo Hospitalario Doctor Arnulfo Arias Madrid, Sección de microbiología, Panamá; oneirariquelme@gmail.com ; <https://orcid.org/0000-0003-3209-573X>

²Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud, Sección de microbiología, Panamá; jmoreno@gorgas.gob.pa; <https://orcid.org/0000-0002-2296-0286>

Fecha de recepción: 14 de marzo de 2023

Fecha de aceptación: 04 de mayo de 2023

Resumen: El rendimiento del ensayo GeneXpert MTB/RIF para el diagnóstico de la tuberculosis extrapulmonar (TBEP) no se ha investigado en Panamá. El objetivo del estudio fue evaluar la precisión diagnóstica del ensayo GeneXpert MTB/RIF para diversas muestras extrapulmonares en relación con el método de referencia: cultivo MGIT/LJ (Mycobacteria Growth Indicator Tube/Lowenstein-Jensen). Obtuvimos un total de 200 muestras clínicas y se analizaron para detectar TBEP mediante el ensayo GeneXpert MTB/RIF y métodos convencionales estándar (cultivo y frotis directo). La sensibilidad (S), la especificidad (E), el valor predictivo positivo (VPP) y el valor predictivo negativo (VPN) del ensayo Xpert MTB/RIF para TBEP fueron del del 66.6 %, 97.3 %, 66.6 y 97.3 %, respectivamente. Se encontró que el ensayo GeneXpert MTB/RIF tiene buena especificidad, pero su sensibilidad es variable y dependerá del tipo de muestra utilizada. Concluimos que el GeneXpert MTB/RIF representa una buena herramienta para el diagnóstico de TBEP, pero un resultado negativo, no descartará la enfermedad. Por lo tanto, no puede recomendarse para reemplazar las pruebas convencionales estándar para el diagnóstico de TBEP, sin embargo, su uso junto a las metodologías tradicionales mejora el diagnóstico.

Palabras clave: Tuberculosis, tuberculosis extrapulmonar, GeneXpert MTB/RIF.

Abstract: The performance of the GeneXpert MTB/RIF assay for the diagnosis of extrapulmonary tuberculosis (TBEP) has not been investigated in Panama. The objective of the study was to evaluate the diagnostic accuracy of the GeneXpert MTB/RIF assay for various extrapulmonary samples relative to the reference method: MGIT/LJ (Mycobacteria Growth Indicator Tube/Lowenstein-Jensen) culture. A total of 200 clinical samples was obtained and tested for TBEP using the GeneXpert MTB/RIF assay and standard conventional methods (culture and direct smear). The sensitivity (S), specificity (E), positive predictive value (PPV), and negative predictive value (NPV) of the Xpert MTB/RIF assay for TBEP were 66.6%, 97.3%, 66.6, and 97.3%, respectively. The GeneXpert MTB/RIF assay was found to have good specificity, but its sensitivity is variable and will depend on the type of sample used. We conclude that the GeneXpert MTB/RIF represents a good tool for the diagnosis of TBEP, but a negative result will not rule out the disease. Therefore, it cannot be recommended to replace standard conventional tests for the diagnosis of TBEP, however, its use together with traditional methodologies improves diagnosis.

Keywords: Tuberculosis, extrapulmonary tuberculosis, GeneXpert MTB/RIF.

1. Introducción

La tuberculosis, a pesar de ser una enfermedad muy antigua, prevenible y curable, sigue siendo un grave problema mundial de salud pública, se encuentra entre las diez (10) principales causas de muerte, por un agente infeccioso en todo el mundo.

Es una enfermedad multisistémica, infecciosa, causada por el complejo *Mycobacterium tuberculosis (MTB)*, que afecta, predominantemente, a los pulmones (tuberculosis pulmonar, TBP); sin embargo, se sabe que con menor frecuencia puede afectar otras partes del cuerpo (tuberculosis extrapulmonar, TBEP).

La carga mundial de TBEP oscila entre el 8 y el 24 por ciento de todos los casos de tuberculosis y se presenta, anualmente, en el 15% de los casos incidentes. Estos porcentajes aumentan hasta un 60% en pacientes con VIH, aunque es probable que el número de personas afectadas sea mayor, dado que, en muchos casos, la EPTB se notifica como TBP cuando las dos formas coexisten (Chaves et al., 2017; Kohli et al., 2018b; Siddiqi et al., 2019; Ballif et al., 2019; Natali et al., 2020).

Los sitios anatómicos extrapulmonares afectados con mayor frecuencia son los ganglios linfáticos, la pleura, los huesos y articulaciones, abdomen, el tracto urogenital y las meninges.

A pesar de ser menos conocidas, las diversas formas de TBEP son más agresivas y pueden generar secuelas que limitan la calidad de vida del paciente, por lo que plantean desafíos clínicos y diagnósticos adicionales. La presencia de *Mycobacterium Tuberculosis* puede generar síntomas clínicos atípicos, presentar pocos síntomas o confundirse con otras condiciones y también la dificultad para obtener muchas de las muestras, dificulta el diagnóstico y tratamiento oportuno (Kohli et al., 2018b; Davis et al., 2019; Pang et al., 2019; Kang et al., 2020; Moule y Cirillo, 2020; Donovan et al., 2020).

El método más utilizado para diagnosticar la TB a nivel mundial es la baciloscopia (observación microscópica de bacilos ácido-alcohol resistentes en muestras clínicas), aunque el cultivo sigue siendo el método diagnóstico de referencia.

A diferencia de la TBP, donde la especificidad de la baciloscopia tiende a ser alta ($\geq 90\%$), y para el cultivo es superior al 98%, en los casos de TBEP, la mayoría de las muestras son paucibacilares (enfermedad de tuberculosis causada por una pequeña cantidad de bacterias), hace que el diagnóstico por los métodos convencionales sea menos sensible y demorados, debido a la lenta capacidad de crecimiento del bacilo (Diallo et al., 2016).

En 2010, la Organización Mundial de la Salud (OMS) aprobó el uso de la técnica molecular Xpert® MTB/RIF, la cual consiste en un PCR en tiempo real, automatizado y que supuso una revolución en el diagnóstico de la TB en muestras respiratorias, especialmente, en zonas con alta incidencia y pocos recursos, al permitir detectar, simultáneamente, *M. tuberculosis complex* y las mutaciones más comunes de resistencia a rifampicina (RIF) en menos de 2 h, con un rendimiento intermedio entre la baciloscopia y el cultivo, con una sensibilidad muy alta. Sin embargo, no fue hasta el 2013, que la OMS publicó nuevas recomendaciones sobre el uso de Xpert en el diagnóstico rápido para la detección de TBP en adultos, y brindó orientación adicional sobre el uso de la prueba para la tuberculosis infantil y la tuberculosis extrapulmonar (LCR, ganglios linfáticos y otros tejidos) (Peñata et al., 2016; Yu et al., 2019; Oulter, 2021; *Consolidated Guidelines on Tuberculosis*, n.d.).

2. Materiales y método

Realizamos un estudio descriptivo, retrospectivo de corte transversal (24 meses) de enero 2020- diciembre 2021, inscrito en el Ministerio de Salud y aprobado por el Comité de Bioética de la Caja de Seguro Social. El estudio fue realizado con los resultados de la base de datos del sistema Kernmic para 200 muestras extrapulmonares procesadas, previamente, en el área de tuberculosis del laboratorio de microbiología del Complejo Hospitalario Dr. Arnulfo Arias Madrid, durante enero 2020-diciembre 2021. Dichos datos fueron ingresados a la base de datos del software Epi-Info CDC, RStudio y SPSS, para el análisis estadístico, donde obtuvimos los resultados de S, VPP, VPN, así como Kappa de

Cohen y chi cuadrado. Se excluyeron aquellas muestras extrapulmonares con resultados de crecimiento de micobacterias atípicas.

Las muestras extrapulmonares incluyeron: Líquidos corporales (cefalorraquídeo, pleural, peritoneal, y pericárdico), secreciones ganglionares, biopsias de tejidos y heridas. A cada muestra se le realizó estudios por: frotis BAAR (baciloscopía), GeneXpert MTB/RIF y Cultivo MGIT/LJ.

3. Resultados

Se analizaron un total de 200 muestras extrapulmonares de pacientes, las cuales comprendían 68 mujeres y 132 hombres. La distribución según el rango de edad y sexo, de la población estudiada se muestra en la tabla 1. A las 200 muestras se les realizó: frotis BAAR (baciloscopía), cultivo MGIT/LJ y GeneXpert MTB/RIF y según el tipo de muestra, fueron clasificadas en tres grupos: LCR (125), secreciones (27) y otros líquidos (48), los resultados se muestran en la figura 1.

Tabla 1

Distribución según el rango de edad y sexo de la población estudiada

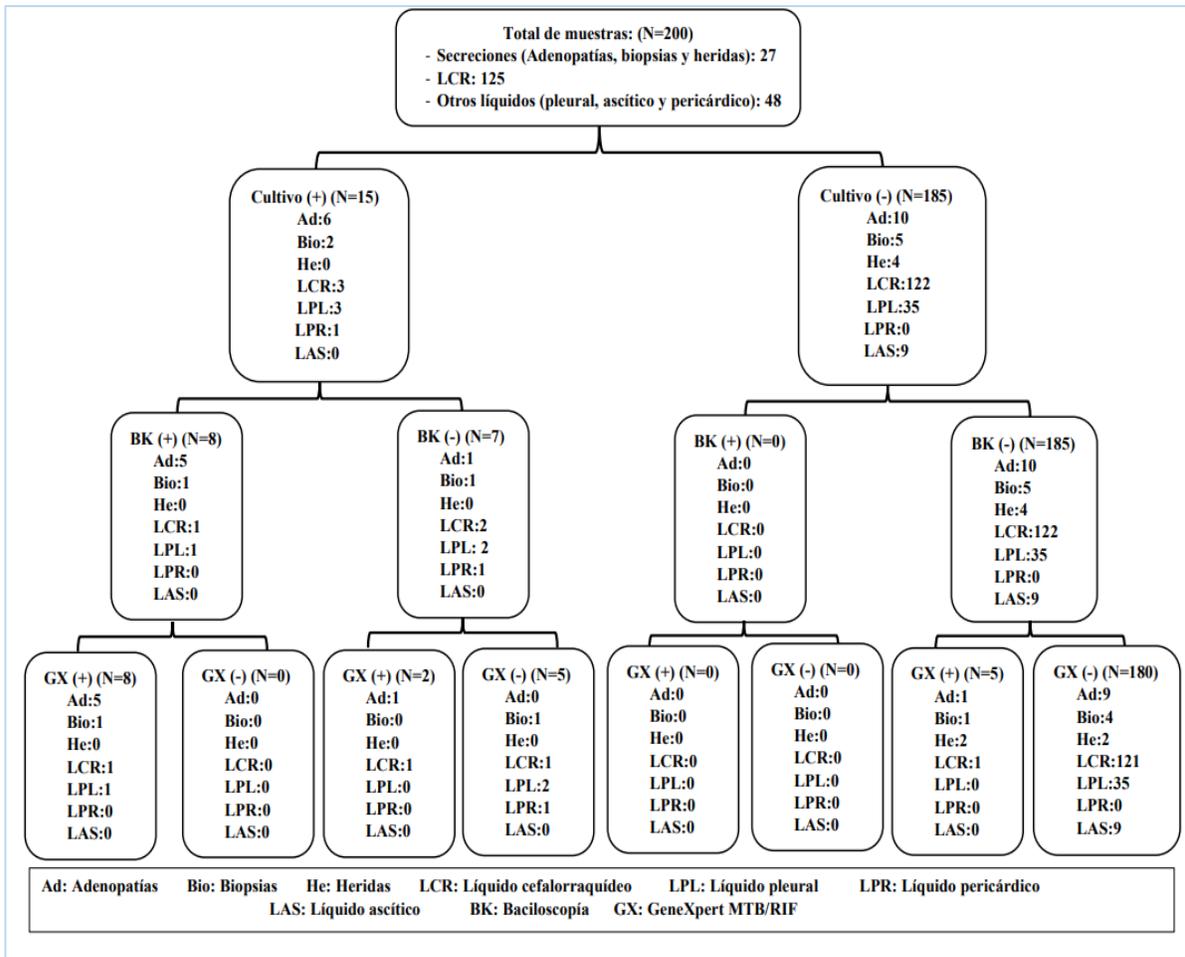
Rangos de edad (en años)	Sexo (N=200)	
	Masculino (N=132)	Femenino (N=68)
15-24	4	3
25-34	33	9
35-44	24	14
45-53	26	9
54-63	25	16
64-73	17	9
74-83	3	6
84-100	0	2

Fuente: Datos obtenidos del sistema Kermic, para las 200 muestras estudiadas de enero 2020-diciembre 2021, C.H.Dr.A.A.M, Panamá.

De las 200 muestras estudiadas, se obtuvo un total de 20 (10%, IC 5.8-14.2) positivas y 180 (90%, IC 85.8-94.2) negativas. Comparando con el método de referencia (cultivo) para las 20 muestras positivas, se obtuvieron 15 cultivos positivos y cinco (5) negativos. De los 15 cultivos positivos, ocho (8) fueron positivos, tanto para la baciloscopía como para el GeneXpert, cinco (5) fueron negativos por baciloscopía y por GeneXpert y dos (2) cultivos fueron negativos por baciloscopía, pero positivos por GeneXpert. De los cinco (5) cultivos negativos, todos fueron negativos para la baciloscopía y positivos por GeneXpert (figura 2). En la tabla 2 se muestran los datos demográficos y clínicos de los 20 pacientes positivos para TBEP, los cuales indican que siete (7) (35%) tenían antecedentes de tuberculosis pulmonar y para los 13 (65%) restantes se desconocen datos. En cuanto, a la prueba de VIH, nueve (9) (45%) tienen resultados positivos y 11 (55%) negativos; sin embargo, se desconoce si los pacientes tenían otras enfermedades crónicas. Los resultados de S, E, VPP, VPN, así como los cálculos de chi-cuadrado y kappa de cohen se muestran en la tabla 3.

Figura 1

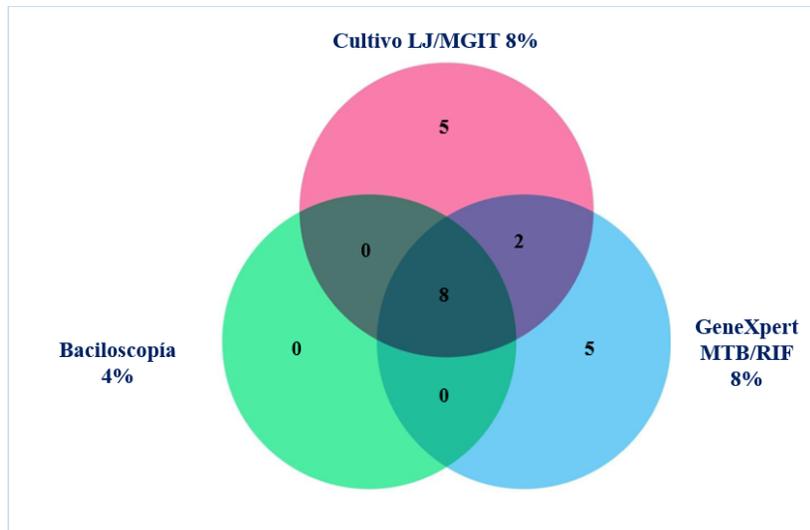
Resultados de Baciloscopia, Cultivo y GeneXpert MTB/RIF obtenidos, según el método de referencia, para las 200 muestras estudiadas



Fuente: Datos obtenidos de las metodologías BK, GX y Cultivo LJ/MGIT, realizadas a las 200 muestras. Enero 2020-diciembre 2021, C.H.Dr.A.A.M. Panamá.

Figura 2

Diagrama de Venn que muestra la positividad, según la metodología diagnóstica utilizada en las muestras extrapulmonares



Fuente: Datos obtenidos de las metodologías BK, GX y Cultivo LJ/MGIT, realizadas a las 200 muestras. Enero 2020-diciembre 2021, C.H.Dr.A.A.M. Panamá.

Tabla 2*Datos demográficos, clínicos y de laboratorio para las muestras positivas estudiadas*

Procedencia	Sexo	Edad	Tipo de muestra	Bk	GeneXpert MTB/RIF	Cultivo	Antecedentes de TB pulmonar	VIH
Neumología	M	19	Biopsia Pleural	(-)	(-)	(+)	Desconocido	(-)
Infectología	M	30	Adenopatía cervical derecha	(+)	(+)	(+)	Sí	(+)
Infectología	M	32	Adenopatía en cuello	(-)	(+)	(+)	Desconocido	(-)
Cirugía	M	34	Herida Orofaringea	(-)	(+)	(-)	Sí	(-)
Infectología	M	34	Biopsia Músculo Psoas	(-)	(+)	(-)	Sí	(+)
Infectología	M	37	Adenopatía peritoneal	(+)	(+)	(+)	Desconocido	(+)
Infectología	M	38	Adenopatía en cuello	(+)	(+)	(+)	Desconocido	(+)
Urgencias	M	39	Adenopatía en cuello	(+)	(+)	(+)	Desconocido	(+)
Infectología	M	41	Adenopatía cervical	(+)	(+)	(+)	Desconocido	(+)
CEGO	F	42	LPL	(-)	(-)	(+)	Sí	(-)
Urgencias	M	47	LPL	(+)	(+)	(+)	Desconocido	(-)
Infectología	M	48	Adenopatía	(-)	(+)	(-)	Sí	(+)
Urgencias	M	51	Herida	(-)	(+)	(-)	Desconocido	(-)
Urgencias	M	52	LCR	(-)	(+)	(-)	Sí	(-)
Infectología	M	56	LCR	(+)	(+)	(+)	Sí	(+)
Urgencias	M	61	LCR	(-)	(-)	(+)	Desconocido	(+)
Cirugía	F	62	LPR	(-)	(-)	(+)	Desconocido	(-)
Urgencias	M	68	LCR	(-)	(+)	(+)	Desconocido	(-)
Neumología	M	69	LPL	(-)	(-)	(+)	Desconocido	(-)
Neurocirugía	M	70	Biopsia Pleural	(+)	(+)	(+)	Sí	(-)

Fuente: Datos demográficos, clínicos y de laboratorio, obtenidos del sistema Kernmic[®], para las 20 muestras positivas estudiadas de enero 2020-diciembre 2021, C.H.Dr.A.A.M., Panamá.

Tabla 3

Resultados de rendimiento diagnóstico para Baciloscopia y GeneXpert MTB/RIF en comparación con el cultivo (estándar de referencia) por grupo de muestras

Tipo de muestra	Baciloscopia				GeneXpert MTB/RIF			
	S (%)	E (%)	VPP (%)	VPN (%)	S (%)	E (%)	VPP (%)	VPN (%)
Secreciones	75 (40.9-92.8)	100 (83.8-100)	100 (60.9-100)	90.4 (71-97.3)	87.5 (52.9-97.7)	78.9 (56.6-91.4)	63.6 (35.3-84.8)	93.7 (71.6-98.8)
LCR	33.3 (6.1-79.2)	100 (96.9-100)	100 (20.6-100)	97.5 (93.1-99.1)	66.6 (20.7-93.8)	99.1 (95.5-99.8)	66.6 (20.7-93.8)	99.1 (95.5-99.8)
Otros líquidos	25 (4.5-69.9)	100 (91.9-100)	100 (20.6-100)	93.62 (82.8-97.8)	25 (4.5-69.9)	100 (91.9-100)	100 (20.6-100)	93.62 (82.8-97.8)
Total	53.3 (30.1-75.1)	100 (97.9-100)	100 (67.5-100)	96.3 (92.6-98.2)	66.6 (41.7-84.8)	97.3 (93.8-98.4)	66.6 (41.7-84.8)	97.3 (93.8-98.8)

S: sensibilidad E: especificidad VPP: valores predictivos positivos VPN: valores predictivos negativos.

Fuente: Datos obtenidos de los cálculos estadísticos realizados con los resultados obtenidos en el estudio, enero 2020-diciembre 2021, C.H.Dr.A.A.M., Panamá.

Tabla 4

Resultados de rendimiento diagnóstico (Kappa de Cohen y Chi-cuadrado) de baciloscopia y GeneXpert MTB/RIF en comparación con el cultivo (estándar de referencia) por grupo de

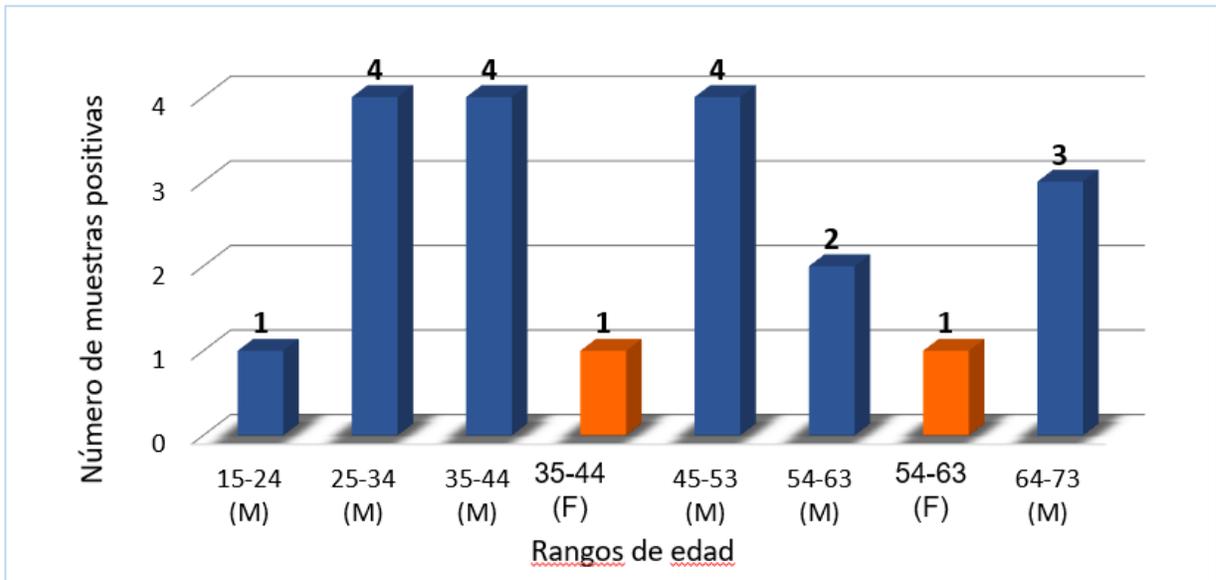
Tipo de muestra	Baciloscopia			GeneXpert MTB/RIF		
	K de C (IC 95%)	Criterio k	χ^2 (p<0.05)	K de C (IC 95%)	Criterio k	χ^2 (p<0.05)
Secreciones	0.80 (0.6-0.8)	Bueno	0.00*	0.59 (0.4-0.6)	Moderado	0.00*
LCR	0.49 (0.2-0.4)	Bajo	0.02*	0.65 (0.6-0.8)	Bueno	0.00*
Otros líquidos	0.37 (0.2-0.4)	Bajo	0.08	0.37 (0.2-0.4)	Bajo	0.08
Total	0.67 (0.6-0.8)	Bueno	0.00*	0.63 (0.6-0.8)	Bueno	0.00*

Los criterios aplicados para el coeficiente de kappa fueron: <0: No acuerdo; 0.0-0.2: Insignificante; 0.2-0.4: Bajo; 0.4-0.6: Moderado; 0.6-0.8: Bueno y 0.8-1.0: Muy bueno. * Diferencia significativa.

Fuente: Datos obtenidos de los cálculos estadísticos realizados con los resultados obtenidos en el estudio, enero 2020-diciembre 2021, C.H.Dr.A.A.M., Panamá.

Figura 3

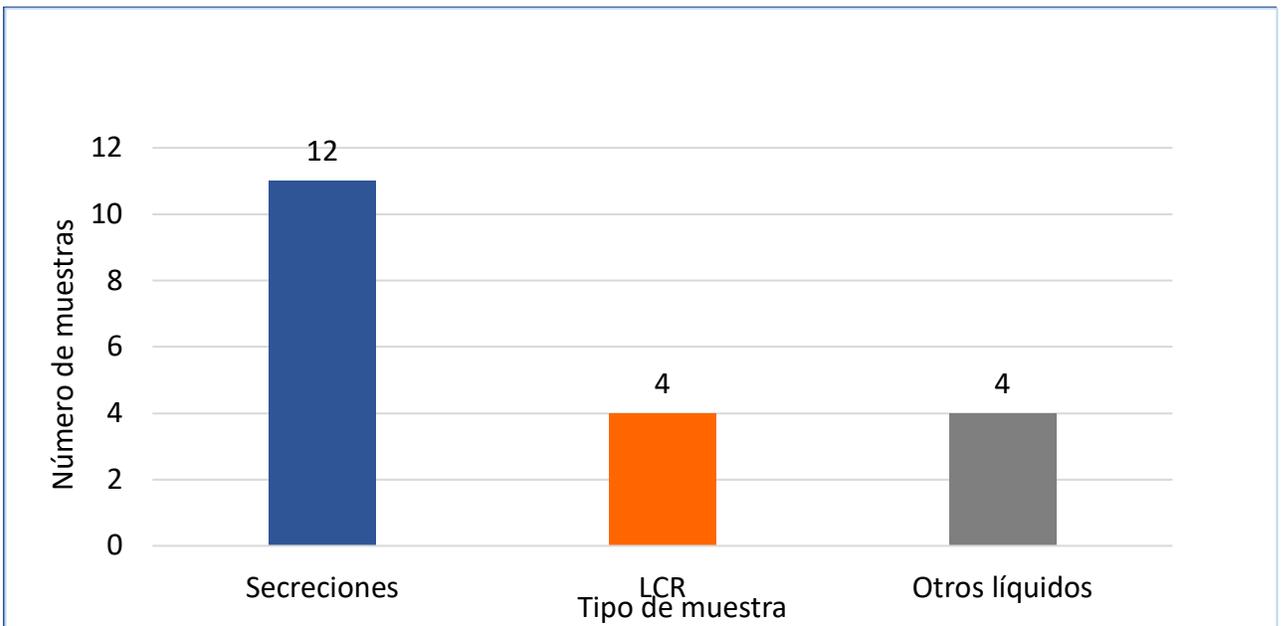
Resultados positivos a tuberculosis extrapulmonar según el sexo y rango de edad



Fuente: Datos obtenidos de los cálculos estadísticos realizados con los resultados obtenidos en el estudio. Enero 2020-diciembre 2021, C.H.Dr.A.A.M., Panamá.

Figura 4

Resultados positivos a tuberculosis extrapulmonar, según el tipo de muestra



Secreciones= 12 casos (7 adenopatías, 3 biopsias y 2 heridas); LCR=4 casos y otros líquidos = 4 casos (3 líquidos pleurales y 1 Líquido pericárdico); N=20.

Fuente: Datos obtenidos de las metodologías BK, GX y Cultivo LJ/MGIT, realizadas a las 200 muestras. Enero 2020-diciembre 2021, C.H.Dr.A.A.M., Panamá.

4. Discusión

Los resultados que se muestran en la tabla 3, señalan que el ensayo GeneXpert MTB/RIF, en relación con el cultivo, demostró una sensibilidad, especificidad, VPP y VPN globales del 66.6%, 97.3%, 66.6 y 97.3%, respectivamente. De igual forma, numerosos estudios realizados en diversos países de Latinoamérica y Europa han evaluado el rendimiento de GeneXpert MTB/RIF, para el diagnóstico de TBEP mostrando resultados similares a los obtenidos en este estudio.

Este estudio mostró que GeneXpert MTB/RIF tiene una alta especificidad en todas las muestras extrapulmonares, aunque su sensibilidad varía, significativamente, entre los diferentes tipos de muestra. Así, la sensibilidad para muestras de secreciones (adenopatías, biopsias y heridas) fue de 87.5%, para LCR fue de 66.6% y para otros líquidos (líquido pleural, peritoneal y pericárdico) fue de 25%. La especificidad fue de 78.9% para secreciones, 99.1% en LCR y 100% para otros líquidos. La baja especificidad para las secreciones puede explicarse por el número de negativos (15/27), mientras que su mayor sensibilidad ante las muestras de LCR o pleural, probablemente sea por provenir de localizaciones en las que la infección está más circunscrita (Vergara et al., 2017).

Estos resultados son similares con los obtenidos por Kohli et al. (2021) quienes reportaron una sensibilidad y especificidad, respectivamente, de 81.6% y 96.4% en adenopatías, 71.1% y 96.9% en LCR y 49.5% y 98.9% en líquido pleural. Según Mechal et al. (2019), reportaron una sensibilidad y especificidad, respectivamente, para adenopatías de 87.5% y 64% y 85.7% y 98% para LCR. Por el contrario, según Mandy et al. (2021) reportó una sensibilidad y especificidad, respectivamente, para adenopatías de 70% y 100%, 71.1% y 96% en LCR y 75% y 85% para líquido pleural. Al igual que Vergara et al. (2017) presentó que la sensibilidad y especificidad, respectivamente, para adenopatías fue de 96% y 93%, en LCR fue de 81% y 98% y para líquido pleural 34% y 98%.

La variabilidad de los resultados obtenidos para cada estudio se ve influenciada por la prevalencia de la tuberculosis en los diferentes países, así como también por la naturaleza

paucibacilar de este tipo de muestras y la técnica de procesamiento utilizada en cada laboratorio. Según el fabricante Cepheid (s.f), muchos factores como el volumen de muestra utilizado, muestras sanguinolentas o muy purulentas, sales, proteínas o desechos celulares pueden interferir en la PCR. Así mismo, diferentes investigaciones y diferentes países tienen diferentes formas de TBEP comunes, lo cual puede estar relacionado con la ubicación geográfica del paciente, el grupo de población, así como a una amplia variedad de factores propios del huésped, por ejemplo, se ha descrito en algunos países que la función inmunológica de la población se ve afectada por la deficiencia de vitamina D, algunos cambios en la dieta, factores genéticos que rigen la susceptibilidad humana a la TBEP o la vacunación contra la TB (Metcalf et al., 2018; Mechal et al., 2019; Pang et al., 2019; Kang et al., 2020; Binjomah et al., 2021).

De acuerdo con los resultados de la tabla 4, los coeficientes Kappa obtenidos en la comparación de GeneXpert vs el cultivo, para las muestras extrapulmonares, hubo una concordancia de moderada a buena para secreciones y LCR, y para otros líquidos la concordancia fue baja. Los resultados de chi-cuadrado entre GeneXpert vs cultivo, muestran que hay una significancia estadística, es decir, que pueden obtenerse cultivos positivos con GeneXpert negativo o viceversa.

La baciloscopía es conocida por ser la prueba convencional más económica y utilizada en todo el mundo, sin embargo, de acuerdo con los resultados obtenidos en las tablas 3 y 4, a pesar de que mostró una buena correlación entre el GeneXpert y el cultivo, fue superado por el GeneXpert. La baciloscopía presenta muchas limitaciones, por ejemplo: no puede utilizarse para discriminar entre cepas de MTB y micobacterias no tuberculosas o para las cepas susceptibles o resistentes a los medicamentos, la observación de BAAR en las muestras es subjetiva y dependerá de que sea realizada por un especialista experimentado (Pang et al., 2019).

Por otro lado, como se muestra en la figura 2, la tasa de positividad para BK, GeneXpert y cultivo fue de 4%, 8% y 8%, respectivamente. Respecto al número de positivos

detectados en cada una de las pruebas de laboratorio utilizadas para el diagnóstico de TBEP: ocho (8) pacientes fueron positivos por los tres (3) métodos (Bk, cultivo y GeneXpert), dos (2) pacientes fueron positivos por dos (2) métodos (cultivo y GeneXpert), y 10 pacientes fueron positivos por un (1) método (cinco (5) por cultivo y cinco (5) por GeneXpert).

Se obtuvieron cinco (5) muestras con cultivo positivo cuyo resultado GeneXpert fue negativo. El motivo de estos resultados de GeneXpert falso negativo pudiera ser que debido a la naturaleza paucibacilar de las muestras, el recuento bacteriano estuviera por debajo del límite de detección del Xpert. Para que GeneXpert detecte MTB, debe haber presentes 131 UFC/mL, mientras que el cultivo detecta entre 10-100 UFC/ml de muestra (Amicosante et al., 2017; Vergara et al., 2017).

También se obtuvo, cinco (5) muestras con GeneXpert positivo y cultivo negativo, podemos inferir la toma de antibióticos antifímicos previos al muestreo, puesto que la historia clínica de dichos pacientes muestra antecedentes de TBP y al tratarse de una prueba molecular, GeneXpert puede detectar micobacterias no viables, es decir, el material genético de bacilos muertos puede permanecer tiempo después del tratamiento. (Kohli et al., 2018b; Mechal et al., 2019; De Oliveira Tomaz et al., 2021).

Otro hallazgo interesante en este estudio es que se encontró que la EPTB fue más frecuente en hombres (18 casos) que en mujeres (2 casos), en el rango de edades de 19 a 70 años (figura 1) y que los sitios más, comúnmente, afectados, fueron las secreciones (adenopatías, tejidos y heridas) (figura 2). Según estudios realizados por Elbrolosy et al. (2021) también se encontró que la EPTB era más frecuente en hombres que en mujeres, en edades 15-60 años, y que el sitio más común era el LCR; (Hibah y others, 2015) también reportaron que la EPTB era más frecuente en hombres que en mujeres, en edades de 15 a 44 años, y que el sitio pleural era el más común. Contrariamente, varios estudios han descrito al género femenino con tuberculosis, como un factor de riesgo para desarrollar TBEP, puesto que se ha sugerido que la tasa de incidencia de la TBEP puede estar relacionada con los factores endocrinos del cuerpo, el metabolismo del hierro, aunque en

general, aún existen hallazgos inconsistentes entre los estudios de diferentes regiones, sobre dichas diferencias de género para las manifestaciones de TBEP, por lo que es necesario realizar más estudios (Qian et al., 2018; Kang et al., 2020).

Actualmente, la versión más reciente para la técnica de GeneXpert MTB/RIF es el GeneXpert MTB/RIF ultra, ambas se consideran las únicas pruebas rápidas recomendadas por la Organización Mundial de la Salud para la detección de tuberculosis. Nuevos estudios, han reportado una mayor sensibilidad para GeneXpert MTB/RIF ultra. Por lo que, este estudio podría ser utilizado como una base para continuar más investigaciones en Panamá, (Kohli et al., 2018b).

5. Conclusiones

Podemos concluir que GeneXpert MTB/RIF, en relación con el cultivo tiene una alta especificidad, pero una sensibilidad limitada o variable en muestras extrapulmonares, que va a depender, tanto del tipo de población estudiada y la endemicidad tuberculosa, así como de la calidad, tipo de muestra y la carga bacilar presente. GeneXpert representa una gran herramienta diagnóstica inicial, para aquellos pacientes en condiciones graves para los que las pruebas convencionales tardan varias semanas en arrojar un resultado positivo o en el caso de la baciloscopía que tiene una sensibilidad baja para este tipo de muestras.

Referencias bibliográficas

Amicosante, M., D'Ambrosio, L., Munoz, M., Mello, F. C. de Q., Tebruegge, M., Chegou, N. N., Seghrouchni, F., Centis, R., Goletti, D., Bothamley, G., & Migliori, G. B. (2017). Current use and acceptability of novel diagnostic tests for active tuberculosis: a worldwide survey. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, 43(5), 380–392. <https://doi.org/10.1590/s1806-37562017000000219>.

- Ballif, M., Kiertiburanakul, S., Chenal, H., Yotebieng, M., Grinsztejn, B., Michael, D., Sterling, T., Ngonyani, K., Mandalakas, A., Egger, M., Pettit, A. & Fenner, L. (2019). Diagnosis and clinical outcomes of extrapulmonary tuberculosis in antiretroviral therapy programmes in low- and middle-income countries: a multicohort study. *Journal of the international AIDS society*, 22 (9), 1–10. <https://doi.org/10.1002/jia2.25392>
- Binjomah, A. Z., Alnimr, A. M., Zareah, S. M., Alharbi, S. F., Alasmari, K. S., Aldosari, K. M., & Alduealej, I. M. (2021). The diagnostic impact of implementing a molecular-based algorithm to standard mycobacterial screening at a reference laboratory with an intermediate prevalence for non-respiratory samples. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(8), 4103–4108. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.05.080>.
- Chaves, W., Buitrago, J., Dueñas, A. & Bejarano, J. (2017). Acerca de la tuberculosis extrapulmonar. *Repertorio de Medicina y Cirugía*, 26(2), 90–97. <https://doi.org/10.1016/j.reper.2017.04.004>
- Davis, A., Rohlwink, U., Proust, A., Figaji, A. & Wilkinson, R. (2019). The pathogenesis of tuberculous meningitis. *Journal of Leukocyte Biology*, 105(2), 267–280. <https://doi.org/10.1002/JLB.MR0318-102R>
- De Oliveira Tomaz, A., Raboni, S., Kussen, G., Da Silva Nogueira, K., Ribeiro, C., & Costa, L. (2021). The Xpert® MTB/RIF diagnostic test for pulmonary and extrapulmonary tuberculosis in immunocompetent and immunocompromised patients: Benefits and experiences over 2 years in different clinical contexts. *PLoS ONE*, 16(3) e0247185. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247185>.
- Diallo, A., Kollo, A., Camara, M., Lo, S., Ossoga, G., Mbow, M., Karam, F., Niang, M., Thiam, A., Diawara, A., Mboup, S., & Diallo, A. (2016). Performance du GeneXpert MTB/RIF® dans le diagnostic de la tuberculose extra-pulmonaire à Dakar: 2010-2015. *Pan African Medical Journal*, 25, 2010–2015. <https://doi.org/10.11604/pamj.2016.25.129.10065>.
- Donovan, J., Thu, D., Phu, N., Dung, V., Quang, T., Nghia, H., Oanh, P., Nhu, T., Chau, N., Ha, V., Hang, V., Trinh, D., Geskus, R., Tan, L., Thuong, N. & Thwaites, G. (2020). Xpert MTB/RIF Ultra versus Xpert MTB/RIF for the diagnosis of tuberculous meningitis: a prospective, randomised, diagnostic accuracy study. *The Lancet Infectious Diseases*, 20(3), 299–307. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(19\)30649-8](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(19)30649-8)
- Elbrolosy, A., El Helbawy, R., Mansour, O., & Latif, R. (2021). Diagnostic utility of GeneXpert MTB/RIF assay versus conventional methods for diagnosis of pulmonary and extra-pulmonary tuberculosis. *BMC Microbiology*, 21(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12866-021-02210-5>.

- Hibah, N., and others. (2015). Extrapulmonary tuberculosis situation in El-Behira Governorate, Egypt. *Egyptian Journal of Bronchology*, 9(1), 96. <https://doi.org/10.4103/1687-8426.153662>.
- Kang, W., Yu, J., Du, J., Yang, S., Chen, H., Liu, J., Ma, J., Li, M., Qin, J., Shu, W., Zong, P., Zhang, Y., Dong, Y., Yang, Z., Mei, Z., Deng, Q., Wang, P., Han, W., Wu, M., ... Tang, S. (2020). The epidemiology of extrapulmonary tuberculosis in China: A large-scale multicenter observational study. *PLoS ONE*, 15(8), 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237753>.
- Kohli, M., Schiller, I., Dendukuri, N., Dheda, K., Denkinger, C. M., Schumacher, S. G., & Steingart, K. R. (2018b). Xpert® MTB/RIF assay for extrapulmonary tuberculosis and rifampicin resistance. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2018(8). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD012768.pub2>.
- Kohli, M., Schiller, I., Dendukuri, N., Yao, M., Dheda, K., Denkinger, C. M., Schumacher, S. G., & Steingart, K. R. (2021). Xpert MTB/RIF Ultra and Xpert MTB/RIF assays for extrapulmonary tuberculosis and rifampicin resistance in adults. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2021(1). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD012768.pub3>.
- Mechal, Y., Benaissa, E., El Mrimar, N., Benlahlou, Y., Bssaibis, F., Zegmout, A., Chadli, M., Malik, Y. S., Touil, N., Abid, A., Maleb, A., & Elouennass, M. (2019). Evaluation of GeneXpert MTB/RIF system performances in the diagnosis of extrapulmonary tuberculosis. *BMC Infectious Diseases*, 19(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s12879-019-4687-7>.
- Metcalf, T., Soria, J., Montano, S., Ticona, E., Evans, C., Huaroto, L., Kasper, M., Ramos, E., Mori, N., Jittamala, P., Chotivanich, K., Chavez, I., Singhasivanon, P., Pukrittayakamee, S., & Zunt, J. (2018). Evaluation of the GeneXpert MTB/RIF in patients with presumptive tuberculous meningitis. *PLoS ONE*, 13(6), 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198695>.
- Moule, M. & Cirillo, J. (2020). Mycobacterium tuberculosis Dissemination Plays a Critical Role in Pathogenesis. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 10, 1–12. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2020.00065>
- Natali, D., Cloatre, G., Brosset, C., Verdalle, P., Fauvy, A., Massart, J., Van, Q., Gerard, N., Dobler, C. & Hovette, P. (2020). What pulmonologists need to know about extrapulmonary tuberculosis. *Breathe*, 16(4), 1–18. <https://doi.org/10.1183/20734735.0216-2020>
- Oulter, C. H. C. (2021). Evaluation of the GeneXpert MTB / RIF assay on extrapulmonary and respiratory samples other than sputum: a low burden country experience. *Pathology*, 49(1), 70–74. <https://doi.org/10.1016/j.pathol.2016.10.004>.

- Pang, Y., An, J., Shu, W., Huo, F., Chu, N., Gao, M., Qin, S., Huang, H., Chen, X., & Xu, S. (2019). Epidemiology of extrapulmonary tuberculosis among inpatients, China, 2008-2017. *Emerging Infectious Diseases*, 25(3), 457–464. <https://doi.org/10.3201/eid2503.180572>.
- Peñata, A., Salazar, R., Castaño, T., Bustamante, J. & Ospina, S. (2016). Diagnóstico molecular de tuberculosis extrapulmonar y sensibilidad a rifampicina con un método automatizado en tiempo real. *Biomédica*, 36, 78–89. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v36i3.3088>
- Qian, X., Nguyen, D., Lyu, J., Albers, A., Bi, X., & Graviss, E. A. (2018). Risk factors for extrapulmonary dissemination of tuberculosis and associated mortality during treatment for extrapulmonary tuberculosis article. *Emerging Microbes and Infections*, 7(1), 1–14. <https://doi.org/10.1038/s41426-018-0106-1>.
- Siddiqi, O., Birbeck, G., Ghebremichael, M., Mubanga, E., Love, S., Buback, C., Kosloff, B., Ayles, H., Atadzhanov, M., Dheda, K., & Koralnik, I. (2019). Prospective cohort study on performance of cerebrospinal fluid (CSF) Xpert MTB/RIF, CSF lipoarabinomannan (LAM) lateral flow assay (LFA), and urine LAM LFA for diagnosis of tuberculous meningitis in Zambia. *Journal of Clinical Microbiology*, 57(8), 1–9. <https://doi.org/10.1128/JCM.00652-19>
- Vergara, A., González, J. y García-Basteiro, A. (2017). Xpert® MTB/RIF: utilidad en el diagnóstico de la tuberculosis y de la resistencia a la rifampicina. *Medicina Clinica*, 149(9), 399–405. <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2017.06.007>.
- Yu, G., Zhong, F., Ye, B., Xu, X., Chen, D. & Shen, Y. (2019). Diagnostic Accuracy of the Xpert MTB/RIF Assay for Lymph Node Tuberculosis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *BioMed Research International*, 2019(4878240). <https://doi.org/10.1155/2019/4878240>

Detección de *Chlamydia trachomatis*, *Mycoplasma hominis* y *Ureaplasma urealyticum* en mujeres entre 18 a 50 años del Centro de Salud Básico de Wichub Huala en Guna Yala, en los meses de junio a octubre del año 2019

Detection of *Chlamydia trachomatis*, *Mycoplasma hominis* and *Ureaplasma urealyticum* in women between 18 and 50 years of age from the Wichub Huala Basic Health Center in Guna Yala, from June to October 2019

Yanilka M. Iglesias¹, Yulianna I. Ramos², Norayda L. Gonzalez³, Carmen I. Espino⁴, Nora de Moreno⁵

¹Universidad de Panamá, Facultad de Medicina, Panamá; yiglesias22.yi@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-1284-9701>

²Universidad de Panamá, Facultad de Medicina, Panamá; yulianna123@hotmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-6243-5876>

³Universidad de La Habana, Escuela Latinoamericana de Medicina, Cuba; noraydag@yahoo.es; <https://orcid.org/0009-0003-5367-7875>

⁴Universidad de Panamá, Facultad de Medicina, Departamento de Microbiología Humana, Panamá; ciespino75@yahoo.com; <https://orcid.org/0000-0002-9046-4081>

⁵Universidad de Panamá, Facultad de Medicina, Departamento de Microbiología Humana, Panamá; nortizmor@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-6619-5494>

Fecha de recepción: 22 de marzo de 2023

Fecha de aceptación: 10 de mayo de 2023

Resumen: *Chlamydia trachomatis*, *Mycoplasma hominis* y *Ureaplasma urealyticum* colonizan, principalmente, el tracto genital y se han asociado a diversas enfermedades como: endometritis, corioamnionitis, ruptura prematura de membranas, muerte fetal, entre otras. Este estudio descriptivo de corte transversal tuvo como objetivo la detección de *C. trachomatis*, *M. hominis* y *U. urealyticum* en muestras endocervicales de mujeres entre 18 a 50 años atendidas en el Centro de Salud Básico de Wichub Huala de Guna Yala. Este centro también recibe pacientes de áreas aledañas de las islas de Nalunega, Corbisky y Mamitupu. Para la detección, se utilizaron los métodos de cultivo en Agar A8 y caldo B10, y reacción en cadena de la polimerasa (PCR). A las participantes se les aplicó una encuesta para obtener información sobre factores de riesgo asociados a estas infecciones. Como resultado, se obtuvo un 10% de casos positivos distribuidos de la siguiente manera: 6% de *U. urealyticum*, 2% de *M. hominis* y 2% de *C. trachomatis*. Entre los casos positivos se observó que ninguna utilizaba métodos anticonceptivos de barrera, tienen bajo nivel de escolaridad, iniciaron su vida sexual a temprana edad y se encuentran entre los 30 y 45 años de edad.

Palabras Clave: *Chlamydia trachomatis*, *Mycoplasma hominis*, *Ureaplasma urealyticum*, muestra endocervical.

Abstract: *Chlamydia trachomatis*, *Mycoplasma hominis*, and *Ureaplasma urealyticum* mainly colonize the genital tract and have been associated with various diseases, such as endometritis, chorioamnionitis, premature rupture of membranes, fetal death, among others. This descriptive cross-sectional study aimed to detect *C. trachomatis*, *M. hominis* and *U. urealyticum* in endocervical samples from women between 18 and 50 years of age, attended at the Wichub Huala Basic Health Center in Guna Yala. This center also receives

patients from the surrounding areas of the islands of Nalunega, Corbisky, and Mamitupu. For detection, the methods of culture in Agar A8 and B10 broth, and polymerase chain reaction (PCR) were used. A survey was applied to the participants to obtain information on risk factors associated with these infections. As a result, 10% positive cases were obtained, distributed as follows: 6% for *U. urealyticum*, 2% for *M. hominis*, and 2% for *C. trachomatis*. Among the positive cases, it was observed that none used barrier contraceptive methods, had a low level of education, began their sexual life at an early age, and were between 30 and 45 years of age.

Key words: *Chlamydia trachomatis*, *Mycoplasma hominis*, *Ureaplasma urealyticum*, endocervical swab.

1. Introducción

Chlamydia trachomatis, *Mycoplasma hominis* y *Ureaplasma urealyticum* colonizan, principalmente, el tracto genital y se han asociado con endometritis, corioamnionitis, ruptura prematura de membranas, muerte fetal, parto prematuro, bajo peso al nacer, infecciones posparto y esterilidad. La más preocupante es la relación entre *U. urealyticum* y las infecciones del sistema nervioso central (SNC) en los niños prematuros (Capoccia et al., 2013).

En general, se adquieren por contacto sexual y es posible contraer las mismas, de personas que parecen sanas y que, probablemente desconozcan que tienen la infección. Las Infecciones de Transmisión Sexual (ITS) no siempre presentan síntomas; por esta razón, los expertos prefieren este término, en vez de enfermedades de transmisión sexual. Las graves complicaciones de las infecciones asociadas con estos microorganismos han llevado a un aumento en la demanda de su identificación en laboratorio, lo cual no se hace con la frecuencia que se requiere (Martínez, 2001).

C. trachomatis, *M. hominis* y *U. urealyticum* son algunas de las causas más importantes de trastornos reproductivos en los últimos años (López-Ávila et al., 2014). En Panamá, la población también se ve afectada por estas infecciones; sin embargo, no se cuenta con suficientes datos estadísticos, sobre todo de aquellas zonas donde las tradiciones tienen una fuerte influencia en el comportamiento y los controles de salud no son frecuentes. Pues bien, algunas de estas ITS son fáciles de erradicar con antibióticos de uso frecuente y son prevenibles con educación sexual y promoción del sexo seguro. El médico tratante puede sospechar la causa de la infección pero, difícilmente, se confirma en los laboratorios clínicos; sobre todo cuando nos referimos a *C. trachomatis*, *M.hominis* y *U.urealyticum*.

2. Materiales y métodos

La investigación se realizó con la participación de 50 mujeres entre 18 a 50 años en el Centro de Salud Básico de Wichub Huala de Guna Yala. Fue de tipo descriptivo de corte transversal. Todas las muestras estaban acompañadas de un consentimiento informado aprobado por el Comité de Bioética de la Universidad de Santander el 19 de junio de 2019 (protocolo con N° de Registro 1049). A cada paciente se le explicó los detalles de la investigación y el compromiso de las investigadoras de mantener la confidencialidad.

A las mujeres incluidas en el estudio se les aplicó una encuesta, que permitió recolectar información necesaria para el análisis de los resultados. Esta contemplaba aspectos como: la edad, isla de la que provenían, último año de escolaridad cursado, edad de inicio de vida sexual, presencia de síntomas, si tenían antecedentes de aborto, alguna ITS y si utilizaban algún método anticonceptivo.

La muestra tomada fue endocervical utilizando tres hisopos; uno para hacer un frotis y teñirlo con Gram, el segundo para los cultivos en agar A8 y Caldo B10 y el tercero para extracción de ADN.

▪ **Tinción de Gram**

Técnica de laboratorio empleada para la observación y cuantificación de los morfotipos bacterianos según los criterios de Nugent. Los criterios de Nugent clasifican la microbiota vaginal en normal, intermedia y vaginosis bacteriana (disbiosis) cuantificando los distintos morfotipos (Navarrete et al., 2000). Para el diagnóstico de Vaginosis bacteriana se cuantifican los *Lactobacillus spp.* (bacilos Gram positivos), *Mobiluncus spp.* (bacilos curvos Gram negativos) y *Gardnerella vaginalis* (bacilos Gram variables) (Medina et al., 1999). Según el puntaje se clasifica: de 0-3 de Nugent es el resultado de una microbiota normal, de 4-6 una condición intermedia y de 7-10 vaginosis bacteriana (figura 7).

▪ **Cultivo en agar A8 y caldo B10**

La identificación de estos microorganismos en el laboratorio requiere de caldos y cultivos especiales debido a sus características microbiológicas particulares (Reyna et al.,

2009). El agar A8 y el caldo B10 fueron los medios enriquecidos, selectivos y nutritivos que empleamos para la detección y aislamiento de los *U. urealyticum* y *M. hominis*. En el agar, luego de sembrar la muestra e incubar a 35°C por 48 horas, se observa en el microscopio colonias incoloras semejantes a “huevo fritos” que describen a *M. hominis* y *U. urealyticum* con colonias de color marrón oscuro similar a un “erizo de mar” (figura 8). El caldo B10 es de color amarillo con pH ácido de 5.5, y en caso de la presencia de estos microorganismos en la muestra, el medio se torna alcalino observándose de color rosa (Castellano-González et al., 2007).

- **Extracción de ADN y PCR**

El tercer hisopo congelado a -20°C fue empleado para la extracción del ADN. La extracción se realizó siguiendo las instrucciones específicas del reactivo de QIAGEN DNeasy tissue kit, cat. No. 69506, CA, USA para, posteriormente, amplificar los fragmentos de ADN obtenidos. La amplificación se realizó bajo las siguientes condiciones: para *C. trachomatis* utilizamos los cebadores 3'TCC GGA GCG AGT TAC GAA GA 5' y 5'AAT CAA TGC CCG GGA TTG GT 3' con la desnaturalización de 1 minuto a 94°C y, posteriormente, el anidamiento con 35 ciclos de 1 minuto a 93°C, 1 minuto a 54°C y 32 segundos a 72 °C con una elongación de 5 minutos a 72°C.

Para *M. hominis* utilizamos los cebadores 3' GGT ACC GTC AGT CTG CAA T 5' y 5' CAA TGG CTA ATG CCG GAT ACG C 3' desnaturalización de 4 minuto a 95°C y, posteriormente, el anidamiento con 35 ciclos de 30 segundos a 94°C, 30 segundos a 55°C y 1 minuto a 72 °C con una elongación de 5 minutos a 72°C.

Para *U. urealyticum* los cebadores fueron 3'TCC GGA GCG AGT TAC GAA GA 5' 5'AAT CAA TGC CCG GGA TTG GT 3' con la desnaturalización de 4 minuto a 94°C y, posteriormente, el anidamiento con 35 ciclos de 30 segundos a 94°C, 1 minuto a 53°C y 30 segundos a 72 °C con una elongación de 10 minutos a 72°C.

En todas las PCR se incluyeron controles positivos y negativos para cada una de las bacterias (Rojas, 2016).

Los productos amplificados se observaron en un gel de agarosa. El fragmento de amplificación de 201 pb corresponde a *C. trachomatis*, el de 374 pb corresponde a *M. hominis*, el fragmento de 418 pb corresponde a *U. urealyticum*.

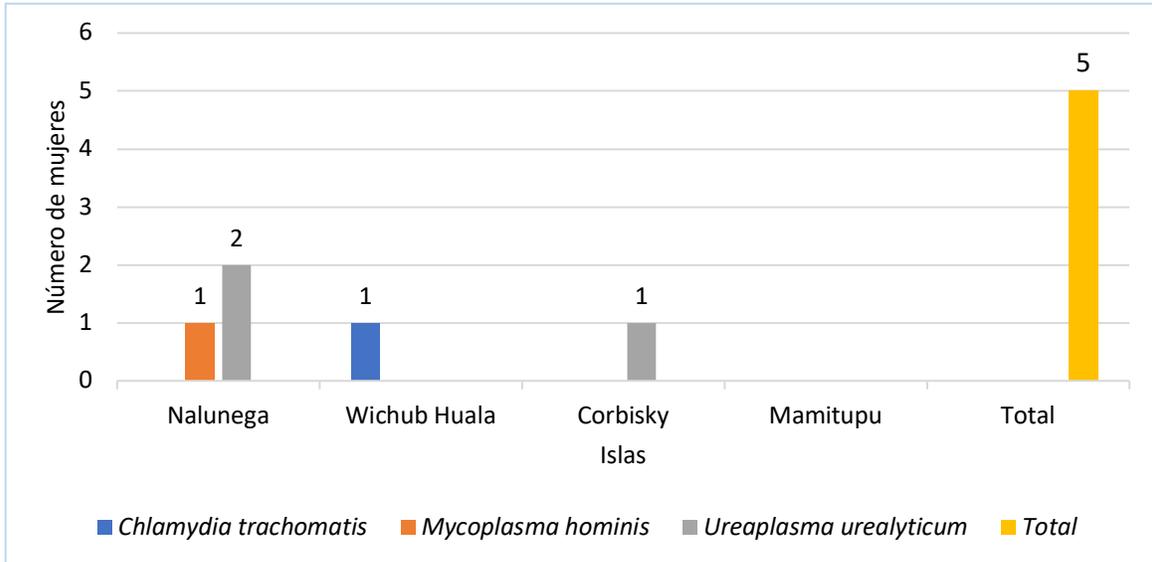
3. Resultados y discusión

De las 50 muestras analizadas, cinco (5) fueron positivas; una positiva por *C. trachomatis*, tres (3) por *U. urealyticum* y una (1) por *M. hominis*. La bacteria más detectada fue *U. urealyticum*. Debido a la poca accesibilidad a instalaciones para la atención de salud que hay en el área, en el centro de Salud Básico de Wichub Huala no, solamente, se atiende a mujeres de esa isla, sino que también se reciben pacientes de las islas más cercanas. De las 50 mujeres participantes 13 pertenecían a la Isla de Wichub Huala, 12 provenían de Corbisky, dos (2) de la Isla Mamitupu y 23 eran de Nalunega. La comunidad de la isla de Nalunega fue donde se presentaron más casos positivos (figura 1).

Los resultados obtenidos demuestran que los casos positivos fueron en mujeres mayores de 25 años que, solamente, cursaron la primera etapa de escolaridad o no tenían ningún tipo de educación y la primera experiencia sexual ocurrió cuando aún eran menores de edad (figura 2 y 4). Entre las mujeres que resultaron negativas algunas habían culminado sus estudios secundarios y otras estudiaban en la universidad. En cuanto a las edades de las mujeres atendidas en el Centro de Salud Básico de Wichub Huala, los casos positivos fueron en mujeres mayores de 25 años (figura 3).

Figura 1

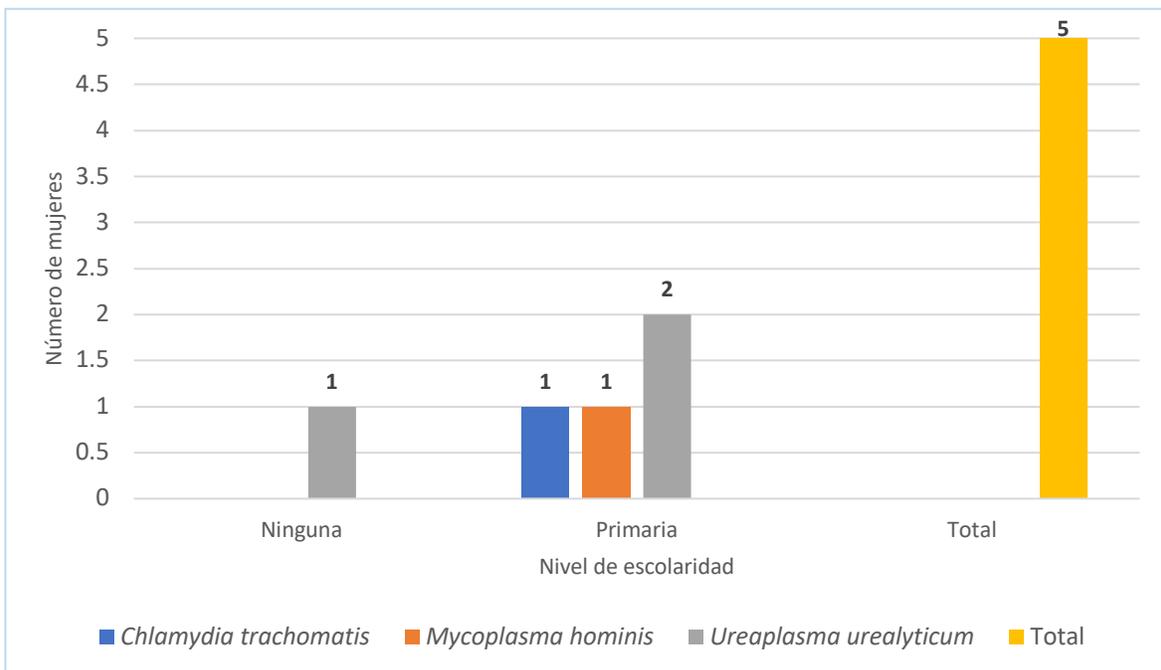
Número de mujeres positivas para C. trachomatis, M. hominis. y U. urealyticum según procedencia atendidas en el Centro de Salud Básico de Wichub Huala en los meses de junio a octubre del 2019



Fuente: Elaborada con base en datos obtenidos de la encuesta y resultados de las muestras procesadas.

Figura 2

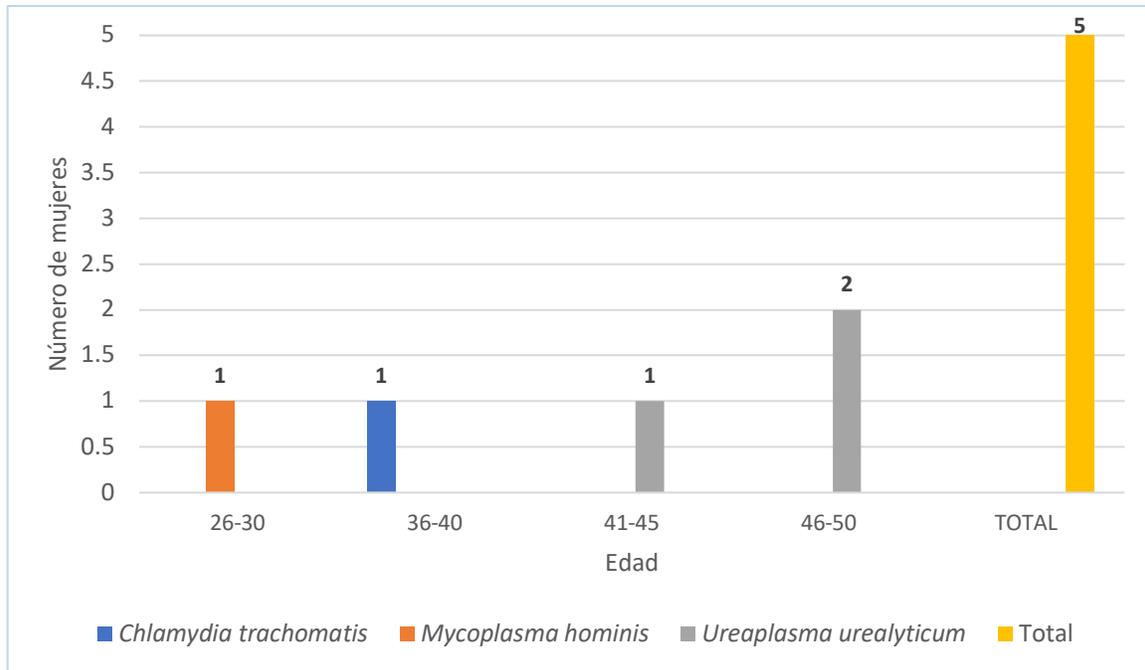
Infección por C. trachomatis, M. hominis. y U. urealyticum según el nivel de escolaridad en mujeres atendidas en el Centro de Salud Básico de Wichub Huala en los meses de junio a octubre del 2019



Fuente: Elaborada con base en datos obtenidos de la encuesta y resultados de las muestras procesadas.

Figura 3

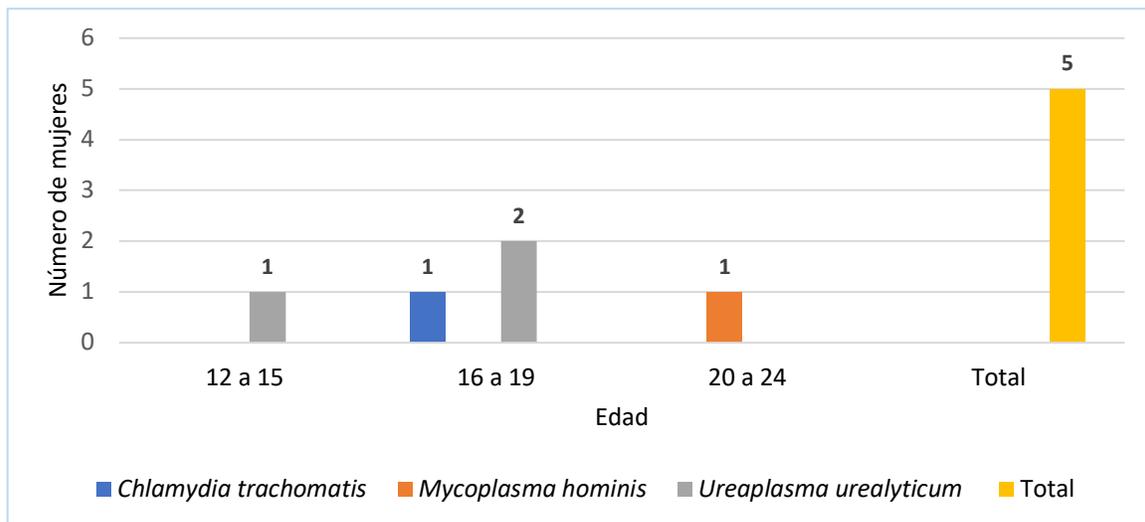
Infección por C. trachomatis, M. hominis. y U. urealyticum según rango de edad en mujeres atendidas en el Centro de Salud Básico de Wichub Huala en los meses de junio a octubre del 2019



Fuente: Elaborada con base en datos obtenidos de la encuesta y resultados de las muestras procesadas.

Figura 4

Infección de C. trachomatis, M. hominis. y U. urealyticum y el inicio de vida sexual en mujeres atendidas en el Centro de Salud Básico de Wichub Huala en los meses de junio a octubre del 2019

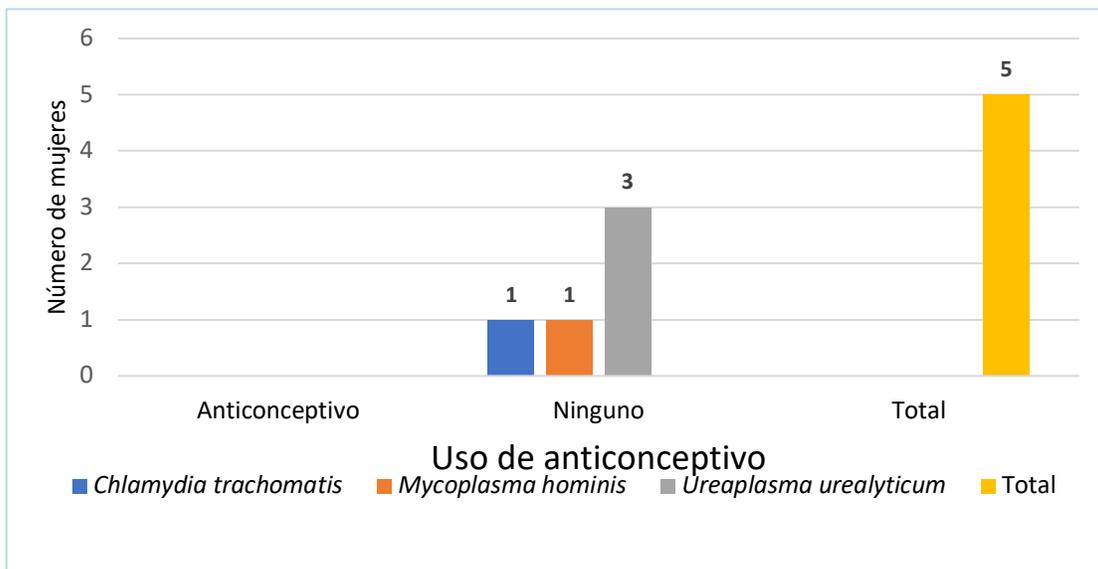


Fuente: Elaborada con base en datos obtenidos de la encuesta y resultados de las muestras procesadas.

En muchas mujeres Gunas, la primera experiencia sexual ocurre cuando aún son menores de edad. Está confirmado, que las personas que inician vida sexual a temprana edad tienen mayor riesgo de contraer alguna ITS. Esto coincide con estudios anteriores realizados por Gabster sobre la correlación de infecciones de transmisión sexual entre adolescentes que asisten a escuelas secundarias públicas de Panamá en 2015, en el cual se obtuvo resultados positivos para *C. trachomatis* de 21.7% en población adolescente entre edades de 14-18 años (Gabster et al., 2016). En nuestro estudio, la mayoría de las muestras que resultaron positivas pertenecían a participantes que iniciaron su vida sexual a temprana edad (figura 4).

Figura 5

Correlación de C. trachomatis, M. hominis, y U. urealyticum y el uso de métodos anticonceptivos en mujeres atendidas en el Centro de Salud Básico de Wichub Huala en los meses de junio a octubre del 2019



Fuente: Elaborada con base en datos obtenidos de la encuesta y resultados de las muestras procesadas.

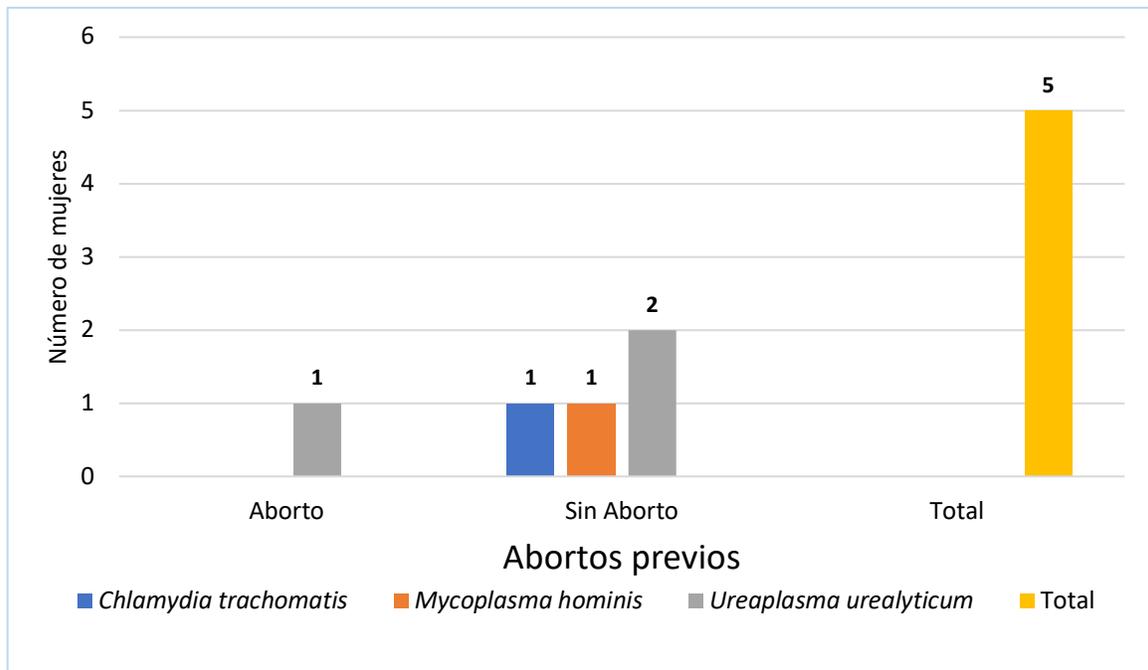
Las cinco (5) muestras positivas se encontraban en el grupo de participantes que no utilizaban anticonceptivos. De las siete (7) participantes que sí utilizaban métodos anticonceptivos de cualquier tipo, ninguna resultó positiva para *C. trachomatis*, *M. hominis* y *U. urealyticum*. Los métodos anticonceptivos de barrera, como el uso de preservativos, previenen el contagio de ITS. En nuestro estudio solo dos (2) participantes respondieron

que utilizan preservativos, con lo que queda demostrado que no es habitual el uso de estos en esta población.

Los abortos pueden estar asociados algunas veces a ITS. En este estudio, solo una participante con aborto previo presentó *U. urealyticum*, el resto de las muestras positivas no reportaron abortos (figura 6).

Figura 6

Correlación de la infección por C. trachomatis, M. hominis. y U. urealyticum y su distribución según la presencia de abortos previos en mujeres atendidas en el Centro de Salud Básico de Wichub Huala en los meses de junio a octubre del 2019



Fuente: Elaborada con base en datos obtenidos de la encuesta y resultados de las muestras procesadas.

Muchas ITS se pueden presentar sin síntomas clínicos evidentes, tal es el caso de *C. trachomatis*. Sin embargo, en la encuesta aplicada algunas participantes manifestaron síntomas tales como escozor, dolor de cintura, dolor o ardor al orinar y molestias durante el coito. De los casos positivos, cuatro reportaron alguno de los síntomas descritos y una de ellas positiva por *M. hominis* no reportó ningún síntoma (López-Ávila et al., 2014).

La vaginosis bacteriana, así como cervicitis ha sido asociada con flujo y secreción vaginal, enfermedad inflamatoria pélvica, infertilidad y efectos adversos en el embarazo.

Los criterios de Nugent son sencillos y de bajo costo para el diagnóstico de vaginosis bacteriana, existen variaciones del mismo y en este estudio utilizamos el método descrito por (Medina et al., 1999). De las 50 participantes, 34 mujeres presentaron criterio de Nugent normal, seis (6) con Nugent intermedio y 10 con vaginosis bacteriana. De las cinco (5) pacientes que resultaron positivas, solo tres (3) tenían vaginosis bacteriana de las cuales dos resultaron positivas para *U. urealyticum* y una con *C. trachomatis*.

Estos resultados coinciden con un estudio realizado en Panamá, en adolescentes de 10 a 19 años del Centro de Atención Integral del Adolescente de Colón, en los meses de julio a septiembre del año 2018, donde hubo casos positivos que tuvieron un criterio de Nugent normal y las participantes no presentaron sintomatología y pacientes con vaginosis bacteriana que dieron resultados negativos (Cedeño et al., 2020). La vaginosis bacteriana y la cervicitis se asocian con flujo y secreción vaginal, en este sentido *M. hominis* y *U. urealyticum* podrían estar asociados a esta disbiosis (Fernández-Huerta et al., 2022).

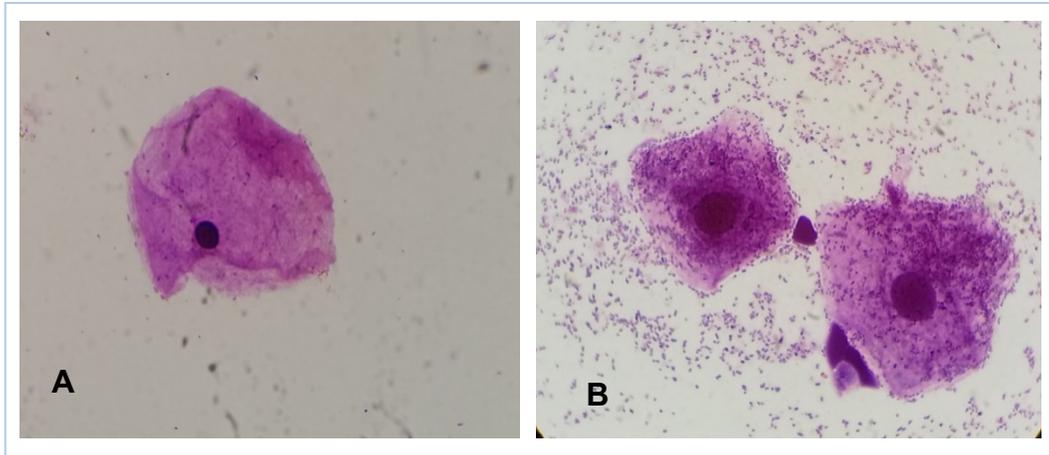
De 50 muestras hubo crecimiento en el medio A8 de 15 muestras. En este medio se observaron colonias con características compatibles con *M. hominis* en 13 de éstas, sin embargo esta morfología colonial coincide con la de otros Mycoplasmas que se pueden encontrar como comensales de la vagina, por lo que se confirmó posteriormente con PCR. Con características compatibles con las colonias de *U. urealyticum* hubo tres (3) que luego se confirmaron y coincidieron con el resultado de la PCR. Las colonias de Ureaplasma son diferentes ya que presentan una coloración marrón oscuro como se muestra en la Figura 8B. En cuanto al cultivo en caldo B10, 11 muestras resultaron positivas, pero hay otras especies de Ureaplasma que pueden crecer en este medio, por lo cual es importante la confirmación con métodos moleculares.

Estas mismas muestras fueron, posteriormente, confirmadas por PCR y obtuvimos un total de cinco (5) muestras que coincidieron con lo observado en el cultivo; tres (3) fueron positivas para *Ureaplasma urealyticum*; una (1) para *Mycoplasma hominis*; una (1) para *Chlamydia trachomatis* y 44 muestras resultaron negativas.

La técnica de PCR es más específica que el cultivo microbiológico convencional para muestras biológicas analizadas, inmediatamente, después de su recolección (Pinna et al., 2006).

Figura 7

Frotis Gram de secreción vaginal normal y vaginosis bacteriana según el criterio de Nugent

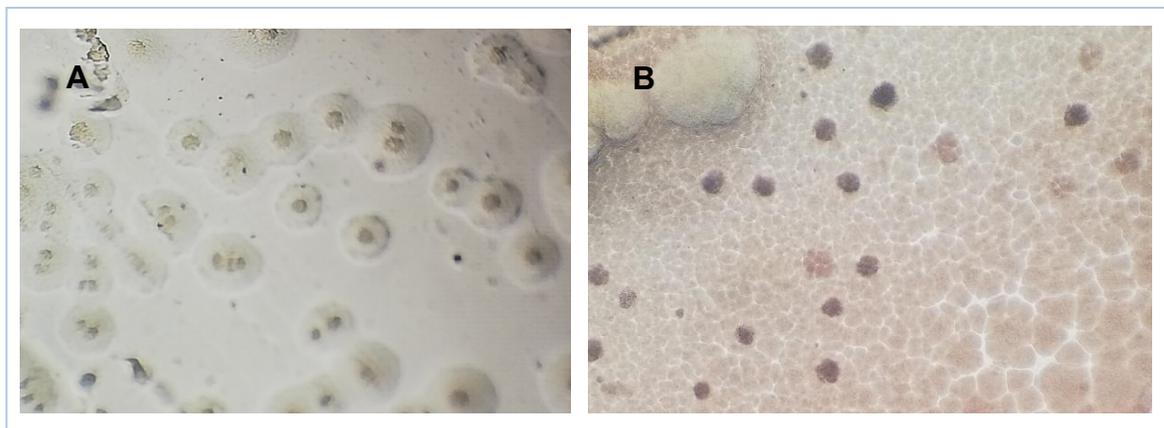


Fuente: Fotografía tomada por los autores.

Observación al microscopio 1000x. (A) Frotis vaginal normal. (B) Vaginosis bacteriana según el criterio de Nugent.

Figura 8

Cultivo en Agar A8 de C. trachomatis, M. hominis. y U. urealyticum en Agar A8



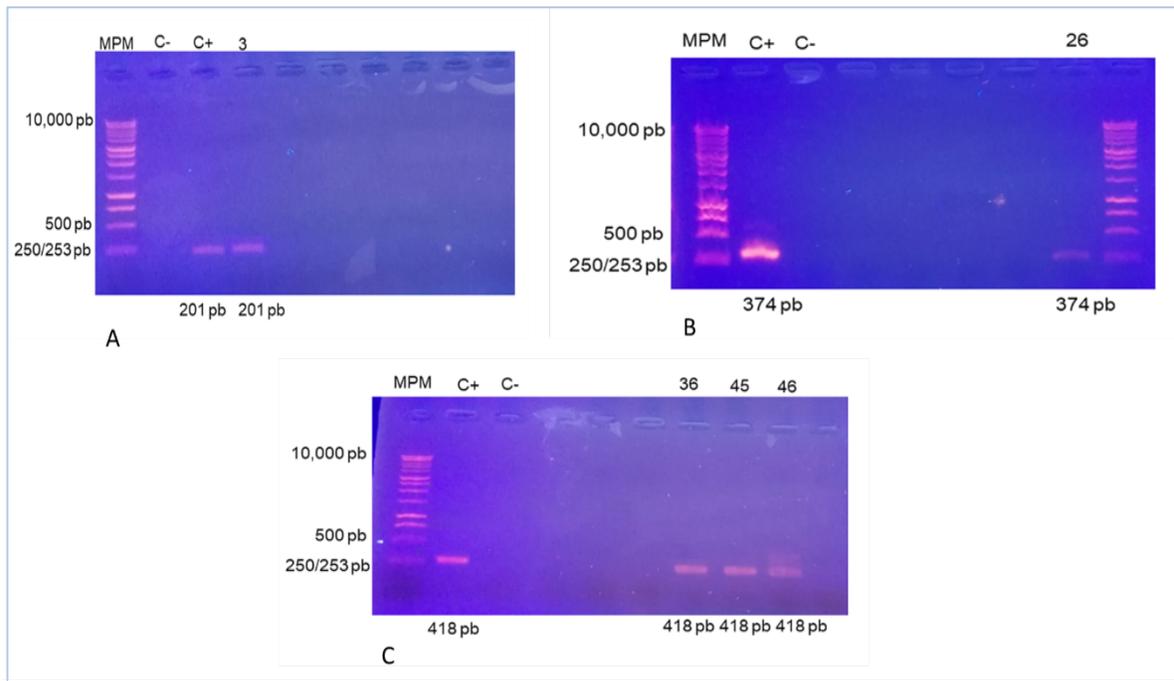
Fuente: Fotografía tomada por los autores.

(A) Se observa por microscopía en 4x colonias incoloras en forma de “huevo frito”.

(B) *Mycoplasma hominis* (B) en 10x de *U. urealyticum* colonias de color marrón oscuro con forma de “erizo de mar” típica en Agar A8.

Figura 9

Electroforesis en gel de agarosa de productos amplificados mediante PCR para C. trachomatis, M. hominis y U. urealyticum



Fuente: Fotografías tomadas por los autores.

- A. Electroforesis en gel de agarosa de los productos amplificados para *C. trachomatis*. Posición 1 Marcador de Peso molecular, posición 2 control negativo, posición 3 control positivo, posición 4 muestra positiva 201pb.
- B. Electroforesis en gel de agarosa de los productos amplificados para *M. hominis*. Posición 1, marcador de peso molecular, posición 2 control positivo, posición 3 control negativo, posición 6 muestra #36 positiva 374pb.
- C. Electroforesis en gel de agarosa de los productos amplificados para *U. urealyticum*. Posición 1 marcador de peso molecular, posición 2 control positivo, posición 3 control negativo, posiciones 7, 8 y 9 muestras positivas 418pb.

Nuestros resultados tienen relevancia, ya que, en poblaciones apartadas, en donde la atención en centros de salud es escasa, no se cuenta con los recursos de diagnóstico para este tipo de ITS. Estos resultados nos afirman que la educación sexual es la base para la prevención de todas estas infecciones y que es importante el diagnóstico oportuno de las mismas.

4. Conclusiones

Se detectó *C. trachomatis*, *M. hominis* y *U. urealyticum* en el tracto genital de mujeres que acuden a el Centro de Salud de Wichub Huala en Guna Yala, donde el agente infeccioso con mayor presencia fue *U. urealyticum*. Los casos positivos se encontraban entre las edades de 25 a 45 años. Los principales factores asociados a estas infecciones involucran la ausencia de métodos de barrera, la falta de educación sexual y el nivel de escolaridad alcanzado.

Referencias bibliográficas

- Capoccia, R., Greub, G., y Baud, D. (2013). *Ureaplasma urealyticum*, *Mycoplasma hominis* and adverse pregnancy outcomes. *Infectious Diseases*, 26(3), 231–240. <https://doi.org/10.1097/QCO.0b013e328360db58>
- Castellano-González, M., Ginestre-Pérez, M., Perozo-Mena, A., Alaña, F., Fernández-Bravo, M. y Rincón-Villalobos, G. (2007). Colonización vaginal por micoplasmas genitales en mujeres embarazadas y no embarazadas. *Investigación clínica*, 48(4), 419–429. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0535-51332007000400003
- Cedeño, M., Marín, J., Espino, C. y de Moreno, N. (2020). Incidencia de *Chlamydia trachomatis* y micoplasmas genitales en adolescentes de 10 a 19 años del Centro de Atención Integral del Adolescente de Colón, en los meses de julio a septiembre del año 2018. *Visión Antataura*, 4(1), 25–35. <https://doi.org/10.48204/j.vian.v4n1a2>
- Fernández-Huerta, M., Pich, O., y Espasa, M. (2022). *Mycoplasma* y *Ureaplasma spp.* en la práctica clínica de las infecciones ano-genitales. *Revista española de quimioterapia :publicación oficial de la Sociedad Española de Quimioterapia*, 35(3), 301–303. <https://doi.org/10.37201/req/005.2022>
- Gabster, A., Mohammed, D., Arteaga, G., Castillero, O., Mojica, N., Dyamond, J. y Pascale, J. (2016). Correlates of Sexually Transmitted Infections among Adolescents Attending Public High Schools, Panama, 2015. *PLOS ONE*, 11(9), e0163391. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163391>
- López-Ávila, K. B., Zavala-Castro, J., Arias-León, J. J., Puerto, F. I., y Dzul-Rosado, K. R. (2014). Infertilidad humana causada por *Mycoplasma spp.* *Revista Biomédica*, 25(2), 74–90. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=51064>

- Martínez T., M. A. (2001). Diagnóstico microbiológico de *Chlamydia trachomatis*: Estado actual de un problema. *Revista Chilena de Infectología*, 18(4), 275–284. <https://doi.org/10.4067/s0716-10182001000400006>
- Medina, R., Rechkemmer, A., y Garcia-Hjarles, M. (1999). Prevalencia de vaginitis y vaginosis bacteriana en pacientes con flujo vaginal anormal en el Hospital Nacional arzobispo Loayza. *Revista Médica Herediana*, 10(4), 144–150. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1018-130X1999000400005
- Navarrete W, Paola, Domínguez Y, Mariana, Castro I, Erica, y Zemelman Z, Raúl. (2000). Evaluación de los criterios de Nugent y Amsel para el diagnóstico de vaginosis bacteriana. *Revista Médica de Chile*, 128(7), 767-771. <https://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872000000700009>
- Pinna, G. S., Skevaki, C. L., y Kafetzis, D. A. (2006). The significance of *Ureaplasma urealyticum* as a pathogenic agent in the paediatric population. *Infectious Diseases*, 19(3), 283–289. <https://doi.org/10.1097/01.qco.0000224824.73223.e7>
- Reyna, F. J, Villeda, G. F, Ortiz, IFJ, Morales, M. I y Flores, M.S. (2009). Detección de micoplasmas genitales y su sensibilidad antimicrobiana mediante una prueba rápida en muestras clínicas de parejas mexicanas con infertilidad. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología*, 29(2), 54-58. <https://www.medigraphic.com/pdfs/micro/ei-2009/ei092b.pdf>
- Rojas, A. C. (2016). *Extracción de ADN*. Bioquímica y biología molecular, Genética Genómica. <https://conogasi.org/articulos/extraccion-de-adn/>

Uso de cámaras trampa como método para el estudio de la avifauna en la República de Panamá

Use of camera traps as a method for the study of avifauna in the Republic of Panama

Nelson Guevara Alvarado¹

¹Fundación Biomundi, Panamá; Nelson2295@hotmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-3200-6648>

Fecha de recepción: 08 de marzo de 2023

Fecha de aceptación: 04 de mayo de 2023

Resumen: El uso de cámaras trampa para la detección de vertebrados terrestres es una técnica que permite recopilar datos sobre las especies en un lugar y espacio determinado, siendo un método utilizado para el estudio de las aves. De febrero a diciembre de 2021, mediante la instalación de 15 cámaras trampa divididas en 11 estaciones de foto-trampeo, se analizó la riqueza y abundancia de especies en la Reserva del Valle Mamoní. Se registraron 13 especies de aves, pertenecientes a 10 familias y ocho órdenes, donde el orden Galliformes presentó la mayor riqueza de especies (n=4). Las especies más abundante fueron *Crax rubra* (n=83, IAR=50.80 %) y *Tinamu major* (n=55, IAR=43.16 %), además, estas misma presentaron la mayor tasa de captura con el 19.10 % y 16.19 %, respectivamente. Se detectaron nueve especies bajo alguna categoría de amenaza. Podemos establecer que el método de foto-trampeo debido al carácter no invasivo es una técnica apropiada para complementar los métodos basados en la observación directa, en particular para el seguimiento de las especies caminadoras difícil de detectar debido a su comportamiento evasivo.

Palabras clave: Abundancia Relativa, aves, foto-trampeo, riqueza de especies, Valle Mamoní.

Abstract: The use of camera traps for the detection of terrestrial vertebrate is a technique that allows the collection of data on species in a given place and space, being a method used for the study of terrestrial vertebrates such as birds. The richness and abundance of species in the Mamoní Valley Reserve was analyzed through the installation of 15 camera traps divided into 11 photo-trapping stations from February to December 2021. Thirteen bird species were recorded, belonging to 10 families and eight orders, where the order Galliformes presented the highest species richness (n=4). The most abundant species were *Crax rubra* (n=83, IAR=50.80%) and *Tinamu major* (n=55, IAR=43.16%), and they also presented the highest capture rate with 19.10% and 16.19%, respectively. Nine species were detected under some category of threat. We can establish that the photo-trapping method, due to its non-invasive character, is an appropriate technique to complement the methods based on direct observation, particularly for monitoring walking species that are difficult to detect due to their evasive behavior.

Keywords: Relative Abundance, birds, photo-trapping, species richness, Mamoní Valley.

1. Introducción

Los estudios sobre riqueza y abundancia de las especies de aves de un lugar determinado contribuyen a conocer el estado de conservación de los ecosistemas, debido

a las importantes funciones ecológicas que realizan las aves (Cueto, 2006), por lo general estos análisis se realizan por medio de la detección de las especies observadas o escuchadas mediante los métodos de observación directa como los puntos de conteo, transectos y en algunas ocasiones por medio de la captura con el uso de redes de nieblas (Ralph et al., 1996; González-García, 2012). Sin embargo, estos suelen fallar en algunas ocasiones, principalmente con especies que son muy elusivas a la presencia y perturbación humana, por lo que adoptan un comportamiento de escape rápido (O'Connell et al., 2010).

En la actualidad el uso de cámaras trampa para la detección de especies principalmente vertebrados terrestres, es una de las técnicas más utilizadas debido a la cantidad de información que ofrecen, además de la practicidad, versatilidad y facilidad con la que pueden ser utilizadas (Belda et al., 2009), estas ofrecen ventajas sobre otros tipos de métodos de muestreo sistemático comúnmente establecidos, donde los porcentajes de error se ven limitados solamente a la equivocada instalación y mantenimiento de las cámaras trampa en campo, y a la errónea identificación de las fotografías obtenidas (Ahumada et al., 2013). Además, es ideal para el registro de la presencia de especies crípticas, raras, nocturnas y amenazadas, cuya captura o colecta está restringido (Dinata et al., 2008). Sin embargo, las cámaras trampa son utilizadas principal y casi exclusivamente en estudios referentes a mamíferos (Mccallum, 2013), sin tomar en consideración los datos numéricos o ecológicos que se obtienen de otros grupos taxonómicos como las aves (Zárate-Betzel et al., 2019). Según Colyn et al. (2017) las cámaras pueden ser utilizadas para el estudio de aves terrestres y acuáticas.

A pesar de lo mencionado, existen investigaciones relacionadas a aves donde se ha hecho utilidad de las cámaras trampa como método para determinar la riqueza, abundancia, distribución, ocupación y patrones de actividad en lugares determinados (Dinata et al., 2008). Donde se destaca el estudio realizado por Zárate-Betzel et al. (2019), el cual determinaron la riqueza y composición de especies de aves presentes en bosques xerofíticos y pasturas exóticas.

Otros estudios sobre aves relacionados al uso de cámaras trampa, son los trabajos de Buler y Hamilton (2000) el cual utilizaron el método de foto-trampeo para analizar la

depredación de nidos, además de los estudios de Pietz y Granfors (2005) donde determinan los mecanismos de defensa parental de los mismos y Rojas-Robles et al. (2012) los cuales identifican especies frugívoras dispersoras de semillas, incluyendo a las aves.

El objetivo del presente estudio es determinar la importancia y utilidad de las cámaras trampa en el estudio de la avifauna en la Reserva del Valle Mamóní, por medio de aspectos como la riqueza de especies, abundancia relativa y la tasa de captura registrada mediante el método de foto-trampeo.

2. Materiales y métodos

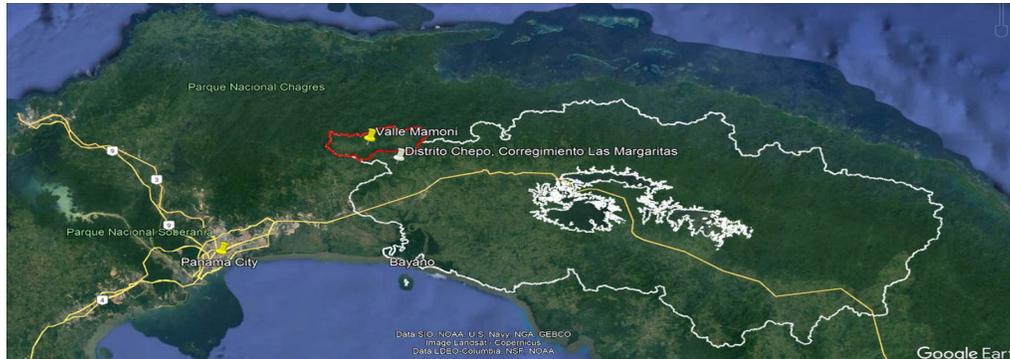
2.1 Área de estudio

La investigación se llevó a cabo en la Reserva del Valle Mamóní, ubicada en el poblado de Madroño, Corregimiento de Las Margaritas, Distrito de Chepo, provincia de Panamá, situada a 9°19'12"N, 79°08'32" W (coordenads GPS), con una elevación de 237 m.s.n.m (figura 1). Según la Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM, 2010), presenta una altura aproximada de 400 m, una temperatura constante de 23 ºC, una humedad relativa del 30 % y una precipitación promedio anual entre 4501 a 4800 mm. Esta zona cuenta con una superficie de 4800 hectáreas (12 000 acres) de terreno que comprende zonas desde bosque secundario a bosque primario; zonas reforestadas con especies de flora nativa; zonas agrícolas de cultivo y crianza de animales utilizados en la ganadería como vacas y caballos; y una gran cantidad de zonas ribereñas a lo largo del territorio.

Las zonas de mayor conservación dentro de la reserva presentan una flora dominada por especies arbóreas como: *Guarea macrophylla* (Meliaceae), *Calophyllum longifolium* (Calophyllaceae), *Apeiba membranacea* (Malvaceae), *Xylopia bocatoreña* (Annonaceae) y *Heisteria acuminata* (Olacaceae); y miembros de la familia Arecaceae como *Socratea exorrhiza*, *Iriartea deltoidea* y *Cryosophila warscewiczii*.

Figura 1

Localización del área de estudios de la Reserva del Valle Mamoni, República de Panamá



Fuente: Fundación Geoversity, Google Earth.

2.2 Trabajo de campo.

El registro de las especies se llevó a cabo de febrero a diciembre de 2021, mediante el método de foto-trampeo, en la cual se utilizaron 15 cámaras trampa CamPark modelo T40 divididas en 11 estaciones, separadas entre sí por aproximadamente un kilómetro de distancia según las condiciones variables del terreno (Díaz-Pulido y Payán, 2012). Las cámaras fueron colocadas a un lado de los senderos principales, programadas para tomar fotos y videos de manera continua durante las 24 horas del día y activadas por la presencia de movimiento; con un intervalo de 5 segundos entre cada fotografía y grupo de tres fotos, además de un video por sesión con el fin maximizar el número de fotografías por detección siguiendo la metodología establecida en Monroy-Vilchis et al. (2011). Según lo mencionado por Ahumada et al. (2013); Guevara y López (2022), las mismas fueron colocadas a una altura de 30-50 cm sobre el nivel del suelo, y permanecieron en campo durante 30-45 días sin ser revisadas, con el fin de minimizar el impacto de nuestra presencia en la detección de la fauna de la zona.

2.3 Análisis de datos.

Para el análisis de los datos se tomo en cuenta lo mencionado por Zárate-Betzel et al. (2019) donde solamente se utilizaron las fotografías y videos que registraron de forma efectiva los distintos individuos, los cuales fueron posible de identificar. Las especies fueron ordenadas taxonómicamente según el Checklist of North and Middle American Birds de la

American Ornithological Society e incorporando los cambios adoptados por su sexagésimo tercer suplemento (Chesser et al., 2022); identificadas según las guías ornitológicas de Angher y Dean (2010), Ridgely y Gwynne (2005), Ponce y Muschett (2006); los nombres comunes para Panamá fueron colocados según AUDUBON (2021).

El estado de conservación de las especies fue colocado según El Ministerio de Ambiente de Panamá, de la resolución N°DM-0657-2016 del viernes 16 de diciembre de 2016 (Gaceta Oficial Digital No. 28187 2016); El listado rojo de las especie protegidas de La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, por sus siglas en ingles IUCN (IUCN 2022) y el listado de especies en peligro debido a la comercialización ilegal del Convenio sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora, conocida por sus siglas en ingles CITES (CITES 2013).

La tasa de captura (TC) de cada especie se calculó a partir de la división entre el número de días en los cuales se registró la presencia de la especie sobre el total de días en los cuales la cámara trampa permaneció activa por 100 (Moreira et al., 2007), el índice de abundancia relativa (IAR) se calculó dividiendo el número de capturas efectivas entre el esfuerzo de muestro por 1000-unidad estándar (Jenks et al., 2011).

Para evitar el sesgo en cuanto al número de individuos registrados, se siguieron las pautas establecidas por Medellín et al. (2006); Monroy-Vilchis et al. (2011). a) se contabilizaron a los individuos de la misma especie que aparecen en una misma secuencia fotográfica; b) fotografías consecutivas de la misma especie separadas por 24 horas y c) fotografías no consecutivas de la misma especie cada 24 horas en diferentes zonas o estaciones de foto-trampeo.

Finalmente, el esfuerzo de muestreo se calculó al multiplicar el número de cámaras trampas utilizadas por el número de días activos totales (Lira-Torres y Briones-Salas, 2012; Medellín et al., 2006). El éxito de captura se calculó dividiendo el número total de capturas de especies entre el número de noches trampa y entre el número de cámaras trampas utilizadas expresado en porcentaje (Buenrostro-Silva et al., 2016). Para evaluar la efectividad del esfuerzo de muestro se confeccionó la curva de acumulación de especies mediante datos

de presencia y ausencia utilizando los estimadores no paramétricos Jackknife 1 y Jackknife 2, mediante el programa Estimates 9.1.0 (Colwell, 2013).

3. Resultados

3.1 Riqueza y abundancia

Con un esfuerzo de muestreo de 4725 horas/día/cámara trampa, se obtuvieron 8638 fotos de las cuales 584 correspondieron a capturas (fotos y videos) efectivas de aves, con un éxito de captura del 12.4 %. Se registraron 186 individuos divididos en 13 especies, 10 familias y ocho órdenes (tabla 1).

Las órdenes con la mayor riqueza de especie fueron Galliformes con cuatro especies, seguido de Tinamiformes y Passeriformes con dos especies cada uno, el resto de las órdenes estuvo representado por una especie respectivamente. Las especies con el mayor número de individuos e índice de abundancia relativa fueron: *Crax rubra* (n=83, IAR=50.80 %), *Tinamu major* (n=55, IAR=43.16 %), *Leptotrygon veraguensis* (n=11, IAR=8.48 %) y *Crypturellus soui* (n=9, IAR=6.76 %), el resto de las especies presentaron menos de cinco individuos y un índice de abundancia relativa menor al 3.36 % (tabla 1).

Las especies con la mayor tasa de captura corresponden a *C. rubra* (19.10 %) y *T. major* (16.19 %). Las menores tasas de captura correspondieron a especies con un único registro y cuatro capturas efectivas como: *Penelope purpurascens*, *Tigrisoma lineatum*, *Buteogallus urubitinga*, *Rhynchortyx cinctus* y *Formicarius analis* con una tasa del 0.32 % (tabla 1).

La curva de acumulación de especies muestra que un aumento en el número de unidades de muestreo (días-trampa) incrementaría la cantidad de especies observadas (figura 2), logrando registrarse de 17 a 19 especies en la zona de estudio por medio de este método. Según los indicadores Jackknife 1 y Jackknife 2, pueden registrarse de cuatro a seis especies adicionales.

Tabla 1

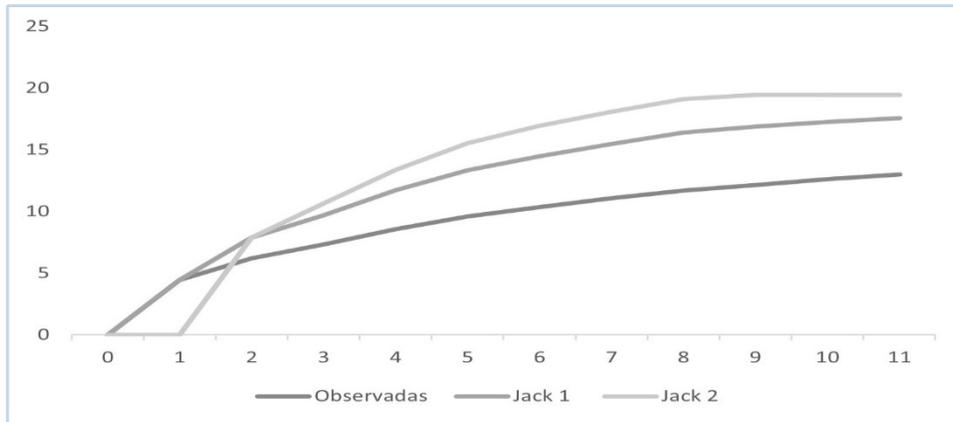
Listado de especies registradas por medio del uso de cámaras trampa en la Reserva del Valle Mamoni. Índice de abundancia relativa, tasa de captura y estado de conservación de cada especie. (LC= Preocupación menor, VU= Vulnerable, NT= Casi amenazado, EN= En peligro)

Taxa	Especie	Individuos	IAR	TC	Estado de conservación		
					Mi Ambiente	IUCN	CITES
Tinamiformes							
Tinamidae	<i>Tinamu major</i>	55	43.16 %	16.19 %	VU	LC	-
	<i>Crypturellus soui</i>	9	6.76 %	2.54 %	-	LC	-
Galliformes							
Cracidae	<i>Penelope purpurascens</i>	1	0.84 %	0.32 %	VU	NT	-
	<i>Crax rubra</i>	83	50.80 %	19.10 %	EN	VU	III
Odontophoridae	<i>Odontophorus melanotis</i>	11	1.68 %	0.63 %	VU	LC	-
	<i>Rhynchortyx cinctus</i>	2	1.68 %	0.32 %	EN	NT	-
Columbiformes							
Columbidae	<i>Leptotrygon veraguensis</i>	11	8.48 %	3.18 %	VU	LC	-
Cuculiformes							
Cuculidae	<i>Neomorphus geoffroyi</i>	5	3.36 %	1.30 %	VU	VU	-
Apodiformes							
Trochilidae	<i>Phaethornis longirontris</i>	3	2.52 %	1.00 %	VU	LC	-
Pelecaniformes							
Ardeidae	<i>Tigrisoma lineatum</i>	1	0.84 %	0.32 %	-	LC	-
Accipitriformes							
Accipitridae	<i>Buteogallus urubitinga</i>	1	0.84 %	0.32 %	VU	LC	II
Passeriformes							
Conopophagidae	<i>Pittasoma michleri</i>	3	2.52 %	1.00 %	-	LC	-
Formicariidae	<i>Formicarius analis</i>	1	0.84 %	0.32 %	-	LC	-

Fuente: El autor.

Figura 2

Curva de acumulación de especies registradas mediante el método de foto-trampeo en la Reserva del Valle Mamóní



Fuente: El autor. Eje Y) número de especies obtenidas, Eje X) número de muestreos.

3.1 Estado de conservación

Se registraron nueve especies bajo alguna categoría de amenaza (figura 3) según el Ministerio de Ambiente de Panamá (9), IUCN (4) y CITES (3). El orden Galliformes (n=4) presentó la mayor cantidad de especies afectadas. El resto de los órdenes presentaron una especie en peligro (tabla 1).

Figura 3

Ejemplo de algunas especies amenazadas debido a la presión antropogénica registradas en la Reserva del Valle Mamóní. A) Crax rubra, B) Penelope purpurascens, C) Tinamu major y D) Buteogallus urubitinga



Fuente: El autor, registros fotográficos obtenidos por medio de las cámaras trampas.

4. Discusión

4.1 Riqueza y abundancia

El total de especies de aves registradas por medio del uso de cámaras trampa representan el 1.30 % de las especies conocidas para Panamá, un porcentaje sumamente bajo considerando las 1013 especies reportadas para el istmo de Panamá (AUDUBON, 2021). Sin embargo, a pesar del bajo éxito de captura, por medio de este método se reportó una gran cantidad de individuos de los órdenes Galliformes y Tinamiformes las cuales son aves con un plumaje compacto y mimético que dificultó el avistamiento directo de estas especies mediante métodos de observación directa (Narosky y Yzurieta, 2006), por lo que podemos mencionar que las cámaras trampa son efectivas para determinar la riqueza y abundancia de especies de aves caminadoras o de órdenes similares como Columbiformes (Armenteros et al., 2015; Zárate-Betzel et al., 2019). Además, Li et al. (2010) resaltan la utilidad del foto-trampeo para el estudio de aves caminadoras pertenecientes al orden Galliformes, donde los datos obtenidos por medio de las cámaras trampa permiten el análisis de ocupación y patrones de actividad de especies elusivas a la presencia humana.

Mena et al. (2016) obtuvieron resultados similares al realizar un muestreo con cámaras trampa en la cuenca alta del río La Novia en Perú, registrando una alta diversidad de aves caminadoras, donde registraron por primera vez a la especie *Tinamus guttatus* (Tinamidae) en la zona. Por lo tanto, las cámaras trampa constituyen una herramienta de utilidad para complementar métodos basados en la observación directa y auditiva de aves, resultando particularmente adecuadas para el abordaje de investigaciones enfocadas en especies terrestres como las pertenecientes al orden Tinamiformes (Zárate-Betzel et al., 2019). En nuestro estudio se reportó por primera vez a la especie *Rhynchortyx cinctus* (Odontophoridae) para la zona, especie no reportada por Guevara-Alvarado y Juárez-Mendoza (2022).

En cuanto a la tasa de captura, las especies mayormente representadas pertenecen a los órdenes Tinamiformes, Galliformes y Columbiformes resaltando la efectividad de las cámaras para determinar la riqueza y abundancia de las especies de estos órdenes (Zárate-Betzel et al., 2019). Sin embargo, la especie con menor tasa de captura como *Buteogallus*

urubitinga y *Phaethornis longirontris* se debe a que estas son especies no caminadoras y se desplazan principalmente a través de los estratos medios y altos del bosque (Ridgely y Gwynne, 2005) por lo cual su registro pudo deberse a un evento fortuito. Para estos gremios de aves no caminadoras los puntos de conteo y transectos por medio de métodos de observación directa poseen la ventaja de permitir al investigador registrar aves situadas en diferentes estratos del dosel, a diferencia de las cámaras trampa, las cuales poseen un área de detección limitada (Zárate-Betzel et al., 2019).

Las especies registradas únicamente mediante un solo evento como *Penelope purpurascens* y *Formicarius analis* probablemente poseen poblaciones con una baja abundancia en el área de estudio. Otra especie observada en un solo evento por este método fue *Tigrisoma lineatum* la cual es una ave de tamaño mediano avistada principalmente alrededor de pantanos y arroyos lentos (García y García, 2022). Por lo que a pesar de que su registro pudo deberse igualmente a un evento fortuito, Colyn et al. (2017) mencionan la utilidad del foto-trampeo para detectar y monitorear aves relacionadas a cuerpos de agua como humedales.

En cuanto a la curva de acumulación de especies y los estimadores no paramétricos, a pesar de que estos indican que es posible aumentar el número de especies registradas, posiblemente las especies no detectadas puede deberse al simple hecho de que estas no pasaron en ningún momento frente al área de detección de las cámaras o el área de estudio solamente presenta poblaciones con una abundancia relativamente alta de las especies ya detectadas. Sin embargo, los estimadores indican que se logró registrar entre el 70-75 % de las especies esperadas. El resto de las aves caminadoras son especies difícil de avistar y consideradas como poco comunes a raras en Panamá (Ridgely y Gwynne, 2005; Ponce y Muschett, 2006).

4.1 Estado de conservación

Las especies bajo categoría de amenaza representaron el 70 % de las aves registrada para el estudio, donde destaca el orden Galliformes, debido a que sus especies enfrentan una fuerte presión debido a la cacería ilegal, deportiva o de consumo (Guevara, 2021).

A pesar de que por medio del método de cámaras trampas se detecto una baja riqueza de especies, este fue clave para detectar especies elusivas a la presencia humana y con un importante estado de conservación debido ser especies que sufren la constante presión antropogénica por ser predilectas para la caza. Por lo tanto, el foto-trampeo es un método efectivo para el estudio de aves de interés socioeconómico o especies objeto de caza conocidas como cinegéticas (Mosa y Goytia, 2004; González-García, 2012).

5. Conclusiones

- Se registro un total 186 individuos divididos en 13 especies, 10 familias y ocho órdenes, en su mayoría pertenecientes al grupos de aves conocidas como caminadoras, por ende, el método de foto trampeo es eficiente a la hora de realizar inventarios a nivel del sotobosque, en especial en especies que se distribuyen principalmente por el suelo en espacios abiertos o entre la vegetación.
- El uso de cámaras trampas para la detección y toma de datos en la investigación sobre avifanua, es una herramienta útil y que puede ser complementaria para fortalecer los estudios de aves en la República de Panamá, la cual puede ayudar a detectar especies difícil de registrar por los métodos tradicional, complementando y proporcionando información sobre la ocupación y distribución de las distintas especies en el istmo.
- Es un método eficiente para detectar especie difíciles de observar y que son de importancia para la conservación, debido a ser elusivas o poseer un comportamiento evasivo a la presencia humana.

Agradecimientos

A la Fundación Biomundi, a la Fundación Geoversity y a la Reserva del Valle Mamoní por el apoyo logístico durante el presente estudio. Al Colegio de Biólogos de Panamá por la donación de las cámaras trampas utilizadas. A los estudiantes de la Universidad de Panamá Yelissa Juárez, Melissa López, Deyvis Castillo, Marelís Córdoba, Yhaidelice De León,

Guadalupe García, Rossana Guerra, Nicole Samudio y Yimayri Figueroa por el apoyo en las giras de campo para la revisión y mantenimiento de las cámaras instaladas en campo.

Referencias bibliográficas

Autoridad Nacional del Ambiente. (2010). *Atlas ambiental de la República de Panamá*. Panamá, Gobierno de la República de Panamá, Panamá.

Ahumada, J. A., Hurtado, J. y Lizcano, D. (2013). Monitoring the status and trends of tropical forest terrestrial vertebrate communities from camera trap data: a tool for conservation. *Plos One*, 8(9): e73707. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0073707>

Angher, G., y Dean, R. (2010). *The Birds of Panama A Field Guide*. Estados Unidos, Zona Tropical Editor and Zona Creativa S.A.

Armenteros, J. A., Prieto, R., Lomillos, J.M., Alonso, M.E. y Gaudioso, V.R. (2015). Do wild Red-legged Partridges (*Alectoris rufa*) use feeders? An investigation of their feeding patterns using camera trapping. *Avian Biology Research*, 8(1), 14-24. <https://doi.org/10.3184/175815515X14222927210587>

AUDUBON. (2021). Lista de las aves de Panamá. Comité de Registros de la Sociedad Audubon de Panamá. <https://www.audubonpanama.org/publicaciones.html>

Belda, A., Arques, J., Martínez, J., Peiró, V. y Seva, E. (2009). Análisis de la biodiversidad de fauna vertebrada en el Parque Natural de la Sierra de Mariona mediante fototrampeo. *Mediterranea: Serie de Estudios Biológicos*, 20, 42-67. https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/13192/1/Mediterranea_20_02.pdf

Buenrostro-Silva, A., Pinacho-López, B. y García-Grajales, J. (2016). Diversidad de mamíferos en una reserva privada de la Sierra Sur Oaxaca, México. *Ecosistema y Recursos Agropecuarios*, 4(10), 111-122 <https://doi.org/10.19136/era.a4n10.975>

Buler, J. y Hamilton, R. (2000). Predation of natural and artificial nests in a southern pine forest. *The Auk*, 117(3), 739-747. <https://doi.org/10.2307/4089598>

Chesser, R. T., Billerman, S.M., Burns, K.J., Cicero, C., Dunn, J.L., Hernández-Baños B.E., Jiménez, A., Kratter, A.W., Mason, N.A., Rasmussen, P.C., Remsen, J.V. Jr., Stotz, D.F. y Winker, K. (2022). Check-list of North American Birds. American Ornithological Society. <https://checklist.americanornithology.org/>

CITES. (2013). Convenio sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora. Checklist of CITES species. <https://cites.org/esp/app/appendices.php>

- Colwell, R. K. (2013). EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples (Versión 9). <http://purl.oclc.org/estimates>
- Colyn, R. B., Campbell, A. M. y Smit-Robinson, H. A. (2017). The application of camera trapping to assess Rallidae species richness within palustrine wetland habitat in South Africa. *Ostrich-Journal of African Ornithology*, 88(3), 1-11. <https://doi.org/10.2989/00306525.2017.1292562>
- Cueto, V.R. (2006). Escalas en ecología: su importancia para el estudio de la selección de hábitat en aves. *El Hornero*, 21(1), 1-13. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0073-34072006000100001
- Díaz-Pulido, A. y Payán, E. (2012). Manual de fototrampeo, una herramienta de investigación para la conservación de la biodiversidad en Colombia. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos von Humboldt; Fundación Panthera Colombia, Colombia. <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/31415/240.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Dinata, Y., Nugroho, A., Haidir, I. A y Linkie, M. (2008). Camera trapping rare and threatened avifauna in west-central Sumatra. *Bird Conservation International*, 18, 30-37. <https://www.cambridge.org/core/journals/bird-conservation-international/article/camera-trapping-rare-and-threatened-avifauna-in-westcentralsumatra/647D47FAA8005E44AB23D129C9D6C54C>
- Gaceta Oficial Digital No. 28187-A del 29 de diciembre de 2016. Ministerio de Ambiente (Miambiente). República de Panamá. https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/28187_A/GacetaNo_28187a_20161229.pdf
- García, H.H. y García, N.C. (2022). El hocó colorado (*Tigrisoma lineatum*) es un depredador del estornino pinto (*Sturnus vulgaris*). *Nuestras Aves*, 67, 1-2. https://www.avesargentinas.org.ar/sites/default/files/A26_Tigrisoma.pdf
- González-García, F. (2012). Métodos para contar aves terrestres. En: Gallina-Tesaro, S. y López-González, C. (Eds.), *Manual de técnicas para el estudio de la fauna* (pp. 86-123). Querétaro, México: Universidad Autónoma de Querétaro. http://www1.inecol.edu.mx/cv/CV_pdf/libros/tecnicas_fauna.pdf
- Guevara-Alvarado, N. y Juárez-Mendoza, Y. (2022). Listado y riqueza de especies de aves de la Reserva del Valle Mamoní. *Revista Zeledonia*, 26(1), 26-51. <https://www.zeledonia.com/uploads/7/0/1/0/70104897/mamodi.pdf>
- Guevara, N. (2021). Riqueza de especies de aves de la Sierra Llorona, Provincia de Colón, Panamá. *Revista Científica Tecnociencia*, 23(1), 238-261. <https://doi.org/10.48204/j.tecno.v23n1a12>

- Guevara, N. y López, M. (2022). Inventario de mamíferos terrestres y arbóreos de la Reserva del Valle Mamoni, en la República de Panamá. *Revista Mexicana de Mastozoología, nueva época*, 12(2), 1-16. <https://doi.org/10.22201/ie.20074484e.2022.12.2.371>
- IUCN, 2022. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-3. <https://www.iucnredlist.org>
- Jenks, K. E., Chanteap, P., Damrongchainarong, K., Cutter, P., Cutter, P., Redford, T., Lynam, A. J., Howard, J. y Leimgruber, P. (2011). Using relative abundance indices from camera-trapping to test wildlife conservation hypotheses - an example from Khao Yai National Park, Thailand. *Tropical Conservation Science*, 4, 113-131. <https://doi.org/10.1177/194008291100400203>
- Li, S., Mcshea, W. J., Wang, D., Shao, L. y Shi, X. (2010). The use of infrared-triggered cameras for surveying phasianids in Sichuan Province, China. *The International Journal of Avian Science*, 152(2), 299-309. https://www.researchgate.net/publication/227658178_The_use_of_infrared-triggered_cameras_for_surveying_phasianids_in_Sichuan_Province_China
- Lira-Torres, I. y Briones-Salas, M. (2012). Abundancia relativa y patrones de actividad de los mamíferos de los Chimalapas, Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 28(3), 566-585. <https://doi.org/10.21829/azm.2012.283859>
- Mccallum, J. (2013). Changing use of camera traps in mammalian field research: Habitats, taxa and study types. *Mammal Review*, 43(3), 196-206. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2907.2012.00216.x>
- Medellín, R., Azuara, D., Maffei, L., Zarza, H., Bárcenas, H., Cruz, E., Legaria, R., Lira, I., Ramos-Fernández, G. y Ávila, S. (2006). Censos y Monitoreo. En: Chávez, C. y Ceballos, G. (Eds.), *El Jaguar Mexicano en el Siglo XXI: Situación Actual y Manejo*. (pp. 25-35). México, CONABIO-Alianza WWF TELCEL-Universidad Nacional Autónoma de México. https://www.researchgate.net/publication/285589699_Censos_y_Monitoreos
- Mena, J. L., Zúñiga Hartley, A., Villacorta Pezo, M. y Salazar Zorrilla, S. (2016). Estimación de riqueza de mamíferos y aves terrestres de la cuenca alta del río La Novia, Purús a través de modelos de ocupación. En: Mena, J.L. y Germaná, C. (Eds.), *Diversidad Biológica del Sudeste de la Amazonía Peruana: avances en la investigación* (pp. 172-193). Perú, Lima: Consorcio Purús- Manu. https://www.researchgate.net/publication/299462047_Estimacion_de_la_riqueza_de_mamiferos_y_aves_terrestres_de_la_cuenca_alta_del_rio_La_Novia_Purus_a_traves_de_modelos_de_ocupacion

- Monroy-Vilchis, O., Zarco-González, M.M., Rodríguez-Soto, C., Soria-Díaz, L. y Urios. V. (2011). Fototrampeo de mamíferos en la Sierra Nanchititla, México: abundancia relativa y patrón de actividad. *Revista de Biología Tropical*, 59, 373-383. <https://doi.org/10.15517/rbt.v59i1.3206>
- Moreira, J., Mcnab, R. B., Thornton, D., García, R., Ponce- Santizo, G. y Radachowsky, J. (2007). Abundancia de jaguares en La Gloria-El Lechugal, zona de usos múltiples, Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala (Informe interno). Guatemala, Sociedad para la Conservación de la Vida Silvestre (WCS-Guatemala), Programa para la Conservación del Jaguar.
- Mosa, S. G. y Goytia, M. (2004). Evaluación de la caza recreativa sobre la fauna silvestre en las provincias de Salta y Jujuy, Argentina. Memorias: Congreso Internacional sobre Manejo de Fauna Silvestre en la Amazonía y Latinoamérica, Iquitos, Perú. <https://comfauna.org/congresos/memorias-y-resumenes/2004-iquitos-peru/>
- Narosky, T. y Yzurieta, D. (2006). *Guía para la identificación de las Aves de Paraguay. Buenos Aires, Argentina*. Argentina, Vázquez Mazzini.
- O'Connell, A. F., Nichols, J. D. y Karanth, K. U. (2010). *Camera traps in animal ecology: methods and analysis*. Estados Unidos, Springer.
- Pietz, P. y Granfors, D. (2005). Parental nest defense on videotape: More reality than “myth”. *The Auk*, 122(2), 701-705. <https://www.jstor.org/stable/4090458>
- Ponce, E y Muschett, G. (2006). *Guía de campo ilustrada de las Aves de Panamá*. República de Panamá, Ediciones Balboa, Panamá.
- Ralph, J., Geupel, G., Pyle, P., Martin, T., De Sante, D. y Milá, B. (1996). Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. General Technical Report. Estados Unidos, Pacific Southwest Research Station. http://www.avesdecostarica.org/uploads/7/0/1/0/70104897/manual_de_metodos.pdf
- Ridgely, R. y Gwynne, J.W. (2005). *Guía de las aves de Panamá, incluyendo Costa Rica, Nicaragua y Honduras. Primera edición en español*. República de Panamá, Asociación Nacional para la Conservación de la Naturaleza (ANCON).
- Rojas-Robles, R., Stiles, G. y Muñoz-Saba, Y. (2012). Frugivoría y dispersión de semillas de la palma *Oenocarpus bataua* (Arecaceae) en un bosque de los Andes colombianos. *Revista de Biología Tropical*, 60(4), 1445-1461. <https://doi.org/10.15517/rbt.v60i4.2054>

Zárate-Betzel, G. I., Gustafson, A. W., Goralewski, K.B.Ñ., Mattos, A.E., Rodríguez, S.M. y Pech-Canché, J.M. (2019). Cámaras trampas como método de muestreo para aves del Chaco Seco paraguayo: una comparación con los métodos auditivos y visuales. *Revista de Biología Tropical*, 67(4), 1089-1102. <https://doi.org/10.15517/rbt.v67i4.34835>

Diagnóstico de la abundancia de microplástico en tres playas del distrito de Las Tablas, Pacífico panameño, durante agosto y octubre de 2022

Diagnosis of the abundance of microplastic in three beaches of Las Tablas district, panamanian Pacific, during August and October de 2022

*Calixto Barrera M¹, Mariel Fuentes², Jesús Cedeño³, Enith Domínguez⁴,
Adriana Cedeño⁵, Brayán Argüello⁶, Ariana Irias⁷*

¹Ministerio de Educación, Colegio Manuel María Tejada Roca, Panamá; calixto1207@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3691-2864>

²Ministerio de Educación, Colegio Manuel María Tejada Roca, Bachiller en Ciencias, Panamá; marielalejandrafuentes18@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0002-4184-2493>

³Ministerio de Educación, Colegio Manuel María Tejada Roca, Bachiller en Ciencias, Panamá; jesusedeno638@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0009-4146-7954>

⁴Ministerio de Educación, Colegio Manuel María Tejada Roca, Bachiller en Ciencias, Panamá; enith2225@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0006-6323-0120>

⁵Ministerio de Educación, Colegio Manuel María Tejada Roca, Bachiller en Ciencias, Panamá; adrianacarolinacedenobarria@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0009-6655-7104>

⁶Ministerio de Educación, Colegio Manuel María Tejada Roca, Bachiller en Ciencias, Panamá; brayangutierrez2312@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0005-0154-0900>

⁷Ministerio de Educación, Colegio Manuel María Tejada Roca, Bachiller en Ciencias, Panamá; arianastoo@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0008-3543-0576>

Fecha de recepción: 27 de marzo de 2023

Fecha de aceptación: 14 de mayo de 2023

Resumen: Los microplásticos son fragmentos plásticos de un tamaño menor a 5 mm de diámetro que actualmente son considerados contaminantes emergentes. Ante la falta de información relacionada con MPs en la zona, la presente investigación tuvo la finalidad de evaluar la abundancia y características de MPs en las playas Las Comadres, El Estero y El Uverito, distrito de Las Tablas, provincia de Los Santos. Las muestras fueron colectadas en los meses de agosto y octubre de 2022, en un transecto de 100 metros paralelos a la línea pleamar y tomando cinco muestras de arena en cada muestreo. Los MPs se contabilizaron y se clasificaron por forma y color. La abundancia se expresó en ítems/m² y fue de 34,4, 37,2 y 9,2 ítems/m² para Las Comadres, El Estero y El Uverito, respectivamente, encontrándose diferencias significativas entre El Uverito y el resto de las playas ($p=0,001$). Goma espumosa, fragmentos y láminas fueron las formas predominantes de MPs encontrados en las playas, mientras que los MPs de color blanco fueron los más abundantes. Los resultados obtenidos evidencian contaminación por MPs en las playas del distrito de Las Tablas, lo que crea una línea base de conocimientos que ofrece información importante para que los responsables en la toma de decisiones y público en general implementen alternativas para lograr una gestión integral de desechos sólidos, en especial los de origen plástico.

Palabras clave: Contaminación, arena, microplástico, abundancia, Panamá.

Abstract: Microplastics are plastic fragments smaller than 5 mm in diameter that are currently considered emerging contaminants. Given the lack of information related to MPs in the area, the present investigation

had the purpose of evaluating the abundance and characteristics of MPs on the beaches of Las Comadres, El Estero, and El Uverito, municipalities of Las Tablas, Los Santos province. Samples were collected in August and October 2022, in a 100-meter transect parallel to the high tide line, and taking five sand samples in each sampling. MPs were counted and classified by shape and color. Abundance was expressed in items/m² and was 34.4, 37.2, and 9.2 items/m² for Las Comadres, El Estero, and El Uverito, respectively, finding significant differences between El Uverito and the rest of the beaches ($p= 0.001$). Foams, fragments, and sheet plastic fragments were the predominant forms of MPs found on the beaches, while white MPs were the most abundant. The results obtained show evidence of contamination by MPs on the beaches of Las Tablas municipality, which creates a baseline of knowledge that provides important information for decision-makers and the general public to implement alternatives to achieve integrated management of solid waste, especially those of plastic origin.

Keywords: Contamination, sand, microplastics, abundance, Panamá.

1. Introducción

Los plásticos se han convertido en un material indispensable para el ser humano, debido a su bajo costo de producción, peso ligero, versatilidad y durabilidad, lo que ofrece ventajas sobre otros materiales, por lo que su uso y consumo se ha incrementado en las industrias y en nuestro diario quehacer (Sarria-Villa y Gallo-Corredor, 2016; Herrera et al., 2017; Gil et al., 2020). No obstante, desde la década de los 70, Edward Carpenter, investigador del prestigioso Instituto Oceanográfico Woods Hole (EE.UU.), advertía sobre los posibles efectos de la contaminación por plástico (Herrera et al., 2017).

Actualmente el plástico es un gran problema que preocupa a la población, porque toneladas de este polímero terminan anualmente en el mar (Cabrera, 2018), lo cual representa un peligro para la fauna marina, al generar contaminación en los océanos (Derraik, 2002; Gil et al., 2020), convirtiéndose en el principal contaminante en las aguas marinas de América Latina y el Caribe (Tambutti y Gómez, 2022). En el medio marino los plásticos se degradan lentamente para dar lugar a partículas cada vez más pequeñas, denominadas microplásticos (Padilla, 2020); por consiguiente, al incrementarse la producción, consumo e inadecuada disposición de plásticos, estos se acumulan en los ecosistemas marinos, lo que convierte estas zonas en importantes sumideros de microplásticos (Vásquez-Molano et al., 2021).

Los microplásticos (en adelante MPs) se definen como pequeñas piezas de plástico de un tamaño entre 0,1 μm y 5 mm de diámetro (Thompson et al., 2009) que provienen de la fragmentación de grandes piezas de plástico, así como de cosméticos, artículos de pesca,

desechos plásticos de uso cotidiano, entre otros (Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR, 2017; Iannacone et al., 2019). Los MPs han generado una creciente preocupación en la comunidad científica y el público a nivel mundial (De la Torre, 2019), constituyéndose en contaminantes invisibles y emergentes (Castro et al., 2021).

Al representar los MPs uno de los mayores problemas de contaminación ambiental debido a su ubicuidad (Padilla, 2020), en la última década se han incrementado las investigaciones en torno a este contaminante. No obstante, al utilizarse diversas metodologías, se complica comparar resultados. Por consiguiente, la presente investigación se comparará con aquellas que aborden la temática con una metodología similar y cuyos sitios de muestreo estén localizados en la vertiente Pacífica de Centro o Sur América.

En América del Sur se pueden referenciar investigaciones realizadas por Hidalgo-Ruz y Thiel (2013) en 39 playas chilenas y la Isla de Pascua; Purca y Henestroza (2017) en cuatro playas arenosas en Perú (Vesique, Albúfera de Medio Mundo, Costa Azul-Ventanilla y El Chaco); Honorato-Zimmer et al. (2019) en treinta y siete playas chilenas; Garcés-Ordóñez et al. (2020) en 15 playas del Pacífico colombiano; y Jones et al. (2022) en dos playas (Punta Pitt y Tortuga Bay) en Islas Galápagos.

En Centroamérica, Díaz y Sarria (2019) realizan evaluación de los MPs en las costas de la bahía de San Juan del Sur, Nicaragua; Mazariegos-Ortíz et al. (2021) en las playas Ocos, Tulate, Sipacate y Las Lisas, en Guatemala; y Sabot (2022) en playas del golfo de Nicoya, Costa Rica.

En Panamá, Delvalle de Borrero et al. (2020), entre mayo y noviembre de 2018, realizan un diagnóstico de MPs en playas de ambas vertientes; en el Caribe Punta Galeta y Palenque, en el Pacífico, Juan Díaz y San Carlos. Posteriormente, Delvalle de Borrero (2020) en *Café Científico* con la SENACYT el 30 de enero de 2020, reporta nuevas evaluaciones a nivel nacional en torno a la abundancia de MPs. En el Caribe, 12 playas en la provincia de Colón y Playón Chico en la comarca de Guna Yala, mientras que en el Pacífico, ocho playas en la provincia de Panamá y 10 playas en la provincia de Panamá Oeste. Sin embargo, hasta el momento no existen reportes de la abundancia de MPs en las playas de la provincia de

Los Santos. Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación es analizar los microplásticos en la línea de pleamar de tres playas arenosas: El Uverito, El Estero y Las Comadres, del distrito de Las Tablas, Los Santos, Panamá, a fin de realizar una primera aproximación cuantitativa de la abundancia de este contaminante en la zona.

2. Metodología

En los meses de agosto y octubre de 2022 se realizó un estudio exploratorio, en tres playas del distrito de Las Tablas, provincia de Los Santos (figura 1). Las playas seleccionadas fueron: El Uverito (7.7710130; -80.1760221), El Estero (7.8014915; -80.2030847) y Las Comadres (7.8167879; -80.2164062). La selección de la playa para este estudio se basó en los criterios de fácil accesibilidad y frecuentadas por bañistas.

Figura 1

Localización de los sitios de muestreo en la costa del distrito de Las Tablas, provincia de Los Santos



Fuente: Google Earth, modificada por los autores

El muestreo de MPs se realizó en marea baja en horas de la mañana. Previo al muestreo, se realizó una gira de reconocimiento, para observar características de cada playa y la elección del transecto a muestrear. Para la colecta de las muestras se utilizó el protocolo propuesto por Delvalle de Borrero et al. (2020) el cual consistió en la elección de

un transecto de 100 m paralelo a la línea de marea alta, donde se colectaron cinco muestras de arena a 25 m de distancia entre ellas. Las muestras fueron colectadas utilizando una palita de jardín con mango de madera. Cada sitio de muestreo estuvo delimitado por un cuadrante de madera 50 cm x 50 cm. Dentro de cada cuadrante, se recogió la capa superficial de arena de 1,0 cm de espesor y se guardó en una bolsa Ziploc, previamente codificada. Para la georreferenciación de los sitios de colecta se utilizó la aplicación de Google maps presente en teléfonos celulares Android.

En el laboratorio, la muestra de arena fue secada en un horno de convección a 60°C durante 48 horas, hasta peso constante. Debido a limitaciones metodológicas, en esta investigación sólo se consideran los MPs en el intervalo de 1 a 5 mm. Una vez secada la muestra se procedió a tamizarla manualmente: primero con un tamiz con luz de malla de 5 mm y luego con un tamiz de 1 mm. El material retenido en el tamiz de 1 mm, en primera instancia, se inspeccionó visualmente para extraer las piezas de MPs que quedaron retenidas; y, posteriormente, se sometió a una separación por densidad, mediante el uso una solución saturada de NaCl (358g/L; 1,21g/cm³). La solución se agitó con un policial durante unos cinco minutos y se dejó en reposo durante la noche a fin de permitir su sedimentación natural. Pasado este período se extrajo el sobrenadante, se colocó en un plato Petri de vidrio y se procedió a la búsqueda de MPs con apoyo de un estereoscopio marca Leica Zoom 2000. Los MPs colectados en cada muestra fueron contabilizados y clasificados por forma y color (Hidalgo-Ruz et al., 2012). En cada playa se calculó la abundancia de MPs por metros cuadrados (MPs/m²); la sumatoria total de MPs (en los cinco cuadrantes) se dividía entre el área total de los cuadrantes (1,25 m²).

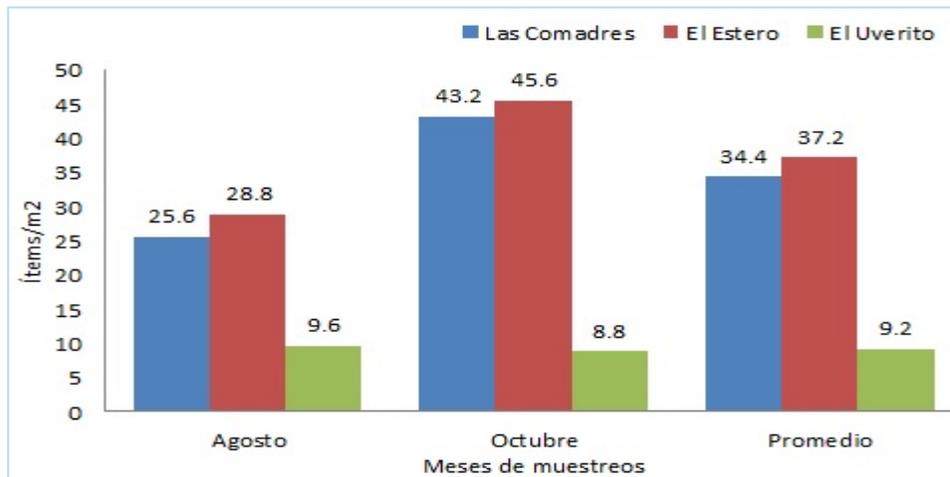
Los datos obtenidos fueron analizados con el programa Microsoft Excel 2010; aplicándose estadísticas descriptivas como porcentajes y medidas de tendencia central como la media. El estadístico aplicado para la comparación de medias fue la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis al 5% de significancia ($p \leq 0.05$), con paquete estadístico SPSS, versión 20 (IBM-SPSS, 2011).

3. Resultados y discusión

Se analizaron 202 MPs colectados en tres playas del distrito de Las Tablas (figura 2). La abundancia promedio en la zona fue de 26, 9 ítems/m², con menor abundancia en el mes de agosto (80 MPs; 21, 3 ítems/m²) con respecto a octubre (122 MPs; 35, 5 ítems/m²). La abundancia promedio de MPS en Las Comadres fue 34, 4 ± 25,5 ítems/ m²; en EL Estero, 37, 2 ± 24, 4 ítems/m²; y El Uverito fue, y 9, 2 ± 6, 5 ítems/m².

Figura 2

Abundancia promedio de microplásticos (ítems/m²) en tres playas del distrito de Las Tablas, litoral Pacífico de Panamá, año 2022



Fuente: Elaborada por los autores.

Al comparar la abundancia promedio obtenida en Las Tablas con lo registrado a nivel nacional y en otras localidades del Pacífico de Centro y Sur América, se observa, que en la mayoría de los casos, la abundancia promedio obtenida en este trabajo es inferior a lo registrado en otras localidades, (tabla 1).

Tabla 1

Abundancia promedio de microplásticos reportados en playas de la vertiente Pacífica de Centro y Sur América

País	Abundancia (ítems/m ²)	Referencia
Guatemala	18,7 ítems/m ²	Mazariegos-Ortíz <i>et al.</i> (2021)
Nicaragua	304 ítems/m ²	Díaz y Sarria (2019)
Costa Rica (Puntarenas)	2900 ítems/m ²	Sabog (2022)
Panamá	70 ítems/m ²	Delvalle de Borrero <i>et al.</i> (2020)
Panamá	47 ítems/m ²	Delvalle de Borrero (2020)
Panamá	26,9 ítems/ m ²	Presente estudio
Colombia	138 ítems /m ²	Garcés-Ordóñez <i>et al.</i> (2020)
Ecuador (Islas Galápagos)	74 ítems/m ² (Tortuga Bay)	Jones <i>et al.</i> , (2022)
Ecuador (Islas Galápagos)	381 ítems/m ² (Punta Pitt)	Jones <i>et al.</i> , (2022)
Perú	130 ítems/m ²	Purca e Hinestroza (2017)
Chile (continental)	27 ítems/m ²	Hidalgo-Ruz y Thiel (2013)
Chile (Isla de Pascua)	805 ítems/m ²	Hidalgo-Ruz y Thiel (2013)
Chile (continental)	2,2 ítems/m ²	Honorato-Zimmer <i>et al.</i> , (2019)

Fuente: Elaborada por los autores.

Los resultados obtenidos en la vertiente Pacífica de Centro y Sur América, evidencian alta variabilidad entre playa muestreada y localidad. Por ejemplo, se observa una disminución en la abundancia de MPs en Chile continental desde 27 ítems/m² (Hidalgo-Ruz y Thiel, 2013) a 2,2 ítems/m² (Honorato-Zimmer *et al.*, 2019), lo que podría ser resultado de una comunidad organizada que desde hace más de una década realiza limpieza de playas. Por lo tanto, una población con más conciencia ambiental implementa alternativas para evitar que los desechos sólidos lleguen al ecosistema marino-costero.

En Centroamérica, Díaz y Sarria (2019) en las costas de la bahía de San Juan del Sur en el pacífico de Nicaragua, se registra una alta concentración de MPs en la zona muestreada (304 ítems/m²); en Guatemala, Mazariegos-Ortíz *et al.* (2021) en muestreo realizado en cuatro playas, evidencian una contaminación por MPs a menor escala, (18,8 ítems/m²), observándose una fluctuación de acuerdo a localidad y estación del año. No obstante, es preocupante los resultados obtenidos en Puntarenas, Costa Rica, en donde se contabilizaron en el año 2019 más de 1 400 ítems/m², ascendiendo para el año 2021, a más de 2 900 ítems/m², duplicando su abundancia en dos años (Sabog, 2022). Estos hallazgos evidencian la necesidad de realizar un constante monitoreo de la abundancia de MPs en la zona, y la implementación de programas de educación ambiental en torno al tema.

En Panamá, las primeras evaluaciones fueron realizadas en el año 2018 por Delvalle de Borrero et al. (2020), en playas del Caribe (Punta Galeta y Palenque, en Colón) y del Pacífico, específicamente en Panamá (Juan Díaz) y Panamá Oeste (San Carlos). Se evidencia mayor contaminación en la vertiente Caribe, con promedios de 294 ítems /m² y 62 ítems /m² en Punta Galeta y Palenque, respectivamente. En el Pacífico, se reportan valores de 105 ítems /m² en Juan Díaz y 34 ítems /m² en San Carlos.

Posteriormente, Delvalle de Borrero (2020) en *Café Científico* con la SENACYT el 30 de enero de 2020, informa sobre nuevas evaluaciones en estas provincias. En la vertiente Pacífica, en las playas antes mencionadas, la abundancia de MPs aumentó en Juan Díaz de a 295 ítems/m² mientras en San Carlos se da una leve reducción, a 30 ítems/m². Estos resultados evidencian un aumento en la abundancia de MPs en la playa de Juan Díaz, lo que podría deberse a un efecto combinado entre una mayor densidad poblacional y un inadecuado descarte de desechos sólidos, los cuales pueden depositarse directamente en el medio marino o ser llevados por la escorrentía de los ríos. Con base en estos resultados, considerando que las playas de Las Tablas son muy frecuentadas por bañistas y que ellas poseen cercas desembocaduras de ríos, urgen programas de educación ambiental encaminados a lograr una gestión integral de residuos plásticos.

Para verificar si existen diferencias significativas entre el número de MPs encontrados por playa, se realizó la prueba no paramétrica Kruskal Wallis ($P \leq 0,05$). Al analizar los datos se obtiene una probabilidad de estadístico de 0,001 ($P= 0,001$), lo que evidencia diferencias significativas entre la abundancia promedio de MPs en playa El Uverito versus lo en las playas El Estero y Las Comadres. Pese a que en los muestreos se observaron desechos plásticos en las playas, fue precisamente playa El Uverito la que presentó, grosso modo, una menor abundancia de macroplásticos.

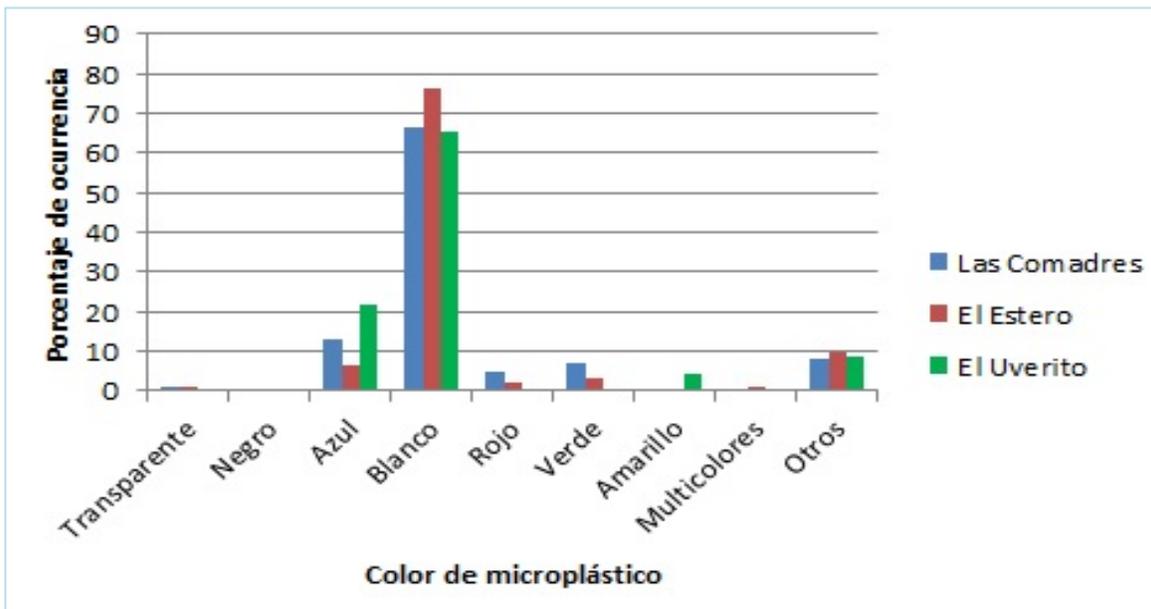
Referente al color de ítems de microplástico por playa (figura 3), se obtiene predominancia del color blanco y en segunda instancia, el azul. Referente a los ítems de color blanco, en su mayoría provienen de la fragmentación de goma espumosa (foam), el cual es un producto común en empaques, vasos desechables, recipientes de comida,

neveras de un solo uso, materiales de construcción, los cuales frecuentemente se descartan inadecuadamente.

En general, estos resultados concuerdan con lo registrado por Delvalle-Borrero et al. (2020) en costas panameñas. En playa Las Comadres se contabilizan un total de 86 ítems de MPs, de los cuáles 1,2 % es transparentes, 12,8 % son azules, 68,3 % son blancos, 4,7 % es rojo, 6,9 % son verdes y 8,1 % pertenecen a otras tonalidades. En playa El Estero del total de 93 MPs, 1 % es transparente, 6,5 % son azules, 77,4 % son blancos, 2 % son rojos, 3 % son verdes, 1 % es multicolor y 9 % pertenecen a otras tonalidades. Finalmente, en playa El Uverito del total de 23 MPs, se reportan 21, 8% azules, 65,2 % blancos, 4,3% amarillo y 8,7 % pertenecen a otras tonalidades.

Figura 3

Porcentaje de ocurrencia de color de microplásticos en las tres playas muestreadas, año 2022



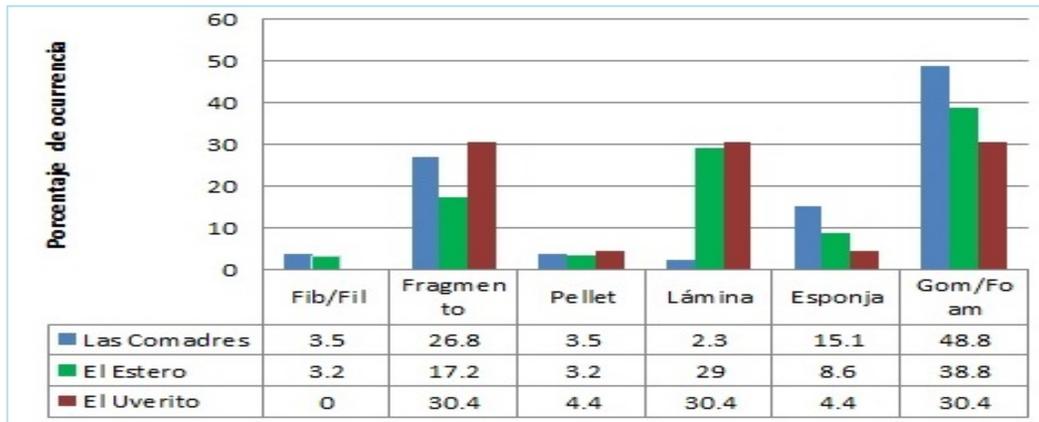
Fuente: Elaborada por los autores

En cuanto a la forma, de manera general, la goma espumosa (42, 1%), los fragmentos (22,8%) y las láminas (17,8 %) son las más abundantes en la zona. La goma espumosa (foam) es el MPs más abundante en Las Comadres (48,8 %) y El Estero (38,8 %), mientras

que en El Uverito predomina la goma espumosa, los fragmentos y las láminas, con una abundancia de 30,4 % (Fig. 4).

Figura 4

Porcentaje de ocurrencia de forma de microplásticos en las tres playas, año 2022



Fuente: Elaborada por los autores.

En la figura 4 se observan los resultados obtenidos de la clasificación de MPs por forma, donde la goma espumosa, los fragmentos y las láminas, en ese orden, son las más abundantes en las playas del distrito de Las Tablas. Estos resultados coinciden con los reportados por Delvalle de Borrero et al. (2020) en la vertiente Pacífica de Panamá, donde los fragmentos (44,5 %) y la goma espumosa (35,2 %) son los más abundantes en Juan Díaz, mientras que los fragmentos (30,2 %) son los más abundantes en San Carlos. En otras localidades del Pacífico de Centroamérica, por ejemplo, en Nicaragua, Díaz y Sarria (2019) obtienen que los fragmentos (83 %), las láminas (7,4 %) y la goma espumosa (6,1 %) son los más abundantes, mientras que en Honduras Mazariegos-Ortíz et al. (2021) reportan como los más abundantes los fragmentos (61%) y la goma espumosa (35 %).

Ante la evidente contaminación que representa la acumulación de plástico en el ecosistema marino-costero, urgen acciones que busquen disminuir su uso, en especial los plásticos de un solo uso. Por ejemplo, es fundamental que se implementen programas de educación ambiental en escuelas y colegios, y a la ciudadanía en general, para generar un mejor manejo de residuos plásticos, en miras a lograr una economía circular en torno a este contaminante. También es fundamental el cumplimiento de legislaciones establecidas al

respecto, por ejemplo, el artículo 1 de la Ley 1 de 19 de enero de 2018, que adopta medidas para promover el uso de bolsas reutilizables en establecimientos comerciales, que establece: “queda prohibido el uso de bolsas de polietileno en los supermercados, autoservicios, almacenes o comercios en general para el transporte de productos o mercaderías” (p.2). De igual forma la Ley 187 de 2 de diciembre de 2020, que regula la reducción y el reemplazo progresivo de los plásticos de un solo uso.

La presente investigación constituyó un primer esfuerzo para abordar la abundancia de MPs en la zona, evidenciándose la presencia de este contaminante en las playas del distrito de Las Tablas. Por lo tanto, debemos empezar a generar conciencia ambiental, aplicando las reglas de las 3R; reducir los plásticos que utilizamos, reutilizar los de sólo uso para crear eco-ladrillos y reciclar aquellos que puedan ser reciclados. Si bien es cierto, el problema generado por el mal descarte de estos polímeros no va a desaparecer a corto plazo, es oportuna la implementación de acciones que busquen evitar que más plásticos lleguen a nuestros ríos, mares y costas.

4. Conclusiones

- Se registra presencia de MPs en playas del distrito de Las Tablas, evidenciándose que la contaminación por MPs es un problema global al que no escapan las playas de la región. No obstante, aún no se ha definido un valor guía que permita contrastar resultados.
- Pese a que la abundancia promedio de MPs en la zona es inferior ($26,9 \text{ ítems/m}^2$) al promedio obtenido en la Bahía de Panamá (47 ítems/m^2), en las giras se observó todo tipo de basura, incluyendo muchos artículos de origen plásticos como lo son botellas, platos y vasos desechables, entre otros, por lo que en años venideros, de no implementarse jornadas de sensibilización, podría aumentar la abundancia de este contaminante en la localidad.
- Se observa una abundancia promedio de MPs significativamente menor en playa El Uverito en referencia a las playas El Estero y Las Comadres. No obstante, al desarrollarse permanentemente actividades turísticas o pesqueras en la zona y

existir hogares a pocos metros de la línea de pleamar, se genera la necesidad de evaluar periódicamente los MPs en playas del distrito de Las Tablas, a fin de determinar si existen cambios espacio- temporales en su abundancia.

- Las formas predominantes de MPs en la zona fueron gomas espumosas (foam), fragmentos y láminas, mientras que los MPs de color blanco fueron los que presentaron mayor abundancia. No obstante, al evidenciarse partículas con muy poco grado de desgaste, en especial goma espumosa, hace sugerir que tiene poca permanencia en el ecosistema marino y que se generan de forma constante o en fuentes cercanas, incluso en la misma playa, por ejemplo, de las neveras portátiles de goma espumosa (foam).
- El presente estudio constituye el primer reporte de la abundancia de MPs en playas del distrito de Las Tablas. Con ello se crea una línea base de conocimientos que permiten una herramienta de análisis para la implementación de estrategias de gestión integral de residuo sólidos, en especial los de origen plástico. De este modo, ante la confirmación de contaminación en las playas del distrito de Las Tablas por MPs se hace imperante la necesidad de desarrollar campañas de concientización en la población, especialmente para niños y jóvenes, para generar cambios que pueden hacer desde sus hogares, en miras a lograr una mejor gestión de desechos sólido.

5. Agradecimientos

Este trabajo de investigación fue desarrollado como parte del programa Proyecto Científicos Escolares 2021-2022. Agradecemos a la Fundación de Centro de Arte y Cultura-EXPLORA. También al personal directivo del colegio Manuel María Tejada Roca por el apoyo en transporte.

Referencias bibliográficas

- Cabrera, D. (2018). *Determinación de la presencia de microplásticos en playas de Tenerife*. [Tesis de pregrado, Universidad de La Laguna Tenerife]. RIULL. <http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/8703>
- Castro, S., Barrera, A., González, A., Pinot, A., Vargas, J., Sierra, I. y Huchin, J. (2021). Contaminación y microplásticos en ecosistemas acuáticos. *Jóvenes en la ciencia*, 10, <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/3311>
- De la Torre, G. (2019). Microplásticos en el medio marino: una problemática que abordar. *Revista de Ciencia y Tecnología*, 15(4), 27–37. https://www.researchgate.net/publication/338263789_Microplasticos_en_el_medio_marino_una_problematika_que_abordar
- Delvalle de Borrero, D. (30 de enero de 2020). Discutiendo Microplásticos. Café Científico – SENACYT. <https://www.senacyt.gob.pa/wp-content/uploads/2020/03/Discutiendo-Micropl%C3%A1sticos-por-Dra.-Denise-Del-Valle.pdf>
- Delvalle, D., Fábrega, J., Olmos, J., Garcés, O., Gurgel, S., Vezzone, M., de Sá, J. y Meigikos, R. (2020). Distribution of plastic debris in the Pacific and Caribbean aches of Panama. *Air, Soil and Water Research*, 13, 1-8. <https://doi.org/10.1177/1178622120920268>
- Derraik, J. (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine Pollution Bulletin*, 44, 842-852. [http://doi.org/10.1016/S0025-326X\(02\)00220-5](http://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00220-5)
- Díaz, J. y Sarria, K. (2019). Microplásticos en las costas del Pacífico de Nicaragua. *Compromiso Social*, 1 (2), 51-60. <https://doi.org/10.5377/recoso.v1i2.13327>
- Garcés-Ordoñez, O., Espinosa, L., Pereira, R., Barroso, B. y Meigikos, R., (2020). Plastic litter pollution along sandy beaches in the Caribbean and Pacific coast of Colombia. *Environmental pollution*, 267, 1-13. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749120361832>
- Gil, A., Espinosa, M., González, A., Chiari, M., del Rosario, N., Batista, V. y Sierra, M. (2020). Los envases de plástico y su impacto. *Semilla Científica* 1, 268- 279. <https://repositorio.umecit.edu.pa/bitstream/handle/001/4729/Revista-Semilla-Cient%c3%adfica-269-280%20-%20copia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Herrera, A., Liria, A., Ostiategui, P. y Gómez, M. (2017). Los microplásticos: Amenaza de los ecosistemas marinos. *Okeanos* 5, 12-17. <https://accedcris.ulpgc.es/bitstream/10553/71275/2/microplasticosamenazaecosistemas.pdf>

- Hidalgo, V. y Thiel, M. (2013). Distribution and abundance of small plastic debris on beaches in the SE Pacific (Chile): a study supported by a citizen science project. *Marine Environmental Research*, 87(88), 12–18. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2013.02.015>
- Honorato, D., Kruse, K., Knickmeier, K., Weinmann, A., Hinojosa, I. y Thiel, M. (2019). Inter-hemispherical shoreline surveys of anthropogenic marine debris – a binational citizen science project with schoolchildren. *Marine Pollution Bulletin*, 138, 464–473. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.11.048>.
- Iannaccone, J., Huyhua, A., Alvarino, L., Valencia, F., Principe, F., Minaya, D., Ortega, J., Argota, G. y Castañeda, L. (2019). Microplásticos en la zona de marea alta y supralitoral de una playa arenosa del litoral costero del Perú. *The Biologist*, 17(2), 335-346. <https://doi.org/10.24039/rtb2019172369>
- Ley 1 de (19 de enero de 2018). *Que adopta medidas para promover el uso de bolsas reutilizables en establecimientos comerciales*. Gaceta Oficial 28448-B de 19 de enero de 2018. https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/28448_B/GacetaNo_28448b_20180119.pdf
- Ley 187 de (2 de diciembre de 2020). *Que regula la reducción y el reemplazo progresivo de los plásticos de un solo uso*. Gaceta Oficial 29532-A de 9 de mayo de 2022. https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/29532_A/91521.pdf
- Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR. (2017). Protocolo de muestreo y análisis de microplásticos en aguas marinas superficiales, sedimentos de playas y tracto digestivo de peces. Componente 5: Diagnóstico de Microplásticos en zonas costeras de Colombia, Resolución 646 MinAmbiente. Santa Marta. 21p. <https://es.scribd.com/document/431726656/Protocolo-de-Muestreo-y-Analisis-de-Microplasticos-en-Aguas-Marinas-Superficiales-Sedimentos-de-Playas-y-Tracto-Digestivo-de-Peces>
- Jones, J., Guézou, A., Medor, S., Nickson, C., Savage, G., Alarcón-Ruales, D., Galloway, T., Muñoz-Pérez, J., Nelms., S. Porter, A., Thiel, M. y Lewis, C. (2022). Microplastic distribution and composition on two Galápagos island beaches, Ecuador: Verifying the use of citizen science derived data in long-term monitoring. *Environmental Pollution*, 311, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120011>
- Garcés-Ordoñez, O., Espinosa, L., Cardoso, R., Issa Cardozo, B. & Meigikos, R., 2020. Plastic litter pollution along sandy beaches in the Caribbean and Pacific coast of Colombia. *Environmental Pollution*, 267, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115495>

- Mazariegos-Ortíz, C., García-Arroyave, L., Marroquín-Mora, C. y Mendizábal, A. (2021). Contaminación por microplásticos en playas del Pacífico de Guatemala: abundancia y características. *Ciencia, Tecnología y Salud* 8 (2), 260-268. <https://doi.org/10.36829/63CTS.v8i2.904>
- Padilla G., A. (2020). *Microplásticos en el medio ambiente*. [Tesis de pregrado, Universidad de Jaén]. <https://hdl.handle.net/10953.1/12333>
- Purca, S. y Henostroza, A. (2017). Presencia de microplásticos en cuatro playas arenosas de Perú. *Revista peruana de biología* 24(1), 101-106. <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v24i1.12724>
- Sagot, J. (2022). Monitoreo y caracterización de microplásticos en arenas de playas y aguas costeras de Costa Rica. *Revista Internacional de Comunicación y Desarrollo* 4(17), 1-12. <https://doi.org/10.15304/ricd.4.17.8807>
- Sarria-Villa, R. y Gallo-Corredor, J. (2016). La gran problemática ambiental de los residuos plásticos: Microplásticos. *Journal de Ciencia e Ingeniería* 8 (1), 21-27. <https://jci.uniautonomo.edu.co/2016/2016-3.pdf>
- Tambutti, M. y Gómez, J. (2022). Panorama de los océanos, los mares y los recursos marinos en América Latina y el Caribe: conservación, desarrollo sostenible y mitigación del cambio climático. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/47737>
- Thompson, R., Moore, C., vom Saal, F. y Swan, S. (2009). Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 364, 2153–2166 <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0053>
- Vásquez-Molano, D., Molina, A., y Duque, G. (2021). Distribución espacial y aumento a través del tiempo de microplásticos en sedimentos de la Bahía de Buenaventura, Pacífico colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 50(1), 27-42. <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2021.50.1.1021>

El gasto público en salud y educación y su influencia en el crecimiento económico en Panamá, 1996-2019

Public spending on health and education and its influence on economic growth in Panama, 1996-2019

Rufino Vega Moreno¹

¹Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero, Facultad de Economía, Panamá;
rufinovega86@gmail.com ; <https://orcid.org/0000-0002-7210-1367>

Fecha de recepción: 30 de marzo de 2023

Fecha de aceptación: 14 de mayo de 2023

Resumen: El objetivo principal de la investigación consistió en determinar la influencia que ejercen los gastos de gobierno en salud y educación en el crecimiento de la economía panameña medido mediante el Producto Interno Bruto Real para los años 1996 a 2019 por medio de la aplicación de correlaciones parciales, para luego determinar un modelo econométrico múltiple que permita el pronóstico de las variables de estudio y de esta manera ofrecer propuestas de mejoras en la ejecución de dichos gastos. Los resultados explican que existe una influencia significativa del gasto de gobierno en salud en el crecimiento de la economía mas, no en el gasto en educación por lo que se procedió a buscar posibles mejoras a dicha relación.

Palabras clave: gasto público en salud, gasto público en educación, crecimiento económico, producto interno bruto.

Abstract: The main objective of the research was to determine the influence of government spending on health and education on the growth of the Panamanian economy measured by the Real Gross Domestic Product for the years 1996 to 2019 through the application of partial correlations, to later determine a multiple econometric model that allows the forecast of the study variables and thus offers proposals for improvements in the execution of such expenses. The results explain that there is a significant influence of government spending on health on the growth of the economy but not on spending on education, so we proceeded to look for possible improvements to this relationship.

Keywords: public spending on health, public spending on education, economic growth, gross domestic product.

1. Introducción

El crecimiento económico es una de las metas de toda sociedad y el mismo implica un incremento en diversas variables socioeconómicas que inciden directamente en la forma de vida de la población. La salud junto con la educación son factores fundamentales para

mantener trabajadores productivos y, por tanto, mejorar las condiciones de competitividad económica de un país. Aunque históricamente se ha reconocido la salud como componente del capital humano, solo en los últimos años ha ido adquiriendo espacio en el análisis económico la consideración de su papel como determinante del crecimiento.

Existen muchos autores que en sus investigaciones destacan la importancia de los gastos públicos en el crecimiento de la economía.

Tal es el caso de Kneller et al. (1999), quienes destacan que la composición del gasto público es un factor relevante en la determinación del crecimiento económico a largo plazo.

Fogel (1994) consideró que una población con mejor nutrición y con mayor calidad de salud contribuye a crear condiciones propicias para que el individuo pueda potenciar su capacidad intelectual lo que conduciría a un aumento en la productividad en el trabajo ya que se disminuirían las horas perdidas por enfermedad y aumentaría la producción por hora de trabajo.

En esa dirección, Mogollón (2009) sostiene que, la salud de la población se encuentra estrechamente vinculada con la educación, la acumulación de capital humano y la productividad de la fuerza laboral y es a través de ese vínculo que se logra un mayor crecimiento económico.

Tomando en cuenta estas teorías se puede señalar que Panamá ha superado a todos los países latinoamericanos en los últimos 25 años, sin embargo, a pesar que la economía panameña crece, no se ven resultados alentadores en salud y educación. Su tasa compuesta anual de crecimiento de 4,1% entre 1990 y 2014 es más alta que el 3,6% registrado por Chile y la República Dominicana en ese mismo periodo. Incluso en la década previa, en la que algunos países de la región se las arreglaron para crecer a tasas muy aceleradas como Uruguay (5,0%) y Perú (4,7%), Panamá sobresale como el líder regional con un sólido 6,2% (Hausmann et al., 2017).

En paralelo, Panamá ha tenido un buen avance en reducción significativa de la pobreza y en mejorar casi todos sus indicadores claves de desarrollo humano, sin embargo, la calidad en educación y salud en Panamá como se ha mencionado anteriormente han sido problemas que han persistido a lo largo de la historia como República.

Existen diferencias entre sectores, el gasto per cápita en educación es menor que el de la mayoría de los países de la región mientras que el gasto per cápita en salud es relativamente mayor que en otros países. Aunque podría haber una necesidad de aumentar los gastos, en el caso de educación, por ejemplo, que es bajo en relación con estándares internacionales o para mejorar el acceso a servicios de salud para las poblaciones rurales indígenas.

Posada y Gómez (2002) argumentan que existe estrecha relación entre el gasto social (educación y salud) y el desarrollo humano, pues el acceso a la educación permite potencializar el capital humano de los ciudadanos y ello a su vez, repercute en una mejor salud.

Lo anterior manifiesta que la relevancia del gasto público y sobre todo en salud y educación, ha sido el foco de análisis, ya que implementa las políticas descentralizadas para reorientar la toma de decisiones públicas, desde el nivel central de gobierno (Afonso & Fernandes, 2008).

Ante lo expuesto, la investigación que se presenta a continuación, tiene como finalidad describir y correlacionar tres variables macroeconómicas como lo son: El crecimiento económico, el gasto público en salud y gasto público en educación en Panamá, usando un corte longitudinal (1996-2019) para conocer el nivel de significancia de las correlaciones tanto parciales como globales con modelos econométricos para determinar si los gastos que el gobierno destina en salud y educación inciden de manera considerable en el crecimiento económico del país, además de analizar si existen perturbaciones macroeconómicas que influyan en el comportamiento de alguna de las variables antes mencionadas.

2. Materiales y métodos

La investigación tendrá un enfoque cuantitativo, ya que en el proceso investigativo se recopilaron datos con el propósito de probar mediante modelos de correlación y regresión simple y múltiple el grado de significancia de la relación entre el crecimiento económico, el gasto de gobierno en salud y educación.

Esta investigación presenta un diseño no experimental, porque se observaron las variables tal cuales son en su entorno natural, con el objeto de analizar el nivel de significancia entre las mencionadas variables sin alterar el comportamiento de ninguna a fin de caracterizar las variables de estudio y su comportamiento en el período de estudio.

Además, es longitudinal y correlacional, ya que se analizaron las relaciones de las variables: crecimiento económico, y gasto de gobierno en salud y educación a nivel nacional para la serie histórica 1996-2019. Estos datos fueron obtenidos de fuentes secundarias disponibles en la página web del Instituto Nacional de Estadística y Censo y del Ministerio de Economía y Finanzas

Dicho estudio, abarca todo el país debido a la importancia del uso eficiente de los gastos públicos para la economía panameña.

El modelo de regresión lineal es el más utilizado a la hora de predecir los valores de una variable cuantitativa a partir de los valores de otra variable explicativa también cuantitativa (Losilla y Palmer, 2005).

Con frecuencia, se encuentra en economía modelos en los que el comportamiento de una variable, Y, se puede explicar a través de una variable X; a lo que se le llama un modelo de regresión simple y se representamos mediante:

$$Y = (fX)$$

Según Gujarati (2010), en lo que respecta al modelo de regresión múltiple el modelo de Gauss o modelo clásico o estándar de regresión lineal (MCRL), el cual es el cimiento de la mayor parte de la teoría econométrica, plantea 9 supuestos:

- Modelo de regresión lineal, o lineal en los parámetros.
- Valores fijos de X o valores de X independientes del término de error.
- Valor medio de la perturbación μ_i igual a cero.
- Homocedasticidad o varianza constante de μ_i .
- No autocorrelación, o correlación serial, entre las perturbaciones.
- El número de observaciones n debe ser mayor que el de parámetros por estimar.
- Debe haber variación en los valores de las variables X.
- No debe haber Colinealidad exacta entre las variables X.
- No hay relación lineal exacta entre X₂ y X₃.

La relación entre las variables se plantea en la siguiente función matemática:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2$$

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 u_i$$

Una práctica común en las aplicaciones de los métodos de regresión consiste en buscar transformaciones logarítmicas que permitan construir modelos lineales para describir las relaciones entre las variables. La mayoría de los textos básicos hacen esta recomendación y dan por resuelto el problema (Ortiz & Gil, 2014).

$$\ln Y_i = \beta_0 + \beta_1 \ln X_1 + \beta_2 \ln X_2 + u_1$$

Para el análisis, se utilizó información de la base de datos estadísticos del Instituto Nacional de Estadística y Censo de Panamá (INEC) y del Ministerio de Economía Finanzas (MEF) para el periodo de 1996 a 2019.

Para el análisis de los datos, se aplicaron modelos de correlación y regresión simple y múltiple mediante el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO). Los mencionados análisis se realizan mediante el programa estadístico SPSS y EViews 10.

3. Resultados

- **Regresión y Correlación Lineal Simple**

En primer lugar, se plantea el cálculo y análisis descriptivo y el ajuste de una recta entre dos variables siendo Y la variable dependiente (PIB Real), y X la variable independiente (Gasto Público en Salud y Gasto Público en Educación).

- **Análisis de Relación del PIB Real y el Gasto de Gobierno en Salud**

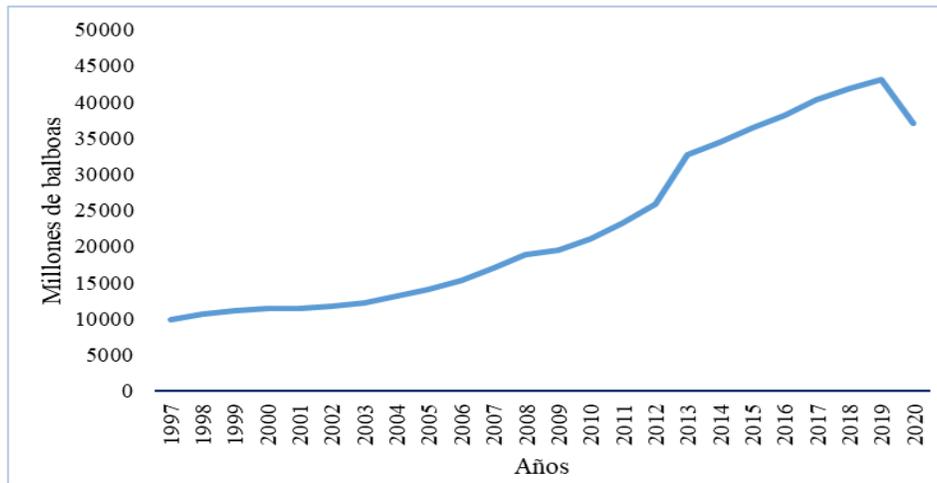
El Producto Interno Bruto Real de la economía panameña ha presentado un crecimiento sostenido a través de los años, sin embargo, este crecimiento presentó una desaceleración a partir del 2020 por motivos de la pandemia producida por el virus corona

(Covid-19), quien ocasionó el paro de la mayor parte de la actividad económica mundial, pero hasta antes del mencionado año, el crecimiento económico era constante.

En la figura 1 se muestra claramente el comportamiento de este indicador durante los años de estudio.

Figura 1

Producto interno bruto real en millones de balboas (1997-2020)



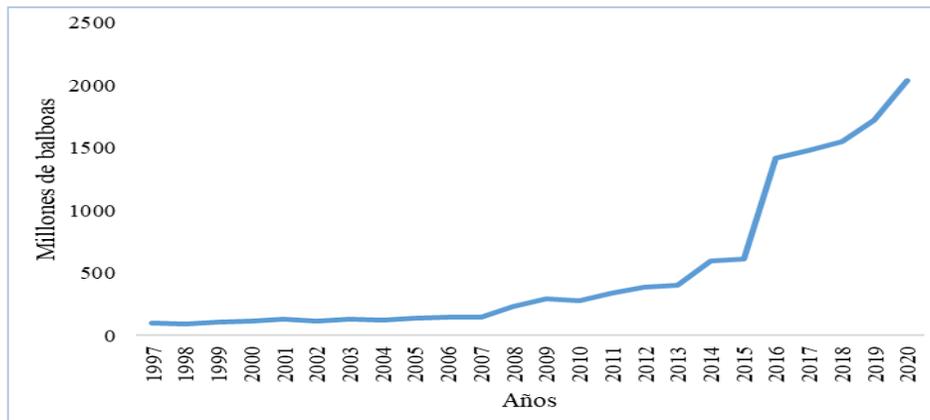
Fuente: Elaboración propia.

La figura presentada anteriormente evidencia que la economía panameña presentaba condiciones favorables, al menos desde el punto de vista de crecimiento para la ejecución de montos en gasto público adecuados para mejorar las condiciones de salud y educación de la población.

A continuación, en la figura 2, se muestran los gastos de gobierno destinados al sector salud en Panamá para los años de estudio, en la cual se puede apreciar, que a partir del 2007 se incrementan los montos de presupuestos, en parte debido al crecimiento más acelerado de la economía y también por la búsqueda de los gobiernos de crear alternativas de mejoras a dicho sector.

Figura 2

Gasto de gobierno en salud en millones de balboas (1997-2020)

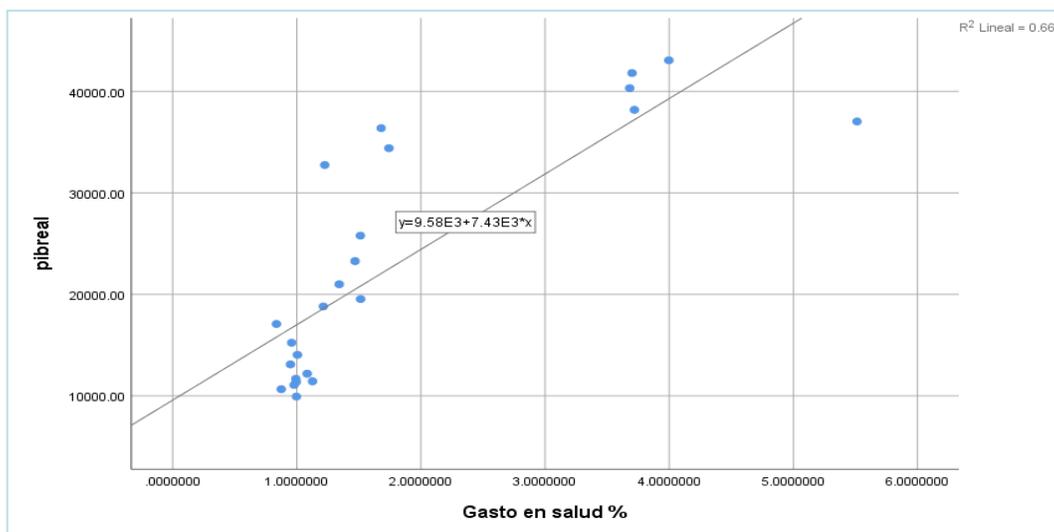


Fuente: Elaboración propia.

En la figura presentada, se ve claramente los presupuestos cada vez mayores, incluso a partir del 2015 se manifiesta un mayor despegue del presupuesto en el sector salud. Antes de realizar la regresión, se procede a visualizar la nube de puntos. El gráfico muestra una posible adecuación regular del modelo lineal y la tendencia creciente del mismo, (figura 3).

Figura 3

Diagrama de dispersión del PIB real con el gasto público en salud



Fuente: Elaboración propia.

Se procede a seleccionar en coeficientes de regresión, estimaciones e Intervalos de confianza y se marca ajuste del modelo tomando en cuenta los zresiduos (residuos tipificados) y lo zpredichos (valores pronosticados tipificados) para obtener el primer modelo entre el PIB Real y el Gasto en Salud.

El valor de R cuadrado, que corresponde al coeficiente de determinación, mide la bondad del ajuste de la recta de regresión a la nube de puntos, el rango de valores es de 0 a 1. El R cuadrado indican que el modelo tiene un ajuste regular a los datos. R cuadrado 0.66 indica que el 66.7% de la variabilidad del Pib real es explicada por la relación lineal con el gasto en salud. El valor R (0.81) representa el valor absoluto del Coeficiente de Correlación, es decir, es un valor entre 0 y 1, por tanto, El R indica una fuerte relación entre las variables. La última columna nos muestra el error típico de la estimación (raíz cuadrada de la varianza residual) con un valor igual a 7009 (tabla 1).

Tabla 1
Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Durbin-Watson
1	0.81 ^a	0.66	0.64	7009	0.57

Nota: a. Predictores: (Constante), Gasto en Salud %; b. Variable dependiente: PIB Real.
Fuente: Elaboración propia.

El contraste de la pendiente de la recta, es una alternativa equivalente al contraste de ANOVA. El estadístico de contraste que aparece en la columna t vale 6.54 tiene un p-valor asociado, columna Sig., de 0.001, menor que el nivel de significación & $\alpha = 0.05$ que conduce al rechazo de la hipótesis nula y se puede afirmar que existe una relación lineal significativa entre pib real y gasto de gobierno en salud. En la última columna de la tabla se muestran los intervalos de confianza para β_0 y β_1 , al 95%. El intervalo para β_1 es (5072, 9784), puesto que el cero no pertenece al intervalo, hay evidencia empírica para concluir que X influye en Y y por tanto al nivel de confianza del 95% el parámetro β_1 no podría considerarse igual a cero (tabla 2).

Tabla 2
Coefficientes

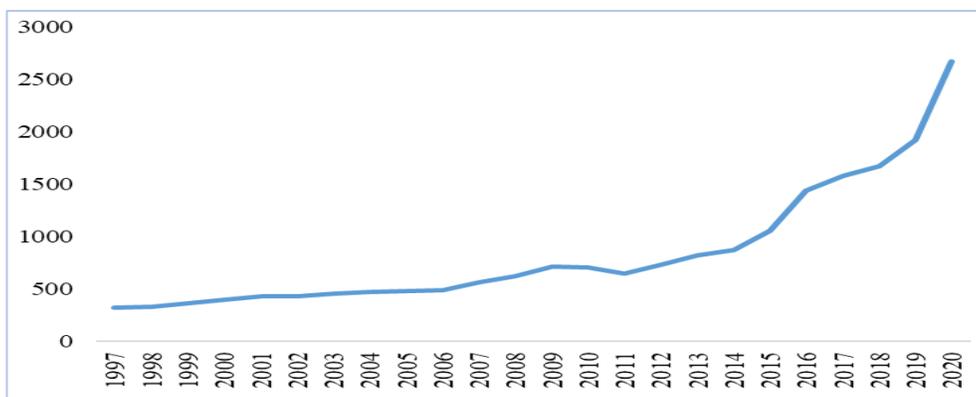
Modelo	Coefficients no estandarizados		Coefficients estandarizados	t	Sig.	95.0% intervalo de confianza para B	
	B	Desv. Error	Beta			Límite inferior	Límite superior
(Constante)	9581	2492		3.85	0.001	4413	14749
Gasto en Salud %	7428	1136	0.81	6.54	0.000	5072	9784

Nota: a. Variable dependiente: PIB Real.
Fuente: Elaboración propia.

- **Análisis de Relación del PIB Real y el Gasto de Gobierno en Educación**

En la figura 4 se muestra que, durante los años de estudio, el gasto de gobierno en educación al igual que en salud, ha tenido un crecimiento constante y más rápido a partir del 2015 con la diferencia que se han invertido más millones en educación que en salud, lo cual es importante resaltar al momento de comparar las influencias de estas variables con el crecimiento económico.

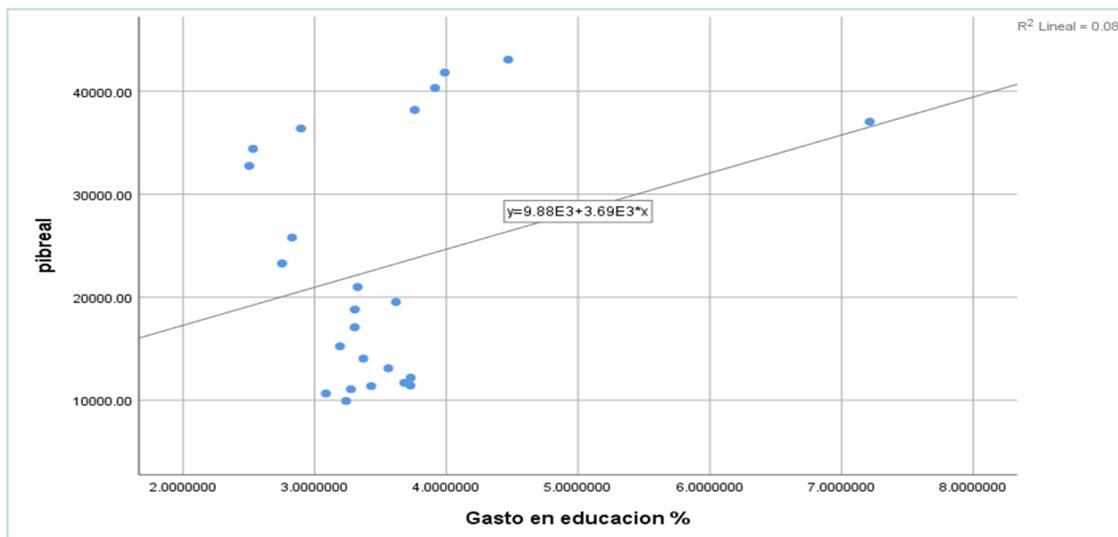
Figura 4
Gasto de gobierno en educación en millones de balboas (1997-2020)



Fuente: Elaboración propia.

Se procede a visualizar la nube de puntos. El gráfico muestra una posible adecuación muy irregular (alta dispersión) del modelo lineal (figura 5).

Figura 5
Gráfico de dispersión del PIB real y el gasto en educación en Panamá



Fuente: Elaboración propia.

Al igual que en el análisis del Gasto de Gobierno en Salud, se procede a seleccionar en coeficientes de regresión, estimaciones e intervalos de confianza y se marca ajuste del modelo tomando en cuenta los zresiduos (residuos tipificados) y lo zpredichos (valores pronosticados tipificados) para obtener el primer modelo entre el pib real y el gasto en educación.

El R cuadrado de 0.08 indica que el modelo tiene un ajuste muy bajo ya que solo el 8% de la variabilidad del pib real es explicada por la relación lineal con el gasto en educación.

El valor R 0.29 representa el valor absoluto del coeficiente de correlación e indica una muy baja relación entre las variables. La última columna nos muestra el error típico de la estimación (raíz cuadrada de la varianza residual) con un valor igual a 11521 (tabla 3).

Tabla 3
Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Durbin-Watson
1	0.29 ^a	0.08	0.040	11521	0.13

Nota: a. Predictores: (Constante), Gasto en Educación; b. Variable dependiente: PIB Real.
 Fuente: Elaboración propia.

El estadístico de contraste que aparece en la columna t vale 1.40 tiene un p-valor asociado, columna Sig, de 0.17, mayor que el nivel de significación & $\alpha = 0.05$ que conduce a la aceptación de la hipótesis nula y se puede afirmar que no existe una relación lineal significativa entre PIB Real y Gasto de Gobierno en Educación. En la última columna de la tabla se muestran los intervalos de confianza para β_0 y β_1 , al 95%. El intervalo para β_1 es (-1764, 9152), puesto que el cero pertenece al intervalo, hay evidencia empírica para concluir que X no influye en Y, por tanto, al nivel de confianza del 95% el parámetro β_1 podría considerarse igual a cero, es decir, que, para el periodo de estudio, el Gasto de Gobierno en Educación no influye de manera significativa en el crecimiento de la economía medido mediante el PIB Real (tabla 4).

Tabla 4
Coefficientes de la ecuación PIB real y gasto en educación

x		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.	95.0% intervalo de confianza para B	
		B	Desv. Error	Beta			Límite inferior	Límite superior
1	(Constante)	9885	9581		1.03	0.31	-9986	29755
	Gasto en Educación %	3694	2632	0.29	1.40	0.17	-1764	9152

Nota: a. Variable dependiente: Pib Real.

Fuente: Elaboración propia.

El análisis descriptivo y las correlaciones parciales realizadas hasta el momento, muestran una clara evidencia estadística de la mayor influencia del Gasto de Gobierno en Salud en comparación con el Gasto de Gobierno en Educación en el crecimiento económico para los años de estudio, a pesar de que se ha destinado más dinero en el sector educación.

- **Modelo Econométrico Múltiple**

Antes de determinar un modelo econométrico adecuado es importante analizar el comportamiento de las variables mediante transformaciones logarítmicas y poder determinar su elasticidad (tabla 5).

Tabla 5
Elasticidad de variables mediante transformación logarítmica

Variable	Coefficiente	Std. Error	Estadístico t	Prob.
L_GS	1.06	0.09	12.45	0.000
L_GE	-1.27	0.23	-5.57	0.000
C	11.05	0.27	41.57	0.000
R-cuadrado	0.88	Var dependiente media		9.91
R-cuadrado ajustado	0.87	S.D. var dependiente		0.52
Error estandar de regresión	0.18	Criterio de Akaike		-0.42
Suma de cuadrados de residuos	0.72	Criterio de Schwarz		-0.27
Log likelihood	8.04	Criterio de Hannan-Quinn		-0.38
Estadístico-F	80.26	Durbin-Watson stat		1.19
Prob (Estadístico-F)	0.000			

Fuente: Elaboración propia.

La transformación logarítmica muestra que por cada 1% de aumento en el Gasto de Gobierno en Salud, se espera un aumento de 1.06% en el PIB Real, mientras que un aumento de 1% en el Gasto en Educación, se presentarían disminuciones del PIB Real en 1.27% lo cual es motivo para precisar anomalías en el desempeño del Gasto en Educación al PIB; sin embargo, en la búsqueda de un modelo óptimo a continuación, se espera mejorar esta relación.

- **Validación Del Modelo Final**

Luego de hacer una serie de corridas y transformaciones a las variables, se ha encontrado un modelo que se ajusta mejor a los indicadores y pruebas del modelo, **PIB Real c Gs Ge.**

Tabla 6

Modelo final aplicando el PIB real en millones y el gasto en salud y educación en porcentajes (D_PIBReal c L_GS D_GE ar2)

Variable	Coefficientes	Std. Error	Estatístico t	Prob.
C	10623	816	13.01	0.000
D_PIBREAL	3.63	0.40	9.15	0.000
L_GS	17599	1819	9.67	0.000
D_GE	6482	2619	2.47	0.024
AR(2)	-0.55	0.19	-2.90	0.009
R-Cuadrado	0.94	Var dependiente media		23487
R-cuadrado ajustado	0.93	S.D. Var dependiente		11688
Estadístico F	57.59	Durbin-Watson stat		2.13
Prob(Estadístico F)	0.000			
Inverted AR Roots	-.00+.74i	-.00-.74i		

Fuente: Elaboración propia.

$$PIBReal = 10623 + 3.63DPIBReal + 17599LGS + 6482DGE + \varepsilon$$

Donde la Durbin Watson cumple con el valor mejorando en gran medida, ya que arroja un valor de 2.13 para encontrarse en la zona donde no se rechaza la hipótesis nula; además el R-cuadrado ajustado de 0.93; también en la prueba de t de student todas las variables están en zona de rechazo y los p valor menores que 0.05 por lo que sí existe significancia además de indicar ausencia de multicolinealidad entre las variables endógenas del modelo,

es importante señalar que además pasa la prueba de heterocedasticidad y normalidad presentadas a continuación.

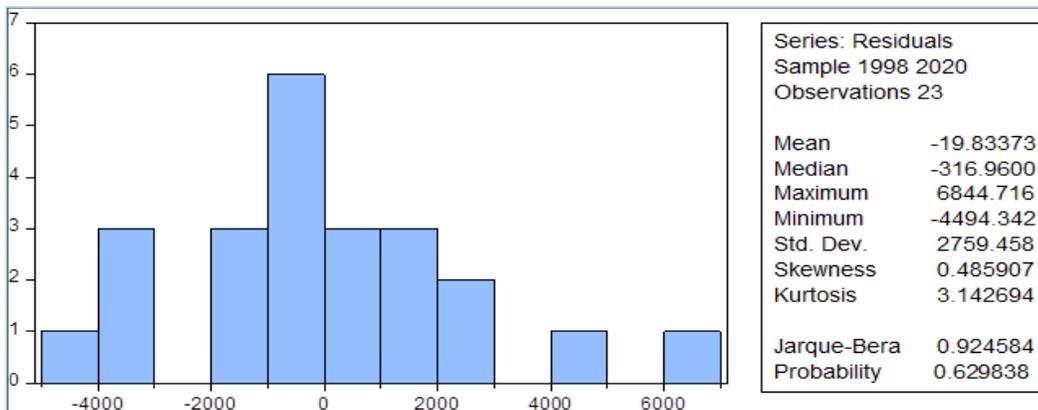
Tabla 7
Prueba de heterocedasticidad

Estadístico F	2.67	Prob. F(1,20)	0.12	
Obs*R-Cuadrado	2.59	Prob. Chi-cuadrado(1)	0.11	
Variable	Coefficiente	Std. Error	Estadístico t	Prob.
C	5047625	2747079	1.837451	0.08
RESID^2(-1)	0.34	0.21	1.633333	0.12
R-cuadrado	0.12	Var dependiente media	7598215	
R-cuadrado ajustado	0.07	S.D. var dependiente	11013543	
Suma de cuadrado de residuos	2.25E+15	Criterio Schwarz	35.38	
Estadístico-F	2.67	Durbin-Watson stat	1.97	
Prob(Estadístico-F)	0.12			

Fuente: Elaboración propia.

Como la probabilidad de F y la Chi cuadrado es mayor a 5%, se puede decir que el test de heterocedasticidad de White muestra que se acepta la hipótesis nula, es decir, el modelo presentado es homocedástico.

Figura 6
Prueba de normalidad



Fuente: Elaboración propia.

En la prueba de normalidad, el valor de p es de 0.63, es decir el modelo mantiene normalidad.

Figura 7
Pruebas de residuos

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob*	Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.076	-0.076	0.1503			1	0.339	0.339	3.0036	0.083
		2	-0.079	-0.085	0.3204	0.571		2	0.058	-0.064	3.0972	0.213
		3	0.000	-0.013	0.3204	0.852		3	-0.228	-0.258	4.5892	0.204
		4	-0.122	-0.131	0.7696	0.857		4	-0.243	-0.095	6.3700	0.173
		5	-0.113	-0.139	1.1740	0.882		5	-0.243	-0.138	8.2522	0.143
		6	-0.102	-0.155	1.5264	0.910		6	-0.138	-0.079	8.8921	0.180
		7	-0.000	-0.060	1.5264	0.958		7	-0.004	0.000	8.8926	0.260
		8	0.194	0.149	2.9674	0.888		8	0.028	-0.080	8.9218	0.349
		9	0.011	0.007	2.9728	0.936		9	-0.088	-0.213	9.2405	0.415
		10	0.169	0.172	4.2399	0.895		10	-0.037	-0.018	9.3012	0.504
		11	-0.128	-0.133	5.0280	0.889		11	0.082	0.085	9.6197	0.565
		12	-0.072	-0.044	5.2965	0.916		12	0.026	-0.134	9.6552	0.646

Fuente: Elaboración propia.

Tanto en la autocorrelación de los residuos como en la correlación parcial se manifiesta la existencia de ruido blanco, es decir, el modelo no presenta autocorrelación.

Tabla 8
Prueba de endogeneidad de Hausman

Variable	Coefficiente	Std. Error	Estadístico t
Residual	-0.17	0.32	-0.51
F-statistic	44.39		

Fuente: Elaboración propia.

Las hipótesis para la prueba de endogeneidad presentada en la tabla 8 se contrastan de la siguiente manera:

Ho: No existe correlación de residuos con las variables independientes.

H1: Existe correlación de residuos con las variables independientes.

La prueba de Endogeneidad manifiesta que el valor del estadístico t cae en región de aceptación al ser contrastado con el valor del estadístico F, por lo tanto, no se puede rechazar la hipótesis nula, no existe correlación de residuos con las variables independientes.

4. Discusión

Durante la década de los años 80 y 90 surgieron desequilibrios a nivel macroeconómico en América Latina que trajeron como consecuencia niveles de crecimiento económico muy bajos (Zubieta, 2016).

Panamá ha superado a todos los países latinoamericanos en los últimos 25 años. Su tasa compuesta anual de crecimiento de 4,1% entre 1990 y 2014 es más alta que el 3,6% registrado por Chile y la República Dominicana en ese mismo periodo. Incluso en la década previa, en la que algunos países de la región se las arreglaron para crecer a tasas muy aceleradas como Uruguay (5,0%) y Perú (4,7%), Panamá sobresale como el líder regional con un sólido 6,2% (Hausmann et al., 2017).

Luego, Panamá enfrentó desafíos en materia política, económica, y de relaciones internacionales los cuales fueron complejos. Para dimensionar el contexto, vale la pena resaltar que Panamá del año 2009 al 2014 aumentó un promedio de 7% anual (Banco Mundial, 2020).

Esto se dio como resultado, principalmente, de un gran estímulo fiscal producto de la ampliación del canal. En contraste el país en 2014 sufrió una condición de déficit fiscal de alrededor de 4% de su PIB, incluyendo más de B/. 1,900 millones en créditos adicionales aprobados en el primer semestre del 2014 (De La Guardia, 2019).

En términos del porcentaje del crecimiento real, Panamá se destaca a nivel mundial con un promedio de crecimiento de 8,2% desde los años 2004 hasta 2013, siendo el 2007 el año con mejores resultados con 11,9% y el peor el 2009 con un crecimiento de 1,2% (Banco Mundial, 2020).

Diferentes autores han desarrollado contribuciones de forma tal de incorporar a la salud dentro de la teoría del crecimiento económico como un determinante fundamental del mismo (Monterubbianesi, 2011).

La salud contribuye a potenciar el crecimiento económico al aumentar la capacidad intelectual y la productividad, al reducir las pérdidas escolares en los niños y las pérdidas productivas en los adultos (por ejemplo, al reducir el ausentismo) y al favorecer un uso

productivo de los recursos que de otra manera se hubieran perdido debido a la mortalidad temprana, o al asignarse al tratamiento de patologías evitables (Hernández, 2007).

Otros aportes al análisis de la relación entre salud y crecimiento económico a partir de la presentación de una versión ampliada del modelo neoclásico han aportado hallazgos importantes. La contribución principal se basa en que la tasa de crecimiento depende no solo de los inputs tradicionales, sino también del estado de salud de los colaboradores. En este modelo también se contempla la existencia de familias productoras que maximizan su utilidad a lo largo del tiempo (Barro, 1996).

Tomando como referencia a Barrientos (2020) quien realizó estudios similares en la región andina, permitió identificar una reacción conjunta a nivel de la región, en cuanto a los resultados de las políticas sociales, concluyendo que el gasto público destinado a la educación llegó a generar externalidades positivas en el crecimiento económico en dicha región.

Resultado que coincide con los postulados de Lucas (1988) y de Howitt (2005), quienes como producto de las investigaciones realizadas concluyen que una fuerza laboral educada tiene mayor capacidad de innovación y competitividad para desempeñar actividades productivas, ya sea para crear, ejecutar o adaptar nuevas tecnologías, por lo tanto, mejora la productividad de los trabajadores; situación que llega ocasionar un mayor crecimiento económico.

Sin embargo, esto contrasta con la realidad de Panamá en donde los gastos en educación no ejercen influencia significativa en el crecimiento.

Los resultados de Barrientos para el área andina también identificaron que el gasto público destinado a salud no logró generar una oportunidad en el crecimiento económico en el periodo de estudio lo cual no se aplica a las teorías mencionadas con anterioridad.

Pero esta situación, no significa que se deban dejar de implementar políticas sociales dirigidas a disminuir la morbimortalidad, mejorar la nutrición, el acceso a la salud, entre otros, primero, porque es un derecho humano fundamental y segundo, porque genera externalidades positivas en la educación.

En el caso de Panamá, los gastos en salud sí ejercen una influencia, que aunque baja se mantiene positiva.

5. Conclusiones

- Diversas teorías a través de la historia manifiestan la indudable importancia de la salud y la educación en el crecimiento y desarrollo de las economías.
- Los gastos de gobierno destinados en salud y educación si son desembolsados en cantidades razonables y administrados adecuadamente se convierten en una de las principales piedras angulares no solo para potenciar la eficiencia y eficacia de estos sectores sino también de la economía en general.
- Según correlaciones lineales parciales, en Panamá, para un corte longitudinal comprendido entre 1997-2020, los gastos de gobierno en salud influyen en mejor medida en el crecimiento económico si lo comparamos con los gastos en educación, los cuales tienen una significancia muy baja en el crecimiento económico a pesar de que se destina más dinero en este pilar del presupuesto público a diferencia de estudios realizados en el área andina.
- Dicha anomalía se refleja claramente en los deficientes resultados obtenidos en las pruebas PISA que evidencian las grandes carencias en materia educativa que presenta el país dando a conocer que los presupuestos en educación no son administrados adecuadamente debido a que gran parte de los mismos se destinan a pagos de planillas que crecen a un ritmo muy rápido, además de la excesiva burocracia en los procesos administrativos dejando un porcentaje inadecuado a infraestructura, tecnología, capacitaciones e investigación.
- El modelo econométrico múltiple planteado muestra que al aumentar un 2% el presupuesto en educación, el mismo ejercería una influencia significativa en la economía panameña, sin embargo, Panamá se encuentra entre los primeros lugares en América Latina como una de las economías que más destina en presupuesto, por tanto, la solución más viable es mejorar la administración de los mismos.

Referencias bibliográficas

- Afonso, A. & Fernandes, S. (2008). Assessing and explaining the relative efficiency of local government. *The Journal of Socio-Economics*, 37(5), 1946-1979. <https://doi.org/10.1016/j.socec.2007.03.007>
- Barrientos, C. (2020). Externalidades del gasto público destinado a la educación en el crecimiento económico. *Revista Innova Educación*, 2(1), 114-131. <https://doi.org/10.35622/j.rie.2020.01.007>
- Barro, R. (2013). Health and Economic Growth. *Annals of economics and finance* 14(2), 329–366. <http://ftp.aefweb.net/WorkingPapers/w572.pdf>
- Fogel, R. W. (1994). Economic growth, population theory, and physiology: the bearing of long-term processes on the making of economic policy. *Nber Working paper series*, 4638, 1-48. https://www.nber.org/system/files/working_papers/w4638/w4638.pdf
- Grupo Banco Mundial. (2015). *Estudio de gasto público social y sus instituciones, educación, salud, protección social y empleo en Panamá*. <https://acortar.link/XwsNc8>
- Grupo Banco Mundial. (2019). *Banco Mundial Panamá*. <https://datos.bancomundial.org/pais/panama>
- Grupo Banco Mundial. (2021). *El apoyo del Banco Mundial ante la COVID-19 en ALC*. Banco Mundial. <https://www.bancomundial.org/es/country/panama/overview#1>
- Grupo Banco Mundial. (2021). *Gasto público en educación, total (% del PIB)*. <https://datos.bancomundial.org/indicador/SE.XPD.TOTL.GD.ZS>
- Gujarati, D., y Porter, D. (2010). *Econometría*. McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V. <https://fvela.files.wordpress.com/2012/10/econometria-damodar-n-gujarati-5ta-ed.pdf>
- Hausmann, R., Espinoza, L., y Santos, M. A. (2017). *Cambiando esclusas: Un Diagnóstico de Crecimiento de Panamá*. https://projects.iq.harvard.edu/files/growthlab/files/panama_growth_diagnostics_spanish.pdf
- Hernández, Patricia. (2007). Gasto en salud y crecimiento económico. *Presupuesto y Gasto Público*, 49(2007), 11-30. https://www.ief.es/docs/destacados/publicaciones/revistas/pgp/49_GastoEnSalud.pdf

- Howitt, P. (2005). Health, human capital, and economic growth: A Schumpeterian perspective. *Health and economic growth: Findings and policy implications*, 1, 19-40. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.182.8317&rep=rep1&type=pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Censo. (INEC, 2019-2020, 12 enero). *Glosario de términos*. https://www.inec.gob.pa/glosario/Default.aspx?ORDEN=S&ID_IDIOMA=1
- Kneller, R., Bleaney, M., Gemmell, N. (1999). "Fiscal policy and growth: evidence from OECD countries". *Journal of Public Economics*, 74(2), 171-190. [https://doi.org/10.1016/S0047-2727\(99\)00022-5](https://doi.org/10.1016/S0047-2727(99)00022-5)
- Losilla, J. M., Navarro, J. B., Palmer, A., Rodrigo, M. F. y Ato, M. (2005). *Del contraste de hipótesis al modelado estadístico*. Documenta universitaria.
- Ministerio de Economía y Finanzas, Panamá. (2014). *Plan Estratégico de Gobierno 2015-2019*. https://www.mef.gob.pa/wp-content/uploads/2019/11/PEG-2015_2019.pdf
- Mogollón, A. (2009). *Reflexiones en salud pública*. <https://editorial.urosario.edu.co/gpd-reflexiones-en-salud-publica-32544.html>
- Monterubbianesi, P. D. (2011). Un análisis teórico y estadístico sobre la relación entre salud y crecimiento. *Actas del V Congreso Nacional de Estudiantes de Postgrado en Economía*. https://www.conicet.gov.ar/new_scp/detalle.php?keywords=&id=37076&congresos=yes&detalles=yes&congr_id=1958406
- Monterubbianesi. (2010). Una aproximación al análisis económico de la relación entre salud y crecimiento.: *Vol. Anales de la XLV Reunión anual de la asociación argentina de economía política*. (ed.). <https://www.redalyc.org/pdf/153/15333871010.pdf>
- Ortiz, J., Gil, D. Transformaciones logarítmicas en regresión simple. *Comunicaciones en Estadística*, 7(1), 89–98. <https://revistas.usantotomas.edu.co/index.php/estadistica/article/view/1143>
- Posada, C. y Gómez, W. (2002). Crecimiento económico y gasto público: un modelo para el caso colombiano. *Borradores de Economía*, 218, 2-69. <https://www.banrep.gov.co/docum/ftp/borra218.pdf>
- Zubieta, G. (2016). Análisis de los efectos de la inflación en el crecimiento económico: evidencia para la economía boliviana. *Revista de análisis Scielo*, 24, 9-47. http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/rbcb/v24n1/v24n1_a02.pdf

Investigación del mercado educativo: programas de doctorados en ciencias agropecuarias en Panamá, una necesidad social

Educational market research: doctoral programs in agricultural sciences in Panama, a social need

Enrique A. Sánchez-Galán¹

¹Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Desarrollo Agropecuario, Panamá; enrique.sanchezg@up.ac.pa, <https://orcid.org/0000-0002-9452-8177>

Fecha de recepción: 30 de marzo de 2023

Fecha de aceptación: 14 de mayo de 2023

Resumen: Se realizó una investigación de mercado a través de métodos mixtos de investigación, basada en la recolección de datos numéricos y de texto, y su contextualización. Al analizarse la base de datos de profesionales idóneos de las ciencias agropecuarias, se concluyó que existen pocas ofertas de técnico superior y ninguna oferta nacional de programas de doctorado en ciencias agropecuarias en Panamá; existe un registro de 42 doctores formados en el extranjero. Las encuestas de mercado revelaron, por un lado, una demanda insatisfecha en cuanto a la formación doctoral en ciencias agropecuarias en Panamá (102 personas), y, por otro lado, la disposición de la oferta de conocimientos por parte de 31 profesionales con grado de doctorado, como potenciales profesores de un programa de formación nacional a nivel de doctorado; los doctores manifestaron 89 áreas de investigación bajo su dominio. Se evidenció la necesidad social de contar con programas de doctorado en ciencias agropecuarias en el país, a fin de incrementar los beneficios sociales de la producción científica y del incremento de la calidad de la educación superior al generalizar el grado de doctorado en el profesorado.

Palabras clave: ciencias agropecuarias, programa de doctorado, mercado educativo, educación superior agrícola.

Abstract: A market research was carried out through mixed research methods, based on the collection of numerical and text data, and its contextualization. Upon analyzing the database of qualified professionals in agricultural sciences, it was concluded that there are few higher technical offers and no national offer of doctorate programs in agricultural sciences in Panama; there is a record of 42 foreign-trained PhDs. The market surveys revealed, on the one hand, unmet demand for doctoral training in agricultural sciences in Panama (102 people), and, on the other hand, the willingness of 31 professionals with doctoral degrees to offer their knowledge as potential professors in a national training program at the doctoral level; the doctors indicated 89 research areas under their domain. The social need for doctoral programs in agricultural sciences in the country was demonstrated, to increase the social benefits of scientific production and the increase in the quality of higher education by generalizing the doctoral degree in the teaching staff.

Keywords: agricultural sciences, doctoral program, educational market, agricultural higher education.

1. Introducción

La sociedad actual del conocimiento demanda una formación intensiva en materia de investigación especializada y colaborativa, lo que ha ampliado la oferta de programas de doctorado, con el fin de contribuir de manera sustancial en la generación de conocimiento científico (Dávila, 2012). No obstante, la apertura y desarrollo de programas de doctorado ha sido asimétrica entre los países de la región latinoamericana, resultando grandes brechas culturales, de educación y de ciencia, tecnología e innovación.

Existen países con poca cultura y baja inversión en investigación, ciencia, tecnología e innovación, los cuales presentan rezagos importantes en la región latinoamericana, tal es el caso de Panamá, cuyas verdaderas respuestas a los desafíos de desarrollo se asientan en la estructura del conocimiento de las ciencias básicas, aplicadas y sociales, la cual hoy revela debilidad (Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología-SENACYT, 2020). Esta estructura requiere voluntad política y un plan de Estado para el fomento y desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación, cuya visión apunte, entre otras cosas, hacia el fortalecimiento de las instituciones que generan conocimiento y que forman el talento humano para poblar el país de profesionales con competencias de investigación en los sectores públicos, privados, organizaciones no gubernamentales y sectores sociales.

En Panamá se ha reproducido un histórico inercial modelo de desarrollo basado en el sector terciario desde la época colonial, el cual ha fragmentado el país en una minoría de conglomerados geográficos desarrollados y otra mayoría con precario desarrollo. Se manifiesta una injusticia social en la distribución de la riqueza (Sánchez-Galán, 2019), las cuales tienen una evidente connotación urbano-rural y étnico-campesina, donde la peor parte la han llevado indígenas, campesinos y afrodescendientes.

Es evidente la falta de competitividad en las actividades económicas del sector agropecuario. Desde principios del siglo XXI, este sector ha crecido a tasas muy bajas, el área de producción se ha reducido y la productividad de la mano de obra ha decrecido (Banco Interamericano de Desarrollo-BID, 2018). Es la expresión esperada de la carencia de instrumentos de políticas públicas y comerciales, de voluntad política y de inversión suficiente para su fomento, crecimiento y desarrollo. Los tomadores de decisiones en los

asuntos públicos deben ser, técnicamente, competentes para atender necesidades y problemas sectoriales, tales como el incremento de la productividad, la disminución del impacto de la actividad agrícola sobre el medio ambiente, agricultura climáticamente resiliente, seguridad y soberanía alimentaria de la población, incremento de la capacidad de agregación de valor, pobreza rural y urbana, etcétera.

Desde finales del siglo XX preexiste la creciente aceptación de la necesidad de talento humano competente y calificado al más alto nivel, lo que ha derivado en la masificación de la educación superior, reportándose incrementos extraordinarios en la matrícula (Organización de Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura - UNESCO, 2022). Este escenario ha impuesto e impone una fuerte presión sobre las universidades y sus programas educativos a nivel de grado y postgrado, principalmente, sobre los recursos disponibles para una educación de calidad, que debería estar centrada en la investigación pertinente y en la extensión eficaz.

Rivas (2011) expresa que las competencias de un investigador se desarrollan, durante su preparación en programas de maestrías y doctorados calados de rigurosidad científica. Entre las competencias se destacan el generar el planteamiento apropiado de un problema de investigación, dominar la redacción científica, realizar el estado del arte, manejar idiomas y conocimientos de cultura universal, presentar, adecuadamente, el informe final de los trabajos de investigación, entre otras.

Las exigencias subyacentes en el mercado laboral han revelado la necesidad de las competencias de investigación efectiva, las cuales deben ser proporcionadas, principalmente, por uno de los más altos grados de educación formal, la formación doctoral (Poyatos, 2012). Los doctorados deben impulsar la formación especializada y la investigación de excelencia, en el marco de la atención de necesidades nacionales y regionales (Soto Arango, 2009).

Según Sarrico (2022), el propósito y la naturaleza de un doctorado está cambiando, pues ya no, necesariamente, es un camino hacia el profesorado o la investigación pura, sino que muchos se vinculan a los negocios, el gobierno o el sector social. Esto puede explicarse por los nuevos modelos de doctorado, como el de triple hélice, por ejemplo. Yang (2022)

expone que el modelo de educación doctoral industrial o de triple hélice, es decir, en colaboración entre la universidad-industria-gobierno, tiene grandes ventajas para la sociedad en cuanto a producción científica pertinente y su financiamiento; este modelo conecta los principales actores para la investigación, la innovación y el desarrollo, traduciéndose en un modelo con fondos financieros disponibles para la ciencia con relevancia y pertinencia.

En la actualidad, la investigación doctoral con enfoque multidisciplinar despierta mayor interés, principalmente, por su pertinencia y grado de impacto en la sociedad; además, porque favorece colaboraciones entre universidades, instituciones públicas y privadas, y agencias de cooperación internacional (Ruano-Borbalan, 2022).

Para la credibilidad y sostenimiento de los programas de doctorado es determinante la rigurosidad científica en los procesos, integrada por la fundamentación teórica y filosófica, metodológica e investigativa en la formación y asesoría de tesis doctorales (Cañizares et al., 2021). También, es necesario que los programas de doctorados estén articulados con los grupos de investigación que son estructuras más flexibles, menos reguladas y que permiten la configuración de equipos de alto desempeño (Villanueva et al., 2016).

En Panamá se forman pocos doctores, y los títulos de grado y de maestría están dominados por las ciencias sociales (administración, educación, humanidades y derecho) en sentido amplio. Las proporciones de los distintos graduados y postgraduados, por campo disciplinar, no coinciden con la productividad científica clasificada en los mismos campos disciplinares (Villanueva et al., 2016). Por ejemplo, intuitivamente se espera que la productividad científica en ciencias sociales sea mayor y, por consecuencia, la magnitud de su impacto social, dado el número de doctores, sin embargo, no es el caso.

Al 2023, Panamá no cuenta con ningún programa de doctorado especializado en ciencias agropecuarias. La carencia de profesionales doctorados ha sido paliada, a nivel de Estado, por programas nacionales de becas para estudios en el extranjero. En ese sentido, este trabajo tiene como propósito investigar el mercado educativo del cuarto nivel de formación, es decir, el nivel de postgrado, para valorar, especialmente, la necesidad social

de contar con programas de doctorado especializados en ciencias agropecuarias, a fin de atender los desafíos de desarrollo sostenible del sector agropecuario y de la nación.

2. Materiales y métodos

La investigación corresponde a un estudio de tipo observacional y estructurado en el nivel descriptivo. El enfoque de investigación es mixto, pues se analizan conjuntos de textos y cifras de carácter transversal para los datos procedentes de la encuesta y longitudinal para las bases de datos del registro de profesionales idóneos de las ciencias agropecuarias (1983–2022); en el plano geográfico se delimita al territorio panameño.

- **Profesionales de las ciencias agropecuarias**

Se recolectaron datos de los profesionales idóneos registrados en el Consejo Técnico Nacional de Agricultura (CTNA), específicamente, en cuanto al número de profesionales según categoría de formación formal (bachilleres, técnicos, licenciados, magísteres y doctores). El propósito fue el de realizar análisis cuantitativo de los registros, a fin de determinar la distribución proporcional de cada categoría; la información se contextualizó a través de una búsqueda bibliográfica de la normativa que faculta el ejercicio de los profesionales de las ciencias agropecuarias en Panamá.

- **Encuesta de mercado de profesionales de las ciencias agropecuarias**

Para estudiar el mercado de profesionales, se diseñó un estudio observacional, el cual estipuló dos conjuntos de muestras no probabilísticas de profesionales de ciencias agropecuarias con grado de maestría y de doctorado, respectivamente, como unidades de estudio, tiradas a partir de la técnica muestral de bola de nieve (*snowball sampling*). Este método de muestreo no aleatorio, no implica el criterio de representatividad y se utiliza cuando no existe una base de datos o lista de la población por estudiar, lo que facilita su aplicación (Dragan et al., 2022).

Se crearon dos instrumentos de encuesta y se aplicaron por separado, según la muestra poblacional objetivo. El instrumento para captar los datos de los profesionales con grado de doctorado se compartió del 15 de junio al 14 de julio de 2021, mediante las redes de colaboración de profesionales de las ciencias agrícolas. El instrumento para recolectar

datos del nivel de maestría se compartió del 10 de al 23 de septiembre de 2021, mediante redes sociales y de colaboración.

A nivel geográfico, el estudio se delimitó en Panamá, con un alcance nacional. Es de cohorte transversal y de enfoque cuantitativo, basado en la encuesta como método de recolección de datos, mediante un instrumento digital en la plataforma *Survey Monkey* para el análisis de la demanda de programas de doctorados en ciencias agrícolas.

El grupo de profesionales de ciencias agrícolas con grado de maestría fue encuestado en lo relativo a la necesidad de contar con programas de formación a nivel de doctorado en ciencias agropecuarias en Panamá, representando esto la demanda de conocimiento. El otro grupo de profesionales, todos con grado de doctorado, también fueron encuestados sobre la necesidad de contar con el programa, pero además, sobre su interés en ofrecer sus competencias al servicio de un potencial programa de doctorado, lo que se puede concebir como la oferta de conocimiento.

- **Análisis de los datos**

Los datos fueron tabulados en hojas de cálculo y analizados mediante procedimientos matemáticos para determinar proporciones y porcentajes. También, se analizaron a través de medidas estadísticas de tendencia central y de dispersión, a fin de describir la muestra de encuestados y la base de datos de los profesionales de las ciencias agropecuarias registrados en el CTNA. Finalmente, los resultados de los análisis fueron dispuestos en tablas y gráficas para su interpretación y discusión técnica en contexto.

3. Resultados y discusión

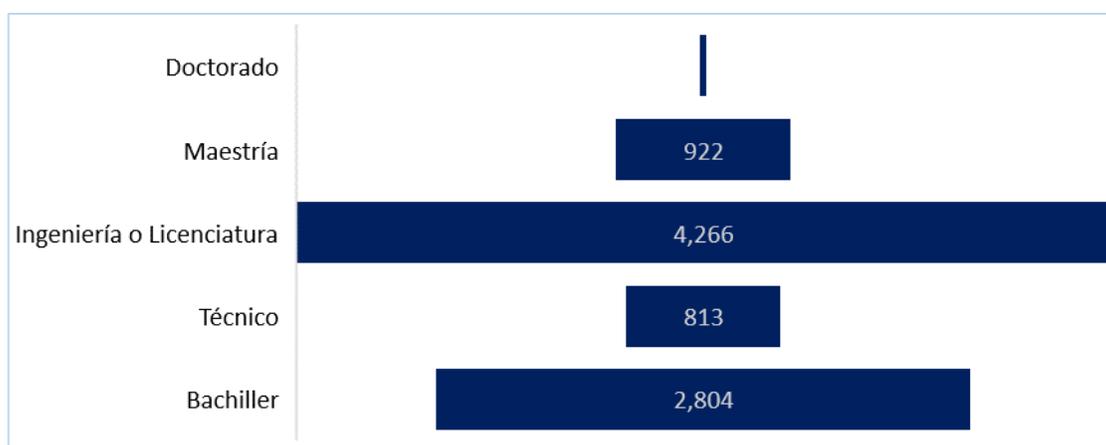
- **Profesionales idóneos de las ciencias agropecuarias en Panamá**

El CTNA fue creado según la Ley N°. 22 de 30 de enero de 1961 y dentro de sus funciones está expedir los certificados de idoneidad de los profesionales de las ciencias agropecuarias (Asamblea Nacional de Panamá, 1961). El CTNA maneja la base de datos pública de los profesionales idóneos registrados desde 1963, la cual contiene 9,758 profesionales.

Los profesionales idóneos activos (registros a partir de 1983) se estiman con una edad máxima de 62 años al 2023, en 8,847 personas. La distribución según grado de escolaridad y académico es: bachiller (31.69%); técnico (9.19%); ingeniería o licenciatura (48.22%); maestría (10.42%); doctorado (0.47%). La categoría que concentra la mayor parte de los profesionales es la de ingeniería o licenciatura, con 4,266 individuos, mientras que la menor es la de doctorado con 42.

Figura 1

Distribución de los profesionales idóneos de las ciencias agropecuarias según grado de formación: 1983 – 2022



Fuente: elaborado por el autor con base en CTNA (2023)

Estos datos reflejan el producto de la organización de la educación agropecuaria del nivel medio y superior, donde por años (desde 1958) han ofertado los programas de ingenierías o licenciaturas, con baja oferta de carreras técnicas a nivel universitario y de posgrado. Es preciso agregar que a nivel de maestría la situación es menos grave, en comparación con la de doctorado, pues en Panamá no existe, ni ha existido, un programa de doctorado en ciencias agropecuarias, desde la reglamentación de los profesionales de este campo, es decir, desde hace, aproximadamente, 60 años.

Al establecer la razón matemática entre los profesionales con grado de licenciatura o ingeniería, de maestría y de doctorado, se percibe que existen barreras en el progreso técnico-profesional. En términos aproximados, existen 216 profesionales idóneos con grado de maestría por cada 1,000 licenciados o ingenieros, lo que pareciese proporcionado. Por

otro lado, al comparar los doctorados con los magísteres, existe una relación de 45 a 1,000, respectivamente. Esta última comparación denota una brecha considerable entre los dos últimos niveles de formación.

Tabla 1

Estadísticas descriptivas de los profesionales idóneos activos en Panamá: 1983-2022

Estadístico	Doctorado	Maestría	Licenciatura	Técnico	Bachiller	Total
Observaciones	40	40	40	40	40	40
Promedio	1.05	23.1	107	20.3	70.1	221
Mediana	1.00	19.0	87.5	12.5	56.0	197
Moda	0.00	30.0	29.0 ^a	10.0 ^a	3.00 ^a	25.0 ^a
Suma	42	922	4,266	813	2,804	8,847
Desviación estándar	1.22	20.1	68.5	17.8	53.3	134
Mínimo	0	0	11	1	3	25
Máximo	4	74	259	79	292	539

^a Existe más de una moda, sin embargo, se reporta la primera en ser determinada.

Fuente: elaborado por el autor con base en CTNA (2023).

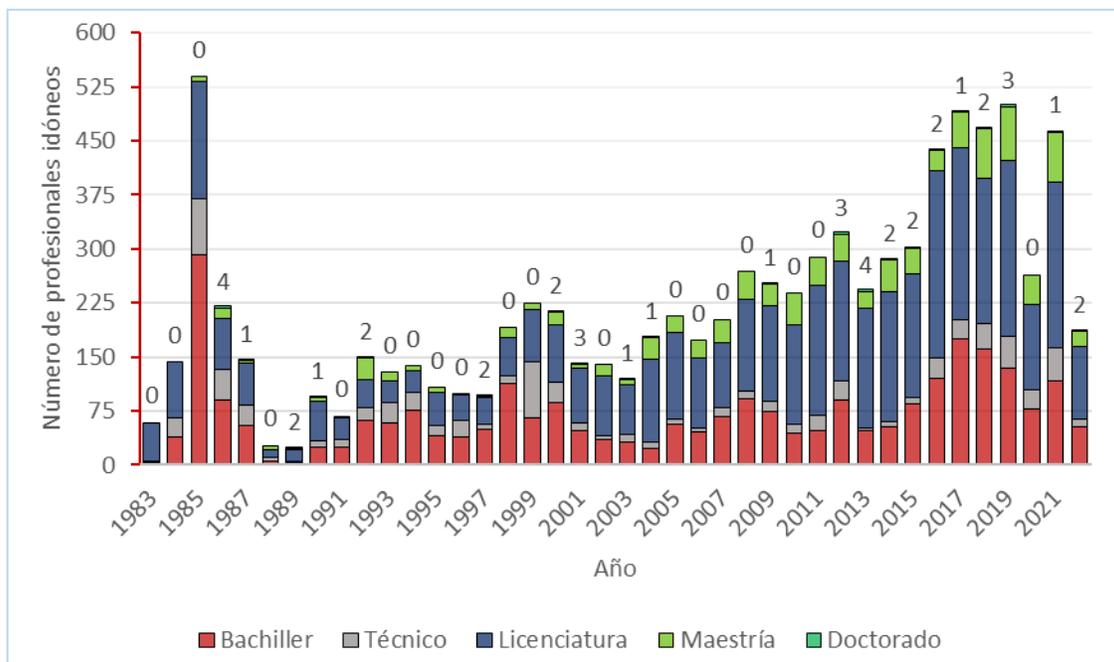
Los estadísticos de la serie de tiempo de 40 años (1983-2022), según grado de formación reflejan, indirectamente, que en promedio, se forma un profesional de las ciencias agropecuarias con grado de doctorado por año, cuya tendencia se ha mantenido constante en el tiempo, oscilando en un rango entre 0 y 4 doctores idóneos registrados por año, que en total suman 42.

Los otros grados presentan una tendencia creciente de 1983 a 1985, luego decreciente hasta 1989, año de la crisis política, social y económica de Panamá. Posteriormente, se evidencia una tendencia creciente sostenida hasta el 2019. En los periodos 2020 y 2021 se afectaron los trámites de idoneidad, se presume que por el costo de la idoneidad y los problemas económicos y de restricción de movilidad durante la pandemia de Covid-19.

En la figura 2, se aprecia el incremento de la parte de los profesionales con grado de ingeniería o licenciatura, a partir del 2003; el caso de los magísteres es similar. Esto pudiera explicarse por la masificación de la educación superior en Panamá, la cual comienza a mediados del siglo XX, en donde el acceso a la educación superior se masificó, principalmente, en la Universidad de Panamá, cuya matrícula creció, explosivamente, al cuadruplicarse en la década del 70, sin preverse, previamente, las condiciones de infraestructura, equipamiento y número de docentes, a fin de mantener la calidad en un escenario de incremento en la matrícula (Centro Regional para la Educación Superior en América Latina y el Caribe-CRESALC, 1985, p. 39).

Figura 2

Distribución anual de los profesionales idóneos de las ciencias agropecuarias según grado de formación: 1983-2022



Fuente: elaborado por el autor con base en CTNA (2023).

Nota: las etiquetas corresponden al número de doctores idóneos por año.

Es preciso añadir que la Universidad de Panamá es la única universidad que cuenta con una facultad especializada en ciencias agropecuarias. Pionera en investigación agropecuaria y actual regente de la educación agropecuaria superior del país. Se fundó mediante la Ley 48 del 20 de noviembre de 1958, en su condición de Escuela de Agronomía,

adscrita a la Facultad de Ciencias Naturales y Farmacia. Luego, en 1965 se constituye en facultad. Existen universidades privadas con carreras puntuales de las ciencias agropecuarias a nivel de licenciatura, muchas veces réplicas de programas de la Universidad de Panamá y, a nivel de maestría, es raro encontrar ofertas.

- **Demanda de programas de doctorado por profesionales de las ciencias agropecuarias con grado de maestría**

Se recolectaron 102 instrumentos completados, 64 (63%) de estos por hombres y 38 (37%) por mujeres, con una edad promedio de 39 años, mínima de 25 y máxima de 71 años. El 88% (90) de los encuestados labora en el sector público, 6% (6) son independientes y 6% (6) en la empresa privada; es evidente la aspiración de los funcionarios públicos para incrementar su grado de especialización.

Esto puede explicarse por la vinculación de los encuestados a los sectores de investigación y docencia, y las instituciones del sector agropecuario que adoptan la Ley 11 de 12 de abril de 1982 y la reglamentación actual según lo establecido por el Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA, 2019), según el Decreto Ejecutivo 12 de 1 de febrero de 2019, sobre el escalafón para los profesionales de las ciencias agrícolas, el cual define como la categoría máxima salarial a la “Categoría V–Doctorados Agropecuarios”.

La mayoría de los encuestados (38; 38%) laboran en el MIDA, seguidos de los funcionarios del Ministerio de Ambiente (MiAmbiente) con 10% (10), de los profesores del Ministerio de Educación (MEDUCA) con 9% (9), y de la Universidad de Panamá (UP) con 9% (9). Los profesionales independientes representaron el 7% (7).

En cuanto a la ubicación geográfica, todos se encuentran en el país, de los cuales, 25 (25%) se ubican en la provincia de Panamá, 18 (18%) en Chiriquí, 14 (14%) en Veraguas, 13 (13%) en Los Santos, 11 (11%) en Herrera, 8 (8%) en Panamá Oeste y 4 (4%) en Bocas del Toro. En la provincia de Colón se encuentran 4 (4%) encuestados, así la menor frecuencia se obtuvo para Darién y Coclé con dos encuestados cada una.

El 89% (89) tiene una formación de base a nivel de licenciatura en agronomía y el resto en ciencias ambientales (11; 11%). El 82% (83) realizó sus estudios de licenciatura en Panamá, 15% (15) en Honduras, 2% (2) en Rusia y uno en México.

Las universidades de mayor frecuencia, en cuanto a la formación de licenciatura, son la Universidad de Panamá con 58% (59), Universidad Zamorano (15; 15%), Universidad Abierta y a Distancia de Panamá (18; 18%), Universidad Santa María La Antigua (USMA) (6; 6%), Universidad Tecnológica OTEIMA (4; 4%), Universidad Latina (3; 3%) y universidades de la disuelta Unión Soviética (2; 2%). Los demás encuestados (4; 4%) realizaron estudios en la Universidad EARTH (Costa Rica), Universidad Tecnológica de Panamá (UTP), Universidad del Istmo (UDI) y la Universidad Autónoma Chapingo.

A nivel de maestría, el 84% (82) se formó en Panamá, 6% (6) en Costa Rica, 2% (2) en Brasil, 2% (2) en España y 2% (2) en Estados Unidos; el 4% (4) restante obtuvieron su título en universidades de Argentina, Chile, México y Francia.

La universidad con mayor frecuencia en la formación a nivel de maestría fue la Universidad del Istmo (UDI) (33; 33%), seguido de la UP con 23% (23) y de la Universidad Abierta y a Distancia de Panamá (18; 18%). Además, aparece el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) (3; 3%), la UTP (3; 3%) y la Universidad Nacional de Costa Rica (UNA) con 2% (2). Luego, con una frecuencia de uno (1; 1%) cada una, universidades como la USMA, Universidad Nacional Autónoma de Chiriquí (UNACHI), Universidad Autónoma Chapingo, Universidad de Buenos Aires, Universidad de Chile, Universidad de Córdoba, Universidad Federal de Ceará, Universidad de Lavras MG, el Instituto Centroamericano de Administración de Empresas (INCAE), *Louisiana State University*, Universidad Politécnica de Madrid, Universidad Santander, Universidad de Idaho, Universidad Latina y la Universidad de *Paris Saclay*. Es preciso mencionar que, de los 102 encuestados, cuatro no cuentan con estudios de maestrías culminados, por lo tanto, el total de interesados con grado de maestría es de 98.

Los 102 encuestados seleccionaron las áreas de investigación preliminares, según su perfil e interés en cuatro áreas preestablecidas. Los resultados arrojaron que el 39% (40) está interesado en el campo de Agronegocios y Desarrollo Agropecuario, 26% (25) en Sistemas Sostenibles de Producción Agrícola, 25% (25) en Sistemas Sostenibles de Producción Animal y 11% (11) en Familia y Desarrollo Humano Sostenible.

El 100% de los encuestados considera relevante la creación de un programa doctorado en ciencias agropecuarias en Panamá, para el desarrollo del país y de la región. Además, manifestaron su interés en cursar estudios de doctorado en Panamá, por supuesto, una vez exista la oferta académica.

- **Oferta de conocimiento por profesionales de las ciencias agropecuarias con grado de doctorado**

Se recolectaron 31 instrumentos completos, 26 (84%) de estos por hombres y 5 (16%) por mujeres, con una edad promedio de 47 años, mínima de 29 y máxima de 69 años. La mayoría de los encuestados (11; 35%) laboran en el Instituto de Innovación Agropecuaria (IDIAP), seguidos de los profesores de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá (6; 19%) y de la Universidad Tecnológica de Panamá (3; 10%).

En cuanto a la ubicación geográfica, trece (13) se ubican en la provincia de Chiriquí, siete (7) en Panamá, dos (2) en Herrera, dos (2) en Los Santos, dos (2) en Coclé y los demás se distribuyen equitativamente entre las provincias de Colón, Darién y Veraguas; un encuestado se encuentra en el extranjero realizando sus estudios de doctorado.

El 50% (15) tiene una formación de base en agronomía, 23% (7) en biología, 7% (2) en ciencias y tecnologías de alimentos y 7% (2) en manejo ambiental. Los demás (4; 13%) se distribuyen, equitativamente, en formaciones en administración agropecuaria (1; 3.3%), ingeniería industrial (1; 3.3%), medicina veterinaria (1; 3.3%) y química (1; 3.3%). Todos cuentan con título de doctorado, excepto un encuestado que notificó estar en la etapa de culminación de sus estudios doctorales.

El 45% (14) de los encuestados obtuvieron sus estudios doctorales en España, seguido de Estados Unidos con 16% (5), Cuba con 10% (3), Francia con 6% (2) y Perú con 6% (2). También se declararon estudios en Alemania, Polonia, Países Bajos, República Checa, con una respuesta cada uno. Un encuestado declaró haber estudiado un doctorado en Panamá.

El 100% de los encuestados considera relevante la creación de un programa doctorado en ciencias agropecuarias para el desarrollo del país y de la región. El 84% (26) está muy interesado en formar parte de los docentes o tutores de un programa, si se llegase a ofertar; el resto está interesado (16%; 5).

Los 31 encuestados expusieron 89 áreas de investigación bajo su dominio, las cuales se clasificaron según lo establecido en la estructura académica vigente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá, la única facultad, netamente, agronómica en Panamá; se utilizó el criterio de departamento, que corresponde a una unidad académica que aglutina las áreas de especialidad o disciplinas que comparten un campo del conocimiento que las agrupa. A continuación, se presenta la lista de las áreas en la tabla 2.

Tabla 2

Áreas de investigación de dominio declaradas por los doctores encuestados

No.	Áreas Declaradas	Departamento
1	Administración Agropecuaria	Desarrollo Agropecuario
2	Calidad e Inocuidad de los Alimentos	Desarrollo Agropecuario
3	Diseño de Experimentos	Desarrollo Agropecuario
4	Diseño y Evaluación de Sistemas de Producción de Agricultura Familiar	Desarrollo Agropecuario
5	Educación en Ingeniería	Desarrollo Agropecuario
6	Estadística Aplicada	Desarrollo Agropecuario
7	Estadística Experimental Enfocada a Suelos	Desarrollo Agropecuario
8	Estadística, Investigación de Operaciones y Producción	Desarrollo Agropecuario
9	Ingeniería de Alimentos	Desarrollo Agropecuario
10	Ingeniería Industrial	Desarrollo Agropecuario
11	Inocuidad Alimentaria	Desarrollo Agropecuario
12	Metodología Investigación	Desarrollo Agropecuario
13	Prospectiva Tecnológica con Enfoque Estratégico	Desarrollo Agropecuario
14	Seguridad e Inocuidad en Alimentos	Desarrollo Agropecuario
15	Sistemas Integrados de Gestión	Desarrollo Agropecuario
16	Social y Humanística	Desarrollo Agropecuario
17	Sostenibilidad	Desarrollo Agropecuario
18	Subproductos Alimentarios	Desarrollo Agropecuario
19	Tecnología Agroindustrial	Desarrollo Agropecuario
20	Agricultura Protegida	Fitotecnia
21	Agricultura Sustentable	Fitotecnia
22	Agroecología	Fitotecnia
23	Agrotecnología	Fitotecnia
24	Aprovechamiento y Revalorización de Residuos Hortofrutícolas	Fitotecnia
25	Biología	Fitotecnia
26	Biología Molecular	Fitotecnia
27	Biorremediación	Fitotecnia

28	Bioseguridad (Organismos Genéticamente Modificados y Transgénicos).	Fitotecnia
29	Biotecnología	Fitotecnia
30	Cultivo Celular Vegetal	Fitotecnia
31	Cultivos Tropicales	Fitotecnia
32	Cultivos Tropicales, Hortalizas y Papa	Fitotecnia
33	Ecofisiología de Plantas	Fitotecnia
34	Fisiología de la Nutrición en Monogástricos	Fitotecnia
35	Fisiología de Plantas (Estrés)	Fitotecnia
36	Investigación Agroecológica Participativa	Fitotecnia
37	Macro y Microelementos para Fertilización en Cítricos y Frutales	Fitotecnia
38	Manejo Postcosecha	Fitotecnia
39	Nutrición Vegetal	Fitotecnia
40	Postcosecha	Fitotecnia
41	Producción de Cultivos	Fitotecnia
42	Producción Orgánica de Hortalizas en Ambientes Protegidos	Fitotecnia
43	Rendimiento Fotosintético	Fitotecnia
44	Tecnología de Arroz	Fitotecnia
45	Tecnología de Semillas	Fitotecnia
46	Aditivos	Protección Vegetal
47	Control Biológico con el Uso de Microorganismos	Protección Vegetal
48	Entomología Agrícola	Protección Vegetal
49	Enzimología	Protección Vegetal
50	Fitopatología	Protección Vegetal
51	Hongos Fitopatógenos	Protección Vegetal
52	Ingeniería de Hongos Filamentosos	Protección Vegetal
53	Interacciones Moleculares Planta-Microbios	Protección Vegetal
54	Manejo Integrado de Plagas Agrícolas	Protección Vegetal
55	Micología	Protección Vegetal
56	Sistemática de Hongos Fitopatógenos	Protección Vegetal
57	Microbiología	Protección Vegetal
58	Microbiología Agrícola y Control Biológico	Protección Vegetal
59	Patología Vegetal	Protección Vegetal
60	Toxicología	Protección Vegetal
61	Virología Vegetal	Protección Vegetal
62	Evaluación de Riesgos de Hongos Entomopatógenos	Protección Vegetal
63	Biocontrol	Protección Vegetal
64	Auditorías Ambientales	Suelo y Aguas
65	Cambio Climático	Suelo y Aguas
66	Ciencia de los Materiales	Suelo y Aguas
67	Construcción y Aplicación de Indicadores de Resiliencia y Sostenibilidad	Suelo y Aguas
68	Contaminación de Suelo y Agua	Suelo y Aguas
69	Equipos Hiper-espectrales	Suelo y Aguas
70	Fertilidad y Manejo de Suelos Tropicales	Suelo y Aguas

71	Gestión Ambiental	Suelo y Aguas
72	Gestión de Cuenca y Recursos Hídricos	Suelo y Aguas
73	Hidrología	Suelo y Aguas
74	Química del Suelo	Suelo y Aguas
75	Relaciones Hídricas	Suelo y Aguas
76	Sensores Ópticos (Equipos Espectrales)	Suelo y Aguas
77	Sistemas de Información Geográfica	Suelo y Aguas
78	Andrología e Inseminación Artificial	Zootecnia
79	Biotecnología de la Reproducción Animal	Zootecnia
80	Ginecología y Obstetricia Animal	Zootecnia
81	Mejoramiento Genético Animal	Zootecnia
82	Producción Bovina	Zootecnia
83	Reproducción Animal	Zootecnia
84	Salud Animal	Zootecnia
85	Comportamiento Animal	Zootecnia
86	Estrés Animal	Zootecnia
87	Ecología y Evolución Animal	Zootecnia
88	Biotecnología Animal	Zootecnia
89	Bienestar Animal	Zootecnia

Fuente: el autor.

Las áreas de investigación declaradas representan oportunidades reales para organizar un sistema de investigación del sector agropecuario, con talento humano formado al más alto nivel, ampliando el alcance y el impacto de la investigación, el desarrollo y la innovación. Con el propósito de incrementar la competitividad del sector y el desarrollo humano en el marco de la sostenibilidad y de los desafíos estructurales y coyunturales que enfrenta el país, la región latinoamericana y el mundo.

La sociedad espera que los avances en materia de investigación e innovación representen un pilar para el desarrollo a largo plazo, al horizonte 2050 y más, cuyos impactos deben incrementarse y trascender para el bienestar social (UNESCO, 2021). Es, en efecto, un aspecto por atender en las universidades panameñas, pues se requiere la transformación de las instituciones de educación superior, esencialmente formadoras, a las basadas en la ciencia, tecnología e innovación (Lara Díaz et al., 2019).

Las universidades y los países deben orientarse hacia la internacionalización en materia científica. La UNESCO (2015) plantea que, para aprovechar el ecosistema científico global, los países deben robustecer la comunidad científica local, construir infraestructura

científica, contar con voluntad política en favor de la ciencia y consolidar un sistema de educación superior de calidad que mejore las capacidades, habilidades y actitudes de la población.

Los programas locales de doctorado en ciencias agropecuarias fortalecerían el sistema de educación superior y su impacto social en la docencia, investigación, extensión y producción. Existen reportes que evidencian que, en la única universidad pública con facultad de ciencias agropecuarias, aproximadamente dos de cada diez profesores regulares tienen un grado de formación a nivel de doctorado, mientras que ocho (8) de cada diez grado de maestría y uno de cada diez tiene grado de licenciatura. Además, aproximadamente, el 60% no realizó aportes de investigación en el periodo 2007-2018 (Sánchez-Galán, 2020); uno de los objetivos de los programas locales pudiera orientarse a incrementar el grado académico y las competencias de investigación y filosofía del profesorado de las universidades.

El incremento de doctores docentes e investigadores tendría un efecto multiplicador en el sistema de educación superior, particularmente, al robustecer la rigurosidad científica en los programas a nivel técnico, de licenciatura y de maestría. Por ejemplo, Aguirre (2021) describe el caso de las universidades en Argentina, un país referente de calidad en la educación superior en Latinoamérica, cinco de cada diez profesores regulares tienen grado de doctorado y, en cuanto a preferencias, el 86% prefiere realizar actividades de docencia e investigación, 12% solo investigación y un 2% solo docencia.

El progreso técnico del sector agropecuario está en función de los desafíos y de los recursos disponibles, tales como el grado de competencias del talento humano, la tecnología, las condiciones agroambientales, la información y los productos del mercado financiero. No obstante, sin duda alguna, las competencias profesionales del talento humano son un elemento primordial, incluso para el aprovechamiento estratégico de los demás recursos.

Las ciencias agropecuarias y los profesionales del agro deben dar un salto cualitativo, cambiando los paradigmas pasados, para atender problemas pertinentes, mediante el enfoque sistémico en la investigación, el desarrollo y la extensión (Vélez, 2004). La región

latinoamericana y el mundo afrontan desafíos de desarrollo sostenible, por ejemplo, para garantizar la seguridad y soberanía alimentaria. Esto en el marco de difíciles condiciones como el cambio climático, la urbanización y el éxodo rural, el crecimiento demográfico, la crisis migratoria, la degradación de los suelos, escasez hídrica, contaminación de las fuentes de agua, pandemias, crisis alimentarias, entre otras.

4. Conclusiones

- La educación superior ha desempeñado un papel preponderante en el progreso de los países que han decidido edificar planes para garantizar una armonía entre la producción de profesionales y las aristas de desarrollo de las naciones y, por ende, obtener resultados positivos en la búsqueda de la competitividad basada en las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas que surjan.
- En el mundo globalizado, la movilidad científica internacional ha favorecido un ambiente de innovación y desarrollo, no obstante, existen naciones con poca o nula participación y, por ende, con pocos réditos locales de los avances de la ciencia y sus impactos socioeconómicos y ambientales.
- Panamá debe cambiar su modelo de desarrollo volcado al sector terciario y diversificar su economía atendiendo la competitividad del sector agropecuario y manufacturero, lo cual debe fomentarse a través de la suficiente inversión en ciencia, tecnología e innovación, voluntad política y participación de los científicos en la toma de decisiones.
- Panamá carece de programas de formación de profesionales, especializados en ciencias agropecuarias, a nivel técnico y de doctorado. Los programas de licenciatura e ingeniería, y de maestría han permitido el avance de escolarización del talento humano, principalmente, por su disponibilidad, no tanto rigurosidad y productividad científica.
- Se evidencia que Panamá cuenta con la base científica a nivel de talento humano y de recursos tecnológicos para establecer su primer programa de doctorado en ciencias agropecuarias. Se concluye que existe una demanda latente y una oferta de

profesionales con grado de doctorado dispuestos a formar parte docente de un programa doctoral, a fin de preparar individuos al máximo nivel de formación y en el plano nacional.

- Los beneficios sociales de la creación de un programa de doctorado se obtendrían en materia de producción de conocimiento, investigaciones, publicaciones, patentes y extensión de los productos relevantes y pertinentes de la ciencia hacia la sociedad.
- La necesidad formativa de doctores en ciencias agropecuarias pudiera atenderse con programas nacionales y, supletoriamente, con becas para estudios fuera del país, especialmente, por temas económicos, culturales y sociales, de alineación de los problemas de investigación con las necesidades nacionales y regionales, el desarrollo y el establecimiento y expansión de la cultura científica y la edificación de infraestructura de investigación.
- Al aumentar el número de doctorados se incrementaría su participación en las actividades docentes y de investigación en las instituciones de educación superior, un punto favorable para mejorar la competitividad de los aspirantes docentes, el impacto en la calidad educativa y en la rigurosidad científica y, por consecuencia, en el incremento del prestigio de las instituciones, lo que se evidenciará en las clasificaciones o *rankings* de universidades. Por otro lado, las empresas e instituciones contarían con profesionales capaces de crear soluciones y generar conocimiento en situaciones puntuales.
- En momentos de crisis o dificultades coyunturales, una consolidada comunidad científica local puede afrontar los desafíos que se presenten. El Estado tiene la responsabilidad de cultivar la ciencia, la tecnología y la innovación a largo plazo, como si se tratase de un seguro para la estabilidad social.

Referencias bibliográficas

Aguirre, J. (2021). Academic profession and doctoral training. The argentine case in the framework of the international study APIKS. *Praxis Educativa*, 25(2), 1–26. <https://doi.org/10.19137/PRAXISEUCATIVA-2021-250209>

Banco Interamericano de Desarrollo-BID. (2018). Retos del sector agrícola de Panamá. 44. <https://doi.org/10.18235/0001258>

Ley N° 22 de (30 de enero de 1961). *Por la cual se dictan disposiciones relativas a la presentación de servicios profesionales*, (1961), (Asamblea Nacional de Panamá). <https://ctnapanama.org/wp-content/uploads/2022/12/ley-22-30-enero-1961-ctna.pdf>

Cañizares, O., Sarasa, N., Herrera, M., Guirado, O. y Boffill, M. (2021). Concepción y diseño de un programa de doctorado en ciencias médicas según el contexto local. *EDUMECENTRO*, 13(3), 382–400. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-28742021000300382

CRESALC. (1985). *La educación superior en Panamá*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000067084>

Dávila, M. (2012). *Tendencias recientes de los posgrados en América Latina* (Teseo; Universidad Abierta Interamericana (ed.); 1st ed.). <https://uai.edu.ar/media/109498/tendencias-recientes-de-los-posgrados-en-américa-latina.pdf>

Dragan, I., Isaic, A., Dragan, I. e Isaic-Maniu, A. (2022). An original solution for completing research through Snowball Sampling—Handicapping Method. *Advances in Applied Sociology*, 12(11), 729–746. <https://doi.org/10.4236/AASOCI.2022.1211052>

Lara Díaz, L., Bravo, G., Sánchez, L. y Vásquez, S. (2019). Dimensiones para la evaluación del impacto social de la investigación educativa, en el programa de doctorado en ciencias de la educación en la Universidad de Cienfuegos. *Conrado*, 15(1), 155–163. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1990-86442019000600155

Decreto Ejecutivo N° 12 de viernes 1 de febrero de 2019. Por el cual se modifica el artículo 21 del Decreto Ejecutivo N° 71 de 2 de octubre de 1984, que aprueba los reglamento requeridos para la implementación del escalafón del profesional de las ciencias agrícolas, establecido y regulado por la Ley 11 de 12 de abril de 1982, (2019) (MIDA). https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/28709_A/GacetaNo_28709a_20190207.pdf

Poyatos, C. (2012). Doctoral education and skills development: An international perspective. *Revista de Docencia Universitaria*, 10(2), 163–191. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4021055.pdf>

Rivas Tovar, L. A. (2011). Las nueve competencias de un invetsigador. *Investigación Administrativa*, 108, 34–54. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=456045339003>

Ruano-Borbalan, J. C. (2022). Doctoral education from its medieval foundations to today's globalisation and standardisation. *European Journal of Education*, 57(3), 367–380. <https://doi.org/10.1111/EJED.12522>

- Sánchez-Galán, E. (2020). La investigación universitaria: El caso de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá: 2007-2018. *Acción y Reflexión Educativa*, 45(45), 1–27. <https://doi.org/10.48204/J.ARE.N45A1>
- Sánchez-Galán, E. (2019). El crecimiento económico y la desigualdad en Panamá: una aproximación urbano-rural. *Visión Antataura*, 3(2), 68–82. <https://revistas.up.ac.pa/index.php/antataura/article/view/1058>
- Sarrico, C. S. (2022). The expansion of doctoral education and the changing nature and purpose of the doctorate. *Higher Education*, 84(6), 1299–1315. <https://doi.org/10.1007/S10734-022-00946-1/FIGURES/2>
- SENACYT. (2020). *Plan Estratégico Nacional para el Desarrollo de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación (PENCIYT) 2019-2024*. https://www.senacyt.gob.pa/wp-content/uploads/2020/01/GacetaNo_28936b_202001081-1.pdf
- Soto Arango, D. E. (2009). Los doctorados en Colombia. Un camino hacia la transformación universitaria. *Rhela*, 12, 152–195. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3179986.pdf>
- UNESCO. (2015). *UNESCO science report*. <https://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/unesco-science-report-towards-2030-part1.pdf>
- UNESCO. (2021). *Caminos hacia 2050 y más allá. Resultados de una consulta pública sobre los futuros de la educación superior* (UNESCO). https://www.iesalc.unesco.org/wp-content/uploads/2021/11/Pathways-to-2050-and-beyond_ESP.pdf
- UNESCO. (2022). *Reinventando la educación superior para un futuro sostenible. Conferencia Mundial de Educación Superior de la UNESCO*. <https://en.unesco.org/sites/default/files/whec2022-concept-note-es.pdf>
- Vélez Vargas, L. D. (2004). El paradigma científico de las ciencias agrarias: una reflexión. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 57(1), 2145–2159. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/24139>
- Villanueva, B., Roach, G., y Saldaña, J. (2016). Educación Superior frente a las transformaciones globales. *Capacidades científicas*. 42. <https://www.senacyt.gob.pa/publicaciones/wp-content/uploads/2019/06/Educación-Superior.pdf>
- Yang, H. (2022). A triple helix model of doctoral education: A case study of an industrial doctorate. *Sustainability* 2022, 14(17), 10942. <https://doi.org/10.3390/SU141710942>

Chatbots e inteligencia artificial: aportes, innovaciones y aplicación en el desarrollo de sistemas de información empresarial

Chatbots and artificial intelligence: contributions, innovations and application in the development of business information systems

Roberto Daniel Gordon Graell¹

¹Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Panamá Oeste, Facultad de Informática, Electrónica y Comunicación, Panamá; roberto.gordon@up.ac.pa; <https://orcid.org/0000-0001-8468-4910>

Fecha de recepción: 28 de febrero de 2023

Fecha de aceptación: 10 de abril de 2023

Resumen: El surgimiento de nuevas tecnologías de la ingeniería del software marca el ritmo de la evolución social y no sorprenden tanto como antes. Todos los días aparecen noticias de tecnologías digitales puestas al servicio del ser humano. Ese es el caso del Chatbots de interacción inmediata, una tecnología disruptiva que está en el medio del debate ético social pues su última evolución revolucionó la interacción humano-computador en el ámbito de la comunicación reflexiva lingüística. El artículo que se presenta es un análisis de la evolución y el impacto social y productivo de los chatbots basados en la Inteligencia Artificial, que imitan y construyen textos muy cercanos a la reflexión humana. Se realizó a través de documentos científicos seleccionados de la red con apoyo de motores académicos de búsqueda cuya principal conclusión es que transformará el entorno productivo de los negocios que se fundamentan en la producción de textos.

Palabras clave: Chatbots, inteligencia artificial, ingeniería de software, negocios, sistemas de información.

Abstract: The emergence of new software engineering technologies sets the pace of social evolution and it is not as surprising as it used to be. Everyday news of digital technologies put at the service of human beings appears. This is the case of Chatbots for immediate interaction, a disruptive technology that is in the middle of the social-ethical debate because its latest evolution revolutionized human-computer interaction in the field of linguistic reflexive communication. The article presented is an analysis of the evolution and the social and productive impact of AI-based chatbots, which mimic and construct texts very close to human reflection. It was carried out through scientific papers selected from the network with the support of academic search engines whose main conclusion is that it will transform the productive environment of businesses that are based on the production of texts.

Keywords: Chatbots, artificial intelligence, software engineering, business, information systems.

1. Introducción

Las ciencias de la informática representan para la humanidad actual lo que, en tiempos de la prehistoria muy cercanos al surgimiento de los homínidos, es la invención del lenguaje. Es el invento que permitirá dar el mismo salto civilizatorio de ese entonces, guardando las distancias, pero en un tiempo que se acortará en unos cuantos milenios.

Descubrir el uso de la palabra, permitió entender el mundo y comunicarse con los pares para trabajar en común en un camino histórico que se fundamentó en la tecnología para la supervivencia de la especie.

Las Tecnologías de Propósito General (GPT)¹ son aquellas definidas como tecnologías que permiten y generan una aceleración en el desarrollo de otras tecnologías y, en su conjunto, de una industria como producto de innovaciones incrementales. Significa que la tecnología se potencia y repotencia permanentemente (Hurtado et al., 2017). Es una definición genérica en la que se describen correctamente las tecnologías relacionadas con la ingeniería del software y los sistemas digitales de información.

Para considerarse GPT, una tecnología cumple con tres características: La primera; aplicabilidad general, porque no cumple ninguna función genérica vital en una cadena de producción y su ausencia no detendrá la producción; segunda: dinamismo tecnológico que permite incrementar en el tiempo la eficiencia de la función genérica productiva y, tercera: complementariedad innovativa que potencia e incrementa el desarrollo tecnológico allí en donde se aplica (Navarro y Sabalza, 2016).

El término GPT como tal es una definición del campo de la literatura económica en las que se suscriben todas las tecnologías derivadas de los diseños de la ingeniería del software, tanto analógicas como digitales, de las cuales el desarrollo de la Inteligencia Artificial (IA) es la GPT más apreciada en la producción moderna. Su utilización en las cadenas de producción es la base técnica de la industria 4.0, determinada por el Internet de las Cosas (IoT)² en la que las máquinas se comunican entre ellas cumpliendo roles productivos con la menor intervención humana posible. Es el uso encadenado de las tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) por un usuario no humano (González et al., 2020).

La disrupción tecnológica que significa la IA también tiene su lado negativo pues implica que el factor humano en los procesos de producción industrial deviene en un mínimo requisito. Se reducen costos de producción en puestos de trabajo, así como se minimiza la posibilidad del error humano, también la pérdida de materia prima e insumos

¹ *General Purpose Technology*, GPT por sus siglas en inglés.

² *Internet of Things*, IoT por sus siglas en inglés.

como los volúmenes de depósito pre producción y producto acabado y se garantiza la desaparición de los conflictos laborales (Presta, 2020).

Las ventajas de la capacidad de intercomunicación que provee la IoT reduce los costos de forma exponencial que crean nuevos paradigmas de producción fundamentados en un grado elevado de colaboración entre los dispositivos y agentes en sistemas de producción denominados “ciber-físicos”. Navarro y Sabalza (2016) afirman que:

Estos sistemas van un paso más allá de las ventajas que, de forma aislada, han venido proporcionando los avances en automatización a nivel de planta, las tecnologías de la información a nivel de gestión del negocio, o las herramientas de simulación a nivel de ingeniería, de forma que la cooperación inteligente entre ellos resulta en una elevada sinergia del hecho productivo. (p. 157)

El conflicto ético productivo en debate no incluye la dicotomía en el uso de la IA puesto que es un avance tecnológico. Cualquier país que quiera mantenerse competitivo en un mercado y economías mundiales interconectados se ve en la obligación de implementarla. En los países con alto índice de desarrollo la implementación del IoT, con la reestructuración en la industria 4.0 que incluye la IA ha sido política de Estado en las primeras dos décadas del siglo XXI y lo seguirá siendo. Iniciativas gubernamentales de EEUU, Latinoamérica y Europa se encuentran en un sin número de documentos en cualquiera de los buscadores académicos. La IA se convirtió en el obrero del siglo XXI (De León, 2021).

El impacto de la IA es tal que el esperado paso del procesamiento de pensamiento humano, no como imitación, parece anunciar su aparición con la utilización de sistemas de información digitales diseñados para construir respuestas lingüísticas en el mismo momento de su interacción con un usuario humano. Bots especializados en conversar³ verbal o textualmente con un usuario, en tiempo real, con respuestas ajustadas a las necesidades del usuario sin utilizar frase estándar de respuesta pregrabadas y en términos calificados por sus creadores como reflexión.

Este artículo es una reflexión documentada del impacto en la conducta empresarial y social de la última disrupción de los sistemas digitales de información de la IA, tipo GPT,

³ Charlar: *Chat*, en inglés el original.

bots de respuesta inmediata de los cuales el más famoso, pero no el único, se conoce bajo la marca comercial ChatGPT. Es la tecnología digital que presta servicios de redacción de calidad superior a sus antecesoras, en diferentes productos e idiomas, en tiempo real de interacción con el usuario humano y que más que agrupar las palabras en la construcción de textos congruentes es la imitación que más se acerca a la reflexión humana.

Su objetivo es analizar la evolución de la tecnología digital y algunas de sus aplicaciones actuales como herramienta de producción y negocios en entornos donde el uso del lenguaje escrito o verbal es la forma principal de presentación del producto, pero, al mismo tiempo, es el producto en sí, en una forma de visualización de las ventajas que supone su utilización en la sociedad panameña.

2. Materiales y métodos

Este artículo es una revisión de literatura sobre las tecnologías de los sistemas de información GPT tipo Chat y algunas de sus formas de uso en los sistemas de producción y el mundo de los negocios. Es un análisis sobre el desarrollo de sus características como diseños de la ingeniería del software para que interactúen en tiempo real con un usuario humano y respondan a sus requerimientos de manera eficaz y satisfactoria en términos de calidad.

Se realizó una revisión sistemática en la red de documentos que relacionan la tecnología GPT tipo Chat y su prestación de servicios en diferentes áreas productivas. La búsqueda se apoyó en los motores de búsqueda de Google Académico y el sistema de revistas científicas Readlyc a través de palabras clave sin conectores booleanos.

En una primera etapa, se seleccionaron 82 documentos con la lectura de sus títulos. En una segunda etapa, con la lectura del resumen y la introducción, se seleccionaron 33 de los que, a través de la lectura del cuerpo del artículo, se seleccionaron como muestra representativa los que se incluyen en el cuerpo del artículo.

3. Resultados y discusión

Que los sistemas digitales de información diseñados para interactuar verbalmente con usuarios humanos no estén solo en el campo de la ciencia ficción tecnológica no sorprende. Ya un preludio del futuro de la ingeniería del software se dio en la película del género de 1968 2001: Odisea del espacio, famosa, de culto entre los cinéfilos, en la que un sistema IA no solo interactúa verbalmente con la tripulación de una nave espacial, sino que toma decisiones vitales.

De las máquinas dotadas de sistemas de información para calcular a la que procesaba información pasaron algo menos de seis décadas, de las que procesaban información a las que se conectaron en red solo dos y de estas a las que comprenden el sentido del lenguaje humano algo menos de un lustro, Las últimas están en funcionamiento desde hace algún tiempo, con mucho éxito, como se desprende de los documentos que se reflejan a continuación.

La industria de la palabra se amplió a espacios que, antes, era casi impensable un uso efectivo y satisfactorio. Un minúsculo ejemplo de una realidad presente hoy en día en Panamá son los robots, bots bancarios de instrucciones sencillas vía telefónica o, más notable, el sistema de Respuesta R.O.S.A. de múltiple y exitoso funcionamiento en el transcurrir de la pandemia por Coronavirus COVID 19 (Graell, 2022).

En ese contexto de urgencia mundial los chatbots⁴ de diferentes organizaciones religiosas prestaron ayuda espiritual. Estos robots de la comunicación utilizan la IA e imitan la conversación humana y se usaron en pandemia para mantener la comunicación con los fieles en una costumbre que ya se utilizaba para los estudiantes de las escuelas bíblicas de instituciones religiosas. Wunsch et al. (2022) señalan en especial el chatbot “Esperanza” de la iglesia Novo Tempo en Brasil:

Este chatbot utiliza tecnología de inteligencia artificial y se puede acceder a través de un enlace disponible en sitios web de la denominación antes mencionada y en la red “Novo Tempo”, que dirige a aplicaciones de mensajería e interactúa con el usuario,

⁴ Robot de conversación por su definición en inglés.

ofreciendo orientación espiritual, consejería y estudios bíblicos, siendo una especie de instructor o profesor virtual. (p. 111)

Con los miles de ejemplos cotidianos, en una era de tecnologías digitales disruptivas, que una máquina dotada de algoritmos de IA interactuara lingüísticamente con un usuario humano, en tiempo real, sin respuestas programadas de antemano era cuestión de esperar. Los asistentes y acompañantes virtuales para personas mayores son una industria, tanto rentable como sustentable en el tiempo que ofrece aplicaciones tan importantes como monitorización a distancia y detección de accidentes o demencia que complementan la compañía virtual (Molina, 2021).

En ese contexto, un tema de actualidad es el ChatGPT, una marca comercial cuyo producto es un sistema de comunicación verbal y escrita que se fundamenta en el modelo lingüístico de IA GPT-3, desarrollado por la empresa OpenAI que supone más de 175 millones de parámetros, pre-entrenado con textos, en grandes cantidades, para realizar tareas relacionadas con el lenguaje que incluyen traducción y generación de texto. Reyes (2019) aclara que:

El modelo está preentrenado en un conjunto de datos masivos de texto y se ha ajustado para tareas específicas de generación de lenguaje, como la traducción de idiomas, el resumen y la respuesta a preguntas. GPT-3 es capaz de generar textos similares a los escritos por humanos, así como de comprender y responder a entradas en lenguaje natural. Está considerado uno de los modelos de generación de lenguaje más avanzados de la actualidad (¿QUÉ ES GPT-3? párr. 1).

El “Transformador generativo pre-entrenado” es un sistema digital de información, un diseño de la ingeniería del software que no deja de asombrar por el uso de las técnicas de aprendizaje profundo, en una arquitectura de red neuronal transformadora que genera respuestas en texto similar al humano después de percibir y comprender entradas en lenguaje natural.

Es un avance asombroso porque este tipo de sistemas digitales de información, para el 2017, enfrentaba problemas de congruencia reflexiva debido a que los textos generados eran agrupaciones de frases, con corrección gramatical, pero sin sentido de su conjunto,

tomadas de grandes bases de datos de textos mostrando la capacidad imitadora de la IA, pero sin grado de comprensión de ideas y conceptos de alto nivel que caracterizan al ser humano. Serrahima (2022) afirma que, para el momento, 2017, el desafío seguía abierto.

En este sentido, aun nadie ha conseguido desarrollar un algoritmo que supere el test de Turing, un test que consiste en que una máquina mantenga una conversación fluida con un humano manteniendo un nivel de profundidad sintáctico cultural y contextual que la haga indistinguible de la de un humano (p. 35).

Llevar esa capacidad inicial imitadora a una reflexiva, en una máquina, implica no solo ingentes cantidades de datos, cientos de miles de algoritmos y un diseño especializado de ingeniería del software para que el proceso de aprendizaje profundo de la IA se dirija a trabajar sobre las formas lingüísticas de imitar la reflexión, sino también un acercamiento disruptivo, tal vez cuántico, al proceso de que la máquina genere pensamiento propio, o una imitación muy aproximada a lo que se supondría autonomía de reflexión.

El fundamento del avance tecnológico se basó en el Procesamiento del lenguaje natural (NLP)⁵ que es el análisis del lenguaje humano, cuyo objetivo, por supuesto, es proporcionar facilidades al software de los chatbots para la comunicación con usuarios no especializados, público común, que permitan respuestas sencillas, identificar estilos de conversación y realizar tareas lingüísticas consideradas complejas como: traducción, resumen o generación de textos.

La información que el sistema digital de información recibe en palabras se convierte en una imagen algorítmica, en una especie de *gemelo digital* de la palabra y sus relaciones espaciales dentro de la frase y de esta dentro del contexto de un párrafo. Es una representación numérica que se adapta a la red neuronal y que se acompaña con un significado implícito en la dimensión de la frase y el significado del texto en un complejo sistema de incorporación⁶ en una gama vectorial de posiciones que van desde los significados más cercanos, y posibles hasta los más alejados y menos probables, no por ello descartables (Beltrán y Mojica, 2020).

⁵ *Natural Language Processing*, NLP por sus siglas en inglés.

⁶ *Embedding*, término, en inglés, de la literatura especializada que otros autores también traducen como Incrustación.

El complejo sistema de incorporación en una herramienta que condensa la información y se soporta en bases de datos y redes de incorporación pre entrenadas en la comprensión de características diferenciadas del lenguaje humano, prepara una gama de posibles respuestas y selecciona en un proceso de codificación y decodificación del “sentido” del texto de respuesta dentro de los parámetros del sentido de la información recibida. A mayor cantidad de generación de fuentes de información y conocimiento de estilos de lenguaje, crece el número de parámetros, aumenta la cantidad de significado de palabras en el diccionario y mejora la eficiencia en una relación directamente proporcional entre fuentes de información y características de los estilos del lenguaje.

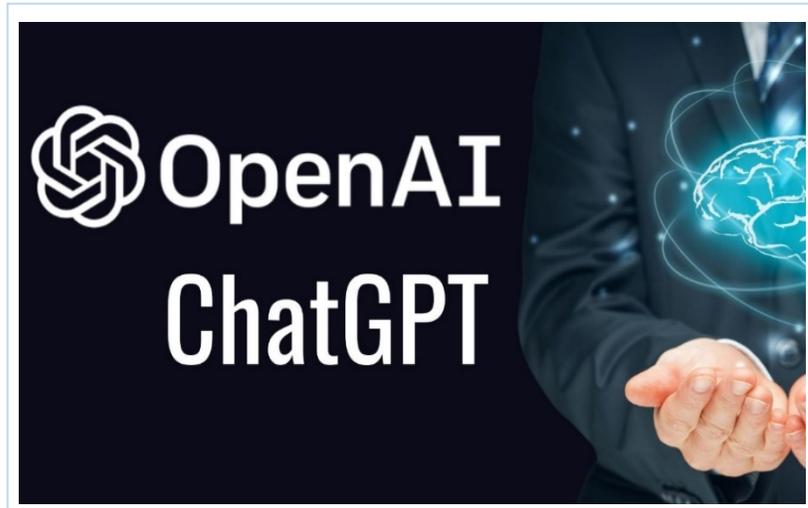
El producto obtenido es materia prima y resultado al mismo tiempo. La utilización de la IA en sí misma en el marketing y la comunicación digital de las empresas es la disrupción tecnológica de los sistemas digitales de información que revolucionó las formas de hacer mercadotecnia con el manejo y selección de la Big Data. Llegar rápida y directamente hasta un público objetivo, definido y deseado, está al alcance de cualquier empresa sin importar su tamaño. La IA permite una segmentación perfilada, más definida del consumidor promedio y sus gustos apoyándose en el uso de las redes sociales (RRSS). Es la construcción del buyer cliente, el avatar virtual consumidor, la buyer persona con presencia referente en las RRSS (Aguilar y Rivera, 2020).

Las formas de uso aportan más datos que la edad y el sexo o el interés por cierto tipo de música, ropa u otro bien de consumo y/o servicio. Con la IA el uso se convierte en una radiografía personal de consumidor de noticias, afiliaciones políticas, opinión sobre temas sensibles que permiten la construcción de un perfil ético. De igual forma, en el tema de la palabra. La combinación de IA y Chatbots está ahora más cerca de dar respuesta textual a los gustos literarios con un autor artificial en un proceso de marketing y copia de estilos de autores reales (Castro, 2021).

De igual forma, escribirá por un usuario humano, aunque es más acertado decir que *escribe* por un usuario humano. Ya lo hace con artículos cortos que, por ahora, aparecen en periódicos digitales que han creado un avatar humano para una IA que genera texto en una irónica recombinação de roles solo posible en la era digital. Las empresas de generación de

textos publicitan sus servicios en las redes, como la publicidad de OpenAI de la figura 1, y las herramientas de NLP, como Meena Chatbot de Google y Blender chatbot de Facebook, están al servicio de usuarios (Beltrán y Mojica, 2020).

Figura 1
Publicidad de Open AI



Fuente: Captura de pantalla de la RRSS Meta, enero 2023.

El negocio no solo incluye textos. En OpenAI, (25 de 01 de 2023) el párrafo de presentación señala:

Descubrimos que, al igual que un gran modelo transformador entrenado en el lenguaje puede generar texto coherente, el mismo modelo exacto entrenado en secuencias de píxeles puede generar complementos y muestras de imágenes coherentes. Al establecer una correlación entre la calidad de las muestras y la precisión de la clasificación de imágenes, demostramos que nuestro mejor modelo generativo también contiene características que compiten con las mejores redes convencionales en el entorno no supervisado. (párr. principal)

Si desde hace poco, relativamente, está a la disposición del público en general, significa que a nivel empresarial tiene algún tiempo funcionando y con éxito. En la lógica de los negocios, las pruebas de los productos se circunscriben primero a los grandes inversores representados en empresas para las que la tecnología supone una ventaja de negocios.

También significa que, desde el punto de vista del costo de oportunidades y la ganancia, el obrero redactor IA transformará significativamente la forma de ver la sociedad impactando en toda su estructura, no solamente en la reducción de los puestos de trabajo para los redactores.

Todesca (2022) refiere que según la consultora internacional Kepios la cantidad de usuarios de RRSS para abril de 2022 representaba 58,7% de la población mundial. Otro significado es que 6 de cada 10 personas en el mundo todos los días utilizan un equipo digital para navegar en un promedio de algo más de dos horas, por las diferentes plataformas de la red.

La industria de las noticias es una de las que más sufrió transformaciones con la IA y se apresta a sufrir más con los chatbots. Los medios de información, sobre todo los impresos, que ya habían visto afectados sus procesos de trabajo, oferta de empleo y modelo de negocios por la digitalización sufrieron una segunda etapa con la aparición de la IA, el internet de las cosas (IoT), las tecnologías de aprendizaje automatizado (machine learning) y la cuarta revolución industrial en un proceso que profundiza el debate del dilema ético multidimensional que significa el poder de la prensa (Lassi, 2022).

En ese orden de ideas, el procesamiento automático de la lengua en las redacciones puede suplantar un gran número de las tareas que conforman la cadena de producción periodística. Para 2018, un estudio de del proyecto Journalism AI⁷ con base en una encuesta a 71 organizaciones periodísticas de 32 países señaló que la IA, y tecnologías asociadas, influenciaran de forma profunda y permanente las estructuras periodísticas, las formas del periodismo y el consumo de la información. Sanahuja y Rabadán (2021) señalan que “algo menos de la mitad de los encuestados dijo que utilizaba la IA para la recopilación de noticias, dos tercios señalaron que la empleaban para la producción y algo más de la mitad recurrían a ella para la distribución” (p. 435).

⁷Proyecto de la Escuela Económica y de Ciencias Políticas de Londres (POLIS) en colaboración con *Google News Initiative*.

Emplearla para la producción significa no solamente comunicaciones internas sino búsqueda en otros medios y noticias. El darwinismo tecnológico se encargará, por sí solo, de la selección del personal necesario. Lassi (2022) afirma que:

La aplicación de Inteligencia Artificial (IA) para el procesamiento de datos y producción de noticias utiliza una tecnología compleja que requiere de personal capacitado, ingenieros y editores, dado que los programas de Natural Language Technology (NLG)¹ son creados y programados in house –es decir, en la misma empresa de noticias o proporcionados por grandes corporaciones como Google News Initiative o Microsoft Cognitive Services, por citar algunos ejemplos. (p. 155)

La necesidad empresarial de reporteros en las calles, de un medio de comunicación, se reduce en razón de la pesca de las noticias en otros medios o en las mismas RRSS creando reportajes de historias subidas por los usuarios en los que, el comentario referencial de la noticia, generada por un anónimo, es mínimo y no requiere de un profesional del periodismo. Es la marca de fábrica de muchos portales de noticias que al mismo tiempo segmentan sus usuarios para ofrecerles el titular atrayente. Es el buyer cliente de las noticias al que se llega en una estrategia agresiva, tal vez invasiva, hasta la pantalla de su teléfono móvil (Canavilhas, 2021).

La propaganda política, mal llamada información de interés electoral, es otro de los ámbitos en que la combinación IA-Chatbots funcionó de manera exitosa a gran escala, con la automatización del proceso de comunicación con los posibles votantes-clientes. Todesca (2022) refiere que, en Suiza, el mayor grupo privado de medios de comunicación del país para 2018 automatizó la promoción de campaña y encarriló la elección con “Tobi” un sistema que puede producir cuarenta mil artículos en pocos minutos, todos y cada uno al gusto del elector, residente en cualquier parte del país, en un proyecto en el que trabajaron solo cinco periodistas y alcanzó más de cien mil usuarios. Todesca (2022) afirma que:

El caso más paradigmático y que puso en escena el peligro de una asociación combinada entre fake news y redes sociales fue el escándalo de Cambridge Analytica y Facebook en 2017, cuando se denunció una vinculación entre la red social de Mark Zuckerberg y la consultora para enviar noticias falsas a los ciudadanos de Estados

Unidos en relación a las elecciones presidenciales de 2016, en las que Donald Trump terminó elegido presidente. (p. 83)

Según las informaciones y resultados de la investigación las empresas utilizaron la información personal contenida en cincuenta millones de perfiles de Facebook, ahora Meta, para desarrollar perfiles psicológicos y de afinidades políticas y enviarles noticias falsas de los contrarios y extractos seleccionados, y acomodados, en el gusto del votante, de las propuestas y discursos del candidato contratante, en un proceso de construcción de un “buyer cliente político”.

A nivel de producción empresarial con el Chat interactivo en tiempo real puede preverse un aumento de las ganancias y, por supuesto, un importante avance en la sustentabilidad de los negocios y el éxito empresarial. Por si sola la aparición de la IA, que permitió y potenció el IoT con una serie de tecnologías y aplicaciones, cuyas reseñas tecnológicas ya generaron bibliotecas temáticas especializadas, impactó los números de la economía mundial elevando PIB nacionales y regionales, aunque, su aplicación, creó asimetrías en el ingreso de la población y consecuencias negativas laborales con la reducción y poca generación de puestos de trabajo (ANCE, 2021).

La tecnología Chat interactivo no solo permite la generación del bien o servicio, convertido en palabras sea texto o verbal que consumirá un usuario, sino que lo hace a gusto del cliente. La reducción sustancial en proceso de mercadeo y generación de promociones que cumplan con su cometido de diseño tendrá niveles de éxito cada vez más altos hasta que, la empresa, encuentre el equilibrio en sus nichos de mercado.

De igual forma, puede preverse la sustitución de comunicaciones internas, el manejo de niveles de depósito de materias primas e insumos, así como de productos terminados. No es ciencia ficción imaginar que la empresa computarizada y enlazada, vía IoT, controla los volúmenes de insumos y el sistema digital de control que incluye chatbots, generará el pedido correspondiente cuando el nivel de un insumo llegue a un nivel predeterminado. El sistema digital de control de la empresa proveedora, integrado por chatbots, responderá positivamente, enviará el pedido y generará las comunicaciones respectivas para despacho,

facturación, administración, etc., todo ello sin errores y sin participación humana, por supuesto.

También, por supuesto la reinención financiera forma parte de la competitividad y en la era digital, no aprovechar las ventajas de la tecnología, para muchas empresas, significaría crisis al borde del suicidio empresarial. Aquellas que trabajan con márgenes muy cortos de ganancia, o nichos de mercado restringidos, o con demanda especializada o en entornos de mercados altamente competitivos estarán en la obligación de adquirir rápidamente la tecnología. Es el derecho a sobrevivir, en términos empresariales. Tal vez el ejemplo más resaltante es el negocio bancario. Arce (2022) afirma que:

En el caso de la apertura de estos productos, lo que se ha demostrado es que la interacción física no es necesaria, pero ello no significa que en esas vinculaciones se prescindiera de la comunicación. Por el contrario, en todos los casos debe considerarse la necesidad del cliente y hacer énfasis en los costos de los productos y servicios. En ese orden de ideas, la apertura digital de dichos productos debería permitir la posibilidad de entablar diálogos con la entidad –físicos o a través de otras herramientas– que le permitan al consumidor plantear dudas y obtener respuestas a sus inquietudes. El canal de comunicación podría ser o no empleado por él, pero debería estar a su disposición al momento de celebrar el contrato. (p. 193)

La frase–físicos o a través de otras herramientas– abre el derecho que tienen las instituciones bancarias para la utilización de la tecnología como parte de “[...] hacer énfasis en los costos de los productos y servicios.” que, en este caso, benefician tanto a proveedor como a cliente.

4. Conclusiones

- Las tecnologías GPT digitales que representan los sistemas de información tipo chatbots interactivo ya está remplazando muchas funciones administrativas, de publicidad y mercadeo y de generación de textos e imagen en las empresas. Económicamente, es rentable, genera ganancias y reduce problemas y, por lo tanto, no se desechará.

- En términos generales, no es de sorprenderse por el próximo anuncio disruptivo que puede completar con la crítica la síntesis tecnológica de un equipo artificial, un sistema digital de información tipo chatbots interactivo que cumpla las características inherentes de la reflexión propia y la toma de decisiones vitales de manera no autónoma, sino independiente.
- La tecnología es el resultado del progreso social del hombre, así como también su motor. Las tecnologías digitales producto de la ingeniería del software están, y colocaron al hombre en el pináculo de un modelo civilizatorio. En la actualidad, se decanta por la libre empresa como forma de generación de riqueza personal, empresarial y de todo un país en un modelo del que Panamá no puede excluirse. El uso de la IA en el mundo empresarial es innegable e imparable, tal vez, el debate se centra en hasta donde la sociedad aceptará las consecuencias negativas de su utilización.
- La obligación de los ciudadanos-consumidores es mantener el debate abierto y la de los gobiernos panameños su regulación para que resulte positiva para el tejido social y productivo del país. Tal vez, una mínima regulación de uso, a través de las leyes, se logrará desde otros campos de los fenómenos sociales.

Referencias bibliográficas

- Academia Nacional de Ciencias Económicas (ANCE). (2021). *Efectos de la Inteligencia Artificial (IA) en la economía y el análisis económico*. Rinaldo Colomé; Víctor Elías; Fernando Navajas (Eds). https://anceargentina.org/site/trabajos/INTELIGENCIA_ARTIFICIAL_ANCE2021.pdf
- Aguilar, K. M., y Rivera, M. (2020). *Marketing digital y el comportamiento del consumidor en las organizaciones innovadoras. Revisión sistemática de la literatura*. [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/65424/Meza_AK-Rivera_PMR-SD.pdf?sequence=1&isAllow ed=y
- Arce, E. (2022). *La protección al consumidor financiero en la era digital*. En *La reinención financiera en la era digital. Derecho financiero*: https://asobancaria.com/wp-content/uploads/La_reinencion_financiera_en_la_era_digital-2022.pdf#page=84
- Beltrán, N., y Mojica, E. (2020). Procesamiento del lenguaje natural (PLN) - GPT-3, y su aplicación en la Ingeniería de Software. *Tecnología Investigación y Academia*, 8(1), 18-37. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tia/article/view/17323>

- Canavilhas, J. (2021). Epistemología del periodismo móvil. *Profesional de la información*, 30(1), 1-21. http://profesionaldelainformacion.com/contenidos/2021/ene/canavilhas_es.pdf
- Castro, K. (2021). Inteligencia Artificial y sociedad. *Futuro hoy*, 2(1), 37-41. <http://www.ojs.ssh.org.pe/index.php/Futuro-Hoy/article/view/52>
- De-Leon, O. (2021). *Estrategia para la digitalización del sector productivo mediante el uso de la Internet de las cosas en los países de la Comisión Técnica Regional de Telecomunicaciones de Centroamérica (COMTELCA)*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/47545>
- González, L., Sofía, O., Laguía, D., Gesto, E. y Hallar, K. (2020). Internet del Futuro – Estudio de tecnologías IoT. *Informe Científico Técnico UNPA*, 12(3), 105-137. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7756122>
- Graell, R. (2022). Sistemas de información en la gobernanza digital de Panamá y sus desafíos post pandemia del COVID-19. *Revista Científica Guacamaya*, 7(1), 73-88. <https://revistas.up.ac.pa/index.php/guacamaya/article/view/3183/2805>
- Hurtado, D., Lugones, M., y Surtayeva, S. (2017). Tecnologías de propósito general y políticas tecnológicas en la semiperiferia: el caso de la nanotecnología en la Argentina. *Revista iberoamericana de ciencia tecnología y sociedad*, 12(34), 65-93. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-00132017000100004&lng=es&tlng=es
- Lassi, A. (2022). Implicancias éticas de la inteligencia artificial. Tecnologías y producción de noticias. *In Mediaciones de la Comunicación*, 17(2), 153-169. <https://www.redalyc.org/journal/5897/589773685007/589773685007.pdf>
- Molina, A. (2021). Implementación de herramientas de Inteligencia Artificial para conseguir una comunicación más humana. [Tesis de pregrado, Universidad de Sevilla]. <https://idus.us.es/handle/11441/125219>
- Navarro, M., y Sabalza, X. (2016). Reflexiones sobre la Industria 4.0 desde el caso vasco. *Ekonomiaz: Revista vasca de economía*, (89), 142-173. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5487066>
- OpenAI. (25 de 01 de 2023). *Image GPT*. <https://openai.com>: <https://openai.com/blog/image-gpt/>

- Presta, S. (2020). Neoliberalismo, processos de subjetivação e mutações socio-técnicas. Reflexões a partir de um estudo de caso. *Universidade Estadual de Londrina; Mediações*, 25 (2), 321-338. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/169038/CONICET_Digital_Nro.0b742052-1818-40a4-b262-84f7b59239cf_B.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Reyes, C. (2019). *Chat GPT: Limitantes y empleos/tareas que puede arruinar*. <https://cinthiareyes.com/Divulgación>. <https://cinthiareyes.com/chatgpt-limitantes-y-empleos-tareas-que-puede-arruinar/>
- Sanahuja, R. y P Rabadán. (2021). Ámbitos de aplicación periodística de la Inteligencia Artificial. Mapa conceptual, funciones profesionales y tendencias en desarrollo en el contexto de la pandemia global de la Covid-19. *Razón y Palabra*, 25(112), 432-449. <https://revistarazonypalabra.org/index.php/ryp/article/view/1827>
- Serrahima, Á. (2022). *Avances y desafíos de la inteligencia artificial*. [Tesis de pregrado, Universidad Comillas]. <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/57178>
- Todesca, A. (2022). Tecnología y medios: la producción de noticias en la era de la cuarta revolución industrial. *Palermo Business Review*, (25), 71-86. https://www.palermo.edu/negocios/cbrs/pdf/pbr25/00_PBR_25_completa.pdf#page=71
- Wunsch, L., Nikolay, J., y Freitas, E. S. (2022). Chatbot: comunicación digital y religiosidad tras la pandemia en Latinoamérica. *Universitas-XXI, Revista de Ciencias Sociales y Humanas*, (37), 101-121. <https://www.redalyc.org/journal/4761/476172132004/476172132004.pdf>

Elementos presentes de las organizaciones inteligentes en el desarrollo de las operaciones empresariales en las organizaciones de servicio en el distrito de Santiago, provincia de Veraguas

Present elements of intelligent organizations in the development of business operations in service organizations in the district of Santiago, province of Veraguas

Pompilio Campos¹, Briceida Rodríguez², Mavis González³, Olmedo Caballero⁴

¹Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Veraguas, Facultad de Administración de Empresas y Contabilidad, Panamá; pompilio.campos@up.ac.pa., <https://orcid.org/0000-0003-3709-5683>

²Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Veraguas, Facultad de Administración de Empresas y Contabilidad, Panamá; briceidao.rodriguez@up.ac.pa., <https://orcid.org/0000-0001-6759-7129>

³Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Veraguas, Facultad de Comunicación Social, Panamá; mavis.gonzalez@up.ac.pa., <https://orcid.org/0000-0003-2219-9244>

⁴Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Veraguas, Facultad de Administración Pública, Panamá; olmedo.caballero@up.ac.pa., <https://orcid.org/0000-0002-0025-5455>

Fecha de recepción: 02 de marzo de 2023

Fecha de aceptación: 10 de mayo de 2023

Resumen: Los modelos de negocios requeridos para el desarrollo de las operaciones empresariales, son en muchas ocasiones modelos complejos que demandan de sus gerentes o directores un amplio conocimiento de conceptos y teorías de tipo técnicas que son imprescindibles para lograr los objetivos económicos, financieros y sociales deseados. Para tal fin es importante identificar si las empresas de servicio del distrito de Santiago, poseen elementos de organizaciones inteligentes, y las ventajas que tiene el convertirse en estas, por lo que se propuso como objetivo, determinar la presencia de los elementos de organización inteligente en el desarrollo de las operaciones empresariales de las empresas de servicio en la provincia de Veraguas; para esto, se realizó un acercamiento a la realidad con las diversas organizaciones aplicando una encuesta a 16 empresas de servicio y 100 colaboradores, entre ellas, donde se obtuvo información relevante que permite concluir que; las empresas de servicio como organizaciones tienen una estructura necesaria para poder implementar el concepto de organización inteligente, destacando que los colaboradores están en un momento ideal para lograr los objetivos propuestos.

Palabras clave: organizaciones inteligentes, operaciones, modelos.

Abstract: The business models required for the development of business operations are often complex models that demand from their managers or directors a broad knowledge of concepts and technical theories that are essential to achieve the desired economic, financial and social objectives. For this purpose, it is important to identify if the service companies of the District of Santiago have elements of intelligent organizations and the advantages of becoming them so the proposed objective was to determine the presence of the elements of the intelligent organization in the development of the business operations of the service companies in the Province of Veraguas; for this, an approach to the reality with the different organizations was made by applying a survey to 16 service companies and 100 employees of sixteen companies, where relevant information was obtained that allows concluding that; the service companies as organizations have the

necessary structure to be able to implement the concept of an intelligent organization, highlighting that the employees are at an ideal moment to achieve the proposed objectives.

Keywords: intelligent organizations, operations, models.

1. Introducción

Los modelos de negocios requeridos para el desarrollo de las operaciones empresariales son en muchas ocasiones modelos complejos que demandan de sus gerentes o directores un amplio conocimiento de conceptos y teorías; de tipo técnicas, que son imprescindibles para lograr los objetivos económicos, financieros y sociales deseados. Como menciona Basantes et al. (2021):

En un mundo en constante evolución y cada vez más competitivo, existen organizaciones que se destacan del resto en sus correspondientes sectores de negocios; la innovación, el uso de la tecnología y talento humano altamente capacitado, son entre otras, las características de las llamadas organizaciones inteligentes. (p. 101)

Es importante señalar que las organizaciones al transcurrir el tiempo han ido concientizándose de los cambios requeridos en sus procesos, estructuras, mercados, tecnologías y demás aspectos de su rol, todo para lograr una mayor competitividad en este mundo actual globalizado (Jiménez, 2018).

El concepto de organizaciones inteligentes surge a finales del siglo XX y se define como el contexto donde la gente se percata, continuamente, de cómo se origina la realidad y entonces se crea aquella que se percibe como verdadera. Este concepto aplicado a la organización permitirá crear una cultura organizacional diferente en donde el conocimiento y la información son de mucha importancia para la correcta gestión gerencial (Briceño y Yraima, 2021).

Las organizaciones inteligentes son aquellas que tienen la capacidad de aprender constantemente, y como lo menciona Basantes et al. (2021) las que sean aptas de integrar con inteligencia la capacidad de los seres humanos y la tecnología podrán desarrollar ventajas competitivas de orden superior basadas en la innovación, las relaciones y la eficiencia operativa.

Actualmente, las empresas deben convertirse en una organización inteligente, para enfrentar las exigencias del mercado y obtener los beneficios que estas proporcionan. Es importante señalar que: “Las organizaciones al pasar el tiempo han ido concientizándose de los cambios requeridos en sus procesos, estructuras, mercados, tecnologías y demás aspectos de su rol, todo para lograr una mayor competitividad en este mundo actual globalizado” (Rodríguez et al., 2018, p.84).

Además, las organizaciones inteligentes parten del aprendizaje y la gestión del conocimiento, según Mota (2020), el aprendizaje constituye un elemento esencial en las organizaciones inteligentes donde prevalecen los conocimientos y actividades que se constituyen como complemento en el proceso de organización, cuyo propósito es adecuar y optimizar las habilidades de sus colaboradores para alcanzar la efectividad.

El conocimiento se entiende como una herramienta fundamental que se ha convertido en la columna vertebral del progreso humano, ya que, no solo se ha utilizado en el desarrollo y evolución de las civilizaciones a lo largo de la historia, sino que también se ha convertido en un elemento esencial en el progreso de la sociedad moderna en todo el mundo (Basantes et al., 2021).

Con los nuevos retos, las empresas han evolucionado para adaptarse al nuevo entorno, en la actualidad, se habla de organizaciones inteligentes, que “buscan asegurar, constantemente, que todos los miembros de la organización estén aprendiendo y poniendo en práctica todo el potencial de sus capacidades” (León et al., 2014, p.82).

Es decir, las empresas para enfrentarse a este nuevo entorno cambiante y competitivo han tenido que convertirse en inteligentes, con características muy específicas que permite adelantarse a la llegada de problemas y tomar las debilidades y convertirlas en fortalezas y las amenazas en oportunidades.

Así lo reafirma González (2019), al indicar que el factor productivo por excelencia es el conocimiento, el cual sirve de apalancamiento al creciente y veloz cambio tecnológico. Para Palacios (2000), como se citó en Arce y Chávez (2019), considera que:

Las organizaciones inteligentes serán capaces de crear, desarrollar, difundir y explotar el conocimiento para incrementar su capacidad innovadora y

competitiva, serán capaces de sobrevivir a la competencia cada vez más estrecha por los insumos y los mercados, además de transformar la información en conocimiento mediante procesos de aprendizaje dirigidos, en otras palabras, serán organizaciones inteligentes. (p.10)

Las empresas de servicios han considerado el tema de la promoción del conocimiento como un aspecto competitivo y de valor que permita diferenciarse del resto de las empresas, y que por lo cual se presta especial atención, ya se tiene la convicción, de que el talento humano es la piedra angular en el desarrollo de las estrategias de la empresa, y por tal razón, debe ser impulsado a lograr un alto conocimiento, tanto de la información, como del proceso de aprendizaje necesario que de forma sostenible propicie una cultura organizacional fortalecida y direccionada a la competitividad, fortaleciendo así el desarrollo de las operaciones empresariales en un contexto de generación de valor.

Para que exista un ambiente organizacional adecuado y productivo es necesaria la identificación de las necesidades y expectativas de las personas que laboran dentro de una organización, lo cual permitirá desarrollar mecanismos que influyan sobre su comportamiento hacia el logro de los objetivos. Es por ello, de vital importancia emprender acciones tendientes a mejorar su desempeño administrativo, operativo y estratégico.

Sobre el modelo sistémico con enfoque en disciplinas individuales de las organizaciones inteligentes y la eficiencia organizacional (Zanabria, 2022), logró determinar el impacto de un modelo de dinámica de sistemas sobre la perspectiva de las organizaciones inteligentes en la eficiencia de la organización de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, logrando la construcción y validación del modelo en sus diferentes jerarquías. Concluye que el modelo con enfoque en las organizaciones inteligentes tiene influencia positiva en la eficiencia de las organizaciones.

Por otro lado, Tarrillo Carrasco (2023), diseñó un modelo de gestión administrativa para facilitar su desarrollo, incorporando la teoría de organizaciones inteligentes, concluyendo que los hallazgos revelaron que hay una correlación positiva, directa y significativa entre las variables de gestión administrativa y organizaciones inteligentes. De igual forma se probó, que las acciones para implementar las dimensiones se vienen

aplicando de manera moderada. Por lo tanto, este estudio presenta una propuesta a fin de contribuir con un nuevo modelo de gestión inteligente con implicaciones teóricas y prácticas.

Luego de realizar una investigación bibliográfica sobre organizaciones inteligentes y su incipiente incursión en la esfera turística, Navarrete et al. (2022), hace énfasis en la necesidad de cambiar organizaciones catalogadas como tradicionales a organizaciones inteligentes donde el aprendizaje y la tecnología se integran como una herramienta para utilizar la información, vinculándola a las estrategias de innovación organizacional, tomando en consideración las características internas y externas de la empresa cubriendo las necesidades empresariales y del mercado.

Como se ha hecho mención, una de las bases importantes para lograr el desarrollo dentro de la organización es: promover una cultura de conocimiento e información, lo que permite fortalecer el desarrollo de las operaciones que se realizan en la empresa, por esto es necesario que las empresas, consideren la importancia de la misma como un camino que permitirá impactar sobre su productividad.

En este sentido, esta investigación pretende entender los modelos vinculados a la organización inteligente, que permitan aplicar los conceptos adecuados al desarrollo y crecimiento de la empresa, identificar los elementos que poseen las empresas de servicio, sobre todo en las operaciones empresariales, ya que, estas son el eje medular de estas organizaciones, con la finalidad de mejorar la competitividad.

A partir de toda esta investigación se plantea el problema de investigación siguiente: ¿Cuáles son los elementos presentes de organización inteligente en el desarrollo de las operaciones empresariales de las empresas de servicio en el distrito de Santiago, provincia de Veraguas?, y como objetivo: determinar la presencia de los elementos de organización inteligente en el desarrollo de las operaciones empresariales de las empresas de servicio del distrito de Santiago, provincia de Veraguas.

2. Materiales y métodos

Para la realización de este estudio se busca utilizar una metodología sencilla, pero al mismo tiempo eficaz, que proporcione los conocimientos necesarios para esclarecer el problema, ya que es importante para las empresas de servicios conocer las líneas de acciones que se deben emprender con respecto a este tema, con el fin de realizar aportes que ayuden a optimizar las labores, funciones y actividades que permitan incrementar la productividad y mantener un clima laboral adecuado.

A continuación, la metodología utilizada en este trabajo para lograr los objetivos propuestos es la siguiente:

- **Diseño de la investigación:**

El diseño del trabajo corresponde a un estudio observacional, no experimental, ya que, sólo se observarán los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos y transeccional, pues se recogerán los datos en un único momento, (Hernández et al., 2014).

- **Tipo de investigación**

Esta investigación es de tipo no experimental, ya que utilizará parámetros cuantitativos por la naturaleza del estudio (Hernández et al. 2014). Además, exploratoria, ya que, en la región no se evidencia ningún estudio que se haya realizado con respecto al tema de organización inteligente relacionado con el desarrollo y las operaciones empresariales, a diferencia del contexto internacional donde sí existe literatura relacionada.

- **Población y muestra**

El procedimiento inicia con la decisión de establecer los criterios de la población objeto de estudio en el distrito de Santiago, la cual está delimitada por las empresas de servicios del sector financiero y los hoteles y restaurantes, partiendo de este punto la población o universo de acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2018) es de 24 empresas dedicadas a este sector en el distrito de Santiago.

El tipo de muestreo es no probabilístico, por conveniencia e intencional; por conveniencia, ya que, se puede elegir de acuerdo con la conveniencia del investigador; además, de disponer la elección arbitraria de cuántos participantes puede haber en el

estudio. Pero, también es intencional debido a que la selección de los participantes se realiza mediante expertos que establecen criterios a seguir (Hernández, 2021).

Esta investigación utilizó este tipo de muestreo, ya que, al calcular el tamaño de la muestra por fórmula era de 23.5, que redondeado era el 100% de la población, por esto se decidió trabajar con dos tercios de la población, obteniendo una muestra de 16 empresas distribuidas así: cooperativas (3), bancos (4), aseguradoras y reaseguradoras (6) y hoteles (3). Luego de seleccionar la muestra de las empresas, se volvió a seleccionar la muestra de los colaboradores (ver tabla 1) de acuerdo a la disponibilidad de las empresas, para que sus colaboradores pudieran responder las encuestas por el factor tiempo.

Tabla 1
Estratificación de las empresas para la investigación

Segmento	Número de empresas	Número de colaboradores
Cooperativas	3	30
Bancos	4	25
Aseguradoras y Reaseguradoras	6	25
Hoteles	3	20
TOTAL	16	100

Fuente: Los autores.

- **Técnica e instrumentos de recolección de datos**

Las variables del estudio son: comunicación, responsabilidad, toma de decisiones, motivación, metas, trabajo en equipo, percepción de la organización, capacitación y planes de desarrollo; las cuales están integradas en el cuestionario que fue utilizado para la recolección de la información.

El cuestionario consta de 19 preguntas cerradas y está estructurado de la siguiente manera: las tres primeras corresponden a variables demográficas, de la pregunta cuatro a la seis, se enfocan en los valores característicos de los colaboradores de las organizaciones inteligentes y de la 7 a la 19, están enfocadas a las características de la organización.

El instrumento fue validado a través del juicio de expertos y se calculó el coeficiente de consistencia interna de Alfa de Cronbach utilizando el programa SPSS versión 23, obteniendo un alfa de 0.85, lo que se considera que tiene una buena consistencia interna,

ya que, según Delgado, (2002), “valores de alfa de Cronbach entre 0,70 y 0,90 indican una buena consistencia interna” (p.81).

3. Resultados

Al aplicar el instrumento utilizado para conocer la realidad de las empresas dedicadas a brindar servicios con respecto al concepto de organización inteligente, se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuando se le preguntó al talento humano que labora en la empresa, sobre las funciones que realiza en la empresa, actualmente, los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 2

Funciones que realizan los colaboradores por tipo de empresa de servicio de la provincia de Veraguas

Segmento	Función	Cantidad
Cooperativas	Alta Gerencia	4
	Administrativos	9
	Operativos	12
Bancos	Alta Gerencia	3
	Administrativos	5
	Operativos (Plataforma y Caja)	17
Aseguradoras y Reaseguradoras	Alta Gerencia	3
	Administrativos	9
	Operativos (Caja, cobradores y ajustadores)	13
Hoteles	Alta Gerencia	3
	Administrativos	6
	Operativos (Couter, Saloneros, Mucamas)	16
Total		100

Fuente: los autores.

Como se observa en la tabla 2, en las cooperativas el 48% de los encuestados son del área operativa, mientras que en los bancos es el 68%, en las aseguradoras y reaseguradoras, el 52% y en los hoteles el 64%, totalizando un 58% de las personas encuestadas. En cuanto a las edades podemos observarlas en la tabla 3.

Tabla 3

Edades de encuestados de colaboradores de las empresas de servicios de la provincia de Veraguas

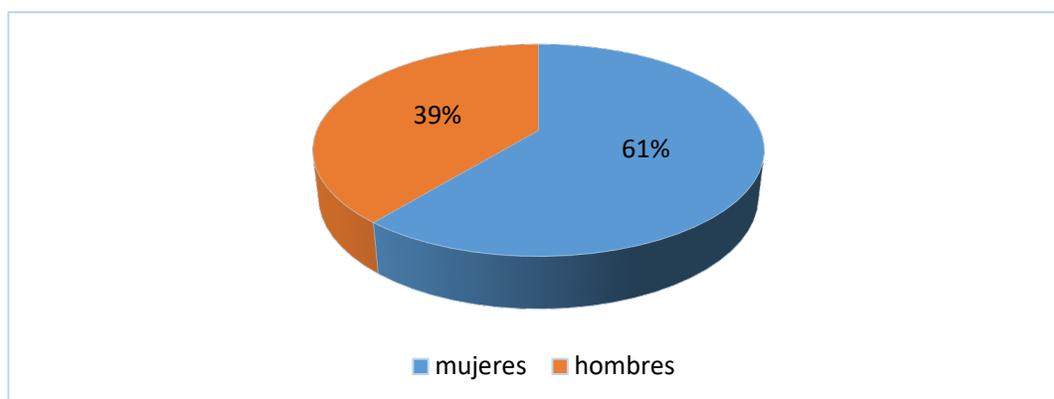
EDADES	CANTIDAD
18 A 25 AÑOS	28
26 A 35 AÑOS	22
36 A 45 AÑOS	32
MÁS DE 46 AÑOS	18
TOTAL	100

Fuente: los autores.

En cuanto a la distribución del género del personal se puede observar que las mujeres representan en 61% y los hombres 39% como se muestra en el gráfico 1, siendo estas empresas en su mayoría conformada por mujeres.

Figura 1

Distribución porcentual por sexo en los colaboradores encuestados de las empresas de servicio de la provincia de Veraguas



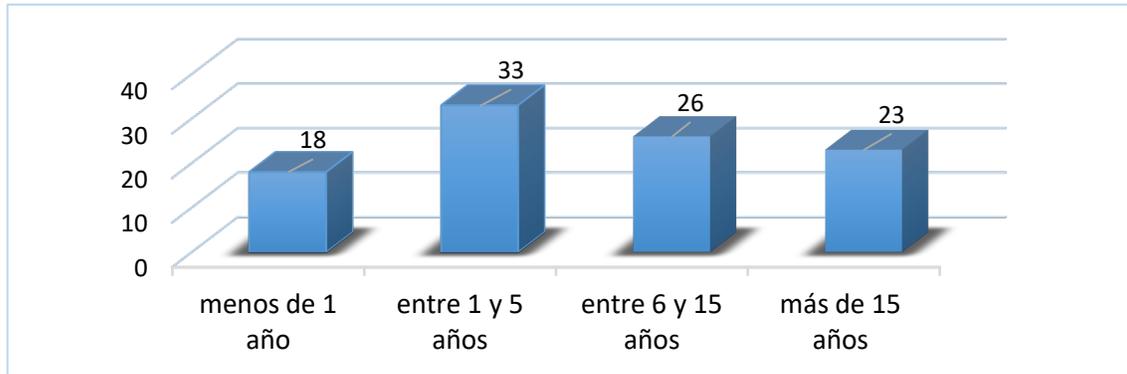
Fuente: los autores.

Cuando se preguntó sobre antigüedad del personal, se puede ver que la mayor cantidad (33) del personal tiene una antigüedad entre 1 y 5 años de laborar en las empresas, seguido del personal que tiene entre 6 y 15 años de antigüedad, que son 26.

Con más de 15 años de laborar en la empresa solo hay 23 personas (23%), a pesar de ser empresas con más de 15 años de estar funcionando.

Figura 2

Distribución porcentual por edad en los colaboradores encuestados de las empresas de servicio de la provincia de Veraguas

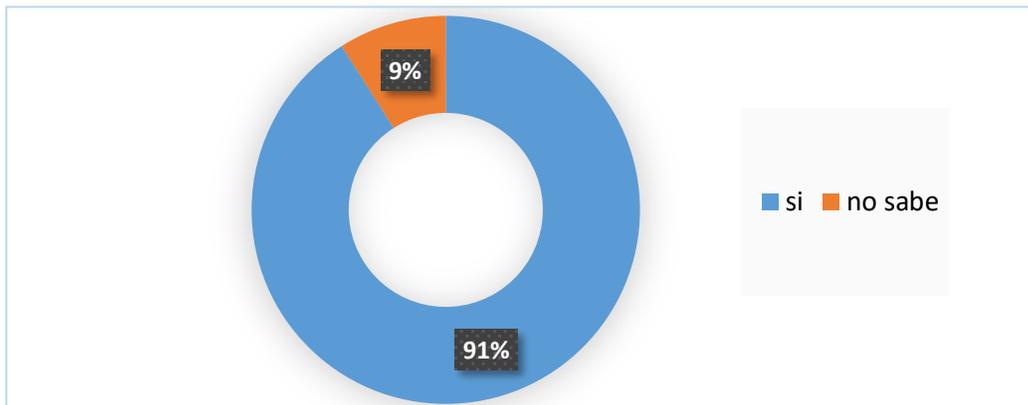


Fuente: los autores.

En la figura 3, se aprecia la respuesta de los colaboradores, respecto a la libertad que tienen de hablar con sus superiores sobre el trabajo, el 91% de los colaboradores manifiestan sentirse en libertad de hablar con sus superiores, el 9% contestó que no sabe si existe libertad de hablar con los superiores.

Figura 3

Distribución porcentual de la libertad de hablar con sus superiores sobre su trabajo, en los colaboradores encuestados de las empresas de servicio de la provincia de Veraguas



Fuente: los autores.

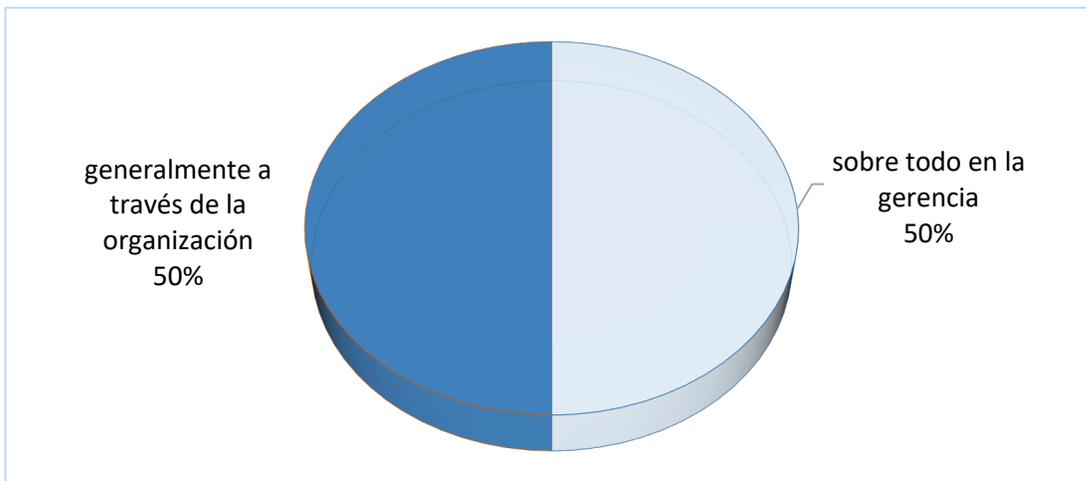
Al investigar sobre la percepción de la confianza de los encargados con los colaboradores, el 100% de los empleados encuestados manifestó que los encargados parecen tener confianza en los empleados.

Cuando se cuestionó sobre las ideas que le proporcionan sus jefes, el 100% de los colaboradores contestó de manera positiva.

En la figura 4, sobre el sentido de responsabilidad de alcanzar las metas de la organización, los colaboradores respondieron así: el 50% afirma que la responsabilidad recae en la gerencia y el 50% que, generalmente, esta responsabilidad es a través de la organización, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 4

Distribución porcentual sobre la percepción de los colaboradores encuestados sobre el sentido de responsabilidad para alcanzar las metas de la organización, en empresas de servicio de la provincia de Veraguas



Fuente: los autores.

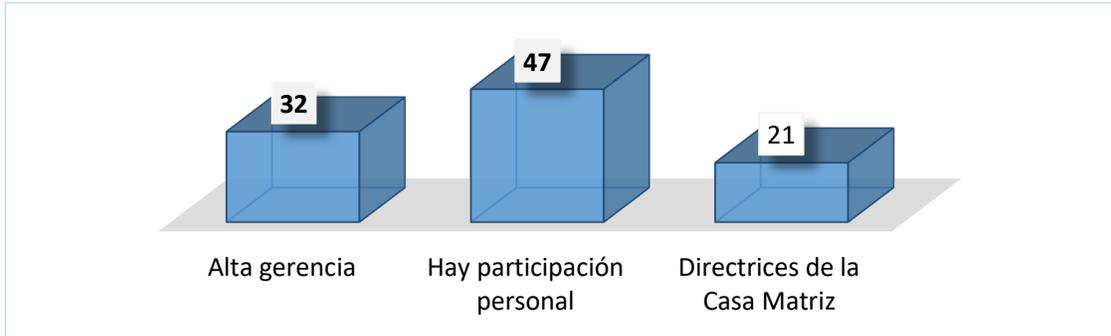
Al cuestionar sobre cuánta comunicación es dedicada al alcance de los objetivos de la organización, el 100% de los encuestados manifestaron que existe mucha comunicación dedicada a alcanzar los objetivos de la organización.

Al referirse a la toma de decisiones, en la figura 5 se muestra que, 32 colaboradores responden que las decisiones son tomadas en la alta gerencia; 47 indican que los colaboradores tienen participación en la toma de decisiones, ya que, la misma se realiza a

través de toda la organización y 21 mencionan que las directrices provienen de la casa matriz.

Figura 5

Toma de decisiones, según nivel empresas de servicio de la provincia de Veraguas

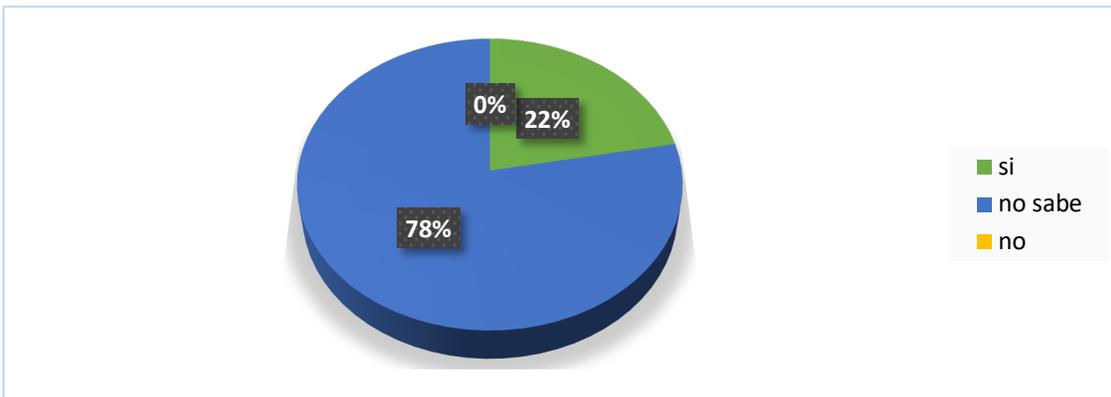


Fuente: los autores.

La figura 6 muestra la respuesta acerca de la contribución de los procesos de toma de decisiones en la motivación, donde el 78% mencionan que sí los motiva y el 22% responden no saber si los motiva.

Figura 6

Distribución porcentual en cuanto a la contribución de los procesos de la toma de decisiones a la motivación conforme a la opinión de los colaboradores Encuestados de las empresas de servicio de la provincia de Veraguas



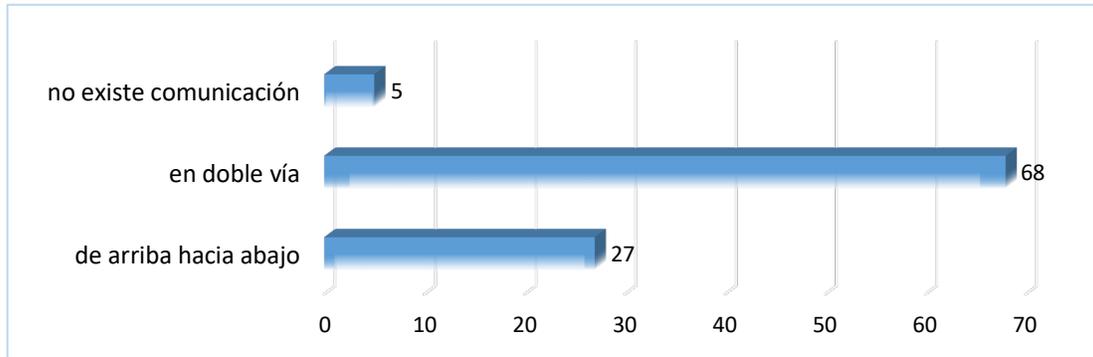
Fuente: los autores.

Respecto de cómo fluye la comunicación, la figura 7 muestra, que el 68% responde que la misma es en doble vía lo que nos indica que los colaboradores son escuchados. Sin

embargo, un 5% indica que no existe comunicación y un 27% que es de arriba hacia abajo, característico de organizaciones con enfoques tradicionales.

Figura 7

Distribución numérica en cuanto a la influencia de la comunicación dentro de la organización, según la opinión de los colaboradores encuestados de las empresas de servicio de la provincia de Veraguas

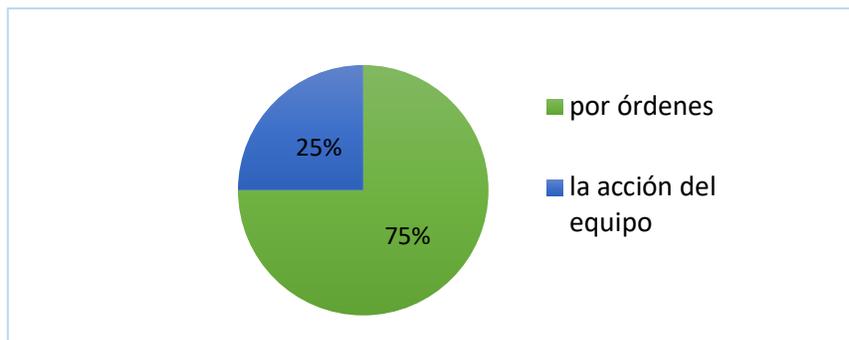


Fuente: los autores.

Sobre cómo se establecen las metas de la organización, los encuestados contestaron así: 78% afirman que las metas se establecen por órdenes y el 25% la acción del equipo.

Figura 8

Distribución porcentual sobre el establecimiento de las metas de la organización, según la opinión de los colaboradores encuestados de las empresas de servicio de la provincia de Veraguas



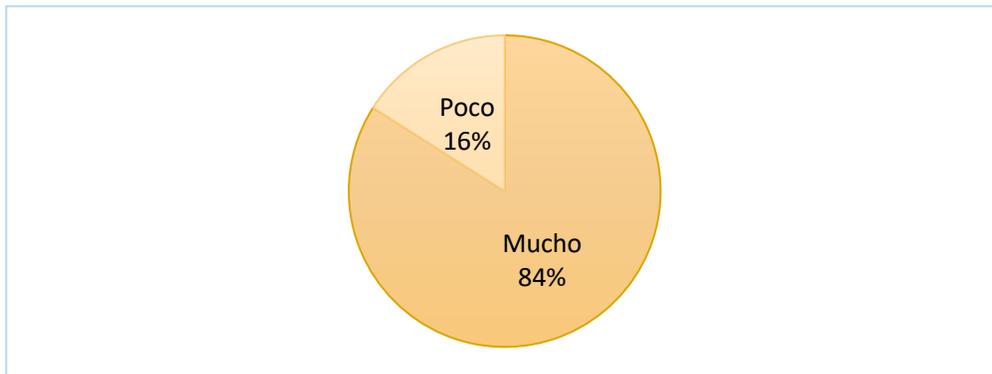
Fuente: los autores.

En cuanto al nivel de conocimiento y comprensión de los jefes/superiores, de los problemas de los trabajadores, el 100% desconocen y comprenden los problemas. Por otro

lado, al preguntar sobre ¿Cuánto trabajo en equipo se lleva a cabo en su área de trabajo?, la figura 9 presenta la respuesta, 84% de los colaboradores contestan que existe mucho trabajo en equipo en la organización, respecto al 16%, que contestaron que existe poco trabajo en equipo.

Figura 9

Distribución porcentual del trabajo en equipo realizado en el área donde trabajan los colaboradores encuestados de las empresas de servicio de la provincia de Veraguas

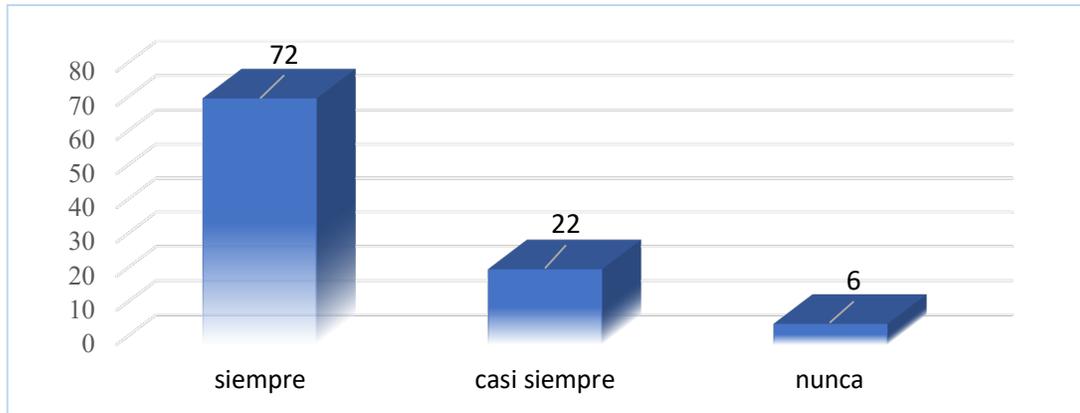


Fuente: los autores.

En relación con la supervisión de las tareas asignadas a los trabajadores, en la figura 10, se aprecia que el 72% de los colaboradores son conscientes que sí se supervisan las tareas asignadas; 22% responden que casi siempre se supervisa y 6% contestan que nunca se supervisa.

Figura 10

Distribución numérica sobre la supervisión de las tareas asignadas a los trabajadores encuestados de las empresas de servicio de la provincia de Veraguas



Fuente: los autores.

Respecto a la percepción de la organización, midiendo el grado de satisfacción que mantiene el colaborador para con la organización y como considera la empresa donde trabaja, ante esta realidad las respuestas que refleja el gráfico fueron las siguientes: 68% afirman que es una gran organización para trabajar y el 34% afirman que se está trabajando para mejorar la productividad.

Figura 11

Distribución porcentual de cómo considera la organización los colaboradores encuestados de las empresas de servicio de la provincia de Veraguas



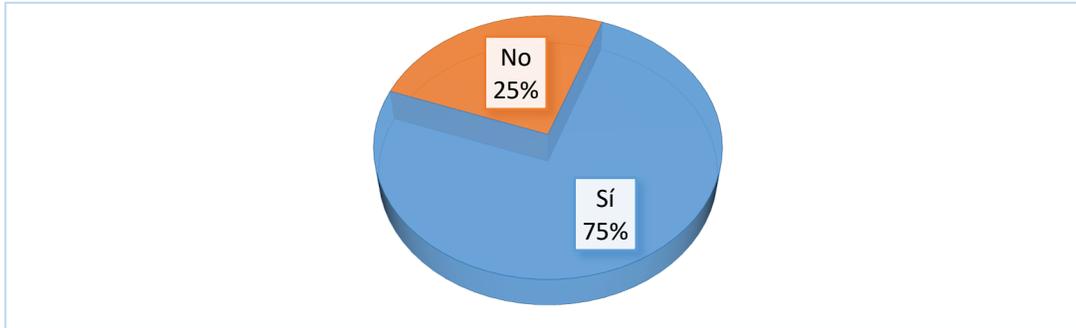
Fuente: los autores.

Como se observa en la figura 12 sobre el conocimiento de planes de desarrollo empresarial de la organización, esta pregunta permite saber el nivel de conocimiento que

los colaboradores tienen con el desarrollo empresarial de la empresa en un contexto de competitividad. El 75% de los encuestados sí conocen los planes de desarrollo empresarial mientras el 25% afirma no conocerlos.

Figura 12

Distribución porcentual sobre el conocimiento de los planes de desarrollo empresarial de la organización, en opinión de los colaboradores encuestados de las empresas de servicio de la provincia de Veraguas

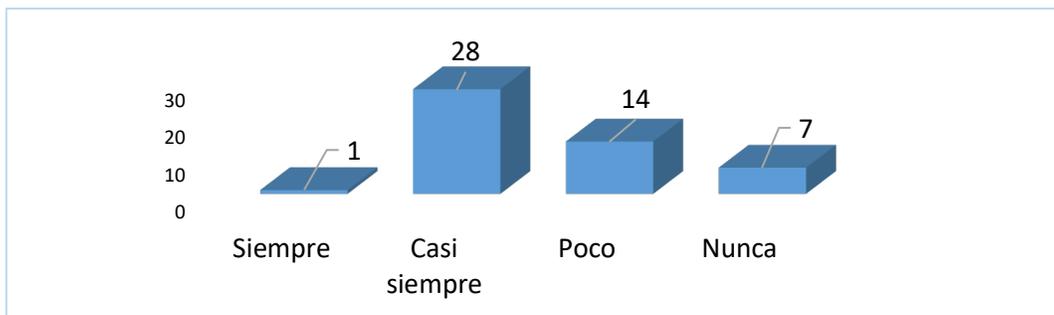


Fuente: los autores.

La figura 12, evidencia que el 75% de los encuestados contestaron que la organización siempre tiene planes que permiten la capacitación y el aprendizaje, 28 contestan que casi siempre, 14 contestan que poco y 7 contestan que nunca. Es importante destacar que las empresas mantienen un constante interés por lograr que los colaboradores se preparen profesionalmente.

Figura 13

Distribución numérica sobre la existencia de planes de capacitación y aprendizaje en la organización, en opinión de los colaboradores encuestados de las empresas de servicio de la provincia de Veraguas



Fuente: los autores.

4. Discusión

Los hallazgos sugieren que un 58% de los encuestados se encuentran realizando funciones operativas, por la naturaleza del proceso productivo que se realiza y se puede visualizar (tabla 3), que el personal que conforma las empresas en su mayoría es, relativamente, joven lo que puede proporcionar una oportunidad para aplicar el concepto de las organizaciones inteligentes, de igual forma, la mayor cantidad de miembros que la conforman son mujeres.

Sobre la libertad de opinar con sus superiores, se puede destacar el hecho de que en las empresas dedicadas al sector servicios, los colaboradores, en su mayoría, se sienten en libertad de hablar con sus superiores (figura 3). Respecto al grado de confianza de encargados con el colaborador el resultado es del 100%, lo cual, destaca un atributo que puede mantener motivado al personal para realizar sus tareas de forma más eficiente. Estos aspectos están ligados a los hallazgos de Basantes et al. (2021), quienes señalan que la generación de un clima laboral adecuado da lugar al trabajo en equipo y objetivos en común, procesos permanentes de innovación, inversión en actividades de investigación y desarrollo, planificación estratégica y la capacitación continua del recurso humano.

Según la percepción de los encuestados la responsabilidad de alcance de las metas de la organización es igual, tanto para la organización, como el colaborador (figura 4), en esta línea, existe total manifestación de comunicación en el alcance de objetivos (figura 3), aspecto importante, ya que, denota que las empresas tienen buenos canales de comunicación que son la base para lograr los objetivos propuestos. Aspecto que sustentan González et al. (2019), al indicar que, del desarrollo del pensamiento estratégico, en la mente del estratega que permite mejorar las capacidades de las organizaciones, dando paso a la formulación y despliegue de estrategias con mayor efectividad.

En cuanto a la toma de decisiones, se responde a las directrices de la alta gerencia (figura 5), esta pregunta es importante, ya que, de implementar procesos para cumplir con requerimientos de organización inteligentes, las decisiones tienen una concentración regional. Respecto a la motivación en los procesos, no hubo respuesta negativa sobre esta pregunta, es decir, los encuestados respondieron que sí o que no saben. Estas afirmaciones

son relevantes para los planteamientos de Barrios (2020), al indicar que las organizaciones inteligentes son necesarias utilizarlas como método gerencial, con la intención de impulsar los procesos productivos, los negocios y las estructuras organizativas.

Sobre el flujo de la comunicación en la organización, los resultados (100% de los colaboradores) sugieren que se mantiene fluyendo de forma correcta, reafirmando la idea de que son escuchados y tomados en cuenta por la alta gerencia de la empresa. La mayor cantidad de los encuestados realiza sus labores por órdenes.

Al verificar el trabajo en equipo, el 84% indica que se hace, ello conlleva un proceso de supervisión el cual, según los encuestados se lleva a cabo en un alto porcentaje. Se observa que consideran la organización en un porcentaje significativo un lugar para trabajar. Destacan que en un porcentaje mayor al 50% que la organización siempre tiene planes de capacitaciones, un aspecto fundamental de las organizaciones inteligentes es la capacitación y aprendizaje continuo, esta pregunta permite medir el grado de conocimiento que tienen los colaboradores en cuanto a los planes de capacitación y aprendizaje en las empresas.

Lo descrito en el párrafo anterior concuerda con lo presentado por Seminario y Cordova (2020), la innovación es un factor muy importante en la competencia de las empresas, porque permite a las empresas sacar al mercado productos mejorados o nuevos, antes que los competidores, y así aumentar su cuota de mercado.

5. Conclusiones

La información analizada en este proyecto de investigación nos permite llegar a las siguientes conclusiones:

- Las empresas de servicio como organizaciones tienen una estructura necesaria para poder implementar el concepto de organización inteligente, destacando que los colaboradores están en un momento ideal para tal fin.
- Las empresas de servicio en el distrito de Santiago cuentan con un recurso humano dispuesto a realizar y emprender cambios, ya que, sus edades son, relativamente, jóvenes.

- Es importante hacer frente a los avances tecnológicos constantes, a la globalización y a la aceleración de los cambios donde se necesitan cada vez más culturas dinámicas y una nueva manera de organizar el trabajo.
- Se debe asegurar, constantemente, que los colaboradores de las empresas estén aprendiendo y poniendo en práctica todo el potencial de sus capacidades lo que permite desarrollar habilidades que fortalecen a las empresas.
- Implementar la gestión del conocimiento permitirá a la empresa las organizaciones de servicio, encontrar la información de importancia, seleccionar, organizar y comunicarla a todo el personal activo.
- Las empresas de servicios de acuerdo a su segmento están ávidos de aceptar la implementación de propuestas que permitan ofrecerles mayor beneficio y valor a sus clientes.

Referencias bibliográficas

- Arce-Otoya, M. y Chávez-Castillo, E. (2019). *Aprendizaje Individual vs Aprendizaje Organizacional*. [Tesis de licenciatura, Universidad de Piura]. <https://hdl.handle.net/11042/3959>
- Barrios, A. (2020). Las organizaciones inteligentes, modelo gerencial que transforma e impulsa la economía y productividad empresarial. *Revista Científics Gerens*, (7) 137-147. <http://200.11.218.106/index.php/rgerens/article/view/1253>
- Basantes, J., Bonilla, E., Centeno, E. y Alvarado, J. (2021). Análisis y descripción de las organizaciones inteligentes: Una revisión bibliográfica. *AlfaPublicaciones*, 3(2), 101-118. <https://doi.org/10.33262/ap.v3i2.58>
- Briceño, P. y Yraima, N. (2021). Las organizaciones educativas inteligentes: una Indagación de sus aspectos funcionales. *Revista Arbitrada del CIEG* (8), 219-231. [https://www.grupocieg.org/archivos_revista/Ed.48\(219-231\)-Briceno%20Yraima_articulo_id758_articulo_id758.pdf](https://www.grupocieg.org/archivos_revista/Ed.48(219-231)-Briceno%20Yraima_articulo_id758_articulo_id758.pdf)
- Delgado, M. (2002). Metodología en salud pública. *Revista Española de Salud Publica*, 76(2), 81-84. <https://doi.org/10.1590/s1135-57272002000200001>
- González, G. (2019). Incidencia de las Organizaciones Inteligentes en la Gestión del Conocimiento. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria KOINONIA*, 4. <https://www.redalyc.org/journal/5768/576861156016/html/#:~:text=El%20factor%20productivo%20por%20excelencia,con%20hechos%2C%20procedimientos%2C%20conceptos%2C>

- González, J., Salazar, F., Ortiz, R. y Verdugo, D. (2019). Gerencia estratégica: herramienta para la toma de decisiones en las organizaciones. *Telos: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 21(1), 242-267. <http://ojs.urbe.edu/index.php/telos/article/view/3002>
- Hernández, O. (2021). Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico que existen. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 37(3). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0864-21252021000300002&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ª ed.) Mc Graw Hill.
- Instituto Nacional de Estadística y Censo, Contraloría General de la República, Panamá. (2018). *Listado de empresas establecidas en la República: año 2018*. https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID_PUBLICACION=990&ID_CATEGORIA=17&ID_SUBCATEGORIA=45
- Jiménez, R. (2018). El capital humano e intelectual como catalizador de la gestión organizacional. *Mundo Fesc*, 15(1), 83–89. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6638704>
- León, M., Tejada, G. y Yataco, T., (2003). Las Organizaciones Inteligentes. *Industrial Data*, 6(2), 082-087. <https://doi.org/10.15381/idata.v6i2.6087>
- Mota, J. (2020). Toma de Decisiones Efectivas desde el Contexto de las organizaciones inteligentes en las escuelas primarias. *Revista Científica*, 5(15), 320-335. <https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2020.5.15.16.320-335%20target=>
- Navarrete, G. (2022). Organizaciones inteligentes y su incipiente incursión en la esfera turística. Una aproximación al estado del conocimiento. *Telos: revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 24(1), 100-122. <https://doi.org/10.36390/telos241.07>
- Seminario, R. y Córdova, R. (2020). La organización inteligente: una mirada hacia la estabilidad empresarial. *Business Innova Sciences*, 1(3), 57-66. <http://innovasciencesbusiness.org/index.php/ISB/article/view/19/27>
- Tarrillo, J. (2023). *Modelo de gestión administrativa, incorporando la teoría de organizaciones inteligentes, en la Municipalidad Distrital de Nueva Cajamarca—Perú*. [Tesis de doctorado, Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo]. <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/11090>
- Zanabria-Ortega, M. (2022). Modelo sistémico con enfoque en disciplinas individuales de las organizaciones inteligentes y la eficiencia organizacional: “Yo soy el cambio”. *Revista Científica de Sistemas e Informática*, 2(1), e264. <https://doi.org/10.51252/rcsi.v2i1.264>

Espacios métricos parciales

Partial metric spaces

Lezcano, José¹; Hernández, Jorge²

¹Ministerio de Educación, Instituto Puerto Armuelles, Panamá; jose.lezcano4@utp.ac.pa, <https://orcid.org/0000-0002-9033-2222>

²Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Veraguas, Escuela de Matemáticas, Panamá; jorge.hernandez8@utp.ac.pa, <https://orcid.org/0000-0003-1153-1918>

Fecha de recepción: 17 de febrero de 2023

Fecha de aceptación: 10 de abril de 2023

Resumen: En el presente trabajo, se modifica el axioma de separación de los espacios métricos para introducir los espacios métricos parciales, en los cuales la autodistancia no es necesariamente cero. Se define una relación de orden en estos espacios. Se desarrollan una serie de ejemplos que ilustran los conceptos introducidos y a la vez sirven como contraejemplos para mostrar la independencia de las definiciones presentadas.

Palabras clave: Métricas, espacios métricos, métricas parciales (pmétricas), espacios métricos parciales, autodistancia diferente de cero, orden parcial, conjunto parcialmente ordenado.

Summary: In this work the separation axiom of metric spaces is modified to introduce partial metric spaces, in which the selfdistance is not necessarily zero. An order relationship is defined in these spaces. A series of examples illustrating the concepts introduced was developed to serve as counterexamples demonstrating the independence of the definitions presented.

Keywords: Metric, metric space, partial metric (pmetric), partial metric space, nonzero selfdistance, partial order, partial orden set.

1. Introducción

Las métricas parciales y los espacios métricos parciales fueron introducidos por el matemático inglés Steve Mathews en el 8° Coloquio Británico para la Teoría de la Ciencia Computacional en 1992. También en ese año, Michael Bukatin en su disertación doctoral trata sobre las métricas parciales. Posteriormente, en 2009 Steve Mathews, Ralph Kopperman, Homeira Pajooheshel presentan un artículo en The American Mathematical Monthly titulado Partial Metric Spaces.

Al igual que en los espacios métricos, los espacios métricos parciales están formados por un conjunto no vacío y una función. A esta función se le conoce con el nombre de métrica, la cual toma dos puntos del conjunto y la lleva a un número real no negativo.

En los espacios métricos parciales, la métrica de un punto a el mismo no es necesariamente cero. Esto provoca una reacción en cadena, pues para homologar los axiomas de métrica hay que realizar cambios sustanciales en los mismos.

Se mostrará cómo, a partir de espacios métricos parciales, se pueden construir espacios métricos. Además, cómo a partir de espacios métricos se pueden construir espacios métricos parciales. Además se mostrarán, algunos ejemplos de espacios que cumplan estas situaciones.

2. Metodología

Introducidos por Rene Maurice Frechet en su tesis doctoral, los espacios métricos dieron origen a un vasto campo de estudio. Generalizando los espacios métricos se da origen a los espacios métricos parciales, ajustando el axioma de separación. Dando así origen a un nuevo campo de estudio.

Se definen los conceptos de métrica, pseudométrica, ponderación y métrica parcial. Posteriormente, se muestra como a partir de espacios métricos, usando la métrica inducida se pueden construir una métrica parcial, por ende un espacio métrico parcial. De igual forma, se pueden construir a través de una métrica parcial una métrica y por lo tanto un espacio métrico.

Se prueba que en los espacios métricos parciales se puede establecer una relación de orden parcial, es decir; los espacios métricos parciales son conjuntos parcialmente ordenados.

Para validar los resultados, se muestran ejemplos para cada uno.

3. Desarrollo del tema: Espacios métricos parciales

- **Definición 1:** Sea X un conjunto no vacío y $d: X \times X \rightarrow \mathbb{R}^+$ una función. d es una métrica sobre X si satisface los siguientes axiomas

M₁) $d(x, y) \geq 0$, para todo $x, y \in X$ (positividad).

M₂) Sean $x, y \in X$, entonces

$x = y \Rightarrow d(x, y) = 0$
 $d(x, y) = 0 \Rightarrow x = y$ (separación)

M₃) $d(x, y) = d(y, x)$ para todo $x, y \in X$ (simetría)

M₄) $d(x, y) \leq d(x, z) + d(z, y)$ para todo $x, y, z \in X$ (desigualdad triangular)

El par (X, d) constituido por el conjunto no vacío X y una métrica d sobre X , se llama espacio métrico (Samet et al., 2013; Bukatin et al., 2009; Kopperman, et al., 2004; Kopperman, s.f; Matthews, 1994; Matthews, 2008; Matthews, s.f)

- **Definición 2:** Sea X un conjunto no vacío y $p: X \times X \rightarrow \mathbb{R}$ una función. p es una **seudométrica** o **semimétrica** si satisface los siguientes axiomas.

M₁) $p(x, y) \geq 0$, para todo $x, y \in X$.

M₂*) $p(x, x) = 0$, para todo $x \in X$.

M₃) $p(x, y) = p(y, x)$, para todo $x, y \in X$.

M₄) $p(x, y) \leq p(x, z) + p(y, z)$, para todo $x, y, z \in X$.

El par (X, p) constituido por el conjunto no vacío X y una pseudométrica p sobre X , se llama **espacio pseudométrico** (Matthews, 2008).

- **Definición 3:** Sea X un conjunto no vacío y $\rho: X \times X \rightarrow \mathbb{R}$ una función. ρ es una **pmétrica** si satisface los siguientes axiomas

MP₀) $0 \leq \rho(x, x) \leq \rho(x, y)$, para todo $x, y \in X$

MP₂) Si $\rho(x, x) = \rho(x, y) = \rho(y, y)$, entonces $x = y$ para todo $x, y \in X$

MP₃) $\rho(x, y) = \rho(y, x)$, para todo $x, y \in X$

MP₄) $\rho(x, y) \leq \rho(x, z) + \rho(z, y) - \rho(z, z)$ entonces $x = y$ para todo $x, y, z \in X$.

Al par (X, ρ) se le llama espacio métrico parcial (Matthews, s.f; Bukatin, et al., 2009; Matthews, 2008).

- **Observaciones:**

1. Supongamos que $\rho(x, y) = 0$. Luego por MP₀

$$\rho(x, x) = 0 \quad \text{y} \quad \rho(y, y) = 0$$

de donde

$$\rho(x, x) = \rho(x, y) = \rho(y, y) = 0$$

Por lo tanto, por MP_2 se tiene que $x = y$. Así pues, las pmétricas satisfacen los axiomas M_1 , M_3 y M_4 de métrica y además, si $\rho(x, y) = 0$ entonces $x = y$. Lo único que no satisfacen las pmétricas es la autodistancia igual a cero; o sea que $\rho(x, x) \geq 0$ pero no necesariamente $\rho(x, x) = 0$

2. Toda métrica es una pmétrica.

3. Las pseudométricas no satisfacen el axioma M_2 de métricas ni el axioma MP_2 de pmétricas.

- **Ejemplo:** Sea S un conjunto con más de un elemento y S^* el conjunto de todas las sucesiones finitas de elementos de S , o sea

$$S^* = \{(x_0, x_1, \dots, x_n) : n \in \bullet, x_1, x_2, \dots, x_n \in S\}$$

Definamos la función

$$p_S : (S^* \cup S^W) \times (S^* \cup S^W) \rightarrow \sim$$

$$p_S(\{x_n\}, \{y_n\}) = \begin{cases} 1 & , & \text{si } x_0 \neq y_0 \\ 2^{-k} & , & x_i = y_i \text{ para todo } i < k, x_k \neq y_k \\ 0 & , & x_k = y_k, \text{ para todo } k \in \bullet \end{cases}$$

Note que si $p_S(\{x_n\}, \{y_n\}) = 0$ entonces $\{x_n\}, \{y_n\} \in S^W$. Además, si $\{x_n\} \in S^*$ entonces $p_S(\{x_n\}, \{y_n\}) > 0$. Por lo tanto, $p_S(\{x_n\}, \{x_n\}) > 0$ para todo $\{x_n\} \in S^*$.

Entonces p_S es una pmétrica sobre $S^* \cup S^W$ (Bukatin, et al., 2009).

- **Observaciones:**

1. Note que

$$p_S /_{S^W \times S^W} = d_S$$

Por lo tanto, el subespacio métrico parcial (S^W, p_S) es un espacio métrico; o sea que

$$(S^W, p_S) = (S^W, d_S)$$

2. Como $p_S(\{x_n\}, \{x_n\}) > 0$ para todo $\{x_n\} \in S^*$. p_S no es una métrica sobre $S^* \cup S^W$.

- **Ejemplo:** Sea $\sim^+ = [0, \infty)$ y definamos la función

$$p_{\max} : \sim^+ \times \sim^+ \rightarrow \sim$$

$$p_{\max}(a, b) = \max\{a, b\}$$

Probemos que p_{\max} es una pmétrica (Matthews, s.f).

MP₀) Sean $a, b \in \sim^+$, entonces

$$0 \leq a = \max\{a, a\} \leq \max\{a, b\}$$

Por lo tanto

$$0 \leq p_{\max}(a, a) \leq p_{\max}(a, b)$$

MP₂) Sean $a, b \in \sim^+$ tales que

$$p_{\max}(a, a) = p_{\max}(a, b) = p_{\max}(b, b)$$

luego

$$a = \max\{a, b\} = b$$

Por lo tanto, $a = b$.

MP₃) De la definición se deduce que

$$p_{\max}(a, b) = p_{\max}(b, a)$$

MP₄) Sean $a, b \in \sim^+$

- * Supongamos que $p_{\max}(a, b) = a$, entonces

$$p_{\max}(a, b) \leq p_{\max}(a, c)$$

$$p_{\max}(c, b) - p_{\max}(c, c) \geq 0$$

por lo tanto

$$p_{\max}(a, b) \leq p_{\max}(a, c) + p_{\max}(c, b) - p_{\max}(c, c)$$

- * Igual resultado se obtiene si se supone que $p_{\max}(a, b) = b$.

Así pues p_{\max} es una pmétrica sobre \sim^+ y (\sim^+, p_{\max}) es un espacio métrica parcial.

- **Ejemplo:** Sea \mathfrak{I} la colección de los intervalos cerrados y acotados de \sim ; es decir

$$\mathfrak{I} = \{[a, b]: a, b \in \sim, a \leq b\}$$

Definamos la función

$$\begin{aligned} \rho: \mathfrak{I} \times \mathfrak{I} &\rightarrow \sim \\ \rho([a, b], [c, d]) &= \max\{b, d\} - \min\{a, c\} \end{aligned}$$

Entonces ρ es una métrica sobre \mathfrak{I} y (\mathfrak{I}, ρ) es un espacio métrico parcial (Bukatin et al., 2009; Matthews, 2008).

- **Ejemplo:** Sea (X, ρ) un espacio métrico parcial y sea

$$\begin{aligned} \rho^{\wedge}: X \times X &\rightarrow \sim \\ \rho^{\wedge}(x, y) &= \frac{\rho(x, y)}{1 + \rho(x, y)} \end{aligned}$$

Usando el resultado de que:

si $a, b, c, d \geq 0$ son tales que

$$a \leq b + c - d, \quad d \leq b \quad \text{y} \quad d \leq c$$

entonces

$$\frac{a}{1+a} \leq \frac{b}{1+b} + \frac{c}{1+c} - \frac{d}{1+d}$$

se prueba que ρ^{\wedge} es una pmétrica sobre X (Matthews, 2008).

- **Definición:** Sea (X, d) un espacio métrico. Una **función de ponderación** sobre X es una función

$$|\cdot|: X \rightarrow \sim$$

que satisface las siguientes propiedades

i) $0 \leq |x|$, para todo $x \in X$.

ii) $|x| - |y| \leq d(x, y)$ para todo $x, y \in X$ (Bukatin, et al., 2009; Kopperman, 2004;

Matthews, 2008).

- **Observación:** Todo espacio métrico (X, d) tiene infinitas ponderaciones. En particular, para todo $k \geq 0$, la función constante

$$\begin{aligned} |\cdot| : X &\rightarrow \sim \\ |x| &= k \end{aligned}$$

es una ponderación sobre X .

El siguiente ejemplo ilustra la forma de construir espacios métricos parciales a partir de los espacios métricos.

- **Ejemplo:** Sea (X, d) un espacio métrico y $|\cdot| : X \rightarrow \sim$ una ponderación sobre X .

Definamos la función

$$\begin{aligned} \rho_d : X \times X &\rightarrow \sim \\ \rho_d(x, y) &= \frac{d(x, y) + |x| + |y|}{2} \end{aligned}$$

Entonces ρ_d es una pmétrica sobre X , además

$$\rho_d(x, x) = |x|$$

para todo $x \in X$ (Matthews, s.f).

MP₀) Sean $x, y \in X$, entonces

$$\rho_d(x, x) = \frac{d(x, x) + |x| + |x|}{2} = |x|$$

Por lo tanto, como $|x| \leq d(x, y) + |y|$, se tiene que

$$\begin{aligned} 0 \leq \rho_d(x, x) &= |x| \\ &= \frac{|x| + |x|}{2} \\ &\leq \frac{|x| + d(x, y) + |y|}{2} \\ &= \frac{d(x, y) + |x| + |y|}{2} \\ &= \rho_d(x, y) \end{aligned}$$

MP₂) Sean $x, y \in X$ tales que

$$\rho_d(x, x) = \rho_d(x, y) = \rho_d(y, y)$$

entonces

$$|x| = \frac{d(x, y) + |x| + |y|}{2} = |y|$$

de donde

$$d(x, y) = 0$$

por lo tanto, $x = y$.

MP₃) Sean $x, y \in X$, entonces

$$\rho_d(x, y) = \frac{d(x, y) + |x| + |y|}{2} = \frac{d(y, x) + |y| + |x|}{2} = \rho_d(y, x)$$

MP₄) Sean $x, y, z \in X$, entonces

$$\begin{aligned} \rho_d(x, y) &= \frac{d(x, y) + |x| + |y|}{2} \\ &\leq \frac{d(x, z) + d(y, z) + |y| + |x|}{2} \\ &= \frac{d(x, z) + |x| + |z| + d(y, z) + |y| + |z| - 2|z|}{2} \\ &= \frac{d(x, z) + |x| + |z|}{2} + \frac{d(y, z) + |y| + |z|}{2} - |z| \\ &= \rho_d(x, z) + \rho_d(y, z) - \rho_d(z, z) \end{aligned}$$

De todo lo anterior se tiene que (X, ρ_d) es un espacio métrico parcial y

$$\rho_d(x, x) = |x|.$$

- **Observación:** Si la ponderación $|\cdot|$ sobre X no es la función nula entonces (X, ρ_d) no es un espacio métrico. Si $|\cdot|$ es la función nula, entonces $\rho_d = \frac{1}{2}d$ es una métrica sobre X .
- **Ejemplo:** Sea $(X, \|\cdot\|)$ un espacio normado y d la métrica inducida por la norma $\|\cdot\|$. Note que la función norma es una ponderación sobre el espacio métrico (X, d) . Por lo tanto, (X, ρ_d) es un espacio métrico parcial, donde

$$\rho_d(x, y) = \frac{\|x - y\| + \|x\| + \|y\|}{2}$$

En el ejemplo anterior se construyó un espacio métrico parcial a partir de un espacio métrico dado. El proceso se puede revertir; o sea que se puede construir un espacio métrico a partir de un espacio métrico parcial de tal manera que los dos procesos sean cíclicos. Veamos este hecho en el siguiente ejemplo.

- **Ejemplo:** Sea (X, d) un espacio métrico parcial. Definamos las funciones

$$d_p : X \times X \rightarrow \mathbb{R}$$

$$d_p(x, y) = 2p(x, y) - p(x, x) - p(y, y)$$

y

$$|\cdot| : X \rightarrow \mathbb{R}$$

$$|x| = p(x, x)$$

Luego

$$d_p(x, y) = 2p(x, y) - |x| - |y|$$

Probemos que d_p es una métrica sobre X (Matthews, s.f).

M₁) Sean $x, y \in X$ entonces

$$p(x, y) - p(x, x) \geq 0 \quad \vee \quad p(x, y) - p(y, y) \geq 0$$

por lo tanto

$$0 \leq 2p(x, y) - p(x, x) - p(y, y) = d_p(x, y)$$

M₂) Sean $x, y \in X$

* Si $x = y$, entonces

$$d_p(x, y) = 2p(x, x) - p(x, x) - p(x, x) = 0$$

* Supongamos que $d_p(x, y) = 0$, entonces

$$2p(x, y) - p(x, x) - p(y, y) = 0$$

Como $p(x, x) \leq p(x, y)$, se tiene que

$$2p(x, y) - p(x, y) - p(y, y) \leq 0$$

de donde

$$p(x, y) \leq p(y, y)$$

Igualmente,

$$2p(x, y) - p(x, y) - p(x, x) \leq 0$$

y

$$p(x, y) \leq p(x, x)$$

Luego por MP_0 se tiene que

$$p(x, x) = p(x, y) = p(y, y)$$

Por lo tanto, por MP_2 se tiene que $x = y$.

Así pues

$$d_p(x, y) = 0 \Leftrightarrow x = y$$

M_3) Sean $x, y \in X$, entonces

$$d_p(x, y) = 2p(x, y) - p(x, x) - p(y, y) = 2p(y, x) - p(y, y) - p(x, x) = d_p(y, x)$$

M_4) Sean $x, y, z \in X$, entonces

$$\begin{aligned} d_p(x, y) &= 2p(x, y) - p(x, x) - p(y, y) \\ &\leq 2p(x, z) + 2p(z, y) - 2p(z, z) - p(x, x) - p(y, y) \\ &= (2p(x, z) - p(x, x) - p(z, z)) + (2p(z, y) - p(z, z) - p(y, y)) \\ &= d_p(x, z) + d_p(z, y) \end{aligned}$$

Así pues d_p es una métrica sobre X .

Probemos ahora que la función $|\cdot|$ es una ponderación sobre X .

* Sea $x \in X$, entonces

$$0 \leq p(x, x) = |x|$$

* Sea $x, y \in X$, entonces

$$\begin{aligned} |x| - |y| &= p(x, x) - p(y, y) \\ &= 2p(x, x) - p(x, x) - p(y, y) \\ &\leq 2p(x, y) - p(x, x) - p(y, y) \\ &= d_p(x, y) \end{aligned}$$

Así pues, $|\cdot|$ es una ponderación sobre X y

$$d_p(x, y) = 2p(x, y) - |x| - |y|$$

Note que

$$p(x, y) = \frac{d_p(x, y) + |x| + |y|}{2}$$

Luego, por el ejemplo anterior

$$p_{d_p} = p \quad \text{y} \quad p_{p_d} = d.$$

O sea que los procesos de estos dos ejemplos son cíclicos.

- **Teorema:** Sea (X, p) un espacio métrico parcial. Definamos la relación binaria " \prec_p " sobre X por

$$x \prec_p y \Leftrightarrow p(x, x) = p(x, y)$$

Entonces \prec_p es una relación de orden parcial sobre X , llamada la relación de orden parcial inducida por la pmétrica sobre X (Bukatin, et al., 2009. Matthews, s.f).

- **Demostración:**

- **Reflexiva**

Como $p(x, x) = p(x, x)$, se tiene que $x \prec_p x$ para todo $x \in X$.

- **Antisimétrica**

Sean $x, y \in X$ tales que $x \prec_p y$, $y \prec_p x$, entonces

$$p(x, x) = p(x, y), \quad p(y, y) = p(y, x)$$

Por lo tanto,

$$p(x, x) = p(x, y) = p(y, y)$$

Luego por MP_2 se tiene que $x = y$.

- **Transitiva**

Sean $x, y, z \in X$ tales que $x \prec_p y$, $y \prec_p z$; entonces

$$p(x, x) = p(x, y), \quad p(y, y) = p(y, z)$$

Por MP_4 se tiene que

$$\begin{aligned} p(x, z) &\leq p(x, y) + p(y, z) - p(y, y) \\ &= p(x, y) \\ &= p(x, x) \end{aligned}$$

Luego como $p(x, x) \leq p(x, z)$, se tiene que

$$p(x, x) = p(x, z)$$

Por consiguiente, $x \prec_p z$

De todo lo anterior se tiene que (X, \prec_p) es un conjunto parcialmente ordenado.

- **Ejemplo:** Consideremos el espacio métrico parcial (\sim^+, p_{\max}) .

Entonces

$$\begin{aligned}x \prec_p y &\Leftrightarrow p_{\max}(x, x) = p_{\max}(x, y) \\ &\Leftrightarrow \max\{x, x\} = \max\{x, y\} \\ &\Leftrightarrow x = \max\{x, y\} \\ &\Leftrightarrow y \leq x\end{aligned}$$

O sea que \prec_p es exactamente el orden inverso usual de \sim^+ .

- **Ejemplo:** En el espacio métrico parcial $(S^* \cup S^W, p_S)$ la relación de orden parcial \prec_{p_S} esta definida por

$$\begin{aligned}\{x_n\} \prec_{p_S} \{y_n\} &\Leftrightarrow p_S(\{x_n\}, \{x_n\}) = p_S(\{x_n\}, \{y_n\}) \\ &\Leftrightarrow \{y_n\} \text{ es parte inicial de } \{x_n\}\end{aligned}$$

- **Teorema:** Sea (X, d) un espacio métrico, $\emptyset \in X$ y $|\cdot|: X \rightarrow \sim$ la función definida por

$$|x| = d(x, \emptyset)$$

Entonces $|\cdot|$ es una ponderación sobre X y $|\emptyset| = 0$ (Bukatin, et al., 2009).

- **Demostración:**

i. Sea $x \in X$, entonces

$$0 \leq d(x, \emptyset) = |x|$$

ii. Sean $x, y \in X$, entonces

$$|x| = d(x, \emptyset) \leq d(x, y) + d(y, \emptyset) = d(x, y) + |y|$$

por lo tanto,

$$|x| - |y| \leq d(x, y)$$

Así pues. $|\cdot|$ es una ponderación sobre X .

- **Observación:** Sea (X, d) un espacio métrico, $\emptyset \in X$ y $|\cdot|: X \rightarrow \sim$ la función definida en el teorema anterior. Entonces la función

$$p_d : X \times X \rightarrow \sim$$

$$p_d(x, y) = \frac{d(x, y) + |x| + |y|}{2} = \frac{d(x, y) + d(x, \emptyset) + d(y, \emptyset)}{2}$$

es una pmétrica sobre X . Además

$$p_d(x, x) = d(x, \emptyset) = |x|$$

$$p_d(x, \emptyset) = d(x, \emptyset) = |x|$$

por lo tanto

$$p_d(x, x) = p_d(x, \emptyset)$$

lo que implica que $x \prec_{p_d} \emptyset$ para todo $x \in X$. Así pues \emptyset es el último elemento del conjunto parcialmente ordenado (X, \prec_{p_d}) (Matthews, s.f).

Recíprocamente, sea (X, p) un espacio métrico parcial y $\emptyset \in X$ tal que $x \prec_p \emptyset$ para todo $x \in X$. Entonces

$$p(x, x) = p(x, \emptyset), \text{ para todo } x \in X.$$

Por lo tanto, la función

$$d_p : X \times X \rightarrow \sim$$

$$d_p(x, y) = 2p(x, y) - p(x, x) - p(y, y) = 2p(x, y) - p(x, \emptyset) - p(y, \emptyset)$$

es una métrica sobre X , y la función

$$|\cdot|: X \rightarrow \sim$$

$$|x| = p(x, x) = p(x, \emptyset)$$

es una ponderación sobre X .

- **Ejemplo:** Sean (X, d) un espacio métrico, $\emptyset \in X$ y $a > 0$ tal que

$$d(x, y) \leq a, \text{ para todo } x, y \in X$$

Definamos la función

$$p : X \times X \rightarrow \sim$$

$$p(x, y) = a + \frac{d(x, y) - d(x, \emptyset) - d(y, \emptyset)}{2}$$

Problemas que p es una métrica sobre X .

MP₀) Sean $x, y \in X$ entonces

$$p(x, x) = a - d(x, \emptyset) \geq 0$$

Por otro lado,

$$\begin{aligned} p(x, y) - p(x, x) &= a + \frac{d(x, y) - d(x, \emptyset) - d(y, \emptyset)}{2} - a + d(x, \emptyset) \\ &= \frac{d(x, y) + 2d(x, \emptyset) - d(x, \emptyset) - d(y, \emptyset)}{2} \\ &= \frac{d(x, y) + d(x, \emptyset) - d(y, \emptyset)}{2} \\ &\geq \frac{d(y, \emptyset) - d(y, \emptyset)}{2} = 0 \end{aligned}$$

Así pues

$$0 \leq p(x, x) \leq p(x, y)$$

MP₂) Sean $x, y \in X$ tales que

$$p(x, x) = p(x, y) = p(y, y)$$

entonces

$$a - d(x, \emptyset) = a + \frac{d(x, y) - d(x, \emptyset) - d(y, \emptyset)}{2} = a - d(y, \emptyset)$$

entonces

$$d(x, \emptyset) = d(y, \emptyset) \quad \text{y} \quad d(x, y) = 0$$

lo que implica que $x = y$.

MP₃) Sean $x, y \in X$, entonces

$$\begin{aligned} p(x, y) &= a + \frac{d(x, y) - d(x, \emptyset) - d(y, \emptyset)}{2} \\ &= a + \frac{d(y, x) - d(y, \emptyset) - d(x, \emptyset)}{2} \\ &= p(y, x) \end{aligned}$$

MP4) Sean $x, y, z \in X$, entonces

$$\begin{aligned}
 p(x, z) + p(z, y) - p(z, z) &= a + \frac{d(x, z) - d(x, \emptyset) - d(z, \emptyset)}{2} + a + \frac{d(z, y) - d(z, \emptyset) - d(y, \emptyset)}{2} - a + d(z, \emptyset) \\
 &= a + \frac{d(x, z) - d(x, \emptyset) - d(z, \emptyset) + d(z, y) - d(z, \emptyset) - d(y, \emptyset) + 2d(z, \emptyset)}{2} \\
 &= a + \frac{d(x, z) + d(z, y) - d(x, \emptyset) - d(y, \emptyset)}{2} \\
 &\geq a + \frac{d(x, y) - d(x, \emptyset) - d(y, \emptyset)}{2} \\
 &= p(x, y)
 \end{aligned}$$

Así pues

$$p(x, y) \leq p(x, z) + p(z, y) - p(z, z)$$

De todo lo anterior se tiene que (X, p) es un espacio métrico parcial.

Note que

$$p(\emptyset, \emptyset) = a = p(x, \emptyset)$$

por lo tanto

$$\emptyset \prec_p x$$

Para todo $x \in X$; o sea que \emptyset es el primer elemento del conjunto parcialmente ordenado (X, \prec_p) .

Finalmente, note que

$$\begin{aligned}
 d_p(x, y) &= 2p(x, y) - p(x, x) - p(y, y) \\
 &= 2a + d(x, y) - d(x, \emptyset) - d(y, \emptyset) - a + d(x, \emptyset) - a + d(y, \emptyset) \\
 &= d(x, y)
 \end{aligned}$$

Por consiguiente $d_p = d$ y $(X, d_p) = (X, d)$.

- **Observación:** Si en ejemplo anterior consideramos la función de ponderación

$$\begin{aligned}
 |\cdot|: X &\rightarrow \sim \\
 |x| &= d(x, \emptyset)
 \end{aligned}$$

entonces la función

$$p_d : X \times X \rightarrow \sim$$

$$p_d(x, y) = \frac{d(x, y) + |x| + |y|}{2} = \frac{d(x, y) + d(x, \emptyset) + d(y, \emptyset)}{2}$$

es una pmétrica sobre X y $x \prec_{p_d} \emptyset$, para todo $x \in X$. Así pues

- * \emptyset es el primer elemento del conjunto parcialmente ordenado (X, \prec_p)
- * \emptyset es el último elemento del conjunto parcialmente ordenado (X, \prec_{p_d})
- * $p \neq p_d$
- * $d_p = d$ y $d_{p_d} = d$

3. Conclusiones

Con lo demostrado en este artículo, podemos concluir:

- Los espacios métricos parciales son una generalización de los espacios métricos. Es decir, todo espacio métrico es un espacio métrico parcial; pero no todo espacio métrico parcial es un espacio métrico.
- Dado un espacio métrico, podemos construir a través de la métrica una pmétrica y por lo tanto un espacio métrico parcial.
- De igual forma, si tenemos un espacio métrico parcial, podemos construir a través de la pmétrica una métrica y por lo tanto un espacio métrico.

Referencias bibliográficas

- Samet, B., Vetro, C., y Vetro, F. (2013). From metric spaces to partial metric spaces. 5. <file:///C:/Users/50764/Downloads/1687-1812-2013-5.pdf>
- Bukatin, M., Kopperman, R., Matthews S., y Pajoohesh, H. (2009). Partial Metric Spaces. *The American Mathematical Monthly*, 116(8), 708–718. <https://www.jstor.org/stable/40391197>
- Kopperman, R., Matthews S. y Pajoohesh, H. (2004). Partial metrizable in value quantales. *Applied General Topology*, 5(1), 115 – 127. <https://doi.org/10.4995/agt.2004.2000>
- Kopperman, R. (s.f). Generalized Metrics A Topological Investigation. <https://www.generalizedmetrics.com/>

Matthews, S. (1994). Partial Metric Topology. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 728, (183-197). <https://www.dcs.warwick.ac.uk/pmetric/Ma94.pdf>

Matthews, S. (2008, del 29 de Julio al 1 de agosto). Partial Metric Spaces A Fuss about Nothing [conferencia]. The 2008 Summer Conference Universitaria de la UNAM, Ciudad de México, México.

Matthews, S. (s.f). partialmetric.org. <http://www.dcs.warwick.ac.uk/pmetric/>