



visión Antataura

Volumen 7, No.2

ISSN L : 2520-9892 Diciembre 2023 - Mayo 2024

Universidad de Panamá – Centro Regional Universitario de Azuero



Chitrè, provincia de Herrera, República de Panamá



ISSN L : 2520-9892

Revista

vi  **sión**
Antataura

Volumen 7, No.2
Diciembre 2023 - Mayo 2024

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. maria.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

Mgr. Aracelis Alonso

Ing. Linnette Castillo

Arq. José Carlos Ulloa R.

Soporte tecnológico

Mgr. Luis Rodríguez. SIBIUP, Universidad de Panamá

Editorial

Hace diez años el Centro Regional Universitario de Azuero, emprende el proyecto académico de la revista científica multidisciplinaria, *Visión Antataura*. Durante esta década ha caminado con acierto y perfeccionado su evolución. Así lo acredita la prolífica publicación científica en distintas áreas del saber humano, que le han posicionarse dentro de la comunidad nacional e internacional como un espacio reconocido de del conocimiento multidisciplinario.

Esta edición rinde homenaje a esa misión cumplida, divulgando resultados en las áreas de las ciencias económicas, sobre la situación actual de la economía global, como es el caso de la inflación del combustible y las prácticas de bancarización. Por otra parte, en el área de las ciencias duras un aporte de matemática sobre triángulos y otro relativo a las funciones extrañas; mientras en ciencias biológicas y entomología uno relativo a comunidades meiobentónicas y otro relacionado con la utilidad de insectos en reciclaje de basura

Otro grupo, incluye resultados de un estudio sobre mercadotecnia y de educación superior, referente a la evaluación de modalidades híbridas en la aplicación de pruebas de ingreso de admisión en la Universidad de Panamá.

Finalmente, se presenta un avance de una investigación relativa al área del comportamiento humano en adultos mayores.

Con esta trayectoria recorrida, la nueva edición, renueva el compromiso de seguir dando visibilidad a todos los profesionales investigadores, en la difusión y discusión de experiencias y resultados de investigaciones, que contribuyan a enriquecer el acervo social, económico, cultural y científico.

Magíster Linnette Palacios
Editora Responsable

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

Índice

Título	Página
Elasticidad de la demanda de gasolina en Panamá	
<i>Luis Antonio Pereira Sánchez</i>	9
Bancarización de la población universitaria del distrito de Chitré, Herrera, Panamá, 2018-2019	
<i>María E. Pedreschi M. y Adys Pereira de Herrera</i>	29
Triángulos Perfectos	
<i>Alicia M. Delgado de Brandao, Yanina del Carmen Rodríguez Reyes, Ubaldino Sandoval Moreno y Temístocles Zeballos Mitre</i>	52
Funciones extrañas en el análisis real: funciones del tipo Thomae	
<i>Ángela Y. Franco</i>	66
Alteración de la comunidad meiobentónica por efecto del pisoteo en la zona intermareal baja de playa arenosa	
<i>Euribiades Huertas, Nelva Villarreal, Italo Goti y Juan A. Gómez H.</i>	84
Insectos con potencial en el reciclaje de basura orgánica en Panamá	
<i>Randy Atencio-Valdespino, Abby Guerra-Moreno y Pablo Montero-Prado</i>	108
Machine learning aplicado al análisis de un set de datos de parámetros ambientales en galpones de pollos de engorde	
<i>Gloris Batista-Mendoza, Edwin Juvenal Cedeño Herrera y Gloris Cedeño-Batista</i>	121

Vivencias de los adultos mayores con mascotas y el efecto a la salud Veraguas, Panamá, 2023

Diva Agudo González, Nellys Muñoz Núñez e Iset Trujillo _____ 147

Estudio comparativo de los resultados en las pruebas de admisión del Centro Regional Universitario de Azuero (CRUA), 2020 y 2021

María I. Barrios Pinilla, Delia Barrios Barrios y Cintia Corro _____ 154

La lógica dominante del servicio como elemento fundamental de la satisfacción del cliente. Una perspectiva de la mercadotecnia

Ronald Ariel Gutiérrez G. y Carlos Manuel Gómez-Rudy _____ 172

El servicio al cliente como estrategia de marketing para impulsar el desarrollo empresarial

Francisco Campines Barría _____ 189

Elasticidad de la demanda de gasolina en Panamá

Elasticity of gasoline demand in Panama

Luis Antonio Pereira Sánchez¹

¹Universidad de Panama, Facultad de Economía, Departamento de Estadística Económica y Social, Panamá;
luis.pereiras@up.ac.pa; <https://orcid.org/0000-0003-2963-2936>

Fecha de recepción: 12 de junio de 2023

Fecha de aceptación: 14 de octubre de 2023

DOI <https://doi.org/10.48204/j.vian.v7n2.a4560>

Resumen: El trabajo pretende estimar la elasticidad-precio e ingreso de la demanda de gasolina en Panamá, mediante un modelo de regresión lineal, utilizando datos de fuentes nacionales de frecuencia trimestral. Los resultados indican que la elasticidad del precio de la demanda de gasolina es considerablemente inelástica lo cual supone importantes implicaciones de política pública como la tributaria y la planificación urbana. De igual manera, parece haber evidencia de un cambio estructural posterior a la pandemia de COVID-19, aunque la misma debe ser considerada con precaución dado el limitado tamaño de muestra del segundo periodo y la diferencia en los métodos de estimación de ambos periodos. El resultado sugiere que el aumento en la demanda de gasolina puede ser atribuido esencialmente al incremento del ingreso durante el periodo de estudio, obteniéndose en las estimaciones que la demanda de gasolina es sustancialmente reactiva frente a cambios en el ingreso.

Palabras clave: Elasticidad, gasolina, precio, demanda, Panamá.

Abstract: This paper aims at estimating the elasticity-price and income, regarding the gasoline demand in Panama, by means of a linear regression model, using data from national sources of quarterly frequency. The results show that the price elasticity of gasoline demand is considerably inelastic, which has important public policy implications such a tax and urban planning. There also seems to be evidence of a structural change after the COVID-19 pandemic, although it should be assessed with caution due to the limited size of the sample of the second period and the difference of estimation methods in both periods. The result suggests that the rise in the gasoline demand can be attributed mainly to the increase of income during the time of the study, yielding in the estimations that, gasoline demand is substantially responsive regarding changes in income.

Keywords: Elasticity, gasoline, price, demand, Panama.

1. Introducción

La elasticidad de la demanda de gasolina respecto del precio y el ingreso ha sido estudiada ampliamente en la literatura (Hughes et al., 2008). Entender la sensibilidad de la demanda de gasolina a los cambios de precio e ingreso tiene importantes implicaciones

para políticas relacionadas con el cambio climático, tributación, reducción de la contaminación y la política energética nacional (Lim y Yoo, 2016).

Por otra parte, siendo Panamá un país totalmente dependiente de las importaciones de combustibles y la elevada dependencia del sector transporte a la gasolina como principal fuente energética, fluctuaciones repentinas al alza de su precio, típicamente es motivo de preocupación ante la presión inflacionaria que estos episodios representan.

El trabajo pretende estimar la elasticidad-precio e ingreso de la demanda de gasolina en Panamá. El interés práctico del estudio es hacer uso de un conjunto de datos de frecuencia inferior a la anual que en los últimos años han sido el resultado de la construcción del Sistema de Indicadores Económicos de Corto Plazo (SIEC) por parte del Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) entre los que se incluyen el producto interno bruto (PIB) trimestral (Instituto Nacional de Estadística y Censo, 2005) y más recientemente los principales indicadores económicos mensuales (PIEM) (desde 2006), así como información de precios publicada por la Autoridad de Protección al Consumidor y Defensa de la Competencia (ACODECO), en particular, en materia de hidrocarburos (numerales 11 y 14 del artículo 100 de la Ley 45 de 2007).

Se inicia con la discusión de los antecedentes, el modelo y los datos a utilizar, se presentan los resultados obtenidos, se realiza la discusión de los aspectos más relevantes derivados de los mismos, avanzando algunas ideas sobre las causas y las opciones de política pública y se presentan las conclusiones. El estudio presta interés ante el reciente aumento sostenido de los precios de la gasolina a causa del conflicto en Ucrania.

Entre los antecedentes consultados se puede destacar el trabajo de Alves y da Silveira Bueno (2003) utiliza datos anuales de 25 años (1974-1999). En este caso, se utiliza como variable dependiente el consumo per cápita de gasolina, en tanto que para evaluar la elasticidad ingreso de la demanda, se utiliza PIB per cápita real.

Por su parte, Hughes et al. (2008), utilizan datos mensuales desde enero de 1974 a marzo de 2006, comparan el comportamiento de dos períodos de aproximadamente 5 años (noviembre 1975 a noviembre 1980 y marzo 2001 a marzo 2006). En este caso, el modelo incluye variables estacionales. Con respecto a la variable dependiente, igual que el caso

anterior, se utiliza el consumo per cápita. Con respecto al precio se usa el promedio de ciudad de la gasolina regular sin plomo, correspondiente a 75 áreas urbanas recopilado como parte del índice de precios al consumidor (IPC). Para evaluar la elasticidad ingreso de la demanda, se utiliza el ingreso disponible real per cápita. Junto a este modelo básico, presentan varias especificaciones alternativas, incluyendo una comparación de la elasticidad en los dos periodos indicados mediante pruebas como la t de Student para comparar dos medias, asumiendo que las muestras de ambos periodos son independientes, mediante la fórmula $t_c = \frac{E_1 - E_2}{\sqrt{(ee_1)^2 - (ee_2)^2}}$ (donde E es la elasticidad y ee es el error estándar o desviación típica de la regresión), regresión con uso de variables dicótomas para periodo de tiempo y su interacción con otras variables para evaluar cambios en los coeficientes de pendiente de la regresión estimada mediante el estadístico F, entre otras.

En ambos casos, el modelo básico utiliza una forma log-lineal.

En el caso de Panamá, no se conoce ninguna publicación reciente, pero sí existe alguna estimación a nivel interno de la Secretaría Nacional de Energía (SNE) para gasolina y diésel brevemente reseñada en la memoria del Ministerio de la Presidencia de Panamá de 2017 (Gobierno de la República de Panamá, 2018), entidad a la cual está adscrita desde la reorganización dispuesta en la Ley 43 de 2011.

En este caso, no se especifica la forma funcional del modelo utilizado, ni el tamaño de muestra utilizado, pero parece sugerirse que se utilizan como variables independientes precio, ingreso familiar, número de vehículos entre otras. Para el precio se utiliza un promedio ponderado trimestral del precio de paridad de importación, a manera de una variable aproximada. Para el ingreso se utiliza el PIB. Aunque se indica que se realizan estimaciones para el corto plazo, las mismas no se presentan. Se reporta una elasticidad-precio de -0.325 y una elasticidad-ingreso de 1.307.

2. Materiales y métodos

- **Modelo y descripción de variables**

Siguiendo las especificaciones de los estudios antes citados, el modelo será:

$$\ln C_{jt} = \beta_0 + \beta_1 \ln P_{jt} + \beta_2 \ln Y_{jt} + u_{jt} \quad (1)$$

Donde C_{jt} es el consumo de gasolina per cápita en el trimestre j en el año t , P_{jt} es el precio promedio real de la gasolina en el trimestre j en el año t , Y_{jt} es el PIB per cápita en el trimestre j en el año t y u_{jt} es el término de error. Tanto P_{jt} , como Y_{jt} están en dólares constantes de 2007.

Desde el punto de vista de la estimación, ya que se trabaja con datos de serie de tiempo, se sospecha de la presencia de correlación serial o autocorrelación en los residuos (Greene, 2018), por lo que es necesario atender el incumplimiento de este supuesto del modelo de regresión. Entre las soluciones se encuentra la posibilidad de estimar mediante un modelo de mínimos cuadrados generalizados estimado (MCGE), luego de considerar el orden de la autocorrelación a partir del modelo básico mediante mínimos cuadrados ordinarios (MCO) (Martínez-Espiñeira y Nauges, 2004), cuya forma general se expresa como:

$$Y_t - \rho_1 Y_{t-1} - \rho_2 Y_{t-2} - \dots - \rho_p Y_{t-p} = \beta_0 (1 - \rho_1 - \rho_2 - \dots - \rho_p) + \beta_1 [X_{t2} - \rho_1 X_{(t-1)2} - \dots - \rho_p X_{(t-p)2}] + \dots + \beta_k [X_{tk} - \rho_1 X_{(t-1)k} - \dots - \rho_p X_{(t-p)k}] + \varepsilon_t \quad (2)$$

, donde ε_t es un término de error de ruido blanco con media cero.

Otra solución, cada vez más popular por su implementación práctica, son las estimaciones de MCO corregidas por errores Newey-West (1987) o consistentes con heterocedasticidad y autocorrelación (CHA), que es el método usado por Hughes, (Knittel et al., 2008).

Aunque, teóricamente, la estimación de MCGE resulta superior, puesto que el método Newey-West es, en principio, sólo válido para muestras grandes, los resultados de bondad de ajuste y otros estadísticos de diagnóstico relacionados a autocorrelación no son directamente comparables debido a la diferencia en la variable dependiente luego de la transformación (Ramanathan, 2002), como se observa al evaluar el lado izquierdo de las ecuaciones (1) y (2). Semejante comentario aplica al caso de la estimación por errores CHA, puesto que los resultados de estos indicadores son, en esencia, los mismos que los de la estimación MCO antes de la corrección (Gujarati y Porter, 2010). Para efectos comparativos, se presentan ambas correcciones en las estimaciones realizadas, cuando resulte apropiado.

En adición a los resultados, se presentan resultados de pruebas econométricas de rigor para validar los supuestos del modelo.

- **Datos**

Con el fin de lograr un tamaño de muestra lo más grande posible, se da preferencia a la utilización de datos de frecuencia inferior a la anual.

Para la variable de consumo per cápita, se usaron datos de venta de gasolina sin plomo (91 y 95 octanos) para consumo nacional (en miles de galones), que es parte de la serie de PIEM del INEC con datos disponibles a partir del año 2006 y cuya fuente es la SNE de Panamá¹.

Los datos de la población total (en miles) de Panamá fueron obtenidos de Naciones Unidas, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, División de Población (2022). Estos datos tienen frecuencia anual, por lo que fue necesario realizar una interpolación de la población a final de cada período, utilizando la estimación de la tasa de crecimiento instantáneo anual (Sadinle, 2008; Preston et al., 2001).

Para la variable de precios, se utilizó el promedio simple de los precios de la gasolina de 91 y 95 octanos en estaciones de expendio de combustible de la información histórica publicada periódicamente por la ACODECO, en los distritos de Panamá y San Miguelito (donde se concentra la mayor parte de la población del país)², disponible desde enero de 1998.

Para expresar los precios en términos constantes, se utilizó el IPC de Panamá que se obtuvo del Fondo Monetario Internacional (FMI) que publica información con frecuencia mensual, trimestral y anual, incluyendo datos previos al cambio de base más reciente de 2013.

Finalmente, para la variable de ingreso, se utilizó el PIB constante a precios del consumidor trimestral publicado por el Instituto Nacional de Estadística y Censo, con año de referencia de 2007 y disponible hasta el primer trimestre de 2022 (al momento del

¹ Vale comentar que entre los años 2013 y 2014 la cifra utilizada incluye la gasolina con etanol, que alcanzó su máximo para el segundo trimestre de 2014, pero cuya distribución se suspendió a finales de ese mismo año.

² Para el año 2020 más de un tercio de la población del país habitaba estos dos distritos (Instituto Nacional de Estadística y Censo, 2022).

presente trabajo). Nuevamente, para obtener el valor per cápita, se utilizó la interpolación de la población antes comentada.

- **Tratamiento de los datos**

Para trabajar con una base común, el precio de la gasolina fue deflactado por el IPC fijando como base el periodo de marzo de 2007.

Dado que en Panamá no existe una publicación del PIB o ingreso disponible real per cápita de frecuencia mensual, nos limitamos a trabajar con una frecuencia trimestral, semejante al caso de Lim y Yoo (2016), pese a lo cual se obtiene un tamaño de muestra considerablemente superior al estudio de Alves y da Silveira Bueno (2003) y muy semejante al de Hughes et al. (2008), de 61 periodos en total, entre el primer trimestre de 2007 y 2022.

Esto obliga a tomar una decisión sobre el método de agregación para las cifras mensuales de consumo y precio de la gasolina. En este caso, se utiliza la suma del consumo de cada trimestre, junto con el promedio trimestral del precio de la gasolina.

El software utilizado para el análisis fue gretl 2022a (Cottrell y Lucchetti, 2023).

- **Limitaciones**

Dada la frecuencia de los datos a utilizar, esto descarta la posibilidad de introducir variables explicativas adicionales al modelo como el número de vehículos, que sólo es publicado por el INEC con frecuencia anual, lo que exigiría una manipulación adicional y una fuente potencial de errores de medición en los resultados del modelo.

Además, existen dificultades para identificar variables apropiadas como instrumentos (Hughes et al., 2008) para pruebas de exogeneidad de las variables del modelo³, en particular el precio. Entre la literatura más reciente, una propuesta es el impuesto a los combustibles (Coglianese et al., 2017). Sin embargo, en Panamá dicho impuesto a permanecido constante desde la Ley 23 de 1997. No obstante, dado que Panamá no cuenta con una industria petrolera, por lo que es un importador de combustible y, por tanto, tomador de precios internacionales, esto puede ser tomado como sustento para considerar la exogeneidad del precio, como se verifica en otras situaciones para Panamá, como la demanda de cigarrillos (Herrera, 2010).

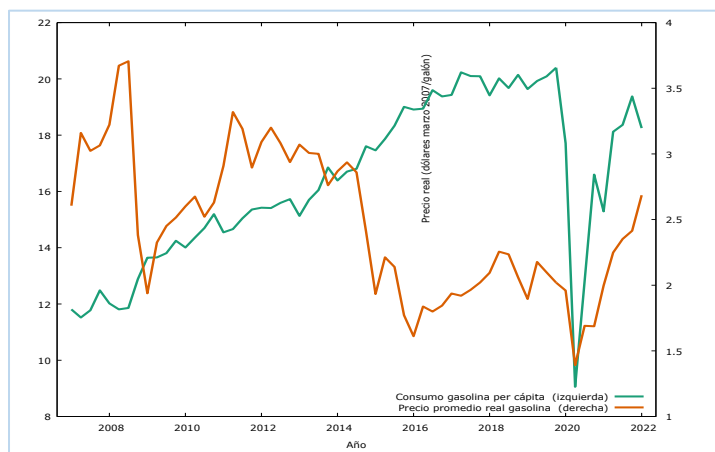
³ El tema tampoco es considerado en el estudio de Alves y da Silveiro Bueno (2003).

3. Resultados

La Figura 1 muestra el consumo per cápita de gasolina y los precios reales para el periodo del primer trimestre de 2007 a 2022. Se observa que la serie inicia con un fuerte aumento de los precios hasta alcanzar un máximo en el tercer trimestre de 2008 y luego de una caída drástica a finales de ese mismo año por la crisis financiera el mismo se recupera los periodos siguientes estabilizándose alrededor de los 3 dólares por galón hasta el tercer trimestre de 2013 luego de lo cual vuelve a registrar una nueva caída, hasta llegar a su mínimo en el segundo trimestre de 2020 como consecuencia de la pandemia de COVID-19, luego de lo cual se registra un aumento sostenido de precios alcanzando los niveles de 2014.

Figura 1

Consumo de gasolina per cápita y precio promedio trimestral real de venta de gasolina: marzo 2007 – marzo 2022



Fuente: Datos del INEC, ACODECO, FMI y Naciones Unidas

En tanto, el consumo per cápita registró un aumento sostenido hasta el segundo trimestre de 2017 cuando supera los 20 galones per cápita, luego de lo cual se registra un estancamiento del consumo, pese a lo cual alcanza un máximo en el último trimestre de 2019 con 20.4 galones per cápita, que de igual forma se ve afectado notablemente por la pandemia, alcanzando un mínimo de 9 galones por persona, que rápidamente se ha recuperado, aunque sin alcanzar los niveles previos a la pandemia.

La evolución post pandemia de ambas variables es llamativa, pues contrario a lo esperado en la teoría, el precio y el consumo parece exhibir una relación directa, más que

inversa, lo cual pudiera ser un indicio de un cambio estructural que debe ser examinado al estimar el modelo⁴. Con todo, se debe notar que el valor promedio de la variable dependiente en ambos periodos es aproximadamente equivalente con 16.4 galones por persona antes de 2020 y 16.2, luego de 2020 hasta el final de la serie. Además, no se observa un patrón estacional en el comportamiento de las series graficadas.

Las pruebas conducidas (Durbin-Watson y Breusch-Godfrey) para la correlación serial indican, para los datos de todo el periodo, un esquema autorregresivo de primer orden AR(1). Para estimar el MCGE se debe considerar el valor del coeficiente de autocovarianza, ρ (ρ) a utilizar. En este caso, los métodos considerados arrojan resultados ligeramente diferentes. En atención a esto, se ha preferido utilizar el valor de ρ estimado a partir de los propios residuos, dado el esquema AR(1) de los datos ($\sigma = 0.646081$). Los resultados se presentan a continuación (Tabla 1).

De acuerdo al resultado, por cada aumento de 1% del precio de la gasolina, el consumo per cápita disminuye en apenas 0.008% (Modelo 1, en adelante M1) o 0.0008% (Modelo 2, en adelante M2), dependiendo de la estimación. Por su parte, por cada aumento de 1% del ingreso per cápita, el consumo per cápita aumenta en 1.12% (M1) o 1.02% (M2) según la estimación consultada. Los signos de los coeficientes estimados son acordes a la teoría, aunque destaca por un lado que el coeficiente de la elasticidad precio de la demanda no es estadísticamente significativo, lo que equivale a decir que la demanda de gasolina es perfectamente inelástica con respecto al precio durante este periodo, en tanto la elasticidad ingreso de la demanda es elástica. La bondad de ajuste del modelo es considerable en el periodo considerado con 0.79 (M1) u 0.87 (M2).

Se presenta el correlograma de los residuos estimados por el modelo 1 (Figura 2), el cual muestra escasa evidencia que sugiera no estacionariedad. Incluso, a pesar del tamaño de muestra, se rechaza la hipótesis de raíz unitaria para los residuos usando tanto la prueba de Dickey-Fuller (DF), como KPSS (no se muestran aquí).

⁴ Lo cual puede hacer que las pruebas estándar de la hipótesis de raíz unitaria no sean confiables, como se ha visto en otros contextos de choque de precios del petróleo (Perron, 1989).

Ahora, para considerar la posibilidad de un cambio estructural, luego de la pandemia, se realizan dos regresiones no restringidas, considerando como punto de quiebre el primer trimestre del año 2020. Con respecto al primer subperiodo también se observa un esquema AR(1), por lo que se procede igual que la estimación para toda la muestra ($\sigma = 0.708813$). Se observa que, en líneas generales, los coeficientes estimados son parecidos, aunque en el caso de la elasticidad-precio el valor es menos inelástico (-0.16, M3 y -0.19, M4), además de ser estadísticamente significativo, en tanto, la elasticidad-ingreso, es menor, pasando a ser igualmente inelástica (0.80, M3 y 0.87, M4). La bondad de ajuste (0.81, M3 y 0.96, M4) y el correlograma de los residuos (no se muestra) exhiben un comportamiento muy semejante.

Tabla 1

Resultados del modelo de regresión lineal (variable dependiente logaritmo del consumo per cápita de gasolina en Panamá)

Período	2007:1 – 2022:1		2007:1 – 2019:4		2020:1 – 2022:1
	AR(1)	Errores CHA	AR(1)	Errores CHA	MCO
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
β_0	-1.97*** (0.20)	-5.02*** (0.97)	-0.93*** (0.16)	-3.66*** (0.37)	-4.90* (2.07)
$\ln P$	-0.008 (0.053)	-0.0008 (0.1071)	-0.16*** (0.03)	-0.19*** (0.03)	0.36 (0.28)
$\ln Y$	1.12*** (0.08)	1.02*** (0.12)	0.80*** (0.07)	0.87*** (0.05)	0.96** (0.29)
N	60	61	51	52	9
R ² corregido	0.79	0.87	0.81	0.96	0.87
D.T. de la regresión	0.050	0.066	0.023	0.03	0.09
Estadístico F	110.7***	135.5***	108.4***	292.2***	28.8***
Suma de cuad. Residuos	0.14	0.26	0.03	0.05	0.04
Pruebas estadísticas					
Raíz unitaria resid. DF	t = -7.49***	t = -3.53***	t = -6.69***	t = -2.90***	t = -2.79**
Durbin-Watson (d)	1.96	0.70	1.86	0.59	2.07
Breusch-Godfrey	nR ² = 0.016 (p=0.9)	nR ² = 25.1***	nR ² = 0.14 (p=0.7)	nR ² = 26.5***	nR ² = 0.19 (p=0.67)
Jarque-Bera	35.6***	10.2***	0.29	0.124	2.4
White (Heterocedasticidad)	nR ² = 10.7*	nR ² = 46.6***	nR ² = 3.40	nR ² = 16.7***	nR ² = 8.05

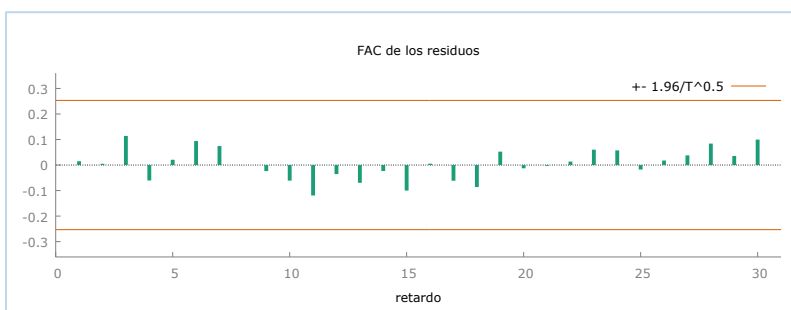
Nota: Para las estimaciones, las desviaciones típicas se muestran entre paréntesis.

* significativo al nivel del 10 por ciento, ** Significativo al nivel del 5 por ciento, *** significativo al nivel del 1 por ciento

Por su parte, para el periodo post pandemia, no hay evidencia de autocorrelación por lo que se estima el modelo por MCO sin necesidad de ajuste (M5). Es evidente el cambio de signo advertido de la elasticidad-precio (0.36), aunque en este caso, al no ser estadísticamente significativo aplica una interpretación semejante a la realizada para todo el periodo.

Figura 2

Correlograma de los residuos del modelo estimado



Se realiza una prueba t de Student en las elasticidades estimadas para los dos periodos y se rechaza la hipótesis nula de que la elasticidad-precio es la misma en ambos periodos ($t_c = -5.8006$, con los datos de M3 y $t_c = -5.86829$ con los datos de M4, en ambos casos se confirma diferencias significativas con un valor $p < 0.001$), lo que sugiere que la elasticidad se ha vuelto menos sensitiva a variaciones en el precio, con respecto al sentido tradicional que le asigna la teoría. Por el contrario, no es posible rechazar la hipótesis nula de que la elasticidad-ingreso es la misma en ambos periodos ($t_c = -1.76511$, valor $p = 0.1114$ con los datos de M3 y $t_c = -1.03617$, valor $p = 0.3245$ con los datos de M4).

Además, se condujo una prueba de diferencia entre los modelos de los dos periodos combinando los datos para estimar una regresión para todo el periodo, mediante MCO corregido por errores Newey-West o CHA⁵, estimado en el modelo 2, e interactuando con una variable dicótoma o *dummy* igual a uno para el periodo post pandemia (primer trimestre de 2020 a primer trimestre 2022) y cero en otro caso. La prueba de significancia

⁵ Dado que el valor de rho es diferente en los modelos con autocorrelación de primer orden (M1 y M3) los resultados no son comparables. Para facilitar la comparación se usa el modelo con errores CHA.

conjunta rechaza la hipótesis nula de que los coeficientes de interacción son cero, con un estadístico F de 47.3356 (valor $p < 0.001$), aun cuando individualmente considerados, solo el término de interacción del precio resultó estadísticamente significativo de forma individual a un nivel de 5% ($p = 0.0229$). Mas aun, ya que el interés esencial es evaluar cambios en los coeficientes de pendiente de la regresión, si se repite el ejercicio anterior, sólo con términos de interacción para las variables explicativas, excluyendo la constante, ambos términos resultan altamente significativos (valor $p < 0.001$), reafirmando la conclusión anterior.

4. Discusión

Si tomamos como punto de referencia los resultados reportados en la Memoria del Ministerio de la Presidencia de 2017, los resultados obtenidos sugieren que la demanda de gasolina se ha vuelto más inelástica no sólo respecto del precio, sino también del ingreso. Por otra parte, parece haber evidencia de un cambio de los parámetros obtenidos a partir de la pandemia. Sin embargo, los resultados deben ser evaluados con precaución dado el limitado tamaño de muestra del segundo periodo y la diferencia en los métodos de estimación de ambos periodos.

Al comparar con estimaciones internacionales Galindo et al. (2015) y Hungtinton et al. (2019) la magnitud de la elasticidad precio de la demanda es considerablemente baja y la elasticidad ingreso es considerablemente elevada.

Evidentemente, ante la inelasticidad de la demanda de gasolina ante variaciones en el precio, escenarios de aumento rápido de precios, como el experimentado a raíz del conflicto bélico en Ucrania, suponen una restricción presupuestaria importante sobre los hogares y las empresas.

Además, el resultado tiene relevancia dentro de la discusión de la política tributaria relacionada al impuesto al consumo de combustible aplicado en Panamá, en términos de la incidencia del impuesto, ya que una baja elasticidad precio de la demanda es un presupuesto de una mayor incidencia por parte de los consumidores. Sin embargo, esta misma baja elasticidad es la que justifica la reticencia por parte de las autoridades

gubernamentales de tomar medidas de reducción de este impuesto al consumo, ante la dificultad de encontrar una fuente de ingresos tributarias que tenga el mismo potencial recaudatorio (Alves y da Silveira Bueno, 2003).

Este mismo motivo es el que determina la escasa efectividad del uso de instrumentos tributarios como mecanismo disuasorio para la disminución del consumo de gasolina, como se ha planteado en la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica (ENME) aprobada mediante la Resolución de Gabinete N° 103 de 28 de octubre de 2019 (Gobierno Nacional, 2019) Como resultado, un impuesto necesitaría ser significativamente alto con el fin de lograr una reducción en el consumo, lo cual plantea dificultades políticas para su implementación (Hughes et al., 2008, Hamel et al., 2019) por lo que parece ser esta una propuesta desacertada y que sólo resulta efectivamente aplicables a países con una elasticidad considerable de la demanda respecto del precio como en Corea del Sur (Lim y Yoo, 2016).

Para poner esto en contexto, se puede comparar con la situación de otro producto que ha tenido una importante intervención sobre el precio como el cigarrillo y otros productos derivados del tabaco. Desde la Ley 69 de 2009, el impuesto se ha establecido como el 100% del precio de venta al consumidor, con un mínimo de 1.50 por cajetilla en el caso de cigarrillos. Como lo indica Herrera Ballesteros et al. (2017):

El incremento de los impuestos al consumo de tabaco, ha demostrado ser una de las medidas más eficaces, al incrementar los precios y reducir el consumo, que en el caso de Panamá, la prevalencia es una de las más bajas de la región al ser de 6.1% en tabaco fumado. (p. 61)

Sin embargo, es llamativo que ha sido necesario elevar el impuesto de forma considerable, en atención a la elasticidad-precio de la demanda, que en el caso del consumo de cigarrillo fue estimada por los mismos autores, utilizando una especificación semejante a la presentada en este trabajo, en -0.396 (página 59, tabla 1, regresión 2), bastante más elástico que los valores estimados para la gasolina, sobre todo si se considera que se trata de un producto adictivo (Herrera Ballesteros, 2010). En este sentido, téngase en cuenta en la actualidad, el régimen impositivo al consumo de gasolina en Panamá es un impuesto específico de 0.60 al galón desde la Ley 23 de 1997, esto es, sin importar su precio. Si se

considera como base el precio promedio nominal (ya que no se ajusta por inflación) de la gasolina durante el periodo en estudio (3.22), apenas representa un 18.6% del valor promedio de la gasolina, considerablemente inferior al del tabaco.

Alves y da Silveira Bueno (2003) también plantean que una baja elasticidad-precio de la demanda supone un reto necesario para las autoridades gubernamentales de establecer políticas de reemplazo de la gasolina como fuente de combustible, mucho antes de que las reservas petroleras se agoten. En esta línea, se encuentran los Lineamientos Estratégicos de la Agenda de Transición Energética 2020-2030, aprobada mediante la Resolución de Gabinete N°93 de 24 de noviembre de 2020 (Gobierno Nacional, 2020), que plantea 5 estrategias centrales, entre las cuales se incluye la movilidad eléctrica.

Con este propósito, se plantea la necesidad de establecer incentivos fiscales y no fiscales para la adquisición de vehículos eléctricos. A pesar de sus dificultades, esta parece ser una propuesta más adecuada a las condiciones de demanda en Panamá, para poder reducir el consumo de gasolina.

En todo caso, es evidente de los resultados que el factor determinante del consumo de gasolina en el periodo analizado ha sido el ingreso, representado por el PIB per cápita. Si se evalúa punta a punta en el periodo previo a la pandemia, se observa que el PIB per cápita aumentó en 71.7% y el consumo de gasolina per cápita fue de 72.7%. Justamente, este periodo estuvo marcado por una expansión económica importante en la economía panameña al punto que pasó de ser considerado un país de ingreso medio-alto, a uno de ingreso alto por la clasificación del Banco Mundial en el año 2017 (Banco Mundial, 2023). Por el contrario, Panamá fue uno de los países con mayor contracción económica en la pandemia. De nuevo comparando punta a punta, el valor del PIB per cápita al inicio y al final del año 2020, la caída fue de -12.4% de su valor, al punto que volvió a retroceder al grupo de ingreso medio-alto en la clasificación antes mencionada (Hamadeh et al., 2021); en tanto, la disminución en el consumo per cápita fue de -18.6% en el mismo periodo. Sin embargo, como se aprecia en la Figura 1, ya en los últimos periodos ha ido recuperando el nivel de ingreso per cápita previo a la pandemia y prontamente volvió a recuperar la

clasificación de país de ingreso alto (Hamadeh et al., 2022), así como del consumo per cápita de gasolina.

Además, es ampliamente conocido en la literatura la fuerte relación existente entre el ingreso y el tamaño del parque automotriz de un país (Wu et al., 2014) y del cual Panamá no es una excepción (Secretaría Nacional de Energía, 2016).

El aumento del consumo de combustible también se relaciona con el patrón de desarrollo urbano y las necesidades de transporte asociadas al mismo. Históricamente, Panamá registra un grado de urbanización inferior al de América Latina e, incluso, de América Central (United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2018). Existen estudios que demuestran un aumento en la demanda energética, vía combustibles, ante el incremento de la urbanización cuando las ciudades no están adecuadamente planificadas, si la expansión urbana ocurre producto de asentamientos informales⁶ e infraestructura insuficiente para la operación de un sistema apropiado de transporte masivo⁷, lo que genera un aumento de la dependencia de autos para transporte, sobre todo considerando la separación entre los lugares de residencia y trabajo en las ciudades (World Bank Group, 2021). Este es parte del razonamiento utilizado por Hughes et al. (2008) para explicar la mayor inelasticidad de la demanda de gasolina en Estados Unidos en el período 2001-2006, comparado con 1975-1980.

En este sentido, es llamativo que de los 7 distritos con más de 100 mil habitantes en Panamá, aquellos que registran una tasa de crecimiento mayor que la de la población total corresponden al área metropolitana y su periferia. De hecho, Arraiján fue el Distrito con la mayor tasa promedio anual (3.5% para el periodo considerado), lo que lo ha hecho que sobrepasara a Colón en 2010 como el tercer Distrito más poblado del país. Luego seguido por el distrito de Panamá con una tasa de crecimiento promedio de 2.7%, superando el millón de habitantes, luego La Chorrera con una tasa de 2.4% y levemente por debajo del promedio Colón (2.0%). Por su parte, debe notarse que San Miguelito, sigue siendo el

⁶ Que es una realidad común, no sólo en Panamá, sino en gran parte de la región de América Latina (Fernandes, 2011).

⁷ Respecto de la situación de Panamá, sobre la que se comentará en breve, véase también (Barsallo Alvarado, 2021).

segundo Distrito más poblado del país, pero con la menor tasa de crecimiento promedio para el periodo del conjunto (1.3%) y, de mantenerse la tendencia, es previsible que sea reemplazado por Arraiján en esta posición.

Al respecto, debe tenerse en cuenta, la mayor distancia de Arraiján y La Chorrera respecto del Distrito de Panamá, que San Miguelito, por ejemplo, lo cual hace la movilización altamente dependiente del transporte terrestre, impulsando la demanda de gasolina. Esta situación es lo que ha llevado a la construcción de la Línea 3 del Metro desde inicios del año 2021, con una duración prevista de cerca de 5 años, cuyo recorrido incluye, precisamente, Arraiján, mas no La Chorrera (Metro de Panamá, s.f.) (Rivera, 2022). Sumado a esto, solo basta considerar el hecho de que la longitud de la línea 3 (24.5 kilómetros), sería la más larga de la Red del Metro superando las líneas existentes en la actualidad (línea 2 con 21 kilómetros y línea 1 con 16 kilómetros), lo que supone un medio de transporte basado en energía eléctrica y no del consumo de gasolina.

Teniendo en cuenta, el proceso de urbanización antes comentado de Panamá, y las limitaciones de las alternativas de transporte existentes en la periferia, este incremento del ingreso claramente ha influido en un aumento del consumo de gasolina, especialmente por la incorporación de nuevas unidades de vehículos privados en estas zonas.

En este sentido, un cambio en el patrón de consumo de gasolina en Panamá tiene que estar vinculado con una planificación urbana que reduzca los tiempos de traslado y, por tanto, disminuya el uso de energía relacionado con el transporte, para lo cual se requiere reformas en una serie de elementos como la proximidad de los sitios de empleo y de vivienda, ampliar la oferta de vivienda y reducir las brechas espaciales en el acceso a servicios urbanos, entre otros (Khavarian-Garmsir et al., 2023).

5. Conclusiones

- Si tomamos como punto de referencia los resultados reportados en la Memoria del Ministerio de la Presidencia de 2017, los resultados obtenidos sugieren que la demanda de gasolina se ha vuelto más inelástica no sólo respecto del precio, sino también del ingreso. Por otra parte, parece haber evidencia de un cambio de los parámetros

obtenidos a partir de la pandemia. Sin embargo, los resultados deben ser evaluados con precaución dado el limitado tamaño de muestra del segundo periodo y la diferencia en los métodos de estimación de ambos periodos.

- Comparando a nivel internacional, la elasticidad precio de la demanda de gasolina en Panamá es notoriamente baja y la elasticidad ingreso es considerablemente elevada.
- La marcada inelasticidad de la demanda al precio en Panamá supone importantes implicaciones de política pública. Ante variaciones en el precio, escenarios de aumento rápido de precios, como el experimentado a raíz del conflicto bélico en Ucrania, suponen una restricción presupuestaria importante sobre los hogares y las empresas. Además, determina la escasa efectividad del uso de instrumentos tributarios como mecanismo disuasorio para la disminución del consumo de gasolina.
- Los resultados indican la necesidad ineludible de reemplazar la gasolina mucho antes que surja escasez por medio del incentivo a la motorización eléctrica.
- Por otra parte, el resultado indica con claridad que el aumento en la demanda de gasolina puede ser atribuido esencialmente a un incremento del ingreso durante el periodo de estudio, así como al desarrollo urbano de Panamá, especialmente en la región metropolitana y sus alrededores, donde este incremento del ingreso claramente ha influido en un aumento del consumo de gasolina, especialmente por la incorporación de nuevas unidades de vehículos privados en estas zonas, ante la reducida posibilidad de sustituir por medios de transporte alternativos en la actualidad.

Referencias bibliográficas

- Alves, D. C. y da Silveira Bueno, R. D. (2003). Short-run, long-run and cross elasticities of gasoline demand in Brazil. *Energy Economics*, 25(2), 191-199. [https://doi.org/10.1016/S0140-9883\(02\)00108-1](https://doi.org/10.1016/S0140-9883(02)00108-1)
- Banco Mundial (2023). *World Bank Country and Lending Groups*. <https://datahelpdesk.worldbank.org/knowledgebase/articles/906519-world-bank-country-and-lending-groups>

- Barsallo Alvarado, G. (2021). Urban mobility and personal safety as factors related to the decision of dropping out from university. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(5), 242-247. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202021000500242
- Coglianesi, J., Davis, L. W., Kilian, L. y Stock, J. H. (2017). Anticipation, Tax Avoidance, and the Price Elasticity of Gasoline Demand. *Journal of Applied Econometrics*, 32(1), 1-15. <https://doi.org/10.1002/jae.2500>
- Cottrell, A. y Lucchetti, R. (2023). *Gretl User's Guide*. <https://gretl.sourceforge.net/gretl-help/gretl-guide.pdf>
- Fernandes, E. (2011). *Regularización de asentamientos informales en América Latina*. https://www.lincolnst.edu/sites/default/files/pubfiles/regularizacion-asentamientos-informales-full_0.pdf
- Galindo, L. M., Samaniego, J., Alatorre, J. E., Ferrer Carbonell, J. y Reyes, O. (2015). Meta-analysis of the income and price elasticities of gasoline demand: public policy implications for Latin America. *CEPAL Review*(117), 7-24. <http://hdl.handle.net/11362/40057>
- Gobierno de la República de Panamá. (2018). *Memoria 2017*. Panamá. https://www.presidencia.gob.pa/tmp/transparencia/Memoria-2017_opt.pdf
- Gobierno Nacional. (29 de octubre de 2019). *Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica Panamá*. Gaceta Oficial Digital: https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/28892_A/GacetaNo_28892a_20191029.pdf
- Gobierno Nacional. (26 de noviembre de 2020). *Lineamientos estratégicos. Agenda de transición energética 2020-2030*. Gaceta Oficial Digital: https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/29163_B/81944.pdf
- Greene, W. H. (2018). *Econometric Analysis* (8a. ed.). Nueva York: Pearson.
- Gujarati, D. N. y Porter, D. C. (2010). *Econometría*. México, D.F.: McGraw-Hill.
- Hamadeh, N., Van Rompaey, C. y Metreau, E. (1 de julio de 2021). *New World Bank country classifications by income level: 2021-2022*. World Bank Blogs: <https://blogs.worldbank.org/opendata/new-world-bank-country-classifications-income-level-2021-2022>

- Hamadeh, N., Van Rompaey, C., Metreau, E. y Eapen, S. G. (1 de julio de 2022). *New World Bank country classifications by income level: 2022-2023*. World Bank Blogs: <https://blogs.worldbank.org/opendata/new-world-bank-country-classifications-income-level-2022-2023>
- Hamel, L., Lopes, L., Muñana, C. y Brodie, M. (2019). *The Kaiser Family Foundation/Washington Post Climate Change Survey*. <https://www.kff.org/other/report/the-kaiser-family-foundation-washington-post-climate-change-survey/>
- Herrera Ballesteros, V. H. (2010). *La demanda de cigarrillos en Panamá*. Panamá: Centro de Investigación para la epidemia del tabaquismo - CIET. https://untobaccocontrol.org/impldb/wp-content/uploads/reports/panama_annex6_tobacco_demand_survey_2010.pdf
- Herrera Ballesteros, V. H., Moreno Velásquez, I., Gómez, B. y Roa Rodríguez, R. (2017). Impacto del incremento del impuesto a los productos de tabaco sobre la recaudación y los precios en Panamá. *Value in Health Regional Issues*, 14, 57-63. <https://doi.org/10.1016/j.vhri.2017.05.007>
- Hughes, J. E., Knittel, C. R. y Sperling, D. (2008). Evidence of a Shift in the Short-Run Price Elasticity of Gasoline Demand. *The Energy Journal*, 29(1), 113-134. <https://doi.org/10.5547/ISSN0195-6574-EJ-Vol29-No1-9>
- Hungtinton, H. G., Barrios, J. J. y Arora, V. (2019). Review of key international demand elasticities for major industrializing economies. *Energy Policy*, 133. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.110878>
- Instituto Nacional de Estadística y Censo. (2005). Antecedentes. En *Producto Interno Bruto Trimestral a Precios Constantes: Años 1996-2004 y Primer Trimestre del 2005*. <https://www.inec.gob.pa/Archivos/P2581ANTECEDENTE.PDF>
- Instituto Nacional de Estadística y Censo. (1 de junio de 2022). *Algunas características de la división política administrativa en la República, según provincia, comarca indígena y distrito: Año 2020*. <https://www.inec.gob.pa/archivos/P0579518620220531115126/Algunas%20caracter%C3%ADsticas%20de%20la%20divisi%C3%B3n%20pol%C3%A9tica%20administrativa-Cartografia.pdf>
- Khavarian-Garmsir, A. R., Ayyoob Sharifi, M. H. y Moradi, Z. (2023). From Garden City to 15-Minute City: A Historical Perspective and Critical Assessment. *Land*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/land12020512>
- Lim, K.-M. y Yoo, S.-H. (2016). Short-run and long-run elasticities of gasoline demand: The case of Korea. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 11(5), 391-395. <https://doi.org/10.1080/15567249.2011.637544>

- Martínez-Espiñeira, R. y Nauges, C. (2004). Is all domestic water consumption sensitive to price control? *Applied Economics*, 36(15), 1697-1703. <https://doi.org/10.1080/0003684042000218570>
- Metro de Panamá. (s.f.). *Línea 3 del Metro de Panamá*. <https://www.elmetrodepanama.com/linea-3/>
- Newey, W. K. y West, K. D. (1987). A Simple, Positive Semi-Definite, Heteroskedasticity and Autocorrelation Consistent Covariance Matrix. *Econometrica*, 55(3), 703-708. <https://doi.org/10.2307/1913610>
- Perron, P. (1989). The Great Crash, the Oil Price Shock, and the Unit Root Hypothesis. *Econometrica*, 57(6), 1361-1401. <https://doi.org/10.2307/1913712>
- Preston, S. H., Heuveline, P. y Guillot, M. (2001). *Demography. Measuring and Modeling Population Processes*. Victoria: Blackwell Publishing.
- Ramanathan, R. (2002). *Introductory Econometrics with Applications*. Ohio: South-Western/Thomson Learning.
- Rivera, L. (23 de febrero de 2022). *Metro de Panamá. Línea 3, a un año de la orden de proceder*. <https://www.elmetrodepanama.com/linea-3-a-un-ano-de-la-orden-de-proceder/>
- Sadinle, M. (febrero de 2008). *Metodología para interpolar tamaños poblacionales. Documentos de CERAC. N° 7*. http://www.cerac.org.co/assets/pdf/Other%20publications/CERAC_WP_7.pdf
- Secretaría Nacional de Energía (2016). *Plan Energético Nacional 2015-2050. Escenarios*. Panamá. https://www.energia.gob.pa/wp-content/uploads/2020/08/Plan-Energético-Nacional-2015-2050-1_compressed-1.pdf
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. (2018). *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision, custom data acquired via website*. <https://population.un.org/wup/DataQuery/>
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. (2022). *World Population Prospects: The 2022 Revision. custom data acquired via website*. <https://population.un.org/wpp/>
- World Bank Group. (2021). *Commodity Markets Outlook. Special focus. Urbanization and commodity demand*. Washington, D.C.: World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/36350>

Wu, T., Zhao, H. y Ou, X. (2014). Vehicle Ownership Analysis Based on GDP per Capita in China: 1963–2050. *Sustainability*, 6(8), 4877-4899. <https://doi.org/10.3390/su6084877>

Bancarización de la población universitaria del distrito de Chitré, Herrera, Panamá, 2018-2019

Banking of the university population of the district of Chitré, Herrera, Panama, 2018-2019

María E. Pedreschi M.¹, Adys Pereira de Herrera²

¹Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero, Facultad de Economía, Panamá; maria.pedreschi@up.ac.pa; <https://orcid.org/0000-0002-1729-8726>

²Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero, Facultad de Economía, Panamá; adys.deherrera@up.ac.pa; <https://orcid.org/0000-0003-2946-651X>

Fecha de recepción: 16 de septiembre de 2023

Fecha de aceptación: 1 de noviembre de 2023

DOI <https://doi.org/10.48204/j.vian.v7n2.a4561>

Resumen: Los bancos son instituciones vitales para el funcionamiento de la economía moderna, permitiendo a empresas y personas el acceso a recursos y servicios financieros para la consecución de sus fines de inversión y consumo, propiciando el desarrollo macroeconómico y la disminución de la pobreza de los países. La bancarización se ha convertido en la principal herramienta de inclusión financiera, promovida por los estados y organismos internacionales. En el 2018 y 2019 se realizó una investigación descriptiva-transversal con el objetivo de medir algunas variables relacionadas con la bancarización de la población universitaria en el distrito de Chitré, desde el enfoque de demanda y con ello, describir sus principales características. La muestra fue estratificada contemplando tres universidades de mayor matrícula. Se observó que los niveles de bancarización se diferencian entre los estratos, pues en los profesores y administrativos estos son mayores (97.1%) que el de los estudiantes (60.0%). Los universitarios se bancarizan tanto a través del ahorro como del crédito (81% y 16%, respectivamente), poseen más de una cuenta de ahorro, en más de un banco, sobre todo para realizar transacciones de pagos. Los profesores y administrativos manejan en promedio 2.3 créditos y los estudiantes, 1.4. En la actualidad, se espera que los indicadores de bancarización sean mayores, tanto por la dinámica de avance de la tecnología financiera, como por los impactos positivos de la pandemia de Covid-19 mostrados por el aumento de la tenencia de cuentas de ahorro y su uso electrónico para realizar transacciones. Se concluye que la población universitaria puede ser vista como un nicho de mercado importante, sustentando el diseño de productos y servicios y programas de educación financiera focalizados a este segmento de la población general.

Palabras clave: bancarización, población universitaria, inclusión financiera, ahorro, crédito.

Abstract: Banks are vital institutions for the functioning of modern economy, allowing companies and people access to financial resources and services to achieve their investment and consumption purposes, promoting macroeconomic development and reducing poverty in countries. Banking has become the main tool for financial inclusion, promoted by states and international organizations. In 2018 and 2019, descriptive-cross-sectional research was carried out with the objective of measuring some variables related to the banking use of the university population in the District of Chitré, from the demand approach and, thereby, describing its

main characteristics. The sample was stratified considering the three universities with the highest enrollment. It was observed that the levels of banking use differ between the strata since the levels for teachers and administrators are higher (97.1%) than for students (60.0%). University students bank both through savings and credit (81% and 16%, respectively), they have more than one savings account, in more than one bank, especially to carry out payment transactions. Professors and administrators handle an average of 2.3 credits and students, 1.4. Currently, it is expected that banking penetration indicators will be higher, both due to the dynamics of the advancement of financial technology and due to the positive impacts of the Covid-19 pandemic shown by the increase in the holding of savings accounts and their electronic use to carry out transactions. It is concluded that the university population can be seen as an important market niche, supporting the design of products and services and financial education programs focused on this segment of the general population.

Key words: banking, university population, financial inclusion, saving, credit.

1. Introducción

La inclusión financiera es un proceso mediante el cual las personas y empresas acceden a “diversos productos y servicios financieros útiles y asequibles que atienden sus necesidades —transacciones, pagos, ahorro, crédito y seguros— y que se prestan de manera responsable y sostenible” (Banco Mundial, s.f.), podemos afirmar que la bancarización es una forma particular de este proceso, ya que, la Real Academia Española (s.f.), define de manera muy amplia a la bancarización como “hacer que alguien o algo, como un grupo o un país, desarrolle o resuelva las actividades económicas a través de la banca”(s.p.).

Ambos procesos son fundamentales para la economía y el desarrollo socioeconómico de un país pues “el mayor acceso a este tipo de servicios es un multiplicador del crecimiento económico y el bienestar social, por cuanto posibilita oportunidades para el emprendimiento y superar los niveles de pobreza, entre otros beneficios” (Ministerio de Economía y Finanzas de Panamá, 2019, p.10).

Generalmente, los estudios de bancarización se realizan bajo dos grandes enfoques: oferta o demanda. Desde la perspectiva de la oferta, principalmente, se analizan los productos y servicios ofrecidos, los segmentos de mercados atendidos, la cobertura y profundización de estos servicios en una determinada área geográfica o país, entre otros. Si bien, bajo este enfoque el ámbito de estudio podría ser microeconómico, generalmente, su análisis se vincula con aspectos macroeconómicos.

Bajo la perspectiva macroeconómica, la bancarización es considerada como un factor que contribuye al incremento del ingreso, a la reducción de la pobreza y a la generación de

crecimiento económico. De aquí que los países la consideran como parte de las agendas de gobierno para fomentar los procesos de inclusión social (Superintendencia de Bancos de Panamá, 2015).

Los efectos macroeconómicos positivos de la inclusión financiera y su relación con el desarrollo económico han sido, ampliamente, estudiados. Al respecto, trabajos como el de Morduch (1995) y Gwartney (2006), citados por Superintendencia de Bancos (2015), señalan la importancia de la utilización efectiva de productos financieros (activos y pasivos) como un medio para suavizar los cambios bruscos del ingreso y los ciclos de consumo de los hogares, permitiendo la acumulación de capital y mayores niveles de bienestar. Del lado pasivo, el crédito como una herramienta de los hogares, se constituye en un canal mediante el cual se transfieren recursos de ahorro interno y externo hacia proyectos de inversión eficientes.

Cecchetti (2006), citado por Superintendencia de Bancos 2015, hace énfasis en los efectos del desarrollo del sistema financiero sobre el entorno macroeconómico, en especial, la importancia que tiene el acceso al mercado de crédito sobre el comportamiento de los agregados económicos; en tanto que, Chibba (2009) y Beck et. al, (2007), citados por Superintendencia de Bancos 2015, analizan los efectos de la inclusión y el desarrollo financiero sobre indicadores de desigualdad y pobreza.

Desde la perspectiva de la demanda, enfoque utilizado es este trabajo, los estudios de bancarización se dirigen, principalmente, al ámbito microeconómico. Desde esta perspectiva interesa conocer la toma de decisiones de los sujetos que utilizan los productos y servicios bancarios, es decir, cuáles son las características socioeconómicas, culturales, actitudinales, de acceso y de políticas públicas, que rodean al individuo y que explica la decisión sobre el uso de estos productos o servicios.

De estas características o factores que determinan la demanda, algunas son externas o ajenas al control del individuo que se corresponden con el estado de la oferta como puede ser el acceso a los servicios o productos financieros, marcado por la presencia o no de instituciones bancarias, servicios ofrecidos, acceso a internet, o las políticas públicas que promuevan la bancarización, como los sistemas de pagos del sector público y la

transferencia de recursos o subsidios a través de la banca. Otras, por el contrario, son determinantes de la relación entre el individuo y la banca como puede ser las características, estrictamente, económicas y financieras relacionadas con el monto de ingresos recibidos, distribución de los ingresos en consumo o ahorros, actividad económica realizada, niveles de endeudamiento, entre otras. Algunos estudios por el lado de la demanda, como el de Beck y De la Torre (2006) citados por Martínez et al. (2013) señalan que,

el precio y el ingreso son los determinantes económicos más destacados para la demanda de servicios de pago y de ahorro. El desarrollo económico y el incremento asociado en el ingreso per cápita, aumenta la necesidad de servicios más sofisticados. Sin embargo, la demanda no está incentivada únicamente por factores económicos, sino también socioculturales... (p.3)

Entre los factores socioculturales, que son características muy propias del individuo y que marcan la decisión del uso o no de los productos o servicios financieros están las educativas, culturales y, principalmente, las actitudinales. Este grupo de características tienen que ver, por ejemplo, con los conocimientos económicos y financieros que posee el individuo, con su conocimiento y actitud ante el uso de las TIC, de los servicios o productos (activos y pasivos) bancarios y el de la aversión al riesgo, entre otros.

La Superintendencia de Bancos (2015), a partir de un estudio de CAF 2010, plantea cuatro barreras principales que, para Panamá, explican la exclusión de los individuos del sistema financiero: “el no tener un trabajo, la no tenencia de dinero, el no cumplimiento de requisitos para tener una cuenta bancaria y la no confianza en las instituciones financieras” (p.18). Estas barreras aunadas a otros elementos como el acceso a la tecnología, la educación financiera, entre otros, determinan la demanda de los individuos por servicios financieros.

Cuando nos referimos a las vías por medio de las cuales las personas se bancarizan cabe destacar que la, mayormente, usada es la tenencia de una cuenta de ahorro, ya que, tal como señalan Lozano y Sanabria (2020), la cuenta de ahorro es el producto que, mayormente, facilita la inclusión financiera entre las personas. La facilidad en obtenerlo y

su uso versátil (como medio de ahorro y forma de pago) son factores que pudieran incidir en su demanda (Allen, et al.,2016).

En contraste con lo anterior, vemos que la vía del crédito es, menormente, usada para posibilitar la bancarización, ya que, influyen limitaciones respecto a la demanda como las bajas capacidades financieras de los usuarios y la ausencia de productos que se adecuen a las necesidades de los grupos poblacionales (De Olloqui, et al., 2015).

Un factor muy vinculado con el avance de la bancarización es el impulso que han tomado las Fintech, sobre todo “la posibilidad de realizar transacciones a través de la utilización de algún tipo de dispositivo portátil” (Moreira, 2021), lo cual es, marcadamente, mayor entre los jóvenes universitarios y que, en la actualidad, representa un gran desafío para los diseñadores de productos bancarios que tomen en cuenta a esta población en particular.

Desde el enfoque de demanda, entre el 2018 y 2019, se desarrolló una investigación bajo el título “Niveles de bancarización de la población que estudia y labora en universidades del distrito de Chitré”, que midió variables relevantes relacionadas con la bancarización de esta población, tales como el ahorro, el crédito y uso de tecnología financiera, tanto en sus dimensiones de conocimiento, acceso y uso de los productos y servicios bancarios.

El objetivo de este artículo es presentar y discutir los resultados más relevantes del estudio de bancarización relacionados con el tratamiento de las variables relativas al ahorro y al crédito. Las variables que describen el conocimiento, acceso y uso de la tecnología financiera, así como los factores que favorecen u obstaculizan estas variables, han sido expuestas en otro artículo (Pereira de Herrera y Pedreschi, 2022)¹⁸

¹ Artículo “Acceso y uso de medios tecnológicos bancarios: factor relevante en la bancarización de la población universitaria del distrito de Chitré, Herrera, Panamá, 2018-2019”, publicado en la Revista Colegiada de Ciencias.

2. Metodología

Tipo de estudio

El estudio fue de tipo descriptivo, con cuantificación de las más relevantes variables relacionadas con la demanda de servicios bancarios y que permitieron caracterizar el proceso de bancarización de la población estudiada. Se realizó un corte transversal, dándose mediciones de las variables durante los meses de octubre – noviembre de 2018 y enero de 2019, período que se ajustó a las posibilidades de aplicación efectiva del instrumento de medición utilizado.

Población estudiada

La población estudiada estuvo constituida por los profesores y administrativos que laboraban y los estudiantes que cursaban el último año de carrera, en las tres universidades de la ciudad de Chitré, con mayor tamaño en su matrícula general y planta docente, durante el segundo semestre del año 2018. La selección del último año de la carrera como población representativa del estrato estudiantil, obedeció a las mayores posibilidades de bancarización de este grupo. Las universidades investigadas, a las cuales se les consideró como conglomerados de unidades de estudio, fueron: Universidad de Panamá, Universidad Latina y Universidad Santa María La Antigua. Se trabajó con una población total de 1,201 personas, distribuidas en 661 estudiantes y 540 profesores y administrativos, tal como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1

Población de las universidades del distrito de Chitré seleccionadas para el estudio de nivel de bancarización de la población universitaria 2018-2019

Universidad	Profesores y administrativos	Estudiantes del último año de carrera
Universidad de Panamá, CRUA	386	534
Universidad Latina de Panamá	120	97
Universidad Santa María La Antigua (USMA)	34	30
Total	540	661

Muestreo y selección general de la muestra

Atendiendo a la naturaleza de la población estudiada, que no es homogénea por cuanto se pueden observar, en cada universidad, dos segmentos que presentan valores diferenciados en las variables estudiadas a saber, el de profesores-administrativos y el de estudiantes, se utilizó un diseño de muestra estratificada aleatoria y por conglomerado.

La selección de la muestra se realizó de manera aleatoria simple en cada estrato y en cada universidad en atención a que las unidades estadísticas no estaban dispersas y se tenía accesibilidad a las mismas.

Tamaño de la muestra

Para determinar el tamaño de la muestra se aplicó la fórmula del muestreo aleatorio estratificado, utilizando la proporción como principal medida a estudiar (Scheaffer et al., 2007). La fórmula usada fue la siguiente:

$$n = \frac{\sum (N_i^2 p_i q_i) / w_i}{N^2(e^2/4) + \sum N_i p_i q_i}$$

Donde:

n= tamaño de la muestra

N= tamaño total de la población

N_i= tamaño del estrato i

p_i= proporción de unidades estadísticas con la característica estudiada

q_i= proporción de unidades estadísticas sin la característica estudiada

e_i= límite del error de estimación

w_i= proporción en cada estrato del total de la población

Con un margen de error del 6% y una proporción conservadora (p) de 0.5, se determinó un tamaño de muestra de 227 personas de las cuales, 125 conformaron el estrato de estudiantes y 102, el estrato de profesores-administrativos (75 y 27, respectivamente).

Distribución y selección de la muestra según estrato y conglomerado

A cada conglomerado (universidad) se le asignó un tamaño de muestra de manera proporcional al tamaño de su población y la muestra por estratos, también se distribuyó, proporcionalmente.

En cada universidad el encuestado fue seleccionado de manera diferenciada, en relación con su estrato. En el estrato de los profesores y administrativos la selección fue de forma aleatoria simple tomando como marco los listados suministrados por las autoridades académicas de cada universidad. Para constituir la muestra de estudiantes, primeramente, se seleccionó a los grupos de estudiantes por carrera y aula y, seguidamente, dentro de cada grupo se solicitó la colaboración a un número establecido de estudiantes (según se había determinado en el tamaño de la muestra).

Elaboración y aplicación del instrumento de medición

Con el objetivo de medir las variables de interés, se aplicó una encuesta, altamente, estructurada con preguntas, principalmente, cerradas que midieron: conocimiento, acceso y uso de los productos y servicios bancarios, así como con el acceso y uso de las tecnologías relacionadas con la banca. Para comprobar su validez, se consultó con expertos y se aplicó la encuesta a un grupo piloto introduciéndose ajustes para mejorar su calidad.

La aplicación del instrumento en el estrato de estudiantes se realizó entre los meses de octubre y noviembre de 2018, cuando ya se tenía el número exacto de matriculados en el segundo semestre. En el estrato de profesores y administrativos, la aplicación se extendió hasta el mes de enero de 2019, sin necesidad de cambios en el marco muestral inicial.

En el estrato de profesores y administrativos la encuesta fue aplicada de forma autoadministrada, por correo electrónico o de manera física. Los estudiantes respondieron la encuesta de persona-persona al ser visitados en sus salones de clases. Previo a su llenado se requirió el consentimiento oral del encuestado.

Captura y procesamiento de la información

El proceso de captura de la información se llevó a cabo con la ayuda de dos estudiantes de la Facultad de Economía, creándose una base de datos en Excel. La base de

datos fue procesada y analizada por las investigadoras utilizando, principalmente, estadísticas descriptivas.

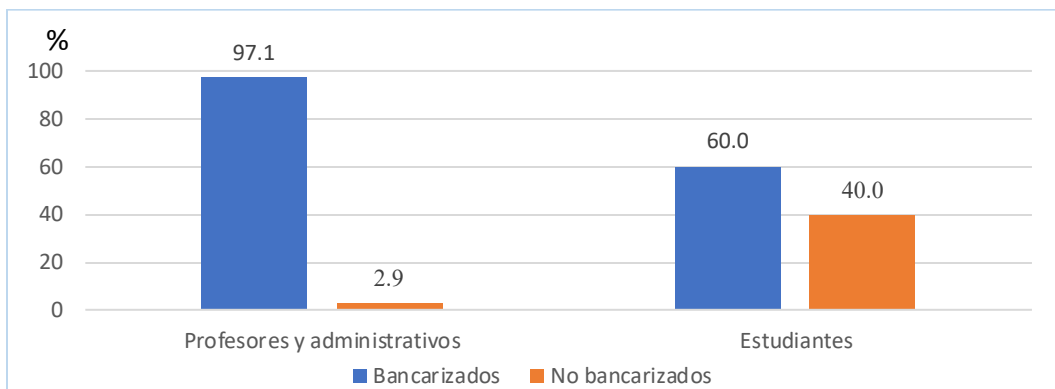
3. Resultados

Nivel y vías de bancarización de la población estudiada

Con el propósito de realizar una medición aproximada del nivel de bancarización de la población estudiada, se indagó sobre la tenencia y uso de, al menos uno, de los productos bancarios más importantes relacionados con el ahorro o con el crédito. Un resultado relevante es que el segmento de profesores y administrativos presentó niveles mucho mayores de bancarización (97.1%) que el de los estudiantes (60.0%) (figura 1).

Figura 1

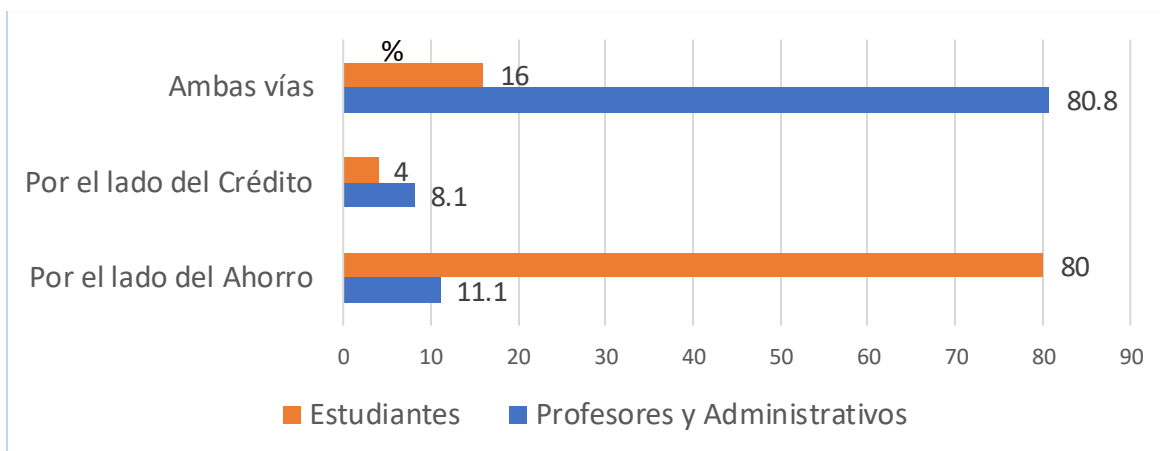
Nivel de bancarización de la población universitaria del distrito de Chitré, Herrera, Panamá, 2018-2019



Al analizar las vías por medio de las cuales esta población se ha bancarizado (figura 2), se observa que, para el segmento de los estudiantes, la vía más importante ha sido por el lado del ahorro, o sea, solamente por la tenencia y uso de una cuenta de depósito (80.0%), en cambio los profesores y administrativos están bancarizados por ambas vías (80.8%), poseyendo uno o más productos de ahorro y de crédito.

Figura 2

Vías de bancarización de la población universitaria del distrito de Chitré, Herrera, Panamá, 2018-2019



Indicadores de bancarización por la vía del ahorro

En la investigación realizada con la población universitaria de Chitré se midieron una serie de variables relacionadas con el ahorro, que nos describen este proceso y que son presentadas en la tabla 2.

Se evidencia que un significativo porcentaje de profesores y administrativos (96.1%) tiene, al menos, una cuenta de ahorros, mientras que solo un 60.0% de los estudiantes la posee.

Es importante analizar la tenencia de las cuentas en términos del porcentaje de la población estudiada que alguna vez tuvo una cuenta de depósito, pero que en la actualidad no la mantiene activa; así vemos que entre los profesores y administrativos este porcentaje es menor (1.9%) al de los estudiantes (18.7%). En el segmento de estudiantes la razón marcada como la más seleccionada fue que no la utilizaba (59.4%).

Tabla 2

Indicadores de bancarización relacionados con el ahorro, de la población universitaria del distrito de Chitré, Herrera, Panamá, 2018-2019

Indicadores	Profesores y Administrativos		Estudiantes	
	Frecuencia ^a	Porcentaje (%)	Frecuencia ^a	Porcentaje (%)
Tenencia de cuentas de depósito				
Tiene cuentas de ahorro	98	96.1	75	60.0
Tuvo cuentas de ahorro y ahora no	2	1.9	23	18.7
Nunca tuvo cuentas de ahorro	1	1.0	25	20.3
No contestó				
Número de cuentas que maneja				
Una	19	19.4	51	68.0
Dos	34	34.7	17	22.7
Tres	25	25.5	3	4.0
Más de tres	20	20.4	4	5.3
Cantidad de bancos en los que tienen cuentas de depósito				
Un banco	29	30.2	51	68.0
Dos bancos	33	34.4	17	22.7
Tres bancos	24	25.0	3	4.0
Cuatro bancos	10	10.4	4	5.3

a) Las frecuencias en los indicadores de tenencia de cuentas de depósito y cantidad de bancos en los que se tienen dichas cuentas, no coincide con el total de la muestra encuesta, ya que no se incluye los que no respondieron.

Una variable relevante para estudiar la bancarización es el número de cuentas que maneja la persona. En este sentido también se observa una diferencia marcada entre los segmentos porque el estudiante maneja, mayormente, entre una y dos cuentas de depósito (90.7%), en tanto, que los profesores y administrativos, mayormente (60.2%) poseen entre dos y tres cuentas. Los profesores y administrativos encuestados poseen sus cuentas de depósito en uno o dos bancos (30.2% y 34.4% respectivamente), mientras que los estudiantes lo hacen en su gran mayoría (68%) en un banco.

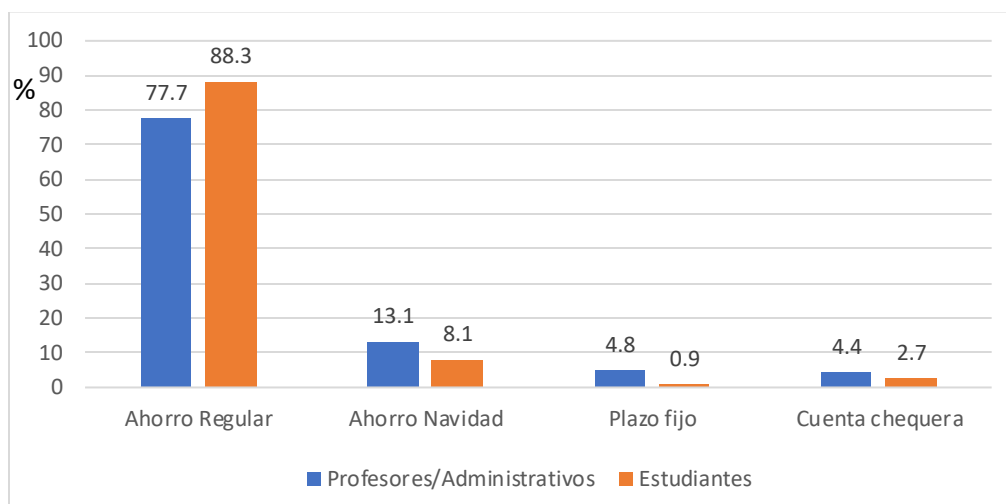
La población estudiada tiene más vínculo con los bancos oficiales como el Banco Nacional de Panamá (cerca del 30% en ambos estratos) y la Caja de Ahorros (el 15% entre

profesores y administrativos y el 20.8%, entre estudiantes). De los bancos privados más utilizados se encuentra el Banco General.

Los tipos de cuentas de depósito que manejan los sujetos investigados son las que, tradicionalmente, ofrecen los bancos panameños (figura 3).

Figura 3

Tipos de cuentas de depósito que posee la población universitaria del distrito de Chitré, Herrera, Panamá, 2018-2019

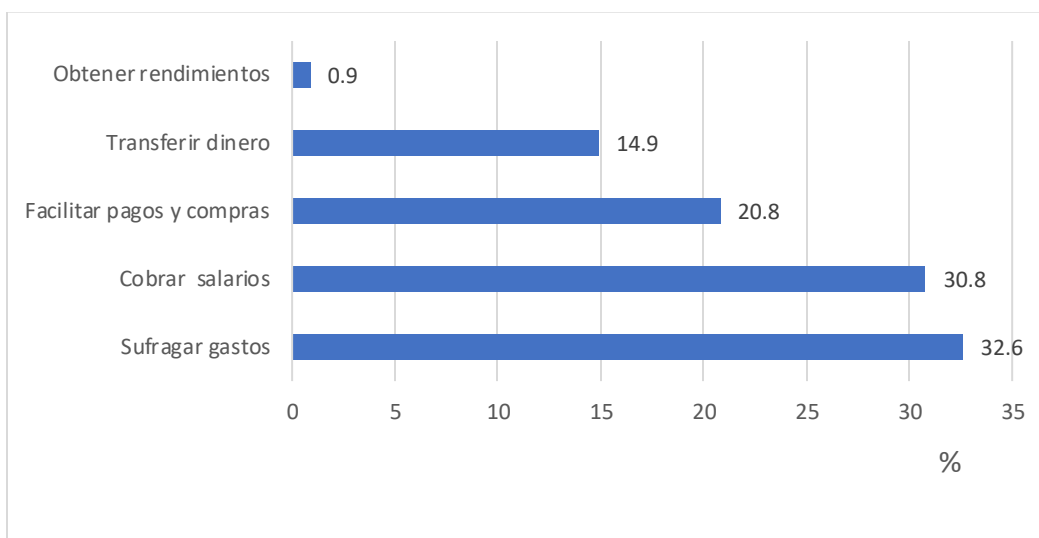


El tipo de cuenta preferida por esta población la constituye la cuenta de ahorro regular, con una diferencia entre los estratos (77.7% entre profesores y administrativos y 88.3% entre los estudiantes).

Al analizar las razones para abrir cuentas de depósito, se diferenciaron las respuestas atendiendo al segmento estudiado. Así tenemos que, entre los profesores y administrativos (figura 4) las razones más importantes son: facilitar cobro de salarios (30.8%), contar con dinero para gastos futuros (32.6%), 20.8% para facilitar pago y compras con tarjetas débito y un 14.9% para facilitar transferencia de dinero. Es importante señalar que un muy reducido porcentaje (0.9%) abre las cuentas con el propósito de inversión.

Figura 4

Razones para abrir cuentas de depósito por parte de profesores y administrativos del distrito de Chitré, Herrera, Panamá, 2018-2019



En tanto que, entre los estudiantes las razones fueron: facilitar cobro de becas (14.2%), recepción de dinero de parte de los familiares (18.1%), contar con dinero para gastos futuros (39.4%) y un 28.3% para facilitar pago y compras con tarjetas débito.

Al analizar un indicador importante que se relaciona con la bancarización que muestra la frecuencia de uso de las cuentas de depósito, vemos que existe una marcada diferencia entre los segmentos estudiados, ya que, mientras en el segmento de los profesores y administrativos un 80.8% indicó que había retirado de su cuenta en los últimos 15 días, en los estudiantes este porcentaje solo fue 29.3%.

Otra variable que se usa al estudiar los aspectos cualitativos vinculados con la bancarización es la forma cómo las personas toman la decisión de, en qué banco abrir sus cuentas de depósito. A las personas encuestadas se les interrogó si al abrir cuentas realizaban una comparación entre los bancos tomando en consideración las condiciones y requisitos solicitados. Cabe señalar que el encuestado podía seleccionar más de una opción de comparación, y el análisis porcentual se realizó sobre la base del total de los encuestados en cada estrato. No se encontró diferencia significativa entre los estratos puesto que,

realizaron dicha comparación el 57.6% de profesores y administrativos y el 56.0% de los estudiantes. Entre los que analizaron las condiciones ofrecidas vemos que, un 54.5% de los profesores y administrativos y un 66.7% entre los estudiantes lo hizo acudiendo, directamente, a las sucursales; mientras que, por referencias de personas lo hicieron el 36.8% y 45.2%, respectivamente. Es importante resaltar que los estudiantes hacen mayor uso de las páginas web de los bancos (31%) que los profesores y administrativos (17.5%)

Indicadores de bancarización por la vía del crédito

Una de las vías más importantes que permiten a las personas tener acceso y beneficiarse de los productos y servicios que brindan los bancos es el crédito. En la población estudiada se presentan diferencias significativas en cuanto al uso y composición de estos productos financieros, explicadas por la condición laboral, los ingresos y la capacidad de asumir los mismos.

En la tabla 3 se observa que mientras que el 96.1% de los profesores y administrativos usa o ha usado algún producto crediticio, solo el 16.0% de los estudiantes se ha bancarizado por esta vía.

Del total de encuestados que tienen créditos activos, se calculó que entre los profesores y administrativos el número promedio de créditos por persona era de 2.3 y entre los estudiantes 1.4.

Un aspecto que muestra el grado de inclusión financiera a través del uso del crédito bancario es la comparación con otras fuentes de financiamiento. En ambos segmentos, los bancos tienen mayor importancia como fuente de financiamiento (50.9% en los profesores y administrativos y 72.7% en los estudiantes). En el segmento de profesores y administrativos se observa el uso de otras fuentes formales de financiamiento que tienen una importancia en la región tales como las cooperativas (37.6%) y las financieras (11.5%). Estos resultados son congruentes con el hecho de que los encuestados podían seleccionar más de una fuente de financiamiento.

Tabla 3

Indicadores de bancarización relacionados con el crédito formal, de la población universitaria del distrito de Chitré, Herrera, Panamá, 2018-2019

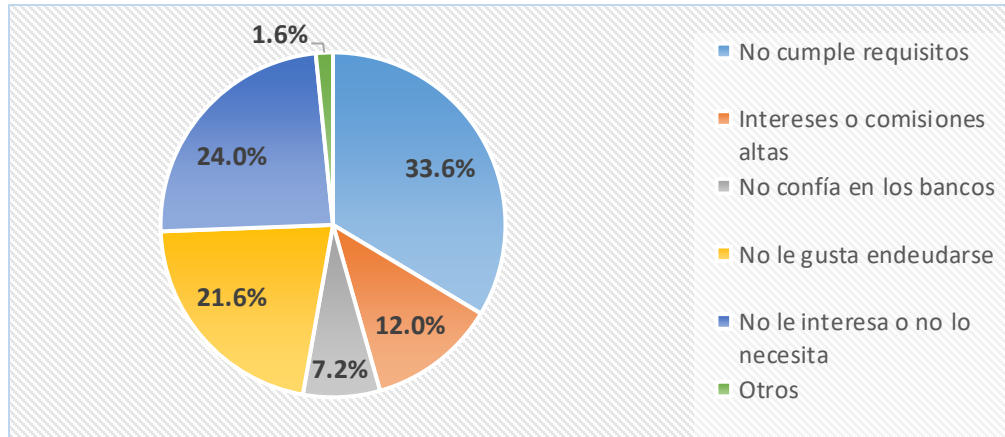
	Profesores y Administrativos		Estudiantes	
	Frecuencia	Porcentaje (%)	Frecuencia	Porcentaje (%)
Uso del crédito formal				
No usa o no ha usado	4	3.9	105	84.0
Usa o ha usado	98	96.1	20	16.0
Uso del crédito por institución				
Banco	88	50.9	16	72.7
Cooperativa	65	37.6	4	18.2
Financieras	20	11.5	2	9.1

Las razones más importantes por las cuales los profesores y administrativos han requerido del crédito se asocian, mayormente, con la atención de emergencias 18.8%, cubrir gastos corrientes 15.7% y compra y mejoras de vivienda 14.5%. En el segmento de estudiantes resaltan el pago de gastos corrientes con 36.8%, la atención de emergencias 24.9% y pago de gastos educativos 16.7%.

El crédito es una vía poco usada por los estudiantes para establecer relaciones financieras con los bancos, algunas de las razones más importantes por las cuales no tienen créditos formales (figura 5) son: no cumple con los requisitos (33.6%), no le interesa o no lo necesita (24.0%) y que no le gusta endeudarse (21.6%).

Figura 5

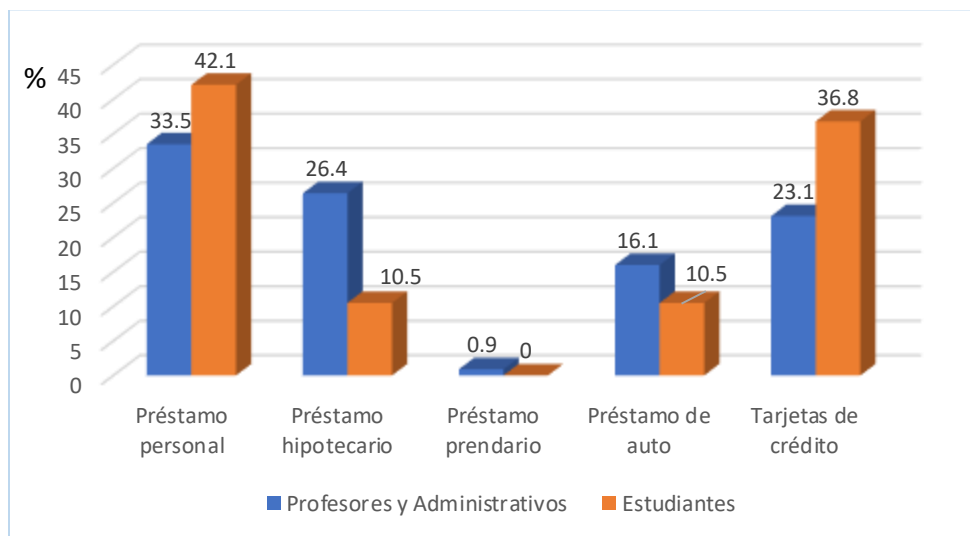
Razones por las cuales los estudiantes no tienen créditos formales del distrito de Chitré, Herrera, Panamá, 2018-2019.



Al indagar sobre los tipos de créditos activos (figura 6) en posesión de esta población, se tiene que el crédito personal (33.5%), el hipotecario (26.4%) y las tarjetas de crédito (23.1%) son los más usados entre los profesores y administrativos, en tanto que, entre los estudiantes es el crédito personal (42.1%) y la tarjeta de crédito (36.8%).

Figura 6

Tipos de créditos activos de la población universitaria del distrito de Chitré, Herrera, Panamá, 2018-2019.



4. Discusión

Los niveles de bancarización en profesores (97%) fueron mucho mayores que en los estudiantes (60.0%), de acuerdo con los resultados del estudio. Entre los factores que determinan este comportamiento se encuentran la percepción y nivel de ingresos, la capacidad de asumir crédito, la educación y cultura financiera, entre otros. En el segmento de estudiantes estos factores condicionan un menor nivel de bancarización, aunado al hecho de que muchos de ellos aún no son, económicamente, independientes de sus familias.

Un resultado relevante del estudio es la importancia del ahorro, o tenencia y uso de una cuenta de depósito como vía de bancarización en la población estudiada, el cual es alto, si lo comparamos con lo reportado para Panamá (Banco Mundial, 2017), donde el 46.5% de la población panameña de 15 años y más de edad declaró tener una cuenta de depósito, subiendo este porcentaje a 49.3% si se toma el segmento de población con educación secundaria o más. Esta diferencia es mucho mayor si se compara con el 25.4% de personas mayores de 18 años que, en la provincia de Herrera reportaron, en 2015, tener una cuenta de ahorros (Atencio, 2018).

Este comportamiento se explica por el hecho de que entre profesores y administrativos de las universidades estudiadas se utiliza como forma de pago de salarios la acreditación en una cuenta bancaria.

Uno de los aspectos de bancarización analizados, por el lado del ahorro, se refirió a las razones para abrir cuentas de depósito. Es importante destacar que, en ambos segmentos, las cuentas son abiertas más que nada para atender gastos futuros, razón, directamente, vinculada al ahorro (32.6% y 39.4%) y con su beneficio más importante que, según Rhine et al. (2006) citado por Allen et al. (2016), es "... puede facilitar la creación de activos y riqueza que pueden permitir la suavización del consumo en la jubilación o cuando se enfrentan a choques" (p.3). Es necesario destacar que estos porcentajes están por debajo del reportado en 2011, entre los países de ingresos bajos y medios que es de 40% (Allen, 2016).

Para que se hable de una bancarización efectiva es necesario que las personas posean cuentas de depósito activas, esto es, que hagan uso de las mismas con cierta regularidad, como sostiene Allen et al. (2016), medido como frecuencia de retiro de la cuenta y no de depósito, "... nos centramos en las retiradas, ya que estas acciones son iniciadas activamente por los titulares de las cuentas, mientras que los depósitos pueden ser iniciados por otros (por ejemplo, empleadores o gobierno)" (p.9). Al comparar las frecuencias de retiro de las cuentas de depósito de la población estudiada con lo registrado en el estudio de Allen et al. (2016), donde el 58% de los individuos de los países en desarrollo retiran fondos al momento de recibir su pago, vemos que el segmento de profesores y administrativos muestra mayor frecuencia de uso (80.8%), mientras que en el segmento de los estudiantes se reporta una menor frecuencia (29.3%).

Al analizar los resultados de la bancarización de la población estudiada por el lado del crédito, vemos que el porcentaje de profesores y administrativos que tiene préstamos (96.1%) está muy por encima de lo reportado por el Banco Mundial (2017) para Panamá (el 15.53% de las personas de 15 años y más con educación secundaria o más poseen un préstamo), lo cual muestra que este estrato tiene un importante acceso y uso del crédito bancario, suponiendo una fuente relevante de recursos para atender sus necesidades. Para este grupo poblacional que labora en el sector educativo los bancos tienen una amplia y consolidada oferta de productos de crédito. En cambio, el segmento de estudiantes está bastante cercano a este dato (16%), debido, en parte, a que los bancos no tienen productos crediticios ajustados a las condiciones laborales y de ingresos de este grupo, ya que, muchos de ellos no son aún, económicamente, independientes o no son sujetos de crédito, según los bancos.

La tarjeta de crédito es uno de los productos financieros más accesibles para la población en general, el porcentaje de uso entre los profesores y administrativos (23.1%), así como entre los estudiantes (36.8%) está por encima del porcentaje de personas de 15 años o más en América Latina que posee una tarjeta de crédito (19%), según datos del Banco Mundial para el 2017 (Mastercard, 2023).

Transcurridos varios años luego de la medición de las variables de bancarización en la población universitaria del distrito de Chitré y habiendo experimentado significativos cambios en las condiciones económicas y socioculturales producto de la pandemia del Covid-19 y el propio avance de la tecnología, caracterizados por el internet de las cosas y la alta penetración de la telefonía móvil, se han acelerado cambios y tendencias vinculadas con la bancarización, no solo en la población en general, sino, también en la población de 15 años y más de edad con estudios secundarios y más que se relaciona con la población estudiada.

En este orden de ideas, una de las variables que, según los datos arrojados por el Banco Mundial (2021) se ha visto afectada es la tenencia de una cuenta de ahorros, pasando de 49.3% en 2017, a 51.9% en 2021, parte de ello debido a un incremento de los pagos digitales por parte del Estado (Mejía y Saavedra, 2022). En un estudio realizado por Mastercard (2023), se resalta que “los gobiernos nacionales desempeñaron un papel instrumental en la promoción de la inclusión financiera: 15% de los encuestados indicó que accedió a su primera cuenta de ahorro/depósito gracias a la digitalización de la asistencia gubernamental” (s.p.).

Otra razón para este incremento se corresponde con la necesidad de contar con una cuenta para facilitar transacciones en línea tales como transferencias de dinero, pagos de productos y servicios, así como para acceder a las billeteras electrónicas que requieren de una cuenta de ahorros. En tiempos de crisis se manifiesta una marcada preferencia por la liquidez que “... conduce usualmente a un incremento de los depósitos a la vista y productos de ahorro” (Superintendencia de Bancos de Panamá, 2020).

Relacionado con lo anterior vemos que Banco Mundial (2021) también registró un incremento de los pagos digitales en este grupo poblacional en Panamá, así tenemos que, en 2017, el 38.73% de la población de 15 años y más de edad con estudios secundarios y más dijo hacer o recibir pagos digitales, en tanto que este porcentaje pasó a ser de 44.02% en 2021.

Mientras que la bancarización se vio profundizada por la vía del ahorro, vemos que por la vía del crédito hubo un retroceso por cuanto la tenencia de una cuenta de préstamo

pasó de 15.53% en 2017 a 12.98% en 2021 (Banco Mundial, 2021). Una explicación de tal comportamiento la da la Superintendencia de Bancos de Panamá (2020) cuando dice que,

Vale destacar que este menor desempeño responde a condiciones de demanda y son el resultado del entorno macroeconómico que afronta el país debido a la crisis desatada por la pandemia, y no existe una restricción de crédito por parte de los oferentes bancarios. (p.4)

4. Conclusiones

- Con base en los resultados se tiene que el nivel de bancarización de la población universitaria del distrito de Chitré es alto al compararlo con las mediciones hechas para Panamá en los años cercanos al estudio. El acceso y uso, tanto de productos de depósitos como de crédito, se corresponde con los niveles socioeconómicos y de educación financiera de esta población. Como era de esperar, el segmento de profesores y administrativos presentó niveles mucho mayores de bancarización que el de los estudiantes.
- Este alto grado en que la población estudiada se relaciona de manera constante y sostenida con los bancos se refleja en que se tiene más de una cuenta activa en más de un banco y tiene una aceptable frecuencia de uso, sobre todo como una vía para realizar transacciones de pagos. Por el lado del crédito se presentan diferencias significativas en cuanto al uso y composición de los productos financieros de crédito a través de los cuales mantiene relaciones con las instituciones bancarias, explicadas por la condición laboral, los ingresos y la capacidad de asumir los mismos. Se calculó que entre los profesores y administrativos, el promedio de créditos activos por persona era de 2.3 y entre los estudiantes 1.4.
- La población universitaria puede ser vista como nicho de mercado importante para las instituciones bancarias, las cuales podrían diseñar productos de captación y colocación, así como programas de educación y cultura financiera focalizada a este segmento de la población general.

- En la actualidad, se espera que los indicadores de bancarización en esta población sean mayores por cuando, a la dinámica de avance de la tecnología financiera, se suma los impactos positivos de la pandemia de Covid-19 mostrados por el aumento de la tenencia de cuentas de ahorro y su uso de manera electrónica, con el fin de recibir y enviar dinero, así como realizar compras y pagos de bienes y servicios.

Agradecimientos

Nuestro más sincero agradecimiento a los estudiantes, profesores y administrativos de la Universidad de Panamá, Universidad Latina y Universidad Santa María la Antigua de Panamá por la información suministrada, permitiendo la obtención de los resultados y objetivos buscados. Especial agradecimiento a las estudiantes de la Facultad de Economía, Tania López y Damaris Valdés, en la captura de los datos de la encuesta.

Referencias bibliográficas

- Allen, F., Demirguc-Kunt, A., Kapper, L. y Martínez, M. (2016). Los fundamentos de la inclusión financiera: comprender la propiedad y el uso de las cuentas formales. *Revista de Intermediación Financiera*. 27. 1-30. <https://doi.org/10.1016/j.jfi.2015.12.003>
- Atencio, E. (2018). *Depósitos locales de particulares en entidades financieras*. Panamá, Ministerio de Economía y Finanzas. <https://www.mef.gob.pa/wp-content/uploads/2020/12/Depositos-locales-de-particulares-en-entidades-financieras-AGOSTO-2018.pdf>
- Banco Mundial (s.f.). *Inclusión financiera*. <https://www.bancomundial.org/es/topic/financialeinclusion/overview#:~:text=La%20inclusi%C3%B3n%20financiera%20se%20refiere,de%20manera%20responsable%20y%20sostenible>.
- Banco Mundial (2017). *Global Findex*. <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/672ba3e1-5c73-5d2e-aa98-d2143a0dd814/content>
- Banco Mundial (2021). *Global Findex*. <https://www.worldbank.org/en/publication/globalindex/interactive-executive-summary-visualization>

- De Olloqui, F., Andrade G. y Herrera D. (2021). *Inclusión financiera en América Latina y el Caribe: coyuntura actual y desafíos para los próximos años*. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/viewer/Inclusi%C3%B3n-financiera-en-Am%C3%A9rica-Latina-y-el-Caribe-Coyuntura-actual-y-desaf%C3%ADos-para-los-pr%C3%B3ximos-a%C3%B1os.pdf>
- Lozano, F. y Sanabria, R. (2020). *Principales determinantes para lograr una inclusión financiera significativa en Colombia* [tesis de maestría]. Colegio de Estudios Superiores de Administración (CESA), Colombia. https://repository.cesa.edu.co/bitstream/handle/10726/2500/MBA_1098646904_2020_1.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Martínez C., Peña X. y Tuesta D. (2013). *Factores de demanda que influyen en la Inclusión financiera en México: Análisis de las barreras a partir de la ENIF*. https://www.bbvaesearch.com/wp-content/uploads/migrados/WP_1336_tcm346-414876.pdf
- Mastercard. (2023, 12 de junio). *Nuevo estudio de Mastercard revela el impulso de la inclusión financiera en América Latina y destaca las brechas que faltan por cerrar* [Nota de Prensa]. <https://www.mastercard.com/news/latin-america/es/sala-de-prensa/comunicados-de-prensa/>
- Mejía, D. y Saavedra M. (2022). *Inclusión financiera en América Latina: ¿qué tanto hemos avanzado?*. <https://www.caf.com/es/conocimiento/visiones/2022/12/inclusion-financiera-en-america-latina-que-tanto-hemos-avanzado/>
- Ministerio de Economía y Finanzas (2019). Dirección de Análisis Económico y Social. *Propuesta para la estrategia de inclusión financiera en Panamá*. <https://www.mef.gob.pa/wp-content/uploads/2020/12/Propuesta-para-la-Estrategia-de-Inclusion-Financiera-en-Panamá.pdf>
- Moreira, R. (2021). *Inclusión financiera en Panamá: estado actual y estrategias a futuro*. *Investigación y Pensamiento Crítico*, 9 (3), 23–39. <https://doi.org/10.37387/ipc.v9i3.262>
- Pereira de Herrera, A. y Pedreschi, M. (2022). *Acceso y uso de medios tecnológicos bancarios: factor relevante en la bancarización de la población universitaria del distrito de Chitré, Herrera, Panamá, 2018-2019*. *Revista Colegiada de Ciencia*, 3 (2), 19-34. <https://revistas.up.ac.pa/index.php/revcolciencia/article/view/2850>
- Real Academia Española (s.f.). *Diccionario de la lengua española*, 23.^a ed., [versión 23.6 en línea]. <https://dle.rae.es/bancarizar?m=form>. Consultado el 15 de septiembre de 2023.

Scheaffer, R., Mendenhall, W. y Lyman, O. (2007). *Elementos de muestreo*. International Thomson editores Paraninfo S.A. <https://books.google.co.ve/books?id=o50wIT7hce0C&printsec=frontcover&hl#v=onepage&q&f=false>

Superintendencia de Bancos de Panamá (2015). *Informe de bancarización. Septiembre 2015*. https://www.superbancos.gob.pa/documentos/financiera_y_estadistica/estudios/Inf_Bancarizacion15.pdf

Superintendencia de Bancos de Panamá (2020). *Impacto de la pandemia por el COVID-19 en los ahorros del Sistema Bancario Nacional*. https://www.superbancos.gob.pa/documentos/financiera_y_estadistica/estudios/Ahorros.pdf

Triángulos Perfectos

Perfect Triangles

*Alicia M. Delgado de Brandao¹, Yanina del Carmen Rodríguez Reyes²,
Ubaldino Sandoval Moreno³, Temístocles Zeballos Mitre⁴*

¹Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Departamento de Matemática, Panamá; aliciadelgado0719@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-4999-554X>

²Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Departamento de Matemática, Panamá; ryanina06@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-4757-950X>

³Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Departamento de Matemática, Panamá; ubasando@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-2171-9703>

⁴Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Departamento de Matemática, Panamá; temizeballos@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-1557-5769>

Fecha de recepción: 26 de agosto de 2023

Fecha de aceptación: 14 de octubre de 2023

DOI <https://doi.org/10.48204/j.vian.v7n2.a4562>

Resumen: En este artículo, se presenta una breve historia de cómo la relación entre el perímetro y el área de un triángulo lleva a la comunidad matemática a interesarse en ese campo de estudio. Se define el concepto de triángulo racional, se presenta la demostración de la fórmula de Herón, se exhiben las contribuciones de Brahmagupta, Euler, Carmichael relacionadas a la búsqueda de triángulos racionales. Seguidamente, se definen los conceptos de triángulo entero, triángulo pitagórico y se demuestran algunas de sus propiedades. Finalmente, se define el concepto de triángulo perfecto y se presentan los resultados y demostraciones que nos permiten concluir sobre la existencia de los mismos.

Palabras claves: Triángulo entero, triángulo perfecto, fórmula de Herón.

Abstract: This article presents a brief history of how the relationship between the perimeter and the area of a triangle leads the mathematical community to become interested in this field of study. The concept of rational triangle is defined, the demonstration of Heron's formula is presented, and the contributions of Brahmagupta, Euler, and Carmichael related to the search for rational triangles are exhibited. Next, the concepts of an integral triangle and Pythagorean triangle are defined, and some of their properties are demonstrated. Finally, the concept of the perfect triangle is defined, and the results and demonstrations that allow us to conclude about their existence are presented.

Key words: Integral triangle, perfect triangle, Heron's formula.

1. Introducción

A través de los tiempos las propiedades de los triángulos han llamado la atención de una gran cantidad de matemáticos, una de estas propiedades interesantes es la de un triángulo cuyas longitudes de los lados y el área del mismo son números racionales.

La teoría matemática relacionada con los triángulos racionales es muy amplia y enriquecedora, su desarrollo gira en torno a la búsqueda de triángulos con cada vez más parámetros que cumplan determinadas restricciones, ya sea que las longitudes de dichos parámetros sean números racionales, o se exija que sean números enteros; y que, además, las áreas sean enteros o racionales. Teoría que también se generaliza a otras figuras geométricas y en otras dimensiones.

Cuando se restringen los valores de las longitudes de los lados del triángulo y su área a números enteros y, además, se estudia la igualdad de la multiplicidad del área y el perímetro, aparece el concepto de triángulo perfecto. No es sorprendente que los triángulos rectángulos tengan un papel importante en la génesis del estudio de estas propiedades. También es natural preguntarse si existen triángulos no rectángulos con esas características.

2. Metodología

Motivados por los estudios de los matemáticos griegos, los triángulos racionales ocupan un espacio importante en el campo de la investigación matemática. Restringiendo el campo de estudio a los números enteros positivos, aparece el concepto de triángulos enteros y adicionando restricciones se llega al de triángulo perfecto.

Se definen los conceptos de triángulo de Herón, triángulo entero, triángulo pitagórico, triángulo pitagórico primitivo y triángulo perfecto.

Se prueba la fórmula de Herón, se demuestra que todo triángulo entero tiene perímetro par.

Posteriormente, se demuestra que todo triángulo pitagórico es entero y que cualquier triángulo entero isósceles se divide por la altura de la base en dos triángulos pitagóricos congruentes.

Se prueba que sólo existe un triángulo perfecto cuyo perímetro es numéricamente igual al doble de su área.

Para validar los resultados, se presentan ejemplos en los casos más importantes.

3. Historia

Herón de Alejandría (aproximadamente 10 d. C. -75 d.C.) encontró una fórmula extraordinaria para el área de un triángulo en términos del perímetro del triángulo y la longitud de los lados del triángulo; la cual nos lleva a una ecuación diofántica. Brahmagupta (598-670) encuentra una solución paramétrica que le permite generar una familia infinita de triángulos racionales. Euler (1707-1783) encontró el conjunto completo de soluciones paramétricas para triángulos racionales y Carmichael (1879-1967) exhibe una versión paramétrica más eficiente (Dickson, 1971).

Las soluciones paramétricas nos brindan infinitos triángulos racionales de forma sencilla; estos trabajos iniciales sientan las bases para cultivar resultados similares agregando nuevas restricciones al problema original.

Inmerso en esta bella teoría, se encuentra el problema abierto: ¿Existe un triángulo con aristas, medianas y área entera? (Guy, 2003). Varios autores definen “triángulo perfecto” como un triángulo con estos siete parámetros racionales; sin embargo, en este artículo generalizamos la definición de triángulo perfecto dada por R. R. Phelps (1926-2013) en 1955 y exhibimos los resultados obtenidos por W. A. Whitworth (1840-1905), D. Biddle (1885-1940) y N. J. Fine (1916-1994) (Dickson, 1971).

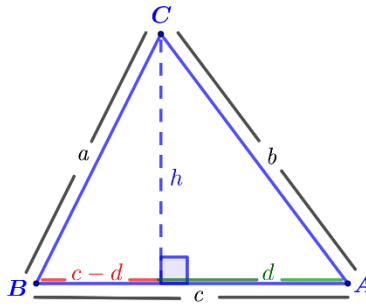
4. Triángulo racional

Definición 1: Un triángulo con lados de longitud racional y área racional se llama triángulo racional o triángulo de Herón (Dickson, 1971).

Propiedad 1: Fórmula de Herón (Caminha, A. 2018)

Si el triángulo ABC tiene lados de longitudes a, b, c y semiperímetro s , entonces el área del ΔABC es $\sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$.

Demostración: Considérese el triángulo de la figura siguiente:



El área del triángulo ABC está dada por $\frac{1}{2}ch$. Por lo tanto, se debe probar que

$$\frac{1}{2}ch = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}; \text{ o lo que es equivalente } c^2h^2 = 4s(s-a)(s-b)(s-c).$$

Por el Teorema de Pitágoras, se tiene que $h^2 + d^2 = b^2$ (1) y $(c-d)^2 + h^2 = a^2$ (2)

De (1) se tiene que $h^2 = b^2 - d^2$ y por lo tanto, $c^2h^2 = c^2(b^2 - d^2) = b^2c^2 - c^2d^2$.

Por consiguiente, se debe probar que $b^2c^2 - c^2d^2 = 4s(s-a)(s-b)(s-c)$.

Del lado derecho de la igualdad anterior se tiene que:

$$\begin{aligned}
 4s(s-a)(s-b)(s-c) &= 2s(s-a)(s-b)(s-c) + 2s(s-a)(s-b)(s-c) \\
 &= [2s(s-a)(s-b)(s-c)] - [-2s(s-a)(s-b)(s-c)] \\
 &= [s(s-a) + (s-b)(s-c)]^2 - [s(s-a) - (s-b)(s-c)]^2 \\
 &= [2s^2 + bc - as - bs - cs]^2 - [cs + bs - as - bc]^2 \\
 &= [2s^2 + bc - s(a+b+c)]^2 - [s(c+b-a) - bc]^2 \\
 &= [2s^2 + bc - s(2s)]^2 - \left[\left(\frac{a+b+c}{2} \right) (c+b-a) - bc \right]^2 \\
 &= [2s^2 + bc - 2s^2]^2 - \left[\frac{1}{2}(b+c+a)(c+b-a) - bc \right]^2 \\
 &= b^2c^2 - \left[\frac{1}{2}((b+c)^2 - a^2) - bc \right]^2 \\
 &= b^2c^2 - \left[\frac{1}{2}(b^2 + 2bc + c^2 - a^2) - bc \right]^2 \\
 &= b^2c^2 - \left[\frac{1}{2}(b^2 + c^2 - a^2) \right]^2 \\
 &= b^2c^2 - \left[\frac{1}{2}(h^2 + d^2 + c^2 - h^2 - (c-d)^2) \right]^2, \text{ por (1) y (2)} \\
 &= b^2c^2 - \left[\frac{1}{2}(d^2 + c^2 - (c-d)^2) \right]^2 \\
 &= b^2c^2 - \left[\frac{1}{2}(d^2 + c^2 - (c^2 - 2cd + d^2)) \right]^2 \\
 &= b^2c^2 - c^2d^2.
 \end{aligned}$$

Quedando demostrada la fórmula de Herón.

Observación 1: En la búsqueda de triángulos racionales se obtiene la ecuación diofántica $A^2 = s(s-a)(s-b)(s-c)$, donde A es el área del triángulo; por lo tanto, encontrar un triángulo racional es equivalente a resolver una ecuación diofántica (Carmichael, 2008).

Propiedad 2: Si $a, b, c \in \mathbb{Q}^+$, entonces $\frac{1}{2}\left(\frac{a^2}{b} + b\right), \frac{1}{2}\left(\frac{a^2}{c} + c\right), \frac{1}{2}\left(\frac{a^2}{b} - b\right) + \frac{1}{2}\left(\frac{a^2}{c} - c\right)$

son las longitudes de los lados de un triángulo oblicuo cuyas alturas y área son racionales,

el cual está formado por la yuxtaposición de dos triángulos rectángulos con cateto común a . Este resultado fue descubierto por Brahmagupta (Dickson, 1971).

Propiedad 3: Si $p, s, q, r \in \mathbb{Q}^+$, entonces $\frac{(ps \pm qr)(pr \mp qs)}{pqrs}$, $\frac{p^2 + q^2}{pq}$, $\frac{r^2 + s^2}{rs}$ son las longitudes de los lados de un triángulo racional y todo par de lados están en razón de dos números de la forma $\frac{\alpha^2 + \beta^2}{\alpha\beta}$. Este resultado fue descubierto por Euler (Dickson, 1971).

Propiedad 4: Si $k, m, n \in \mathbb{Q}^+$, entonces $n(m^2 + k^2)$, $m(n^2 + k^2)$, $(m+n)(mn - k^2)$ son las longitudes de los lados de un triángulo racional. Esta parametrización se debe a Carmichael (Carmichael, 2008).

Propiedad 5: Sean $a, b, c \in \mathbb{Q}^+$ las longitudes de los lados de un triángulo tales que a , b y c no tienen un factor común, entonces tres de los números $s - a$, $s - b$, $s - c$ y s no tienen un factor común; donde $s = \frac{a+b+c}{2}$.

Demostración: Sean $a, b, c \in \mathbb{Q}^+$ las longitudes de los lados de un triángulo tales que a , b y c no tienen un factor común.

Caso 1: Supóngase que s , $s - a$, $s - b$ tienen un factor común $v \in \mathbb{Q}^+$.

Entonces, existen $m_1, m_2, m_3 \in \mathbb{Q}^+$ tales que:

$$s = vm_1$$

$$s - a = vm_2$$

$$s - b = vm_3.$$

Luego,

$$\frac{a+b+c}{2} = vm_1 \Rightarrow a+b+c = 2vm_1 \Rightarrow c = 2vm_1 - a - b. \quad (1)$$

$$s - a = vm_2 \Rightarrow vm_1 - a = vm_2 \Rightarrow vm_1 - vm_2 = a \Rightarrow v(m_1 - m_2) = a. \quad (2)$$

$$s - b = vm_3 \Rightarrow vm_1 - b = vm_3 \Rightarrow vm_1 - vm_3 = b \Rightarrow v(m_1 - m_3) = b. \quad (3)$$

Reemplazando (2) y (3) en (1) se obtiene:

$$\begin{aligned} c &= 2vm_1 - v(m_1 - m_2) - v(m_1 - m_3) \\ &= v(2m_1 - m_1 + m_2 - m_1 + m_3) \\ &= v(m_2 + m_3). \end{aligned}$$

Por lo tanto, a , b y c tienen a v como factor común; lo cual es una contradicción.

Por consiguiente, s , $s-a$, $s-b$ no tienen un factor común.

Igual contradicción se obtiene para los casos en que s , $s-a$, $s-c$ tienen un factor común $v \in \mathfrak{A}^+$ o s , $s-b$, $s-c$ tienen un factor común $v \in \mathfrak{A}^+$

Caso 2: Supóngase que $s-c$, $s-a$, $s-b$ tienen un factor común $v \in \mathfrak{A}^+$.

Entonces, existen $m_1, m_2, m_3 \in \mathfrak{A}^+$ tales que:

$$\begin{aligned} s-c = vm_1 &\Rightarrow \frac{a+b+c}{2} = c + vm_1 \\ &\Rightarrow a+b+c = 2c + 2vm_1 \\ &\Rightarrow a+b = c + 2vm_1 \\ &\Rightarrow a = c - b + 2vm_1 \quad (1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s-a = vm_2 &\Rightarrow \frac{a+b+c}{2} = a + vm_2 \\ &\Rightarrow a+b+c = 2a + 2vm_2 \\ &\Rightarrow b+c = a + 2vm_2 \\ &\Rightarrow a = b+c - 2vm_2 \quad (2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s-b = vm_3 &\Rightarrow \frac{a+b+c}{2} = b + vm_3 \\ &\Rightarrow a+b+c = 2b + 2vm_3 \\ &\Rightarrow a+c = b + 2vm_3 \\ &\Rightarrow a = b-c + 2vm_3 \quad (3) \end{aligned}$$

De (1) y (2) se tiene que:

$$\begin{aligned} c - b + 2vm_1 &= b + c - 2vm_2 \\ 2vm_1 + 2vm_2 &= 2b \\ vm_1 + vm_2 &= b \\ (m_1 + m_2)v &= b \quad (4) \end{aligned}$$

De (2) y (3) se tiene que:

$$b + c - 2vm_2 = b - c + 2vm_3$$

$$2c = 2vm_3 + 2vm_2$$

$$c = vm_3 + vm_2$$

$$c = (m_3 + m_2)v \quad (5)$$

Reemplazando (4) y (5) en (1) se obtiene:

$$a = (m_3 + m_2)v - (m_1 + m_2)v + 2vm_1$$

$$a = (m_3 + m_1)v.$$

Por lo tanto, a , b y c tienen a v como factor común; lo cual es una contradicción.

Así, $s - c$, $s - a$, $s - b$ no tienen un factor común.

Observación 2: Con la restricción de la propiedad anterior, se evita tratar con triángulos que son semejantes a cualquier triángulo primitivo.

5. Triángulo entero

Definición 2: Un triángulo con lados de longitud entera y área entera se llama triángulo entero (Dickson, 1971).

Teorema 1: Si ΔABC es un triángulo entero, entonces ΔABC tiene perímetro par.

Demostración: Sea ΔABC un triángulo con lados de longitud $a, b, c \in \mathbb{Z}^+$ y área A entera.

De la fórmula de Herón se tiene que: $A^2 = s(s-a)(s-b)(s-c)$, donde $s = \frac{a+b+c}{2}$

Luego,

$$A^2 = \frac{a+b+c}{2} \left(\frac{a+b+c}{2} - a \right) \left(\frac{a+b+c}{2} - b \right) \left(\frac{a+b+c}{2} - c \right)$$

$$A^2 = \frac{(a+b+c)}{2} \left(\frac{a+b+c-2a}{2} \right) \left(\frac{a+b+c-2b}{2} \right) \left(\frac{a+b+c-2c}{2} \right)$$

$$16A^2 = (a+b+c)(a+b+c-2a)(a+b+c-2b)(a+b+c-2c)$$

$$2(8A^2) = (a+b+c)(a+b+c-2a)(a+b+c-2b)(a+b+c-2c) \quad (1).$$

Supóngase que el perímetro es un número impar.

Entonces, los cuatro factores en el lado derecho de (1) son números impares y por lo tanto, su producto también es un número impar; lo cual es una contradicción ya que el lado izquierdo es un múltiplo de 2.

Por lo tanto, el perímetro del ΔABC es par.

Definición 3: Un triángulo pitagórico es un triángulo rectángulo con lados de longitud entera. Un triángulo pitagórico donde las longitudes de sus lados son números primos relativos se conoce como triángulo pitagórico primitivo (Ore, 2016).

Propiedad 6: Cualquier triángulo pitagórico es un triángulo entero.

Demostración: Sea ΔABC un triángulo pitagórico.

Se sabe que el área del ΔABC es $\frac{1}{2}ab$, donde a y b son las longitudes de los catetos.

Si ΔABC es un triángulo pitagórico primitivo, entonces $(a,b,c) = (m^2 - n^2, 2mn, m^2 + n^2)$, $m > n$, $m, n \in \phi^+$. Por lo tanto, b es un número par y el área es un número entero.

Si ΔABC es un triángulo pitagórico no primitivo, entonces por lo menos un cateto es par y por lo tanto, el área es un número entero.

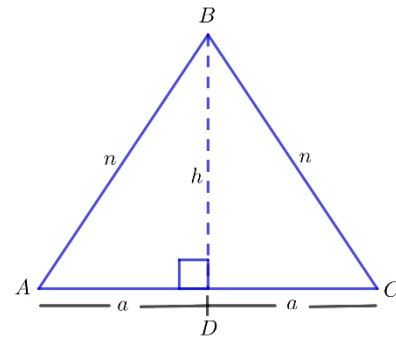
Así, en ambos casos, ΔABC es un triángulo entero.

Propiedad 7: Cualquier triángulo entero isósceles se divide por la altura de la base en dos triángulos pitagóricos congruentes.

Demostración: Sea ΔABC un triángulo entero isósceles. Sea n la longitud de los lados congruentes y h la longitud de la altura de la base.

Como ΔABC es entero, por el Teorema 1, su perímetro es par y, además, por ser isósceles se tiene que la base es un número par, digamos $2a$.

Luego, de la fórmula de Herón se tiene que:



$$\begin{aligned} A^2 &= s(s-2a)(s-n)(s-n) \\ &= (n+a)(n-a)(a)(a) \\ &= (n^2 - a^2)(a^2) \end{aligned}$$

Como A es un número entero, entonces $n^2 - a^2 = h^2$ es un número cuadrado; por lo tanto, h es un número entero.

Así, se tiene que los ΔABD y ΔCBD son triángulos pitagóricos congruentes.

Observación 3: No existen triángulos pitagóricos isósceles.

Propiedad 8: Si los lados de un triángulo entero tienen un factor común k , entonces el área es divisible por k^2 ; es decir, el triángulo reducido por el factor k también es entero.

Demostración: Sin pérdida de generalidad supóngase que k es primo y considérese el triángulo entero cuyas longitudes de los lados son ka, kb, kc .

Luego, de la fórmula de Herón se tiene:

$$\begin{aligned} A &= \sqrt{(ks)([k(s-a)][k(s-b)][k(s-c)])} \\ &= \sqrt{k^4 s(s-a)(s-b)(s-c)} \\ &= k^2 \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)} \end{aligned}$$

Por hipótesis se tiene que k es entero; por lo tanto, k^2 es también entero. Además, se tiene que A es entero; lo cual implica que el producto de la derecha es un número entero, de donde se deduce que es un número entero.

Note que $\sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$ es el área del triángulo reducido por el factor k .

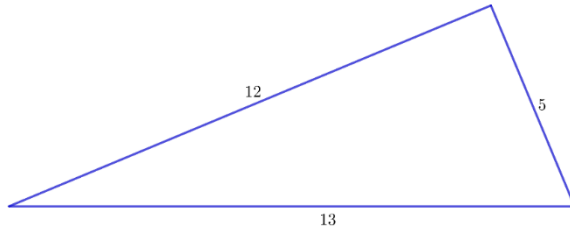
Así, dicho triángulo también es entero.

6. Triángulo perfecto

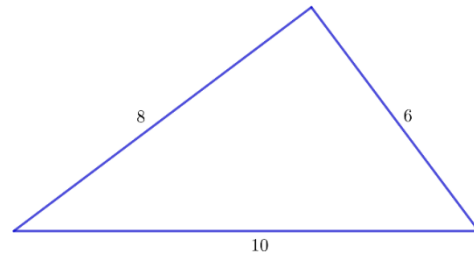
Esta sección se dedica a responder interrogantes como: ¿Existen triángulos enteros cuyo perímetro es numéricamente igual a su área?, ¿Existen triángulos enteros cuyo perímetro es numéricamente igual a un múltiplo de su área?

Definición 4: Un triángulo entero cuyo perímetro es numéricamente un múltiplo de su área es un triángulo perfecto.

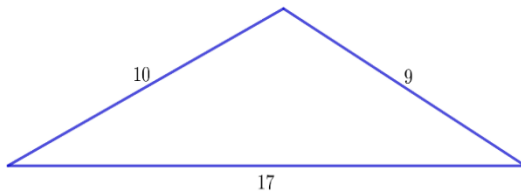
Respondiendo a la primera interrogante, William Allen Whitworth y Annie Dale Biddle probaron, en 1904, que los únicos triángulos perfectos cuyo perímetro es numéricamente igual a su área son los siguientes (Dickson, 1971):



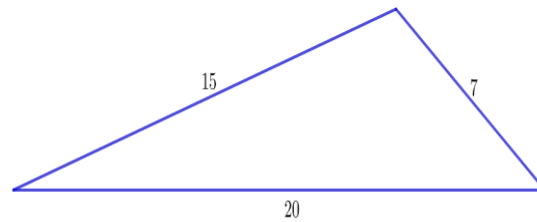
Perímetro = 30
Área = 30



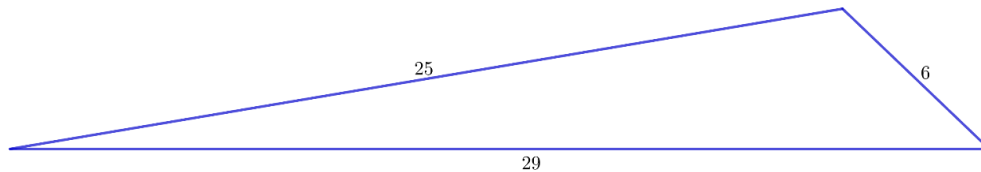
Perímetro = 24
Área = 24



Perímetro = 36
Área = 36



Perímetro = 42
Área = 42



Perímetro = 60
Área = 60

Es natural preguntarse en este momento: ¿Existen triángulos enteros cuyo perímetro es numéricamente igual al doble de su área?

En 1956, Nathan Jacob Fine probó que sólo existe un triángulo perfecto cuyo perímetro es numéricamente igual al doble de su área (Subbarao, 1971).

Propiedad 9: Sólo existe un triángulo perfecto cuyo perímetro es numéricamente igual al doble de su área.

Demostración: Sea (a, b, c) el triángulo perfecto buscado.

Sabemos que $A^2 = s(s-a)(s-b)(s-c)$ y que $2s = P = a+b+c$.

Por hipótesis, $P = 2A$; lo que implica que $2s = 2A$ y por lo tanto, $s = A$.

Luego,

$$\begin{aligned} A^2 &= A(A-a)(A-b)(A-c) \\ A &= (A-a)(A-b)(A-c). \end{aligned}$$

Sean

$$\begin{aligned} x &= A - a \\ y &= A - b \\ z &= A - c \end{aligned}$$

Así, $A = xyz$ (1).

Note que x, y, z son números enteros positivos.

Supóngase, sin pérdida de generalidad, que $z \leq y \leq x$.

Por otro lado,

$$\begin{aligned} x + y + z &= (A - a) + (A - b) + (A - c) \\ &= 3A - (a + b + c) \\ &= 3A - P \\ &= 3A - 2A \\ &= A \end{aligned}$$

Así, $A = x + y + z$ (2).

De (1) y (2) se tiene que $x + y + z = xyz$ (3).

Como $y \leq x$ y $(yz-1)$ es positivo, entonces

$$\begin{aligned} y(yz-1) &\leq x(yz-1) \\ &= xyz - x \\ &= x + y + z - x, \quad \text{por (3)} \\ &= y + z \end{aligned}$$

De donde se obtiene que $y(yz-1) \leq y + z$.

Dado que $z \leq y$, se tiene que $y(yz-1) \leq y + z \leq 2y$.

Lo anterior implica que $yz - 1 \leq 2$ y por lo tanto, $yz \leq 3$ (4).

Como $z \leq y$, entonces $z^2 \leq yz \leq 3$; lo cual implica que $z = 1$ (5).

Reemplazando (5) en (3), se tiene que:

$$\begin{aligned} x + y + 1 &= xy \\ y + 1 &= xy - x \\ y + 1 &= x(y - 1) \end{aligned} \quad (6)$$

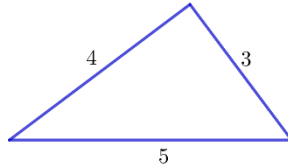
De (4) y (5) se tiene que $y \leq 3$.

Tomando $y = 3$, de (6) se llega a que $4 = 2x \Rightarrow x = 2$; lo cual contradice que $y \leq x$.

Por lo tanto, queda la opción (única) $y = 2$, de (6) se tiene que $x = 3$.

Por consiguiente, $A = 3 + 2 + 1 = 6$ y $a = 3$, $b = 4$, $c = 5$.

Así, queda demostrado que el único triángulo perfecto cuyo perímetro es numéricamente igual al doble de su área es el triángulo (3,4,5)



Perímetro = 12

Área = 6

La pregunta inmediata es: ¿Existen triángulos perfectos que verifiquen algunas de las siguientes relaciones: $P = 3A$, $P = 4A$, $P = 5A$, L ?

No existen triángulos perfectos que verifiquen la relación $P = nA$, para n natural mayor que 2 (Subbarao, 1971).

7. Conclusiones

Con lo desarrollado y demostrado en este artículo, se puede concluir:

- La fórmula de Herón juega un papel fundamental en la solución de los problemas relacionados a los triángulos racionales, enteros y perfectos.

- Todo triángulo pitagórico es un triángulo entero.
- Existen únicamente cinco triángulos perfectos cuyo perímetro es numéricamente igual a su área.
- Sólo existe un triángulo perfecto cuyo perímetro es numéricamente igual al doble de su área, el cual resulta ser pitagórico primitivo.
- Sólo existen tres triángulos perfectos pitagóricos, de los cuales dos son primitivos.

Referencias bibliográficas

Dickson, L. E. (1971). *History of the Theory of Numbers. Volume II*. Chelsea Publishing Company, New York.

Caminha, A. (2018). *An Excursion Through Elementary Mathematics, Volume II- Euclidean Geometry*- Springer Verlag, New York.

Carmichael, R.D. (2008). *Diophantine Analysis (1915)*. Kessinger Publishing, LLC. Montana.

Ore, O. (2016). *Invitation to Number Theory* (2ª ed.). The Mathematical Association of America.

Guy, R. K. (2003). *Unsolved Problems in Number Theory* (3ª ed.). Springer Verlag.

Subbarao, M. V. (1971). Perfect Triangles. *The American Mathematical Monthly*, 78(4), 384-385. <https://doi.org/10.1080/00029890.1971.11992768>

Funciones extrañas en el análisis real: funciones del tipo Thomae

Strange functions in real analysis: Thomae type functions

Ángela Y. Franco¹

¹Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Veraguas, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Departamento de Matemática, Panamá; angela.franco@up.ac.pa; <https://orcid.org/0000-0002-7085-6870>

Fecha de recepción: 24 de agosto de 2023

Fecha de aceptación: 14 de octubre de 2023

DOI <https://doi.org/10.48204/j.vian.v7n2.a4563>

Resumen: El comportamiento patológico de las funciones extrañas ha sido de gran ayuda en el desarrollo y fundamentación del cálculo diferencial e integral y, en general, del análisis real. Además, es una útil fuente de ejemplos y contraejemplos que ayudan a comprender las definiciones rigurosas de los conceptos básicos del análisis matemático. Es por esa razón que el objetivo de este artículo es estudiar las propiedades de la función de Thomae y presentar algunas generalizaciones para garantizar la diferenciabilidad en un conjunto considerablemente grande de puntos.

Palabras clave: funciones extrañas, continuidad, diferenciabilidad, integrabilidad, conjunto denso, medida de Lebesgue.

Abstract: The pathological behavior of strange functions has been of great help in the development and foundation of differential and integral calculus and, in general, of real analysis. In addition, it is a useful source of examples and counterexamples that help understand the rigorous definitions of the basic concepts of mathematical analysis. It is for this reason that the objective of this article is to study the properties of the Thomae function, and present some generalizations to guarantee differentiability on a considerably large set of points.

Keywords: strange functions, continuity, differentiability, integrability, dense set, Lebesgue measure.

1. Introducción

En el siglo XIX el análisis real estaba en su etapa formativa (transición del cálculo al análisis). Los matemáticos investigaban sobre la posibilidad de clasificar las funciones usando los conceptos de continuidad, diferenciabilidad e integrabilidad. Sin embargo, estas ideas fueron desafiadas por un número de funciones que eran atípicamente malas, extrañas y contraintuitivas. De hecho, los matemáticos de esa época pensaban que una función continua sólo podía ser no diferenciable en una colección pequeña de puntos aislados; sin

embargo, ha resultado que muchas de las funciones continuas son no diferenciables en todos los puntos (Dunham, 2018; Edward, 1994).

Otra idea errónea que tenían los matemáticos sobre el comportamiento de la derivada de una función es que eran Riemann integrable. También se pensaba que si una función diferenciable era estrictamente creciente (decreciente), entonces su derivada tenía que ser positiva (negativa). Estos y otros muchos errores sobre el cálculo diferencial e integral fueron corregidos con la aparición de las funciones extrañas o patológicas en el análisis real (Bartle, 2011; Folland, 2007; Natanson, 2016; Olmsted, 2009).

El comportamiento patológico de las funciones extrañas ha sido de gran ayuda en el desarrollo y fundamentación del cálculo diferencial e integral y, en general del análisis real. Además, es una útil fuente de ejemplos que ayudan a entender definiciones rigurosas de los conceptos básicos del análisis matemático. Entre los primeros matemáticos que construyeron estos tipos de funciones extrañas se pueden mencionar B. Bolzano (1781 - 1848), P. Dirichlet (1805 - 1859), K. Weierstrass (1815 - 1897), B. Riemann (1826 - 1866), G. Darboux (1842 - 1917), G. Cantor (1845 - 1918), G. Peano (1858 - 1932), V. Volterra (1860 - 1940) y B. van der Waerden (1903 - 1996), (Gelbaum, 2003), (Kharazishvili, 2018), (Varona, 2009).

Debido al gran impacto que han tenido las funciones extrañas o patológicas en la fundamentación del análisis matemático, en este artículo se presentan varias funciones extrañas, se estudian sus propiedades con respecto a los conceptos de continuidad, diferenciación e integración y se presentan algunas generalizaciones.

2. Metodología

En 1872 el matemático alemán Karl Weierstrass presentó a la consideración de la comunidad matemática de su época un ejemplo de una función continua que es no diferenciable en todo punto de \mathbb{R} , contradiciendo la idea intuitiva de la mayor parte de sus contemporáneos que pensaban que las funciones continuas eran diferenciables, excepto en algunos puntos. Este evento abrió el camino a otras muchas funciones con comportamientos patológicos, las cuales se denominan Funciones Extrañas. De hecho, la

suma de una función diferenciable y la función de Weierstrass es nuevamente continua pero no diferenciable en todo punto de \mathbb{R} , por lo que hay tantas funciones extrañas como funciones diferenciables. De hecho, se puede probar que las funciones continuas son en general no diferenciable en todo punto de \mathbb{R} .

Una de las primeras funciones extrañas es la función de Dirichlet $D: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ definida por

$$D(x) = \begin{cases} 0 & , x \in \mathbb{R} - \mathbb{Q} \\ 1 & , x \in \mathbb{Q} \end{cases}$$

la cual es discontinua en todo punto de \mathbb{R} . Posteriormente, en el año 1875 Carl J. Thomae modificó la función de Dirichlet de la siguiente manera:

$$T: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$$

$$T(x) = \begin{cases} 0 & , x \in \mathbb{R} - \mathbb{Q} \\ \frac{1}{n} & , x \in \mathbb{Q}, x = \frac{m}{n}, (m,n)=1, n > 0 \\ 1 & , x = 0 \end{cases}$$

La metodología para lograr el objetivo de este artículo es primeramente presentar algunos conceptos y resultados de la teoría de aproximación racional de los números reales, con el fin de estudiar las propiedades de la función de Thomae referente a la continuidad, diferenciación e integrabilidad.

Posteriormente, se estudian las propiedades de continuidad, diferenciabilidad e integrabilidad de las potencias reales $T_k(x) = (T(x))^k, k \in \mathbb{R}$, de la función de Thomae. Finalmente, se define la función de Thomae modificada:

$$T_{\{a_n\}}(x) = \begin{cases} 0 & , si x \in \mathbb{R} - \mathbb{Q} \\ a_q & , si x = \frac{p}{q}, (p,q)=1, q > 0 \\ 1 & , si x = 0 \end{cases}$$

donde $\{a_n\}_{n=1}^{\infty}$ es una sucesión de números reales positivos y se estudian sus propiedades referente a la continuidad, diferenciabilidad e integrabilidad. En particular, se resaltan las funciones de Thomae modificadas $T_{\{\frac{1}{n^2}\}}$ y $T_{\{\frac{1}{n^3}\}}$.

3. Preliminares

En esta sección se presentan algunos conceptos y resultados que son importantes para el logro de los objetivos planteados (Bartle, 2011; Folland, 2007; Natanson, 2016)

Sea $f : \mathbb{I} \rightarrow \mathbb{I}$ una función. Denote

$$Cont(f) = \{x \in \mathbb{I} : f \text{ es continua en } x\}, \quad Disc(f) = \mathbb{I} - Cont(f)$$

$$Dif(f) = \{x \in \mathbb{I} : f \text{ es diferenciable en } x\}, \quad Ndif(f) = \mathbb{I} - Dif(f)$$

Estos conjuntos tienen las siguientes propiedades:

- i) $Cont(f)$ es un conjunto G_δ , es decir, es una intersección enumerable de conjuntos abiertos de \mathbb{I} .
- ii) $Disc(f)$ es un conjunto F_σ , es decir, es una unión enumerable de conjuntos cerrados de \mathbb{I} .
- iii) $Dif(f)$ es una intersección enumerable de conjuntos F_σ .

- **Teorema 1:** Sea $f : [a, b] \rightarrow \mathbb{I}$ una función monótona, entonces $Disc(f)$ es a lo sumo enumerable. Recíprocamente, si S es un subconjunto enumerable de $[a, b]$, entonces existe una función monótona $f : [a, b] \rightarrow \mathbb{I}$ tal que $S = Disc(f)$.

- **Teorema 2:** Sea $f : [a, b] \rightarrow \mathbb{I}$ una función.

- i) Si f es monótona y $f([a, b])$ es un intervalo, entonces f es continua.
- ii) Si f es monótona y satisface la propiedad del valor intermedio, entonces f es continua.
- iii) Si f es continua e inyectiva, entonces f es estrictamente monótona.

- **Definición 1:** Sea E un subconjunto de \mathbb{I} . E tiene medida cero y se denota por $m(E) = 0$, si para todo $\varepsilon > 0$ existe una sucesión de intervalos $\{I_n\}_{n=1}^\infty$ tal que

$$E \subset \bigcup_{n=1}^{\infty} I_n \quad \text{y} \quad \sum_{n=1}^{\infty} l(I_n) < \varepsilon$$

donde $l(I_n)$ es la longitud del intervalo I_n . El valor $\sum_{n=1}^{\infty} l(I_n)$ es llamado la longitud total de los intervalos I_1, I_2, \dots ; sin el requerimiento que estos intervalos sean disjuntos dos a dos.

- **Propiedades**

1. Si E es finito, entonces $m(E) = 0$.
2. Si E es enumerable, entonces $m(E) = 0$. En particular $m(\mathbb{Q}) = 0$.
3. Si $F \subset E$ y $m(E) = 0$, entonces $m(F) = 0$.
4. $m(\mathbb{Q} \cap I) = 0$, para todo intervalo I .
5. Si $E = \bigcup_{n=1}^{\infty} E_n$ y $m(E_n) = 0$ para todo $n \in \mathbb{N}$, entonces $m(E) = 0$.

- **Teorema 3:** (Criterio de la integrabilidad de Lebesgue). Sea $f: [a, b] \rightarrow \mathbb{R}$ una función acotada. f es Riemann integrable en $[a, b]$ sí y solo si, $m(\text{Disc}(f)) = 0$.

- **Teorema 4:** Sea $f: [a, b] \rightarrow \mathbb{R}$ una función derivable, entonces $\text{Cont}(f')$ es denso en $[a, b]$.

- **Teorema 5:** Sea $f: [a, b] \rightarrow \mathbb{R}$ una función monótona, entonces $m(\text{Ndif}(f)) = 0$.

Los siguientes conceptos y resultados de la teoría de aproximación racional de los números reales son de vital importancia para el desarrollo de este artículo (Varona, 2009).

- **Definición 2:** Un número real a es algebraico (sobre \mathbb{Q}), si existe un polinomio $p(x) \in \mathbb{Q}[x]$ no nulo tal que $p(a) = 0$.

- **Teorema 6 (Hurwitz):** Sea α un número irracional. Entonces existen infinitos números racionales $\frac{p}{q}$ con $(p, q) = 1, q > 0$ tal que

$$\left| \alpha - \frac{p}{q} \right| < \frac{1}{\sqrt{5}q^2} < \frac{1}{q^2}$$

- **Teorema 7 (Roth):** Sea α un número irracional algebraico. Entonces, para todo $\varepsilon > 0$, la desigualdad

$$\left| \alpha - \frac{p}{q} \right| < \frac{1}{q^{2+\varepsilon}}$$

tiene solamente una cantidad finita de soluciones racionales $\frac{p}{q}$, o sea que

$$\left| \alpha - \frac{p}{q} \right| \geq \frac{1}{q^{2+\varepsilon}}$$

para todo número racional $\frac{p}{q}$, excepto para una cantidad finita.

- **Teorema 8:** Sea a un número real. Entonces existen números trascendentes α para los cuales la desigualdad

$$\left| \alpha - \frac{p}{q} \right| < \frac{1}{q^a}$$

tiene infinitas soluciones racionales $\frac{p}{q}$.

4. La Función de Thomae

Un ejemplo de una función acotada que no es Riemann integrable en cualquier intervalo fue presentado por Dirichlet. Esta función está definida por:

$$D(x) = \begin{cases} 0 & , x \in \mathbb{I} - \mathbb{Q} \\ 1 & , x \in \mathbb{Q} \end{cases}$$

y es discontinua en todo punto $x \in \mathbb{Q}$. Posteriormente, en el año 1875, Thomae modificó la función de Dirichlet de la siguiente manera:

$$T: \mathbb{I} \rightarrow \mathbb{I}$$

$$T(x) = \begin{cases} 0 & , x \in \mathbb{I} - \mathbb{Q} \\ \frac{1}{n} & , x \in \mathbb{Q}, x = \frac{m}{n}, (m, n) = 1, n > 0 \\ 1 & , x = 0 \end{cases}$$

Sea $x = \frac{p}{q} \in \mathbb{Q}$ con $(p, q) = 1$ y $q > 0$. Sea $\{x_n\}_{n=1}^{\infty}$ una sucesión de números irracionales que converge a x ; entonces $T(x_n) = 0$ para todo $n \in \mathbb{N}$ y la sucesión $\{T(x_n)\}_{n=1}^{\infty}$ no converge a $T(x) = \frac{1}{q}$. Esto implica que T no es continua en \mathbb{Q} .

Sea ahora $x \in \mathbb{R} \setminus \mathbb{Q}$ y $\varepsilon > 0$. Por la propiedad arquimedea, existe un número natural N_o , tal que $\frac{1}{N_o} < \varepsilon$. Sea K un número natural, $1 \leq K \leq N_o - 1$. Como números racionales consecutivos con denominador K difieren en $\frac{1}{K}$ y el intervalo $(x-1, x+1)$ tiene una longitud 2, hay a lo sumo $2K$ números racionales en $(x-1, x+1)$ con denominador K . Por lo tanto, hay a lo sumo $2 \cdot 1 + 2 \cdot 2 + \dots + 2(N_o - 1)$ números racionales en el intervalo $(x-1, x+1)$ con denominador menor que N_o .

Tome un número δ con $0 < \delta < |x - \gamma|$, donde γ es el número racional con denominador menor que N_o en $(x-1, x+1)$ más cercano a x . Por consiguiente,

$$|T(y) - T(x)| = T(y) \leq \frac{1}{N_o} < \varepsilon$$

para todo $y \in (x - \delta, x + \delta)$. Esto implica que f es continua en x .

De todo lo anterior se tiene que

$$\text{Cont}(T) = \mathbb{R} \setminus \mathbb{Q} \quad \text{y} \quad \text{Disc}(T) = \mathbb{Q}$$

Pero ¿qué se puede decir de la diferenciabilidad de T ?

Es claro que T no es diferenciable en todo número racional, o sea, $\mathbb{Q} \subset \text{Ndif}(T)$, ya que $\text{Disc}(T) = \mathbb{Q}$. Sea $x \in \mathbb{R} \setminus \mathbb{Q}$. Note que para todo número natural n existe un número entero j_n tal que

$$\left| \frac{j_n}{n} - x \right| \leq \frac{1}{n}$$

Luego, por definición de T , se tiene que $T\left(\frac{j_n}{n}\right) \geq \frac{1}{n}$.

Note que

$$\left| \frac{T\left(\frac{j_n}{n}\right) - T(x)}{\frac{j_n}{n} - x} \right| = \frac{T\left(\frac{j_n}{n}\right)}{\left|\frac{j_n}{n} - x\right|} \geq \frac{1}{\left|\frac{j_n}{n} - x\right|} \geq 1$$

para todo número natural n . Luego como $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{j_n}{n} = x$, se tiene que

$$\lim_{z \rightarrow x} \frac{T(z) - T(x)}{z - x} \neq 0$$

Por otro lado, sea $\{z_n\}_{n=1}^{\infty}$ una sucesión de números irracionales tales que $\lim_{n \rightarrow \infty} z_n = x$.

Entonces,

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{T(z_n) - T(x)}{z_n - x} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{0}{z_n - x} = 0$$

Por consiguiente, $T'(x)$ no existe y, por ende $i - \mathbb{Q} \subset \text{Ndif}(T)$

De todo lo anterior se tiene que $\text{Ndif}(T) = i$; o sea que T es no diferenciable en todo punto x de i .

¿Qué se puede decir de la integrabilidad de f en el intervalo $[0, 1]$?

Sea $P = \{x_0 = 1, x_1, \dots, x_{n-1}, x_n = b\}$ una partición del intervalo $[0, 1]$ y $I_i = [x_{i-1}, x_i]$,

para todo $i \in \mathbb{N}$. Como $I_i \cap (i - \mathbb{Q}) \neq \emptyset$ se tiene que

$$L(f, p) = \sum_{i=1}^n m_i(x_i - x_{i-1}) = \sum_{i=1}^n m_i \Delta x_i$$

donde $m_i = \inf\{f(x) : x \in I_i\} = 0$.

Sea $\varepsilon > 0$. Luego, por la propiedad arquimedea, existe un número natural N_o tal

que $\frac{1}{N_o} < \frac{\varepsilon}{2}$. Considere el subconjunto $A_{N_o} = \left\{x \in [0, 1] : T(x) \geq \frac{1}{N_o}\right\}$. Note que si $x \in A_{N_o}$,

entonces $x = \frac{i}{j} \in \mathbb{Q}$ con $i, j \in \mathbb{N}$, $i, j \leq N_o$. Por consiguiente, A_{N_o} es un conjunto finito y

$$|A_{N_o}| \leq N_o^2 =: N.$$

Sea P_ε una partición del intervalo $[0,1]$ tal que

$$\|P_\varepsilon\| = \max \{ \Delta x_i = x_i - x_{i-1} \} < \frac{\varepsilon}{4N}$$

Denote $A = \{i : A_{N_o} \cap [x_{i-1}, x_i] \neq \emptyset\}$ y $B = \{i : A_{N_o} \cap [x_{i-1}, x_i] = \emptyset\}$

Luego $|A| \leq 2N$ y, si $M_i = \sup \{T(x) : x \in I_i = [x_{i-1}, x_i]\}$, entonces

$$\begin{aligned} 0 \leq U(T, P_\varepsilon) &= \sum_i M_i (x_i - x_{i-1}) \\ &= \sum_{i \in B} M_i \Delta x_i + \sum_{i \in A} M_i \Delta x_i \\ &\leq \sum_{i \in B} \frac{\varepsilon}{2} \Delta x_i + \sum_{i \in A} \Delta x_i \\ &\leq \frac{\varepsilon}{2} \sum_i \Delta x_i + \sum_{i \in A} \frac{\varepsilon}{4N} \\ &\leq \frac{\varepsilon}{2} + \frac{\varepsilon}{4N} |A| \\ &\leq \frac{\varepsilon}{2} + \frac{\varepsilon}{4N} (2N) \\ &\leq \frac{\varepsilon}{2} \end{aligned}$$

Así pues,

$$0 \leq U(T, P_\varepsilon) - L(T, P_\varepsilon) = U(T, P_\varepsilon) \leq \frac{\varepsilon}{2}$$

Por lo tanto, la función T es integrable en $[0,1]$, y

$$\int_0^1 T(x) dx = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} U(T, P_\varepsilon) = 0$$

Como la función T es no negativa en el intervalo $[0,1]$, se tiene que

$$f(x) := \int_0^x T(t) dt = 0$$

para todo $x \in [0,1]$; sin embargo, la función $f(x)$ no es una primitiva de la función

$T(x)$. Además, si $a < b$, entonces

$$\int_a^b T(x) dx = 0$$

- **Observación:** Como $Disc(T) = \mathbb{Q}$ y $m(\mathbb{Q}) = 0$, la integrabilidad de la función T en el intervalo $[a, b]$ se pudo deducir del Teorema 3.

5. Potencias de Thomae

Para cada número real k defina la función $T_k : \mathbb{I} \rightarrow \mathbb{I}$ por

$$T_k(x) = (T(x))^k = \begin{cases} 0 & , \quad x \in \mathbb{I} - \mathbb{Q} \\ \frac{1}{q^k} & , x \in \mathbb{Q}, x = \frac{p}{q}, (p, q) = 1, q > 0 \\ 1 & , \quad x = 0 \end{cases}$$

Note que, si $k < 0$, entonces $T(\mathbb{Q}) \subset \{x \in \mathbb{I} / x \geq 1\}$ y $T(\mathbb{I} - \mathbb{Q}) = \{0\}$. Por lo tanto,

$$Cont(T_k) = \emptyset \text{ y } Disc(T_k) = \mathbb{I}$$

Si $k = 0$, entonces $T_k = D$. Además, si $k > 0$, entonces

$$Cont(T_k) = \mathbb{I} - \mathbb{Q} \quad \text{y} \quad Disc(T_k) = \mathbb{Q}$$

Por lo tanto, $Ndif(T_k) = \mathbb{I}$, para todo $k \leq 0$.

Suponga que $0 < k \leq 2$. Sea x un número irracional. Luego por el Teorema 6, toda vecindad de x contiene un número racional $\frac{p}{q}$ tal que

$$\left| x - \frac{p}{q} \right| < \frac{1}{q^2}$$

Por lo tanto,

$$\left| T_k(x) - T_k\left(\frac{p}{q}\right) \right| = T_k\left(\frac{p}{q}\right) = \frac{1}{q^k} = \frac{q^{2-k}}{q^2} > q^{2-k} \left| x - \frac{p}{q} \right|$$

De donde

$$\left| \frac{T_k(x) - T_k\left(\frac{p}{q}\right)}{x - \frac{p}{q}} \right| > \frac{q^{2-k} \left| x - \frac{p}{q} \right|}{\left| x - \frac{p}{q} \right|} = q^{2-k} \geq 1$$

Además, toda vecindad de x contiene un número irracional z , de donde

$$\left| \frac{T_k(x) - T_k(z)}{x - z} \right| = \frac{0}{|x - z|} = 0$$

Todo esto implica que

$$T_k'(x) = \lim_{z \rightarrow x} \frac{T_k(x) - T_k(z)}{x - z}$$

no existe. Así, $Ndif(T_k) = \emptyset$; o sea que T_k es no diferenciable en todo punto x de \mathbb{R} .

Suponga ahora que $k > 2$. Sea x un número irracional algebraico y considere el cociente diferencial

$$\Delta = \frac{T_k(x+h) - T_k(x)}{h} = \frac{T_k(x+h)}{h}$$

Tome un $\varepsilon > 0$ tal que $2 + \varepsilon < k$. Sea h lo suficientemente pequeño tal que $x+h$ nunca es igual a uno de los finitos números racionales excepcionales mencionados en Teorema 7. Luego:

Si $x+h \in \mathbb{R} \setminus \mathbb{Q}$, entonces $T_k(x+h) = 0$ y $\Delta = 0$.

Si $x+h = \frac{p}{q} \in \mathbb{Q}$, con $(p,q) = 1$, $q > 0$, entonces

$$\begin{aligned} |\Delta| &= \left| \frac{T_k(x+h)}{h} \right| = \left| \frac{1}{hq^k} \right| = \left| \frac{1}{\left(\frac{p}{q} - x\right) q^k} \right| \\ &= \frac{1}{q^k} \frac{1}{\left| x - \frac{p}{q} \right|} < \frac{1}{q^k} \cdot q^{2+\varepsilon} = \frac{1}{q^{k-2-\varepsilon}} \end{aligned}$$

lo cual se puede hacer arbitrariamente pequeño, escogiendo q lo suficientemente grande ($k-2-\varepsilon > 0$). Como q se hace grande cuando h se hace pequeño, se tiene que

$$\lim_{h \rightarrow 0} \Delta = 0$$

Por consiguiente, T_k es diferenciable en x y $T_k'(x) = 0$.

Como el conjunto de los números irracionales algebraicos es denso en \mathbb{R} , se tiene que $Dif(T_k)$ es un conjunto denso de \mathbb{R} . Además, como $\mathbb{Q} \subset Ndif(T_k)$, $Ndif(T_k)$ es también un conjunto denso de \mathbb{R} .

Por otro lado, tome $k = 2 + 2\varepsilon$ con $\varepsilon > 0$ y $x \in (\mathbb{R} - \mathbb{Q}) \cap [0, 1]$. Entonces

$$\begin{aligned} \left| \frac{T_k(x) - T_k\left(\frac{p}{q}\right)}{x - \frac{p}{q}} \right| &= \frac{T_k\left(\frac{p}{q}\right)}{\left|x - \frac{p}{q}\right|} \quad , (p, q) = 1, q > 0 \\ &= \frac{1}{q^k} \\ &= \frac{1}{q^{2+2\varepsilon}} \end{aligned}$$

Suponga que

$$\left|x - \frac{p}{q}\right| \geq \frac{1}{q^{2+\varepsilon}}$$

entonces

$$\left| \frac{T_k(x) - T_k\left(\frac{p}{q}\right)}{x - \frac{p}{q}} \right| \leq \frac{\frac{1}{q^{2+2\varepsilon}}}{\frac{1}{q^{2+\varepsilon}}} = \frac{1}{q^\varepsilon}$$

Denote

$$E_q = \bigcup_{p=1}^{q-1} \left(\frac{p}{q} - \frac{1}{q^{2+\varepsilon}}, \frac{p}{q} + \frac{1}{q^{2+\varepsilon}} \right) \quad \text{y} \quad E = \bigcap_{t=1}^{\infty} \bigcup_{q=t}^{\infty} E_q$$

Como

$$\lim_{q \rightarrow \infty} \frac{1}{q^\varepsilon} = 0$$

T_k es derivable en todo $x \in (0, 1) - (\mathbb{Q} \cup E)$ y $T_k'(x) = 0$.

Note que la medida de Lebesgue de E_q es

$$m(E_q) = (q-1) \left(\frac{2}{q^{2+\varepsilon}} \right) = \frac{2(q-1)}{q^{2+\varepsilon}} < \frac{2}{q^{1+\varepsilon}}$$

$$\text{y } \sum_{q=1}^{\infty} \frac{1}{q^{1+\varepsilon}} < \infty. \text{ Por lo tanto, } m(E) = 0.$$

Como $m(\mathbb{Q} \cup E) = 0$, se tiene que T_k es diferenciable en todo punto del intervalo $[0,1]$, excepto en un conjunto de medidas cero. Finalmente, como T_k es una función periódica, se tiene que T_k es diferenciable en \mathbb{I} , excepto en un conjunto de medidas cero.

6. Función de Thomae Modificada

Sea $\{a_n\}_{n=1}^{\infty}$ una sucesión de números reales positivos. La función de Thomae modificada con respecto a la sucesión $\{a_n\}_{n=1}^{\infty}$ se define por

$$T_{\{a_n\}}(x) = \begin{cases} 0 & , \text{ si } x \in \mathbb{I} - \mathbb{Q} \\ a_q & , \text{ si } x = \frac{p}{q} \text{ , } (p,q) = 1, q > 0 \\ 1 & , \text{ si } x = 0 \end{cases}$$

Note que, si $a_n = \frac{1}{n^k}$, entonces $T_{\{a_n\}} = T_k$. Además, si $\{a_n\}_{n=1}^{\infty}$ es una sucesión convergente a cero, entonces

$$\text{Con}(T_{\{a_n\}}) = \mathbb{I} - \mathbb{Q} \text{ y } \text{Disc}(T_{\{a_n\}}) = \mathbb{Q}.$$

Para ver que tan grande es el conjunto $\text{Ndif}(T_{\{a_n\}})$, se probará un teorema para las funciones que son cero en los números irracionales y positiva en los números racionales.

- **Teorema 9:** Sea $f: \mathbb{I} \rightarrow \mathbb{I}$ una función tal que

$$f(x) > 0 \text{ para } x \in \mathbb{Q} \text{ y } f(x) = 0 \text{ para } x \in \mathbb{I} - \mathbb{Q}$$

Entonces $\text{Ndif}(f) \cap (\mathbb{I} - \mathbb{Q})$ es un conjunto denso no enumerable de \mathbb{I} .

• **Demostración:**

Sea $\{r_n\}_{n=1}^{\infty}$ una enumeración de \mathbb{Q} . Sea $x_1 \in \mathbb{Q}$ y tome $I_1 = [x_1 - f(x), x_1 + f(x)]$, entonces

$$f(x_i) \geq |x_1 - x|, \text{ para todo } x \in I_1.$$

Sea J_1 un intervalo cerrado con más de un punto tal que

$$J_1 \subset I_1, r_1 \notin J_1 \text{ y } l(J_1) < 1.$$

Sea $x_2 \in \overset{\circ}{J_1} \cap \mathbb{Q}$ y tome $I_2 = J_1 \cap [x_2 - f(x_2), x_2 + f(x_2)]$. Entonces I_2 es un intervalo cerrado con más de un punto tal que

$$I_2 \subset I_1, l(I_2) < 1, x_2 \in I_2 \cap \mathbb{Q}, r_1 \notin I_2 \text{ y } f(x_2) \geq |x_2 - x|, \text{ para todo } x \in I_2.$$

Continuando en forma recursiva, después de haber determinado el intervalo cerrado con más de un punto I_n y x_n , se construye el intervalo cerrado con más de un punto I_{n+1} tal que

$$I_{n+1} \subset I_n, l(I_{n+1}) < \frac{1}{n}, x_{n+1} \in I_{n+1} \cap \mathbb{Q}, f(x_{n+1}) \geq |x_{n+1} - x| \text{ para todo } x \in I_{n+1} \text{ y } r_i \notin I_{n+1}$$

para $i = 1, 2, \dots, n$.

Como $\{I_n\}_{n=1}^{\infty}$ es una sucesión de intervalos cerrados encajado con $\lim_{n \rightarrow \infty} l(I_n) = 0$, se tiene que existe un $a \in \mathbb{R}$ tal que $\bigcap_{n=1}^{\infty} I_n = \{a\}$. Además, como $r_j \notin \bigcap_{n=1}^{\infty} I_n$ para todo $j \in \mathbb{N}$, se tiene que $a \in \mathbb{R} - \mathbb{Q}$ y $\lim_{n \rightarrow \infty} x_n = a$.

Por otro lado, como $a \in I_n$ para todo $n \in \mathbb{N}$, se tiene que

$$\left| \frac{f(x_n) - f(a)}{x_n - a} \right| = \frac{f(x_n)}{|x_n - a|} \geq \frac{|x_n - a|}{|x_n - a|} = 1$$

Además, si $x \in \mathbb{R} - \mathbb{Q}$, entonces

$$\frac{f(x) - f(a)}{x - a} = \frac{0}{x - a} = 0$$

Por consiguiente, f no es diferenciable en a .

Denote por A el conjunto de los puntos a que se obtienen de esta manera. Sea J un intervalo abierto no vacío y tome $x_1 \in J$; además, tome el intervalo cerrado I_1 con más de un punto tal que $I_1 \subset J$ $[x_1 - f(x_1), x_1 + f(x_1)]$. De la construcción anterior se tiene que $I_n \subset J$ para todo n . Luego, si $\bigcap_{n=1}^{\infty} I_n = \{a\}$, entonces $a \in J$ y $J \cap A \neq \emptyset$.

Esto implica que A es un conjunto denso.

Suponga que A es un conjunto enumerable y sea $\{b_n\}_{n=1}^{\infty}$ una enumeración de A . En la construcción de la sucesión de intervalos cerrados encajados $\{I_n\}_{n=1}^{\infty}$ incluya la restricción $b_i \notin I_{n+1}$ para $i = 1, 2, \dots, n$. Entonces si $\bigcap_{n=1}^{\infty} I_n = \{a\}$, se tiene que $a \notin A = \{b_1, b_2, \dots\}$ y f no es diferenciable en a , lo que contradice la definición del conjunto A . Por consiguiente, A es un conjunto denso no enumerable y $A \subset \text{Ndif}(f) \cap \mathbb{I}(\mathbb{R})$.

Así pues, $\text{Ndif}(f) \cap \mathbb{I}(\mathbb{R})$ es un conjunto denso no enumerable de \mathbb{R} .

Como una consecuencia del teorema anterior, se tiene el siguiente resultado

Corolario 1: Sea $\{a_n\}_{n=1}^{\infty}$ una sucesión de números reales positivos que converge a cero. Entonces $\text{Ndif}(T_{\{a_n\}}) \cap \mathbb{I}(\mathbb{R})$ es un conjunto denso no enumerable de \mathbb{R} .

Por otro lado, en el siguiente teorema se probará que existen funciones de Thomae modificadas que son diferenciables en un conjunto enumerable.

- **Teorema 10:** Sea $\{a_n\}_{n=1}^{\infty}$ una sucesión de números irracionales. Entonces existe una función de Thomae modificada que es diferenciable en el conjunto $\{a_n : n \in \mathbb{N}\}$.

- **Demostración:**

Para cada $n \in \mathbb{N}$ defina la función $g_n : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ por

$$g_n(q) = \min \left\{ \left| \frac{p}{q} - a_n \right| : (p, q) = 1 \right\}$$

y la función $g : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ por

$$g(q) = \min \{g_i(q) : i = 1, 2, \dots, q\}$$

Note que $g(q) \leq g_i(q)$ para todo $i=1,2,\dots,q$; $\lim_{q \rightarrow \infty} g_n(q) = 0$, para todo $n \in \mathbb{N}$ y $\{g(n)\}_{n=1}^{\infty}$ es una sucesión decreciente de números reales positivos convergente a cero.

Considere la función de Thomae modificada $f = T_{\{g(n)^2\}}$.

$$f(x) = T_{\{g(n)^2\}}(x) = \begin{cases} 0 & , \text{ si } x \in \mathbb{I} - \mathbb{Q} \\ g(q)^2 & , \text{ si } x = \frac{p}{q} \quad (p, q) = 1, q > 0 \\ 1 & , \text{ si } x = 0 \end{cases}$$

Entonces

$$Cont(f) = \mathbb{I} - \mathbb{Q} \quad \text{y} \quad Disc(f) = \mathbb{Q}$$

Sea $n_o \in \mathbb{N}$. Sean p, q números enteros tales que $(p, q) = 1$ y $q \geq n_o$. Entonces

$$\begin{aligned} \left| \frac{f\left(\frac{p}{q}\right) - f(a_{n_o})}{\frac{p}{q} - a_{n_o}} \right| &= \frac{f\left(\frac{p}{q}\right)}{\left| \frac{p}{q} - a_{n_o} \right|} = \frac{(g(q))^2}{\left| \frac{p}{q} - a_{n_o} \right|} \\ &\leq \frac{(g(q))^2}{g_{n_o}(q)} \leq \frac{(g_{n_o}(q))^2}{g_{n_o}(q)} \\ &\leq g_{n_o}(q) \xrightarrow{q \rightarrow \infty} 0 \end{aligned}$$

Como

$$\frac{f(x) - f(a_{n_o})}{x - a_{n_o}} = \frac{0}{x - a_{n_o}} = 0$$

Para todo $x \in \mathbb{I} - \mathbb{Q}$ y la cantidad de números racionales $\frac{p}{q}$ tales que $1 \leq q \leq N$ es finita, para todo número natural N ; se tiene f es diferenciable en a_{n_o} y $f'(a_{n_o}) = 0$.

Así pues,

$$\{a_n : n \in \mathbb{N}\} \subset Dif(f) = Dif\left(T_{\{g(n)^2\}}\right) \subset \mathbb{I} - \mathbb{Q}$$

7. Conclusiones

1. La función de Thomae T es un ejemplo de una función con infinitas discontinuidades, no diferenciable en todo punto x de \mathbb{R} , pero integrable en todo intervalo cerrado $[a, b]$ de \mathbb{R} .
2. La función de Thomae modificada $T_{\left\{\frac{1}{n^2}\right\}}$ es continua en \mathbb{R} , pero es no diferenciable en todo punto x de \mathbb{R} .
3. La función de Thomae modificada $T_{\left\{\frac{1}{n^3}\right\}}$ es continua en \mathbb{R} y es diferenciable en todo número irracional algebraico, por lo tanto, $Dif\left(T_{\left\{\frac{1}{n^3}\right\}}\right)$ es un conjunto denso de \mathbb{R} sin embargo, $Ndif\left(T_{\left\{\frac{1}{n^3}\right\}}\right) \cap \mathbb{I}(\mathbb{R})$ es un conjunto denso no enumerable de \mathbb{R} .
4. Por el Corolario 1, no existe una función de Thomae modificada $T_{\{a_n\}}$ tal que $Dif\left(T_{\{a_i}\}\right) = \mathbb{R}$. De hecho, $Ndif\left(T_{\{a_i}\}\right) \cap \mathbb{I}(\mathbb{R})$ es un conjunto denso no enumerable de \mathbb{R} . Sin embargo, si $k > 2$, $T_{\left\{\frac{1}{n^k}\right\}}$ es diferenciable casi en todas partes, o sea, $m\left(Ndif\left(T_{\left\{\frac{1}{n^k}\right\}}\right)\right) = 0$ (Darst, 1996).

Referencias bibliográficas

- Darst, R.B. and Taylor G.D. (1996). *Differentiating Powers of an Old Friend*. *The American Mathematical Monthly*, 103 (5). 415-416. <https://doi.org/10.1080/00029890.1996.12004762>
- Dunham, W. (2018). *The Calculus Gallery: Masterpieces from Newton to Lebesgue*. Princeton University Press. USA.

Gelbaum, B.R. and Olmsted, J.M.H. (2003). *Counterexamples in analysis*. Dover Publications, Inc. USA.

Kharazishvili, A. (2018). *Strange Functions in Real Analysis*. CRC Press Taylor & Francis Group. USA.

Varona, J.L. (2009). Differentiability of a Pathological Function, Diophantine Approximation, and a Reformulation of the Thue – Siegel – Roth Theorem. *Gazette of the Australian Mathematical Society* 36 (5). 353 -361. <https://austms.org.au/?s=Differentiability+of+a+Pathological+Function%2C+Diophantine+Approximation%2C+and+a+Reformulation+of+the+Thue+--+Siegel+--+Roth+Theorem.+Gazette+of+the+Australian+Mathematical+Society+36+%285%29.+353+-361.>

Edward, C.H. 1994. *The Historical Development of the Calculus*. Springer-Verlag. USA.

Folland, G. B. 2007. *Real Analysis: Modern Techniques and Their Applications*. Wiley. USA.

Bartle, R.G. and Sherbert, D.R (2011). *Introduction to Real Analysis*. John Wiley & Sons – Inc. USA.

Olmsted, J.M.H. (2009). *Advanced Calculus*. American Mathematical Society. USA.

Natanson, I. R. 2016. *Theory of Functions of Real Variable*. Volume I. Dover Publications, Inc. USA.

Alteración de la comunidad meiobentónica por efecto del pisoteo en la zona intermareal baja de playa arenosa

Meiobenthic community alteration due to trampling in the low intertidal zone of sandy beach

Euribiades Huertas¹, Nelva Villarreal², Italo Goti³, Juan A. Gómez H.⁴

¹Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Los Santos, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Escuela de Biología, Panamá; ehuertasmadrid825@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0002-6521-2664>

²Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Escuela de Biología, Panamá; nelva.villarreal@up.ac.pa; <https://orcid.org/0000-0001-5091-9945>

³Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Escuela de Biología, Panamá; italo.goti@up.ac.pa; <https://orcid.org/0000-0001-5702-5389>

⁴Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Escuela de Biología, Panamá; juanay05@hotmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-9320-1674>

Fecha de recepción: 5 de septiembre de 2023

Fecha de aceptación: 8 de noviembre de 2023

DOI <https://doi.org/10.48204/j.vian.v7n2.a4564>

Resumen: La importancia del conocimiento de la composición meiobentónica de los ecosistemas costeros ha sido potenciada para la evaluación de las relaciones tróficas, sobre todo, como indicadores de estrés y contaminación en las playas. El objetivo de la presente investigación fue determinar la abundancia y diversidad de la meiofauna en la zona intermareal de playa Venao y evaluar el efecto del pisoteo de los usuarios sobre estos organismos. Los individuos fueron colectados mediante el uso de nucleadores de pvc de 0,029 m de diámetro, enterrados a 0,05 m bajo el sedimento, en períodos de marea baja, en días con presencia y ausencia de personas, en un lapso de dos meses. Además, se evaluó las características granulométricas y se midió las variaciones del perfil de la playa. Se observó diferencias en composición de especies entre estos períodos, además, entre zonas de uso de la playa con presencia de usuarios, sin embargo, no hubo relación de la abundancia y riqueza, con las características ambientales evaluadas, por lo que se desprende que las características hidrodinámicas ejercen efecto sobre la distribución de los organismos.

Palabras clave: acción antropogénica, invertebrados bentónicos, playa arenosa, playa de bolsillo.

Abstract: The importance of knowing the meiobenthic composition of coastal ecosystems has been enhanced for the evaluation of trophic relationships, especially as indicators of stress and pollution on beaches. This research aimed to determine the abundance and diversity of the meiofauna in the intertidal zone of Venao Beach and evaluate the effect of trampling by users on these organisms. The individuals were collected by using 29.85 mm diameter PVC nucleators, buried 0.05 m under the sediment, during low tide periods, on days with the presence and absence of people, over two months. In addition, the granulometric characteristics were evaluated and the variations in the beach profile were measured. Differences in species composition were observed between these periods, in addition, between areas of beach use with the presence of users,

however, there was no relationship between abundance and richness, with the environmental characteristics evaluated, so it follows that the Hydrodynamic characteristics exert an effect on the distribution of organisms.

Key words: man- induce effects, benthic invertebrates, sandy beach, pocket beach.

1. Introducción

El meiobentos es un grupo de invertebrados translúcidos, de forma alargada, menores de 63 μm que vive en el líquido intersticial del sedimento marino (Bulnes et al., 2021), componente importante de la cadena trófica de especies detritívoras (Rombouts et al., 2013), utilizados como indicadores ambientales del ecosistema (Morad et al., 2017) e indicadores de acumulación de gases de hidrocarburos en el subsuelo (Yanko-Hombach et al., 2017).

La abundancia y diversidad del meiobentos ha sido estudiado en arrecife de coral (Guzmán et al., 1987), planicies mareales (Kim et al., 2000), playa arenosa (Kotwicki et al., 2005), zona intermareal (Hua et al., 2016), además del efecto rivereño sobre este grupo (Semprucci et al., 2015) y de la contaminación marina sobre la diversidad y abundancia de la meiofauna (Armenteros et al., 2009), por lo que, Bálsamo et al. (2010) recomiendan el uso de este grupo como buenos indicadores para la evaluación ambiental.

En Panamá los estudios de meiobentos son escasos, de los cuales destacan Leasi et al. (2018) que aplican el método de “metabarcoding” para la identificación de siete taxones meiobentónicos del sur de la península de Azuero, Alvarado y Goti (2019) quienes describen la variedad de foraminíferos de concha suave en cuatro playas arenosas del este de la península de Azuero: Los Guayaberos, El Rompío, La Yeguada y El Rincón. En estas mismas playas, Pinzón et al. (2019), destacan el uso de *Oligochaeta*, *Gnathostomulida* y *Foraminifera* de concha dura como indicadores alternativos de contaminación de origen fecal. Gómez et al. (2022) evaluaron el efecto de la disipación de la energía de las olas sobre la estructura del meiobentos en las playas Los Guayaberos y El Rompío. Sin embargo, no se ha estudiado el efecto de la presencia activa de usuarios de la playa sobre la estructura del meiobentos de zona intermareal de playas arenosas.

El objetivo de la presente investigación es determinar la abundancia y diversidad de la meiofauna en la zona intermareal de playa Venao, además de demostrar si existe efecto de la presencia de usuarios de la playa sobre estos organismos.

2. Materiales y métodos

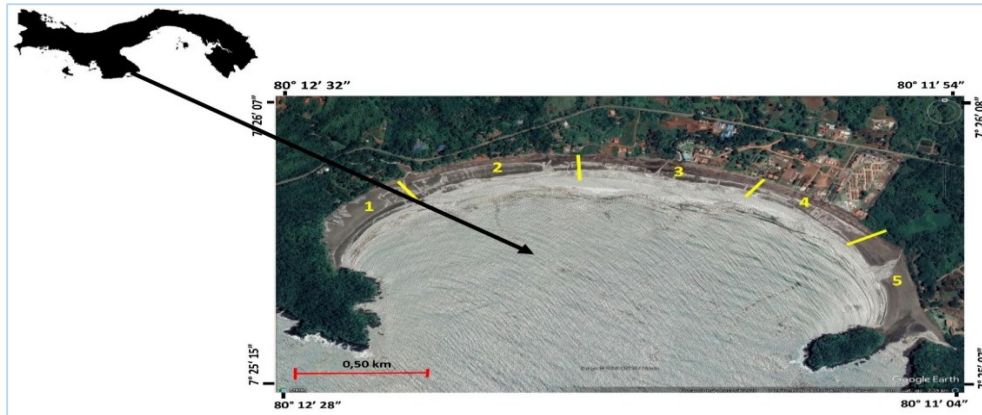
Las muestras fueron recolectadas en playa Venao, Los Santos, sur de la península de Azuero, Panamá, localizada a $7^{\circ} 25' 55.47''$ N $80^{\circ} 11' 37.14''$ W (Figura 1). El sitio de estudio se encuentra en el borde externo de la península de Azuero, aledaño a la Reserva de Vida Silvestre de Isla Cañas, asentado en un basamento ígneo, caracterizado por basaltos y lavas acojinadas (“pillow lavas”), situado en un depósito santoniano, al sur de la falla Río San Joaquín (Corral et al., 2013). El área es afectada por la precipitación de la temporada lluviosa principalmente entre agosto y noviembre, con vientos predominantes del suroeste, temperatura del agua sobre la plataforma continental de $29,5^{\circ}$ C y salinidad que fluctúa entre 28,64 a 33,40 ups en dicho período (González, 2009).

La playa Venao es del tipo bolsillo (“pocket beach”), de acuerdo a las características morfológicas medidas en campo, posee una distancia de línea de control, $R_o = 1\ 680$ m entre las puntas, la “profundidad” (geométrica) de la bahía, (“indentation”) es de 1 110 m, con un índice de sangría (“indentation index”) $a/R_o = 0,66$, clasificada como forma de bahía logarítmica media baja (Bowman et al., 2014), longitud de playa de 2,98 km, ancho intermareal de 93 m en la zona central, en marea de sicigia y orientación nor Noreste – sur Suroeste, con morfodinámica del tipo intermedia, con olas voluta o volteo y granulometría de arena media a arena gruesa.

La zona de estudio se dividió en cinco áreas a lo largo de la extensión de la playa; en el punto central de cada una se tomaron muestras mensuales, con sus respectivas repeticiones, entre agosto y octubre de 2019 durante los días que se utiliza la playa para actividades deportivas y recreativas (domingos) y los días que no hay actividad (jueves) en período de marea baja, entre las 8:00 y 10:00 h, para minimizar el efecto de la migración vertical diel (Walters, 1988) (Figura 1).

Figura 1

Foto área de la zona de estudio, playa Venao, Los Santos, Panamá, marcadas las cinco áreas de muestreo



Fuente: Google Earth, Imagen 2023 CNES/Airbus

Se calcularon perfiles de la zona intermareal en cada una de las zonas, a partir del supralitoral hasta el infralitoral, mediante el método de Emery (1961) y granulometría, mediante muestras superficiales en la zona intermareal con un nucleador de pvc de 29,85 mm de diámetro, introducidos a 0,05 m dentro del sedimento, secados hasta peso constante y tamizados en seco, de acuerdo a Suguio (1973), en una batería de tamices USSS: 5, 10, 18, 35, 60, 120, 230 y fondo, para determinar la composición granulométrica de guijarro, granulo, arena muy gruesa, gruesa, media, fina, muy fina y limo + arcilla respectivamente. Los análisis estadístico granulométricos fueron realizados con el programa Sysgran (Camargo, 2006).

La recolecta de las muestras se realizaron, en el mesolitoral inferior, con un nucleador de 0,029 m de diámetro interno, enterrado en el sedimento a 0,05 m, una vez obtenidas se fijaron con formalina al 5 % y teñidas con Rosa de Bengala, transferidas al Laboratorio de Biología del Centro Regional de Azuero, Universidad de Panamá y 24 horas después fueron lavadas con agua corriente, tamizadas con mallas entre 500 y 64 μm y preservadas en alcohol al 70 %.

Los organismos fueron identificados con un microscopio Leica, modelo D500, con un aumento de 40x. Para la identificación se utilizó la clave de Gier (2009), Schmidt-Rhaesa (2020) y Yousuf y Hossen (2020).

Se determinó la abundancia en términos porcentuales y la densidad en número de individuos en 10 cm². La diferencia de abundancia de los taxones del meiobentos recolectados se determinó con el análisis U de Mann-Whitney entre períodos con presencia y ausencia de usuarios en la playa, la prueba de comparación de proporciones de muestras independientes se utilizó para determinar diferencias de la proporción de los taxones más abundantes. Se calculó el índice de diversidad de Shannon-Wiener, basado en logaritmo de base 10 y la prueba t de Hutcheson para verificar diferencias del índice entre períodos; además la similaridad se calculó con los índices de Jaccard y Sorensen cualitativo.

Se construyó la curva de rarefacción de la abundancia de taxones en ambos períodos con el programa iNEXT (Chao et al, 2016). La diferencia entre períodos se determinó con prueba multidimensional no métrica y la rutina ANOSIM (Clarke, 1993); Las muestras del período con presencia de usuarios de la playa, entre zonas de colecta, se caracterizó con el análisis de conglomerados por el método de Ward y la distancia de Bray-Curtis, la prueba de diferencias por pares, para definir cuales zonas se asemejan estadísticamente, además, el análisis SIMPER para determinar cuáles taxones contribuyen en mayor medida en la disimilaridad entre zonas de muestreo (Clarke, 1993), corroborado con el análisis de componentes principales para determinar los grupos que definen la variabilidad. Los análisis estadísticos se realizaron en los programas BioEstat 5.3 (Ayres et al., 2007) y PAST 4.1 (Hammer et al, 2001).

3. Resultados

El perfil de la playa, representado por la Tangente de β , varió de 0,019768 en la zona 5 hasta 0,031682 en la zona 2, mientras que, en el ancho de la playa, este fue de 66 m en la zona 3 hasta 106 m en la zona 5 (Tabla 1, Figura 2).

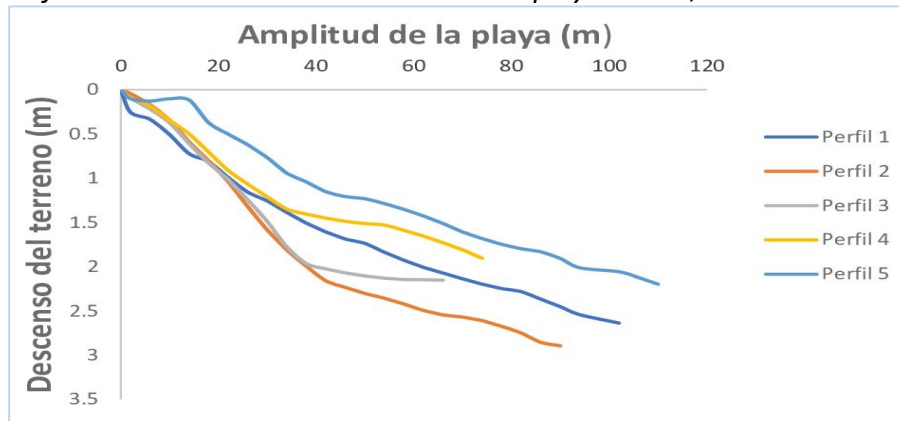
Tabla 1

Perfil y ancho de la zona intermareal de las cinco zonas evaluadas en playa Venao, Los Santos

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5
Tan β	0,024318	0,031682	0,031189	0,024534	0,019768
Ancho de la playa (m)	98	90	66	74	106

Figura 2

Perfil de las cinco zonas estudiadas en la playa Venao, Lo Santos



La granulometría presentó mayor concentración de la fracción arena fina (120) en las zonas 1, 2 y 3, mientras que en las otras dos predominó la fracción arena muy fina (200) (Figura 3). La granulometría media, $M_z > 2$, indicó que las tres primeras zonas se caracterizan por arena fina, sin embargo, las otras dos se definen como arena media, $M_z < 2$. El sedimento es pobremente seleccionado, σ_i entre 1,04 a 1,87, con asimetría negativa, las dos primeras zonas $S_{KI} < -0,26$ y las otras tres, asimetría muy negativa, $S_{KI} > -0,46$, mientras que la curtosis varió entre muy platicúrtica, $K_G = 0,64$ en la zona 5 a muy leptocúrtica $K_G = 1,90$ en la zona 3. La playa se caracterizó por presentar energía cinética prolongada, tipo angulosa ($K_{q\alpha}$) y medianamente permeable (K) (Tabla 2).

Figura 3

Composición granulométrica, en porcentaje, de las cinco zonas estudiadas

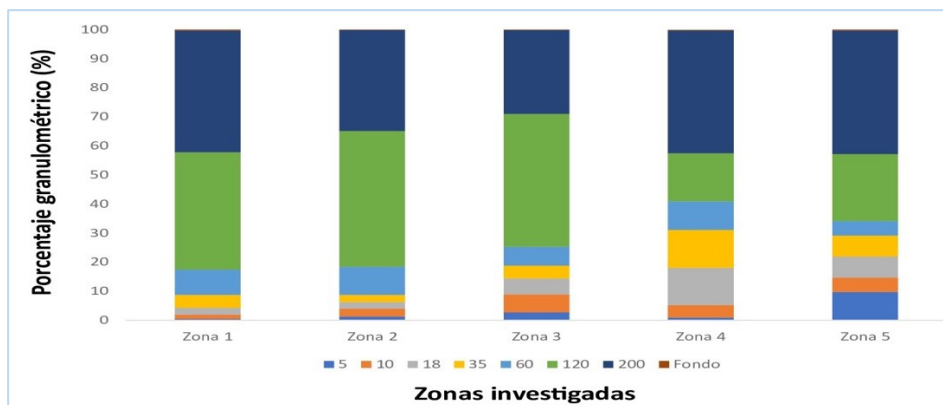


Tabla 2

Características granulométricas de las cinco zonas evaluadas en playa Venao, Los Santos

Playa Venado						
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	
M_z	2.76	2.66	2.07	1.94	1.82	Φ
	Arena Fina	Arena Fina	Arena Fina	Arena Media	Arena Media	
σ_i	1.04	1.13	1.64	1.75	1.87	
	Pobrementemente seleccionado	Pobrementemente seleccionado	Pobrementemente seleccionado	Pobrementemente seleccionado	Pobrementemente seleccionado	
S_{kl}	-0.27	-0.28	-0.48	-0.46	-0.55	Φ
	Asimetría negativa	Asimetría negativa	Asimetría muy negativa	Asimetría muy negativa	Asimetría muy negativa	
K_G	1.32	1.63	1.90	0.68	0.64	Φ
	Leptocúrtica	Muy Leptocúrtica	Muy Leptocúrtica	Platicúrtica	Muy Platicúrtica	
D_{50}	0.14	0.16	0.17	0.17	0.16	mm
S_{k_A}	-2.65	-2.51	-2.36	-2.13	-2.23	Φ
	Hipo-Energética	Hipo-Energética	Hipo-Energética	Hipo-Energética	Hipo-Energética	
K_{q_α}	0.19	0.20	0.05	0.21	0.10	
	E.C.M. Prolongada (Angulosa)	E.C.M. Prolongada (Angulosa)	E.C.M. Prolongada (Angulosa)	E.C.M. Prolongada (Angulosa)	E.C.M. Prolongada (Angulosa)	
$K =$	0.005167486	0.007470548	0.008783344	0.001020815	0.002181481	
	Medianamente permeable	Medianamente permeable	Medianamente permeable	Medianamente permeable	Medianamente permeable	

Se colectaron 3 633 organismo en la playa Venao, correspondientes a 11 taxones del meiobentos, con una densidad de 22,67 ind/10 cm², de los cuales 1 234 individuos se obtuvieron en períodos sin usuarios de la playa, que representaron 7,70 ind/10cm² y 2 399 durante los días en presencia de estos, con densidad de 14,94 ind/10cm².

Los taxones más abundantes, fueron los nemátodos durante el período de estudio, que representaron 91,33 % en ausencia de usuarios y 89,32 % en presencia de estos respectivamente, seguidos por poliquetos, con 2,92 % y 8,13 % y platelmintos, 1,22 % y 0,79 % (Tabla 3).

Tabla 3

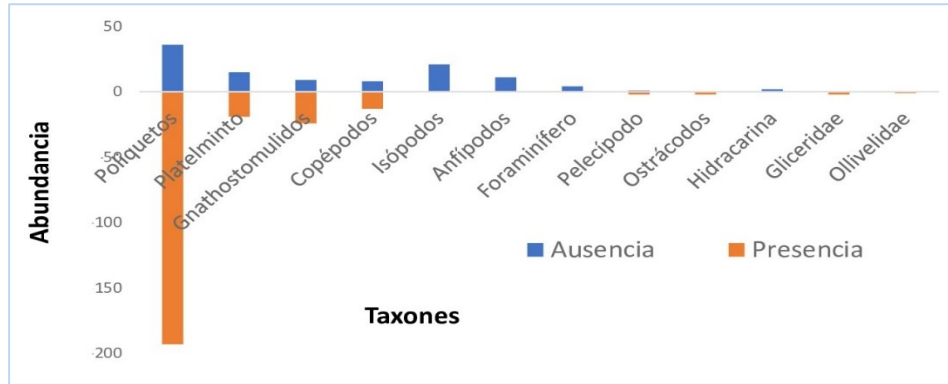
Porcentaje de abundancia y densidad de taxones de meiobentos en la playa Venao en días con presencia y ausencia de usuarios

Taxones	Ausencia		Presencia	
	% de abundancia	Densidad ind/10cm ²	% de abundancia	Densidad ind/10cm ²
Nematodos	91,33	7,03	89,33	13,37
Poliquetos	2,92	0,22	8,13	1,22
Platelmintos	1,22	0,09	0,79	0,12
Copépodos	0,65	0,05	0,54	0,08
Foraminíferos	0,32	0,02	0	0
Anfípodos	0,89	0,07	0	0
Pelecípodos	0,08	0,006	0,13	0,02
Gnathostomulidos	0,73	0,06	1,00	0,15
Ostrácodos	0	0	1,08	0,01
Isópodos	1,70	0,13	0	0
Hidracarina	0,16	0,01	0	0

Los grupos del meiobentos que desaparecen en presencia de usuarios, considerados como vulnerables, son Isópodos, Anfípodos, Foraminíferos e Hidracarina, el resto de los taxones aumentaron la abundancia en presencia de estos, por lo que pueden ser considerados resistentes. Por otro lado, aparecen, grupos como poliquetos de la familia, Glyceridae y el molusco Ollivelidae, que no fueron colectados en período de ausencia de usuarios (Figura 4), la razón de no aparecer los nemátodos en esta figura es debido a su gran abundancia que opaca la valoración visual de los grupos menos frecuentes.

Figura 4

Abundancia de taxones de meiobentos en ausencia y presencia de usuarios de la playa Venao, agosto a octubre de 2019

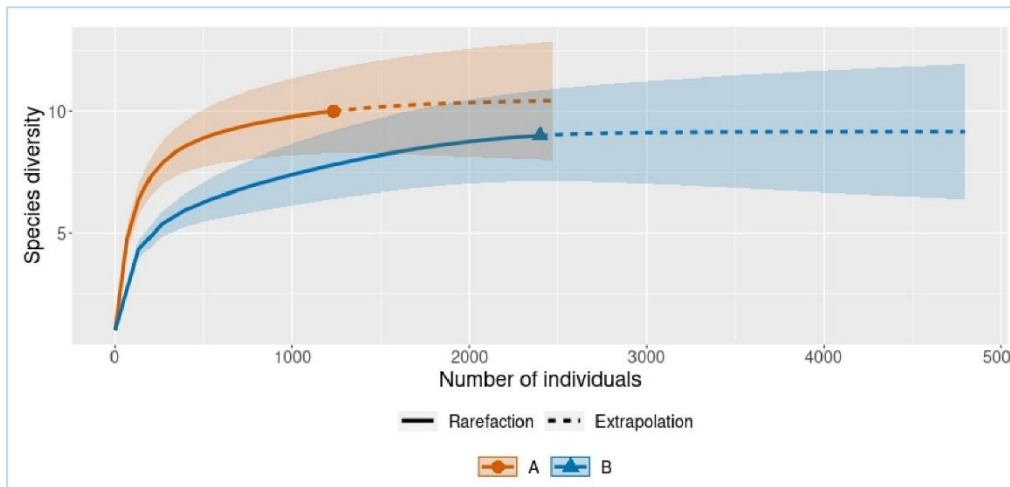


No existe diferencia significativa de la abundancia de taxones entre ambos períodos ($U = 78,0$ $p = 0,7389$), ni de la proporción de ninguno de los grupos encontrados ($z_{cal} < 1,69$). El índice de diversidad de Shannon-Wiener fue muy bajo ($H'_{Ausencia} = 0,1973$ y $H'_{Presencia} = 0,1889$), el cual no muestra diferencias estadísticas entre estos ($t_{Hutcheson} = 0,4274$ $p = 0,6691$). Se presentó un índice de similitud de Jaccard bajo, $I_J = 0,46$ y de Sorensen cualitativo $I_S = 0,63$.

Las curvas de rarefacción indicaron mayor diversidad de taxones de meiobentos los días en ausencia de usuarios, pero mayor abundancia en días de presencia de estos (Figura 5).

Figura 5

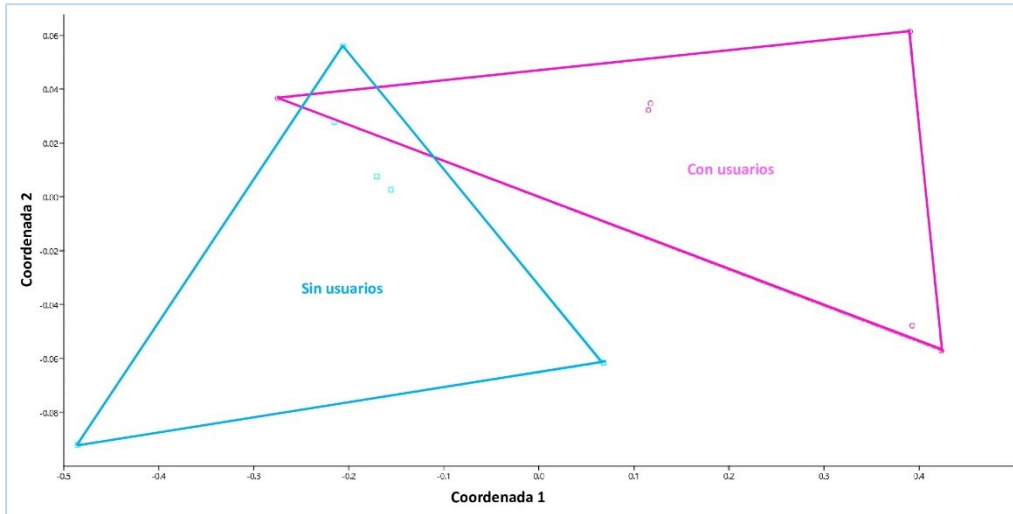
Curvas de rarefacción de los taxones del meiobentos de playa Venao, en períodos con ausencia (A) y presencia (B) de usuarios



De acuerdo a la rutina ANOSIM, existe diferencia significativa de los taxones de meiobentos en la playa entre períodos con ausencia y presencia de usuarios, con cierta similaridad o traslape ($R = 0,4056$ $p = 0,0199$), que se destaca en el análisis multidimensional no métrico (Figura 6).

Figura 6

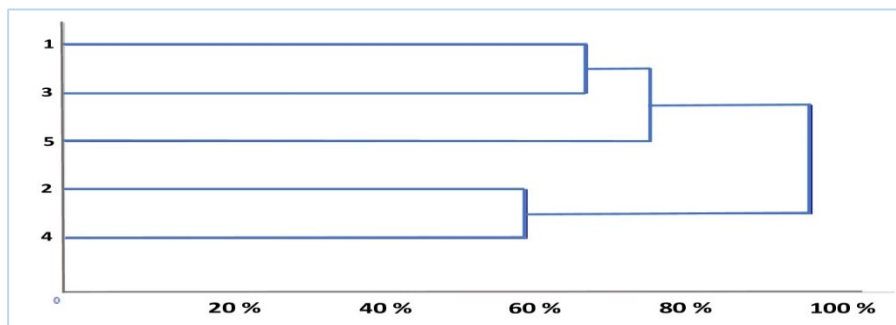
nMDS de la diversidad de meiobentos entre el período con presencia y ausencia de usuarios de la playa



En días con ausencia de usuarios la rutina ANOSIM indicó que no existe diferencia de la diversidad de taxones del meiobentos entre las cinco zonas de colecta ($R = 0,04986$ $p = 0,1653$). En días de presencia de usuarios se registró diferencias estadísticas entre estas ($R = 0,128$ $p = 0,0359$); el dendrograma entre zonas de recolecta en períodos de presencia de usuarios mostró que la 1, 3 y 5 presentan similitud entre sí, mientras que la 2 y 4 son semejantes entre ellas y diferentes de las anteriores (Figura 7).

Figura 7

Dendrograma de la similitud de taxones entre zonas de recolecta en la playa Venao en presencia de usuarios



El análisis de correlación confirmó la relación estadística significativa entre las zonas definidas como semejantes por el dendrograma (Tabla 4).

Tabla 4

p-valor de la prueba de diferencia por pares entre zonas de recolecta de meiobentos en la playa Venao en presencia de bañistas

	2	3	4	5
1	0,0244	0,1833	0,0094	0,8896
2		0,1750	0,3340	0,0410
3			0,2113	0,199
4				0,0454

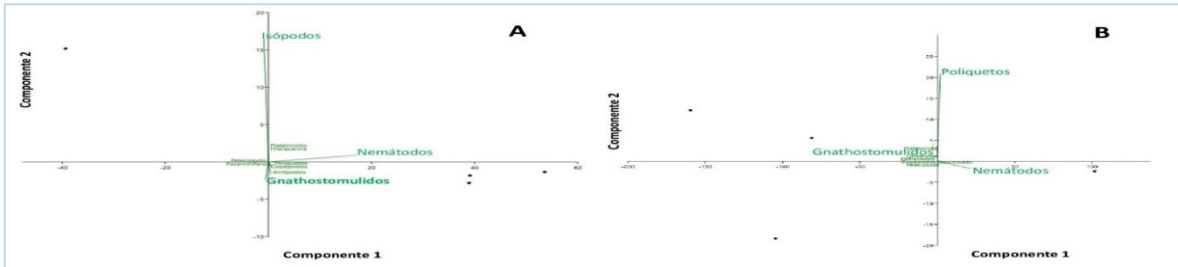
Nota: en negrita los valores estadísticamente significativos

El análisis SIMPER realizado con los datos de taxones presentes en las zonas de recolecta, que mostraron diferencias en el dendrograma y corroborado por la correlación, indicaron que entre todas las zonas los nemátodos y poliquetos ejercieron diferencia superior al 90 %, con excepción de las zonas 1 y 4 en las cuales estos grupos representan el 89 % mientras que los gnathostomulidos aportaron el 4,1 %.

El análisis de componentes principales confirma la importancia de nemátodos, poliquetos y gnathostomulidos como los responsables de la mayor variabilidad en las zonas de muestreo los días en ausencia de usuarios (Figura 8A), y de presencia de estos (Figura 8B), sin embargo, durante el período de ausencia los isópodos se presentaron como un taxón destacado que explica la variabilidad (Figura 8B).

Figura 8

Análisis PCA para determinar los taxones del meiobentos que explican la variabilidad de los datos en la playa Venao en días con ausencia (A) y presencia (B) de usuarios



4. Discusión

La riqueza y densidad de la meiofauna en la presente investigación es muy baja si la comparamos con estudios realizados en el Pacífico Oriental Tropical donde Cruz y Vargas (1987) muestran la presencia de 9 taxones en la playa lodosa de Punta Morales, Costa Rica, con densidades entre 1 171 a 4 250 ind./ 10 cm², dominada por nemátodos, foraminíferos y ostrácodos; Cruz (2002) reportó 19 taxones del meiobentos en el golfo de Guayaquil con dominancia de nemátodos, rotíferos y gastrotricos. Calles y Vincx (2011), en la playa de San Pedro de Manglaralto, Ecuador, destacan densidad de 587 ± 84 ind./10 cm², indican mayor abundancia de nemátodos, gastrotrichos y turbelarios; en la Bahía de Todos los Santos, México, Pereira et al. (2017), encontraron dominancia de cinco taxones, copepoda, oligochaeta, nematoda, amphipoda y polychaeta, con densidades que variaron entre 415 a 7 702 ind./10 cm².

En el Caribe, Liñero et al. (2013) encontraron 14 taxones en la playa arenosa San Luis, Cumaná, Venezuela, los taxones más abundantes fueron nematodos, ostrácodos y copépodos harpaticoides, con densidad de 263 ind./10cm². Pérez y López Cánovas (2006) reportan 13 taxones en el litoral norte de La Habana, Cuba, donde se destacan nemátodos, copépodos y poliquetos con densidades entre 892,12 ind./10cm² y 7 133,48 ind./10cm². La variación del número de taxones y jerarquía de estos difiere, en todos los casos y con respecto a la presente investigación debido a diferencias en la textura del sedimento, además de las características físicas relacionadas a esta (retención de humedad o

percolación del líquido intersticial, disponibilidad de materia orgánica, estabilidad térmica, etc), no obstante, por su plasticidad, los nemátodos son el grupo más abundante en todos los estudios, al igual que lo reportado en la presente investigación, la jerarquía y abundancia de los otros grupos está relacionada a las características físicas antes mencionadas que difieren entre playas.

La información de la relación de la presencia de usuarios de la playa sobre el meiobentos es escasa, sin embargo, hay estudios sobre este tema en macrobentos, por lo que asumimos que el comportamiento sobre los organismos de meiofauna es similar en ambos grupos. En el caso particular del pisoteo sobre la macrofauna, Jaramillo et al. (1996) indican, mediante un experimento de exclusión, que no hay consecuencia del movimiento de usuarios de la playa sobre el macrobentos, Vieira et al. (2012) en un estudio parecido en dos playas del sureste de Brasil, una con característica disipativa y otra intermedia, la primera mostró efecto negativo sobre: coleóptero *Bledius bonariensis*, almeja *Donax hanleyanus*, el poliqueto Ophellidae *Thoracophelia furcifera*, los isópodos *Excirelana armata*, y *Tholozodium rhombofrontalis*, el anfípodo *Phoxocephalopsis* sp; la playa con morfodinámica tipo intermedia presentó afectación sobre el anfípodo *Atlantorchestoidea brasiliensis* y el isópodo *Excirelana brasiliensis*, lo anterior indica que el resultado de la presencia humana sobre la macrofauna también depende de la morfodinámica de la playa, que define la riqueza y diversidad de macrobentos, comportamiento que podría ser comparado con el meiobentos del presente estudio.

El efecto del pisoteo sobre el meiobentos ha sido estudiado en manglares (Dye, 2006) y en ecosistemas de arrecife de coral (Sarmiento et al., 2011; Barroso et al., 2018). En playas arenosas, se investigó en la zona del mesolitoral superior (Santos et al., 2012) y en el área intermareal (Reis y Rizzo, 2019), donde se ha notado una reducción significativa de la comunidad de este grupo de invertebrados, e incluso el desaparecimiento de esta (Cavalcanti et al., 2023), por el efecto mecánico de las pisadas, entre otros.

Gheschiere et al. (2005) indican que el efecto de usuarios sobre el meiobentos no solo se restringe al pisoteo, sino a todas las actividades desarrolladas en ella y reportan que en playas del Mediterráneo sin visitantes, la densidad es de 1 999 ind./ 10cm^2 , mientras que en

playas con visitantes la densidad se reduce a la mitad, $950 \text{ ind.}/_{10\text{cm}^2}$, estas últimas presentan un aumento importante del nemátodo *Epsilonema pustulatum*. género encontrado en estudios de playas del este de la península de Azuero, Panamá (Gómez et al., 2022), en playas del nordeste brasileño en iguales condiciones (Cavalcanti et al., 2023) y reportado por Raes et al. (2008) en arrecifes de coral degradados.

La presencia de usuarios sobre la meiofauna en dos playas del estado de Goa, India, una con alta frecuencia de visitantes y otra no, en período pre-monsónico, durante marea baja, registra disminución de la densidad, de $514 \text{ ind.}/_{10 \text{ cm}^2}$ en presencia de usuarios con respecto a $1\ 222 \text{ ind.}/_{10 \text{ cm}^2}$ en ausencia de estos y se destaca el descenso de nemátodos, con apareamiento de turbelarios y aumento de poliquetos y oligoquetos, en la primera playa (Parvez y Ansari, 2020). En los casos antes descritos a diferencia de la presente investigación, la densidad aumenta en períodos con ausencia de usuarios.

La semejanza de la composición meiobentónica, en presencia de usuarios de la playa, en las zonas 2 y 4 a diferencia de las zonas 1, 3 y 5, no se puede explicar por el desarrollo del perfil de la playa, ni por las características granulométricas, las cuales muestrean semejanza entre ellas, sin embargo, se puede observar una pequeña corriente de retorno en las zonas 2 y 4.

La similitud encontrada entre estas dos últimas zonas, que se diferencia del resto, puede deberse a la hidrodinámica interna de la bahía, por la presencia de los promontorios en los extremos de esta, lo que crea en estas dos zonas una recirculación interna que se expresa por la formación de corrientes de retorno en estos dos puntos, sin embargo, Sammut et al. (2017) muestran que la granulometría está íntimamente relacionada a la forma de la costa en playas de bolsillo y en especial a las condiciones hidrodinámicas.

No se pudo establecer una relación entre la presencia del meiobentos y las características granulométricas a pesar que Vásquez-Suárez et al. (2006) y Pérez y López Canovas (2006) indican que la granulometría es una de las variables ambientales que definen las poblaciones de meiobentos en zonas intermareales. Hua et al. (2009), indican que la relación con la granulometría depende del contenido de clorofila a y de feopigmentos contenidos en el sedimento, mientras que Nascimento et al. (2019) indican que esta se debe

a la concentración de carbono y por la relación Carbono/Nitrógeno en el suelo, que está definido por la granulometría, variables no medidas en la presente investigación. Urban-Malinga (2014) afirma que existen lagunas para comprender el rol y comportamiento del meiobentos en diversos ambientes costeros.

La habilidad de los anfípodos de la macrofauna de enterrarse se debe a la evasión a la competencia intraespecífica (Vander Vorste et al., 2016) y depende del tamaño del organismo (Patel et al., 2021), no obstante, los anfípodos del meiobentos presentan una relación inversa con nemátodos, ostrácodos y directamente proporcional con turbelarios y copépodos (Olafsson, 2003) que acompañan la migración de estos grupos.

La presencia de poliquetos de la familia Glyceridae en períodos en ausencia de usuarios es contradictoria debido a que esta familia se concentra en la superficie del sedimento en períodos de hipoxia o anoxia lo que los torna vulnerables a la depredación (Nestlerode y Díaz, 1998), Aguado-Giménez et al. (2015) registran a esta familia como tolerante a ambientes aledaños a proyectos piscícolas, por el contrario, Dean (2008) señala que poliquetos de esta familia son indicadores de zonas no contaminadas.

La profundidad de la capa del potencial redox (RPD), zona de separación entre las condiciones oxidadas y reducidas del sedimento, depende de la granulometría y de la concentración de materia orgánica (Fenchel y Riedl, 1977), de la actividad de los invertebrados en su comportamiento enterrador (Rosenberg et al., 2001), en especial la mediación de estos sobre los ciclos del hierro y el manganeso, directamente vinculados a la descomposición de esta materia (Teal et al., 2009), pero también está relacionada al ciclo mareal, de tal forma que desciende y asciende de acuerdo al flujo y reflujo de la marea (Yodnarasri et al., 2006). Cuando esta capa no es valorada con base en mediciones de Eh se le denomina profundidad aparente de discontinuidad RedOx (aRPD) (Gerwing et al., 2015).

En el caso del meiobentos, este se concentra en los primeros 5 cm del sedimento y su distribución vertical está íntimamente ligada a la profundidad de esta capa y a la disponibilidad de oxígeno disuelto (Urban-Malinga, 2014), sin embargo, este patrón está unido a la sensibilidad de cada taxon a diversos factores abióticos (Kotwicki et al., 2005), bióticos o a la combinación de estos (Steyaert et al., 2001), a la disponibilidad de alimento

(Danovaro et al., 2000) y al hecho de que los organismos se concentran en la superficie para facilitar la dispersión debido a la hidrodinámica (Vieira y Fonseca, 2013).

Diferentes taxones del meioENTOS tienen la capacidad de migrar verticalmente en el sedimento, hacia los 10 cm, como los nematodos, poliquetos, oligoquetos, kinorhynchos, bivalvos y ostracodos (Pavlyuck et al., 2006), en el caso específico de los nemátodos, Long y Ross (1999) indican la habilidad de penetrar hasta 30 cm de profundidad, aun por debajo de la capa RPD, debido a la capacidad de resistencia a altas concentraciones de compuestos sulfurados (Brustolin et al., 2013), mientras que los isópodos migran verticalmente debido al efecto hidrodinámico de las olas (Warman et al., 1991).

La dinámica anteriormente descrita evidencia la complejidad de las relaciones ambientales con respecto a la abundancia, diversidad y distribución del meioENTOS, además del efecto que puedan sufrir estos organismos por el pisoteo humano.

5. Conclusiones

La abundancia, densidad y riqueza de taxones del meioENTOS en la playa Venao, Panamá mostró valores inferiores si comparado con otras playas arenosas tropicales.

En períodos de presencia de usuarios de la playa, se observó aumento de la abundancia del meioENTOS, no obstante, hubo sustitución de los principales taxones con respecto al período en ausencia de estos, a excepción de los nemátodos que se constituye en el grupo dominante en ambos períodos, por lo que se observó diferencias de diversidad entre ambos períodos.

No hubo relación del meioENTOS con la granulometría, ni con el perfil de la playa, sin embargo, la acción hidrodinámica parece tener un efecto diferente en las zonas contiguas a los extremos de la playa, en períodos de presencia de usuarios, por lo que se evidencia interacción entre estas características.

Referencias bibliográficas

- Aguado-Giménez, F., Gairín, J.I., Martínez-García, F., Fernández-González, V., Ballester-Moltó, M., Cerezo-Valverde, J. y Sánchez-Jeréz, P. (2015). Application of taxocene surrogation and taxonomic sufficiency concepts to fish farming environmental monitoring. Comparison of BOPA index versus polychaete assemblage structure. *Mar. Env. Res.*, 103, 27-35. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2014.10.006>
- Alvarado, E. y Goti, I. (2019). Foraminíferos de concha suave en la zona intermareal de playas arenosas del sureste de Azuero, Panamá. *Visión Antataura*, 3(1), 24-38. <https://revistas.up.ac.pa/index.php/antataura/article/view/499>
- Armenteros, M., Regadera, R., Vincx, M. y Decraemer, W. (2009). Effects of chronic and heavy pollution on macro- and meiobenthos of Havana Bay, Cuba. *Rev. Inv. Mar.*, 30, 203-214. https://www.researchgate.net/publication/228769361_Effects_of_chronic_and_heavy_pollution_on_macro-and_meiobenthos_of_Havana_Bay_Cuba
- Ayres, M., Ayres Jr., M., Ayres, D.L. y dos Santos, A.A.S. (2007). *BioEstat. Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas*. Instituto de Desenvolvimento Mamirauá.
- Balsamo, M., Semprucci, F., Frontalini, F. y Coccioni, R. (2010). Meiofauna as a tool for marine ecosystem biomonitoring. *Marine Ecosystems, inTech*. 77-104. <https://doi.org/10.5772/34423>
- Barroso, M.S., da Silva, B.J. y Montes, M.J.F. (2018). Anthropogenic impacts on coral reef harpacticoid copepods. *Diversity*, (10)2, 32. <https://doi.org/10.3390/d10020032>
- Bowman, D., Rosas, V. y Pranzini, E. (2014). Pocket beaches of Elba Island (Italy) – Planview geometry, depth of closure and sediment dispersal. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 138, 37-46. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2013.12.005>
- Brustoli, M.C., Thomas, M.C. y Lana, P.C. (2013). A functional and morphological approach to evaluate the vertical migration of estuarine intertidal nematodes during a tidal cycle. *Helgol. Mar. Res.*, 67, 83-96. <https://doi.org/10.1007/s10152-012-0306-3>
- Bulnes, V.N., Menechella, A.G., Rucci, K.A. y Sciberras, M. (2021). *The intertidal meiobenthos of the Bahía Blanca estuary*. En Fiore, S. y Pratalongo, P.D. (eds.). *The Bahía Blanca estuary, ecology and biodiversity*. Springer, 153-178. https://doi.org/10.1007/978-3-030-66486-2_7
- Calles, A. y Vincx, D.M. (2011). Variación temporal de las comunidades de la meiofauna en una playa del Ecuador. *Rev. Tec. ESPOL*, 24, 27-32. <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/78/41>

- Camargo, M.G. (2006). Sysgran: um sistema de código aberto para análises granulométricas do sedimento. *Rev. Bras. Geoc.*, 36(2), 317-378. https://www.researchgate.net/profile/Mauricio-Camargo-2/publication/283550124_SysGran_um_sistema_de_codigo_aberto_para_analises_granulometricas_do_sedimento/links/645
- Cavalcanti, M.F., Chaddad, P.A.S., Santos, E. y Guilherme, B.C. (2023). Structure of meiofauna communities in an urban tropical Sandy beach in Pernambuco, Brazil. *Cienc. Mar.*, 47, e3294. <https://doi.org/10.7773/cm.y2023.3294>
- Chao, A., Ma, K. y Hsieh, T.C. (2016). User's guide for iNEXT online: Software for interpolation and Extrapolation of species diversity." *Code 30043*, 1-14. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.25777279200>
- Clarke, K.R. (1993). Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Austr. J. Ecol.*, 18, 173-143. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x>
- Corral I., Gómez-Gras, D., Griera, A., Corbella, M. y Cardellach, E. (2013). Sedimentation and volcanism in the Panamanian cretaceous intra-oceanic arc and fore-arc: new insights from the Azuero Peninsula (SW Panama). *Bull. Soc. Geol.*, 184:35-45. <https://doi.org/10.2113/gssgfbull.184.1-2.35>
- Cruz, M. (2002). Meiofauna del golfo de Guayaquil, Ecuador (Río Guayas, canal Cascajal y estero Salado), obtenida en abril de 1997. *Acta Oceanogr. Pacif.*, 11(1), 137-146. <http://hdl.handle.net/1834/2308>
- Cruz, E. y Vargas, J.A. (1987). Abundancia y distribución vertical de la meiofauna en la playa fangosa de Punta Morales, Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 32(2): 363-367. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/24192/24307>
- Danovaro, R., Tselepides, A., Otegui, A. y Della Croce, N. (2000). Dynamics of meiofaunal assemblages on the continental shelf and deep-sea sediments of the Cretan Sea (NE Mediterranean): relationships with seasonal changes in food supply. *Prog. Oceanogr.*, 46, 367-400. [https://doi.org/10.1016/S0079-6611\(00\)00026-4](https://doi.org/10.1016/S0079-6611(00)00026-4)
- Dean, H.K. (2008). The use of polychaetes (Annelida) as indicator species of marine pollution: a review. *Rev. Biol. Trop.*, 56(Suppl.4), 11-38. <https://doi.org/10.15517/rbt.v56i4.27162>
- Dye, A.H. (2006). Persistent effects of physical disturbance on meiobenthos in mangrove sediments. *Mar. Env. Res.*, 62, 341-355. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2006.05.003>

- Emery, K.O. (1961). A simple method of measuring beach profiling. *Limnol. Oceanogr.* 6(1), 90-93. <https://doi.org/10.4319/lo.1961.6.1.0090>
- Fenchel, T.M. y Riedel, R.J. (1977). The sulfide system: a new biotic community underneath the oxidized layer of marine sand bottoms. *Mar. Biol.*, 7, 255-268. <https://doi.org/10.1007/BF00367496>
- Gerwing, T.G., Allen Gerwing, A.M., Hamilton, D.J. y Barbeau, A.B. (2015). Apparent redox potential discontinuity (aRPD) depth as a relative measure of sediment oxygen content and habitat quality. *Int. J. Sed. Res.*, 30, 74-80. [https://doi.org/10.1016/S1001-6279\(15\)60008-7](https://doi.org/10.1016/S1001-6279(15)60008-7)
- Gheskiere, T., Vincx, M., Weslawski, J.M., Scapini, F y Degraer, S. (2005). Meiofauna as descriptor of tourism-induced changes at sandy beaches. *Mar. Env. Res.*, 60, 245-265. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2004.10.006>
- Gier, O. (2009). *Meiobenthology. The microscopic motile fauna of aquatic sediment*. Springer.
- Gómez H., J.A., Baumar, M. y Goti, I. (2022). Características morfodinámicas y procesos erosivos en dos playas arenosas de Panamá y su relación con el meiobentos. *Bol. Inst. Oceanog. Venez.*, 61(1), 79-102. <https://www.researchgate.net/publication/366758978>
- González, L. (2009). *Descripción de la distribución de grupos zooplanctónicos en el sur de Azuero, República de Panamá*. [Tesis de maestría, Universidad de Panamá]. <https://core.ac.uk/download/pdf/228854425.pdf>
- Guzman, H.M., Obando, V.L. y Cortés, J. (1987). Meiofauna associated with a Pacific coral reef in Costa Rica. *Coral Reefs*, 6, 107-112. <https://doi.org/10.1007/BF00301379>
- Hammer, Ø, Harper, D.A.T., y Ryan, P.D. (2001). Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electrónica*, 4(1), 9pp. https://palaeo-electronica.org/2001_1/past/past.pdf
- Hua, E., Zhang, Z. y Zhang, Y. (2009.) Environmental factors affecting nematode community structure in the Changjiang estuary and its adjacent waters. *J. mar. Biol. Assoc. U.K.*, 89(1), 109-117. <https://doi.org/10.1017/S0025315408002361>
- Hua, E., Zhang, Z., Zhou, H., Mu, F., Li, J. Zhang, T., Cong, B. y Liu, Xiaoshou. (2016). Meiofauna distribution in intertidal sandy beaches along China shoreline (18° - 40° N). *J. Ocean Univ. China.*, 15, 19-27. <https://doi.org/10.1007/s11802-016-2740-3>

- Jaramillo, E., Contreras, H. y Quijon, N.P. (1996). Macrofauna and human disturbance in a sandy beach of south-central Chile. *Rev. Chil. Hist. Nat.*, 69, 655-663. <https://www.semanticscholar.org/paper/Macroinfauna-and-human-disturbance-in-a-sandy-beach-Jaramillo-Contreras/f35febab52bdfeab6dbb6a76d9af98135a9ce9d7>
- Kim, D., Je, J.G. y Lee, J.H. (2000). The community structure and spatial distribution of meiobenthos in the Kanghwa tidal flat, west coast of Korea. *Ocean Research*, 22(1), 15-23. <https://koreascience.kr/article/JAKO200012242746898.page>
- Kotwicki, L., De Troch, M., Urban-Malinga, B., Gheskiere, T. y Weslawski, J.M. (2005). Horizontal and vertical distribution on sandy beaches of the North Sea (The Netherlands, Belgium, France). *Helgol. Mar. Res.*, 59, 255-264. <https://doi.org/10.1007/s10152-005-0001-8>
- Leasi, F., Sevigny, J.L., Laflamme, E.M., Artois, T., Curini-Galletti, M., Navarrete, A.J., Di Domenico, M., Goetz, F., Hall, J.A., Hochberg, R., Jörger, K.M, Jondelius, U., Todaro, M.A., Wirshing, H.H., Norenburg, J.L. y Thomas, W.K. (2018). Biodiversity estimates and ecological interpretations of meiofaunal communities are biased by the taxonomic approach. *Comm. Biol.*, 1(1), 1-12. <https://doi.org/10.1038/s42003-018-0119-2>
- Liñero Arana, I., Ojeda, O. y Amaro, M.E. (2013). Variación espacio-temporal de la meiofauna submareal en una playa arenosa nororiental de Venezuela. *Rev. Biol. Trop.*, 61(1), 59-73. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44925650031>
- Long, S.M. y Ross, O.B.H. (1999). Vertical distribution of nematodes (Nematoda) and harpacticoid copepods (Copepoda: Harpacticoida) in muddy and sandy bottom of intertidal zone at Lok Sawi, Sabah, Malaysia. *The Raffles Bul. Zool.*, 47(2), 349-363. <https://www.researchgate.net/publication/280939764>
- Morad, T.Y., Dubinsky, Z. y Iluz, D. (2017.) Meiobenthos assemblages as bioindicators for coastal pollution assessment. *Open J. Mar. Sci.*, 7, 409-423. <https://doi.org/10.4236/ojms.2017.73028>
- Nascimento, F.J.A., Dahl, M., Deyanova, D., Lyimo, L.D., Bik, H.M., Shuelke, T., Pereira, T.J., Bjork, M, Cree, S. y Gullstrom, M. (2019). Above-below Surface interacciones mediate effects of seagrass disturbance on meiobenthic diversity, nematode and polychaete trophic structure. *Communications Biology*, 2:362. <https://doi.org/10.1038/s42003-019-0610-4>
- Nestlerode, J.A. y Díaz, R.J. (1998). Effects of periodic environmental hypoxia on predation of a tethered polychaete, *Glycera americana*: implications for trophic dynamics. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 172, 185-195. <https://core.ac.uk/download/pdf/235398909.pdf>

- Olafsson, E. (2003). Do macrofauna structure meiofauna assemblages in marine soft-bottoms? *Vie Millieu*, 54(3), 249-265. <https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-03205296v1/preview/534-11-olafsson.pdf>
- Parvez Al-U, S.M. y Ansari Z.A. 2020. Meiofaunal Adaptation to Environmental Variability and Human Trampling of Tropical Sandy Beaches at Goa, India. *Oceanogr Fish Open Access J.*, 13(1): 555851. <https://doi.org/10.19080/OFOAJ.2020.13.555851>
- Patel, C., Vadher, A.N., Mathers, K.L., Dwyer, C. y Wood, P.J. (2021). Body size affects the vertical movement of benthic amphipods through subsurface sediments in response to drying. *Hydrobiologia*, 848, 1015-1025. <https://doi.org/10.1007/s10750-020-04500-x>
- Pavlyuk, O.N. y Trebukhova, J.A., (2006). Meiobenthos in Nha Trang bay of the South China Sea (Vietnam). *Ocean Sci. J.*, 41(23), 139-148. <https://doi.org/10.1007/BF03022419>
- Pereira, T.J., Gingold, R., Morelos Villegas, A.D. y Rocha-Olivares, A. (2017). Patterns of spatial variation of meiofauna in sandy beaches of Northwestern Mexico with contrasting levels of disturbance. *Thalassas, Int. J. Mar. Sci.*, 34, 53-63. <https://doi.org/10.1007/s41208-017-0038-x>
- Pérez, H.A. y López Cánovas, C. (2006). Distribución espacio-temporal de la meiofauna béntica en cuatro playas del Litoral Norte de la Habana. *Rev. Biol. Trop.*, 54(3), 985-995. <https://doi.org/10.15517/rbt.v54i3.14078>
- Pinzón, A.Y., Trejos, M.M., Carrera, M., Frías, E.A. y Goti, I. (2019). Meiobentos como indicador alternativo de contaminación de playas. *Revista JIC*, 5(1), 65-69. <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v5.0.2372>
- Raes, M., Decraemer, W. y Vanreusel, A. (2008). Walking with worms. coral-associated epifaunal nematodes. *J. Biogeogr.*, 35, 2207-2222. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2008.01945.x>
- Rombouts, I., Beaugrand, G., Atigas, L.F., Dauvin, J.C., Gevaert, F., Goberville, E., Kopp, D., Lefebvre, S., Luczack, C., Spilmont, N., Travers-Trolet, M., Villanueva, M.C. y Kirby, R.R. (2013). Evaluating marine ecosystem health: case studies of indicators using direct observations and modelling methods. *Ecol. Ind.*, 24, 353-365. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.07.001>
- Reis, R.S. y Rizzo, A.E. (2019). Human trampling effect on benthic of sandy beaches with different intensities of use in Rio de Janeiro, Brazil. *Oec. Aust.*, 23(1), 28-38. <https://doi.org/10.4257/oeco.2019.2301.03>

- Rosenberg, R., Nilsson, H.C. y Díaz, R.J. (2001). Response of benthic fauna and changing sediment redox profiles over a hypoxic gradient. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 53, 343-350. <https://doi.org/10.1006/ecss.2001.0810>
- Sammut, S., Gauci, r., Drago, A., Gauci, A. y Azzopardi, J. (2017). Pocket beach sediment : A field investigation of the geodynamic processes of coarse-clastic beaches on the Maltese Islands (Central Mediterranean). *Mar. Geol.*, 387, 58-73. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2017.02.011>
- Santos, T.M.T., Petracco, M. y Venekey, V. (2021). Recreational activities trigger changes in meiofaunal and free-living nematodes on Amazonian macrotidal sandy beaches. *Mar. Env. Res.*, 167, 105289. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2021.105289>
- Sarmiento, V.C., Barreto, A.F.S y Santos, P.J.P. (2011). The response of meiofauna to human trampling on coral reefs. *Scientia Marina*, 75(3), 559-570. <https://doi.org/10.3989/scimar.2011.75n3559>
- Schmidt-Rhaesa, A. (2020). *Guide to the identification of marine meiofauna*. Verlag Dr. Friedrich Pfeil.
- Semprucci, F., Frontalini, F., Sbrocca, C., Arminot du Châtelet, E., Bout-Boymazeilles, V., Coccioni, R. y Balsamo, M. (2015). Meiobenthos and free-living nematodes as tools for biomonitoring environments affected by riverine impact. *Environ. Monit. Assess.*, 187(5), 1-19. <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4493-7>
- Steyaert, M., Herman, P.M.J., Moens, T., Widdows, J. y Vincx, M. (2001). Tidal migration of nematodes on an estuarine tidal flat (the Melonplaat, Schelde estuary, SW Netherlands). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 224, 299-304. <https://doi.org/10.3354/meps224299>
- Sugio, K. (1973). *Introdução à Sedimentologia*. Ed. Blücher/Ed.USP.
- Teal L., Parker R., Fones G., y Solan M. (2009). Simultaneous determination of in situ vertical transitions of color, pore-water metals, and visualization of infaunal activity in marine sediments. *Limnology and Oceanography*, 54(5), 1801–1810. <https://doi.org/10.4319/lo.2009.54.5.1801>
- Urban-Malinga, B. (2014). *Meiobenthos in marine coastal sediments*. En Martini, I.P. y Wanless, H.R. (eds). *Sedimentary Coastal Zones from High to Low Latitudes: Similarities and Differences*. *Geological Society, London, Special Publications*, 388, 59–78. <https://doi.org/10.1144/sp388.9>

- Vander Vorste, R., Mermillod-blondin, F, Hervant, R, Mons, R. y Datry, T. (2016). *Gammarus pulex* (Crustacea: Amphipoda) avoids increasing water temperature and intraspecific competition through vertical migration into the hyporheic zone: a mesocosm experiment. *Aquat. Sci.*, 79, 45-55. <https://doi.org/10.1007/s00027-016-0478-z>
- Vásquez-Suárez, A., González, M., Díaz, O. y Liñero Arana, I. (2006). Variación temporal de la meiofauna en sedimentos del sistema lagunar “Laguna de Raya”, estado Nueva Esparta, Venezuela. *Interciencia*, 35(2), 144-150. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33913150012.pdf>
- Vieira. J.V., Borzone, C.A., Lorenzi, L. y Carvalho, F.G. (2012). Human impact on benthic macrofauna of two beach environments with different morphometric characteristics in southern Brazil. *Braz. J. Oceanogr.*, 60, 135-148. <https://doi.org/10.1590/S1679-87592012000200004>
- Vieira, D.C. y Fonseca, G. (2013). The importance of vertical and horizontal dimensions of the sediment matrix in structuring nematodes across spatial scales. *PLoS ONE* 8(10): e77704, 1-10. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0077704>
- Walters, K. (1988). Diel vertical migration of sediment-associated meiofauna in subtropical sand and seagrass habitats. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 117, 169-186. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(88\)90224-9](https://doi.org/10.1016/0022-0981(88)90224-9)
- Warman, C.G., O’Hare, T.J. y Naylor, E. (1991). Vertical swimming in wave-induced currents as a control mechanism of intertidal migration by a sand-beach isopod. *Mar. Biol.*, 111, 49-54. <https://doi.org/10.1007/BF01986345>
- Yanko-Hombach, V., Kadurin, S.V., Kravchuk, A.O. y Kulakova, I.I. (2017). *Meiobenthos as an indicator of gaseous hydrocarbon reservoirs under floor of the black sea*. Joint Plenary Conference and Field Trip of IGPC 610 AND INQUA IFG POCAS, 224-229. <https://doi.org/10.15407/gpimo2017.02.026>
- Yodnarasri, S., Tada, K. y Montani, S. (2006). Temporal of the environmental conditions of the sediment and abundance of the nematode community in the subtidal sediment near a river mouth with tidal flats. *Plank. Bent. Res.*, 1(2), 109-116. <https://doi.org/10.3800/pbr.1.109>
- Yousuf, A.H.M. y Hossen, I. (2020). Identification of major taxa of meiobenthos in Hatiya coast of the Bay of Bengal: spatio-temporal abundance. *J. Oceanogr. Mar. Env. Syst.*, 4(1), 1-13. <https://doi.org/10.5829/idosi.jomes.2020.01.13>

Insectos con potencial en el reciclaje de basura orgánica en Panamá

Insects with potential in the recycling of organic waste in Panama

Randy Atencio-Valdespino¹, Abby Guerra-Moreno², Pablo Montero-Prado³

¹ Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá, Centro de Innovación Agropecuaria de Divisa, Panamá;
randy.atencio@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-8325-9573>

² Compañía Azucarera La Estrella S.A. (CALESA), Laboratorio de Biotecnología, Panamá;
abby.guerra@grupocalesa.com; <https://orcid.org/0000-0001-8854-5926>

³ Universidad Tecnológica de Panamá, Centro de Innovación y Transferencia Tecnológica, Panamá;
pablo.montero@utp.ac.pa; <https://orcid.org/0000-0002-1471-2741>

Fecha de recepción: 26 de agosto de 2023

Fecha de aceptación: 1 de noviembre de 2023

DOI <https://doi.org/10.48204/j.vian.v7n2.a4565>

Resumen: La generación de basura en Panamá, incluidos los desechos orgánicos, representa un grave impacto sobre la sanidad pública, sin dejar de lado las considerables afectaciones medioambientales. Esta problemática requiere la realización de ingentes esfuerzos para contrarrestar los efectos nocivos causados. Actualmente, se llevan a cabo diferentes alternativas convencionales para la reducción y eliminación de los diferentes materiales contaminantes, especialmente sobre la utilización de desperdicios orgánicos. El objetivo de este artículo fue identificar las principales especies de insectos con potencial para ser utilizados en el reciclaje de residuos orgánicos en Panamá. Se realizó una compilación de documentación dentro de los motores de búsquedas asociados a la temática en documentación publicada de 1992 a 2023 en idioma español e inglés. A partir de dicha información se estableció un listado de las 20 principales especies de insectos que pueden contribuir al reciclaje de basura orgánica a nivel mundial. De estos insectos, existen dos especies que tienen mayor potencial de ser multiplicadas en Panamá que incluyen la mosca soldado negra (*Hermetia illucens* L. [Diptera: Stratiomyidae]) y el gusano de la harina (*Tenebrio molitor* L. [Coleoptera: Tenebrionidae]). La utilización de estos insectos puede contribuir a nivel nacional en el procesamiento y respectivo reciclaje de basura orgánica proveniente de restaurantes, residencias, mercados públicos y de cosechas con el fin de transformarlas en fertilizante orgánico y proteína para consumo humano o animal.

Palabras clave: basura orgánica, fertilizante orgánico, insectos, proteína, reciclaje.

Abstract: The generation of garbage in Panama, including organic waste, represents a serious impact on public health, without neglecting the considerable environmental effects. This problem requires the realization of enormous efforts to counteract the harmful effects caused. Currently, different conventional alternatives are carried out for the reduction and elimination of the different polluting materials, especially on the use of organic waste. The objective of this article was to identify the main insect species with the potential to be used in the recycling of organic waste in Panama. A compilation of documentation was carried out within the search engines associated with the topic in documentation published from 1992 to 2023 in Spanish and English. Based on this information, a list of the 20 main insect species that can contribute to the recycling of organic waste worldwide was established. Of these insects, there are two that have the greatest potential to be multiplied in Panama, which include the black soldier fly (*Hermetia illucens* L. [Diptera: Stratiomyidae]) and

the worm flour (*Tenebrio molitor* L. [Coleoptera: Tenebrionidae]). The use of these insects can contribute at a national level to the processing and recycling of organic waste from restaurants, residences, public markets, and crops in order to transform them into organic fertilizer and protein for human or animal consumption.

Keywords: Insectos, organics fertilizer, organic waste, protein, recycling.

1. Introducción

Actualmente, a nivel mundial, se generan considerables cantidades de residuos sólidos urbanos. Se estima que para el año 2050, se producirán aproximadamente 3.4 billones de toneladas métricas de desechos (Statista, 2023). Esta generación desmedida de basura contribuye en un aumento significativo y descontrolado de la contaminación ambiental, impactando al cambio climático, desarrollo de los ecosistemas y finalmente, en la salud de la población. Panamá, no escapa de esta problemática, partiendo del hecho que la basura es todo lo que se descarta luego de haber cumplido su función y que se necesita ser eliminada; pero la misma podría ser aprovechada (Galway et al., 2006).

Se estima que en Panamá se generan 4,372.72 t/día de desechos, de los cuales el 57.8% (2,527.43 t/día) son recolectados para ser trasladados a los 60 vertederos y 2 rellenos habilitados actualmente en los 81 municipios del país. El resto, que constituye aproximadamente 1,845.29 t/día no disponen de manera adecuada, terminando en terrenos baldíos, ríos, quebradas y finalmente, llegan al mar, constituyendo un serio problema medioambiental y para la salud pública en Panamá (Autoridad de Aseo Urbano y Domiciliario de Panamá, 2021).

La basura es inicialmente clasificada como inorgánica, orgánica y desechos peligrosos. Sin embargo, de forma más detallada, se estima que la basura generada en Panamá se divide principalmente en desechos orgánicos (45%), papeles (26%), plásticos (12%), vidrios (8%), metales (5%) y otros (4%), por lo que la búsqueda de alternativas para reciclar estos desechos y que no terminen en sistemas ecológicos de vida y en efectos directos sobre la salud humana, se vuelve más que fundamental (Galway et al., 2006).

En el caso de la materia orgánica, se hace imperativo la creación de un plan de gestión integral del manejo de estos a nivel municipal y provincial que integre tecnología, plantas de segregación (recuperación de materiales reciclables), logística, planes de educación y sensibilización (Autoridad de Aseo Urbano y Domiciliario de Panamá, 2021).

Entre los grandes desafíos planteados debido al aumento de la población mundial, se incluye el manejo adecuado y reciclaje de los materiales de desecho, por el impacto ambiental y sobre la salud humana. Al mismo tiempo, se requiere considerar la gestión dentro de vertederos, clasificación de la basura, compostaje, entre otras técnicas de recuperación y degradación como el uso insectos y otros organismos para la biodegradación de materiales orgánicos, herramienta que está adquiriendo relevancia en los últimos años (Adhikari et al., 2021).

Se estima que la producción agrícola e industrial de alimentos, generará entre 145 y 602 gigatoneladas de desechos orgánicos al año para el año 2030, lo que supone para una población 359.4 millones un promedio de 4.5 kg por día por persona (Fowles y Nansen, 2019).

Estos desechos orgánicos incluyen tallos, hojas, cáscaras, semillas, pieles, pulpas, migajas, aceites desechados, maderas, fibras, entre otros que se eliminan en vertederos y otros que se transforman en contaminantes ambientales que generan emisiones de gases de efecto invernadero (Fowles y Nansen, 2019).

En la búsqueda por resolver las problemáticas provenientes de los desechos orgánicos, se han utilizado múltiples técnicas para la bioconversión de estos, siendo las técnicas que utilizan insectos, para el procesamiento de los residuos generados, una de las más importantes y destacadas (Fowles y Nansen, 2019).

La bioconversión de los desechos orgánicos basada en insectos involucra la descomposición controlada de desperdicios orgánicos, biomasa de insectos, excrementos, exoesqueletos de muda y secciones de insectos muertos (Fowles y Nansen, 2020).

Entre las características ideales adaptables a un modelo de negocio sostenible que deben presentar los insectos con potencialidad de bioconversión destacan la polífaga, adaptabilidad, alta tasa de consumo, rápido desarrollo, alta fecundidad, facilidad para la manipulación, tolerancia al calor, alto valor nutricional, capacidad para de secuestrar toxinas y consumir lignina (Fowles y Nansen, 2019; Fowles y Nansen, 2020).

La utilización de insectos dentro de un plan de economía circular aplicado a la conversión de la basura brindaría la posibilidad de generar un valor añadido a partir de los desechos orgánicos (Lalander y Vinnerås, 2022).

Desde hace más de 100 años las larvas de moscas (Diptera) de especies tales como la mosca doméstica (*Musca domestica* L.) y la mosca soldado negra (*Hermetia illucens* L.) se han utilizado a nivel de laboratorio y campo para la biodegradación de desechos orgánicos tales como estiércol, lodos fecales, desechos municipales, restos de comida, desechos orgánicos de restaurantes y mercados (Čičková et al., 2015). El objetivo de este artículo fue identificar las principales especies de insectos con potencial para ser utilizados en el reciclaje de residuos orgánicos en Panamá.

2. Materiales y métodos

Este estudio es una investigación de nivel exploratorio, de enfoque cualitativo y utiliza la técnica de investigación documental y análisis descriptivo para la redacción del documento.

Para ejecutar el estudio se utilizó como criterio de exclusión que la información tratará sobre insectos asociados al reciclaje de basura orgánica, estableciendo como parámetros para seleccionar los artículos la relevancia a la temática y año de publicación dentro del intervalo de tiempo de 1992 a 2023.

La información publicada en español e inglés dentro del motor de búsqueda de Google Scholar y las bases de datos de referencias bibliográficas Web of Science y Scopus. De los 320 primeros artículos generados asociados directamente a la temática, fueron seleccionadas 35 referencias bibliográficas para el presente estudio.

3. Resultados

A partir de la revisión realizada, se determinó las 20 especies más importantes de insectos con potencial para reciclar basura orgánica a nivel mundial (Tabla 1).

Se determinaron cuatro órdenes que presentan la mayor diversidad de especies asociadas a la descomposición y posterior reciclaje de basura orgánica que incluyen Orthoptera (9), Diptera (8), Coleoptera (2) y Lepidoptera (1) (Figura 1).

Se determinaron 13 familias que representan la mayor diversidad de especies reportadas asociadas a la descomposición y posterior reciclaje de basura orgánica que incluyen principalmente Acrididae (Orthoptera) (3), Gryllidae (Orthoptera) (3), Muscidae (Diptera) (3) y Tenebrionidae (Coleoptera) (2) (Figura 2).

Todas estas especies están asociadas a la descomposición y procesamiento de basura orgánica proveniente de desechos de restaurantes, residenciales, agricultura y la industria para transformarla en biomasa destinada a diversos usos que incluyen proteína para uso humano y animal, así como la generación de fertilizantes orgánicos (Tabla 1).

Tabla 1*Ejemplos de insectos con potencial de ser utilizados en el procesamiento de basura*

Nombre científico	Nombre común	Basura orgánica para procesar	Productos obtenidos	País de uso	Referencias
<i>Acheta domestica</i> (L.) (Orthoptera: Gryllidae)	Grillo	Subproductos de consumo local (Desechos de alimentación)	Biomasa	Indonesia, Hungría	Fuah et al., 2015; Harsányi et al., 2020
<i>Acrida cinerea</i> (Thunberg) (Orthoptera: Acrididae)	Saltamontes chino	Biomasa de plantas	Biomasa	China	Wang et al., 2007
<i>Cydia pomonella</i> L.(Lepidoptera: Tortricidae)	Polilla del manzano	Lodos de aguas residuales de almidón y queso	Biomasa	Canadá	Fowles y Nansen, 2019
<i>Desmometopa</i> sp, (Diptera: Milichiidae)	Mosca	Materia orgánica en descomposición	Biomasa	Colombia	Morales y Wolff, 2010.
<i>Drosophila</i> sp. (Diptera: Drosophilidae)	Moscas de la fruta	Materia orgánica en descomposición	Biomasa	Colombia	Morales y Wolff, 2010
<i>Fannia canicularis</i> (L.) (Diptera: Fanniidae)	Mosca doméstica menor	Materia orgánica en descomposición	Biomasa	Colombia	Morales y Wolff, 2010
<i>Gryllus testaceus</i> Walker (Orthoptera: Gryllidae)	Grillo	Biomasa de plantas	Biomasa	China	Wang et al., 2004; Adhikari et al., 2021
<i>Hermetia illucens</i> L.(Diptera: Stratiomyidae)	Mosca soldado negra	Residuos de comida de restaurante, residuos vegetales como granos, tubérculos, musáceas, frutas (cáscaras y pulpas), así como rastrojos de cosecha (tallos, hojas, etc.) de cultivos varios.	Biomasa	China, Gana, Indonesia, El Salvador, Canadá, Estados Unidos de América, Suiza	Čičková et al., 2015; Fowles y Nansen, 2019; Peguero et al., 2022
<i>Musca domestica</i> L. (Diptera: Muscidae)	Mosca doméstica	Residuos de comida de restaurante, residuos de vegetales y de cosecha	Biomasa	China	Čičková et al., 2015; Fowles y Nansen, 2019
<i>Ophyra aenescens</i> (Wiedemann) (Diptera: Muscidae)	Mosca negra	Materia orgánica en descomposición	Biomasa	Colombia	Morales y Wolff, 2010
<i>Ornidia obesa</i> (F.) (Diptera; Syrphidae)	Mosca joya verde	Materia orgánica en descomposición	Biomasa	Colombia	Morales y Wolff, 2010
<i>Oxya fuscovittata</i> (Marschall) (Orthoptera: Acrididae)	Saltamontes	Biomasa de plantas	Biomasa	India	Haldar et al., 1999
<i>Oxya hyla hyla</i> Serville (Orthoptera: Acrididae)	Saltamontes de cuernos cortos	Residuos de cultivos y plantas silvestres, además de subproductos de frutales e industria alimenticia	Biomasa	India	Gosh et al., 2016
<i>Ruspolia differens</i> (Serville) (Orthoptera: Tettigoniidae)	saltamontes de cuernos largos	Biomasa de plantas	Biomasa	Uganda	Ssepuyya et al., 2019; Adhikari et al., 2021
<i>Schistocerca gregaria</i> Forsskål (Orthoptera: Acrididae)	Langosta del desierto	Biomasa de plantas	Biomasa	Sudan	Mariod, 2020
<i>Stomoxys calcitrans</i> (L.) (Diptera: Muscidae)	Mosca de los establos	Materia orgánica en descomposición – Estiércol de animales de cría	Biomasa	Colombia	Morales y Wolff, 2010
<i>Teleogryllus mitratus</i> (Burmeister) (Orthoptera: Gryllidae)	Grillo	Malezas y subproductos de la industria alimenticia	Biomasa	Camboya	Miech et al., 2016
<i>Teleogryllus testaceus</i> (Walker) (Orthoptera: Gryllidae)	Grillos de campo camboyanos	Residuos de materia orgánica vegetal	Biomasa	Camboya	Fowles y Nansen, 2019
<i>Tenebrio molitor</i> L. (Coleoptera: Tenebrionidae)	Gusano de la harina	Residuos de materia orgánica vegetal	Biomasa	China	Fowles y Nansen, 2019; Harsányi et al., 2020
<i>Zophobas morio</i> F. (Coleoptera: Tenebrionidae)	Zofobas	Biomasa de plantas y estiércol	Biomasa	Grecia y Hungría	Harsányi et al., 2020; Rumbos y Athanassiou, 2021.

Figura 1

Cantidad de especies de insectos por orden con potencial de ser utilizados en el procesamiento de basura

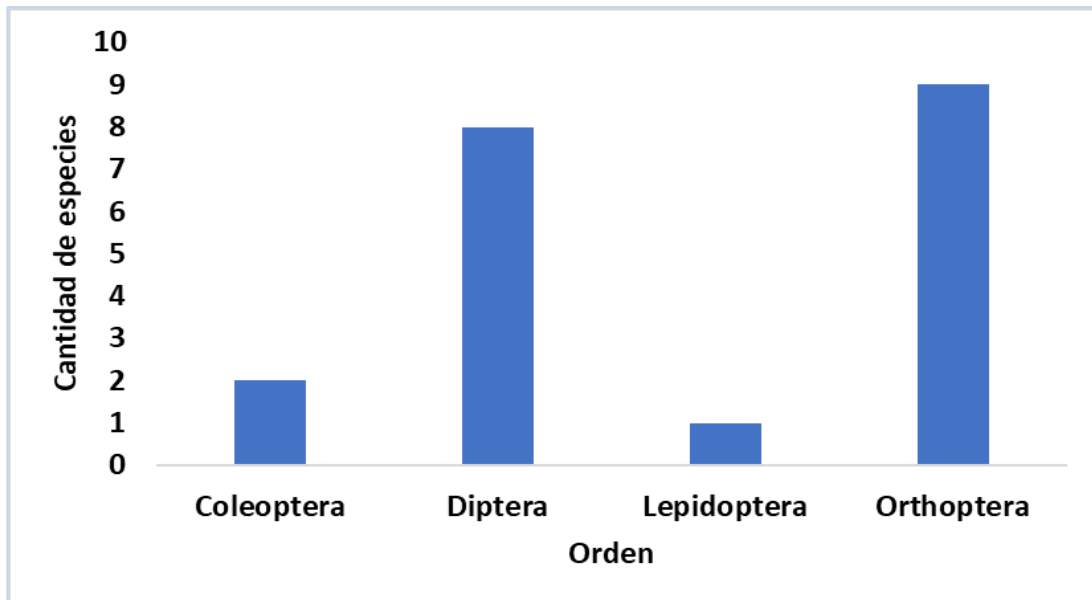
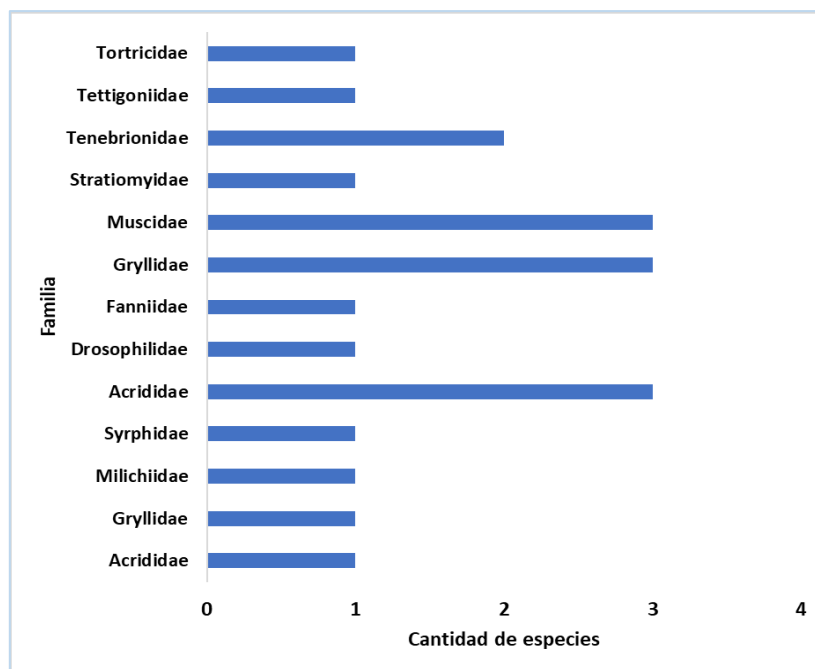


Figura 2

Cantidad de especies de insectos por familia con potencial de ser utilizados en el procesamiento de basura



4. Discusión

En Panamá existe una gran biodiversidad de especies dentro de los órdenes Coleóptera, Diptera, Lepidoptera y Orthoptera (Quintero y Aiello, 1992), órdenes que para el presente estudio presentaron una mayor frecuencia de especies con potencial para procesar basura orgánica.

Diversas especies de estos órdenes bajo condiciones controladas y de estricta bioseguridad, pueden ser utilizadas en investigaciones básicas para el procesamiento de basura orgánica como es el caso de *Abracris dilecta* Walker (Orthoptera: Acrididae) (Atencio-Valdespino et al., 2021) y el uso de *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae), (Atencio et al., 2020) para la biodegradación de plásticos (Zhu et al., 2021).

Las 20 especies de insectos previamente indicadas tienen como características el potencial de procesar desechos orgánicos considerando características tales como su flexibilidad para criar, conversión alimenticia eficiente y estudios documentados a nivel mundial como agentes para el procesamiento de basura orgánica, como el caso de la mosca soldado negra (*H. illucens*) y el gusano de la harina (*T. molitor*) (Adhikari et al., 2021) que son especies que pertenecen a la entomofauna nativa de Panamá (Molinar, 2022; Smithsonian Tropical Research Institute, 2023).

En el caso de estas dos especies se reporta una conversión promedio de 1.5 kg de residuos orgánicos ingeridos por kilogramo de insecto producido de *T. molitor* (Protiberia, 2023) y una biomasa de rendimiento de 800 gramos larvarios de *H. illucens* a partir de 4 kg de desecho orgánico (Della, 2022), está última producida en Panamá dentro de la Finca Agrícola Chispita en la provincia de Coclé (Ministerio de Desarrollo Agropecuario, 2023).

Estas dos especies de insectos tienen potencial en Panamá para ser utilizadas como bioconvertidores de la basura orgánica proveniente de hogares y restaurantes; residuos municipales; residuos de la jardinería; residuos de establecimientos pecuarios; residuos industriales del procesamiento de arroz, caña de azúcar, café, maíz y la elaboración de cerveza (Newton et al., 2005; Diener et al., 2011; Ravzanaadii et al., 2012; Dreassi et al., 2017; Uushona et al., 2019; Zhang et al., 2019; Miranda et al., 2020; Adhikari et al., 2021).

En los próximos años, los insectos jugarán un papel preponderante en el flujo de nutrientes provenientes de reciclaje de residuos de mercados públicos y vertederos que acumulan miles de toneladas de basura orgánica (Lalander y Vinnerås, 2022).

En Panamá, las iniciativas de uso de los insectos para la bioconversión, como las ya existentes, pueden ser financiadas por capital gubernamental y privado, con el fin de divulgar y promover el uso de especies que cumplan con las características necesarias para ser utilizadas como bioconvertidores como ocurre en las regiones de América del Norte, Asia y Europa (Fowles y Nansen, 2019; Mariod, 2020).

La implementación de dichas iniciativas requiere la utilización y desarrollo de innovaciones tecnológicas, amigables con el ambiente y sostenibles para la cría masiva de las especies seleccionadas para dicho fin, lo que involucraría el trabajo de equipos interdisciplinarios de universidades, institutos de investigación, empresas privadas e interesados en producir dichos insectos (Adhikari et al., 2021).

5. Conclusiones

El constante incremento de producción de basura orgánica en Panamá requiere considerar el uso de insectos que tengan potencial para dicho fin, dentro de las medidas de manejo y procesamiento.

Los órdenes de insectos con mayor potencial para ser utilizados en el procesamiento de basura orgánica incluyen Orthoptera, Diptera, Coleoptera y Lepidoptera, presentes en Panamá.

Dentro de estas especies de insectos destaca para su utilización en Panamá, la mosca soldado negra (*H. illucens*) que presenta una conversión promedio de 1.5 kg de residuos orgánicos ingeridos por kilogramo de insecto producido, cuya producción, por ejemplo, se ha logrado en la Finca Agrícola Chispita en la provincia de Coclé.

La promoción, financiamiento, emprendimiento e investigación básica y aplicada de insectos con potencial para ser utilizados para el procesamiento de basura orgánica son requeridos en Panamá.

Referencias Bibliográficas

- Adhikari, P., Aryal, N., Ghimire, A., & Khanal, P. (2021). Sustainable biowaste recycling using insects. In V. Tyagi & K. Aboudi (Eds.), *Clean energy and resources recovery* (p. 399-420). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85223-4.00007-5>
- Atencio V, R., Goebel, F. R., Guerra, A., y Lopéz, S. (2020). Uso de *Galleria mellonella* L. (Lep.: Pyralidae) como presa centinela para evaluar el impacto de enemigos naturales sobre *Diatraea tabernella* Dyar (Lep.: Crambidae) en caña de azúcar en Panamá. *Revista Colegiada De Ciencia*, 1(2), 31–44. <https://revistas.up.ac.pa/index.php/revcolciencia/article/view/1347>
- Atencio-Valdespino, R., Zachrisson, B., Collantes-G., R., Lezcano-B., J., González-Dufau, G., y Barba-Alvarado, A. (2021). La familia Acrididae (Orthoptera: Acridoidea) y su impacto en la agricultura en Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, 32, 71-94. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/421>
- Autoridad de Aseo Urbano y Domiciliario de Panamá. (2021). Diagnóstico de los Vertederos a Nivel Nacional. <https://www.aaud.gob.pa/index.asp?sec=Proyectos/Diagnostico&id=diagnostico>
- Čičková, H., Newton, G. L., Lacy, R. C., & Kozánek, M. (2015). The use of fly larvae for organic waste treatment. *Waste management (New York, N.Y.)*, 35, 68–80. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.09.026>
- Della Penna, A.A. (2022). Larvas de mosca soldado negra, proteínas y aceites de residuos orgánicos. Great Italian Food Trade. [https://www.greatitalianfoodtrade.it/es/innovazione/larve-di-mosca-soldato-nera-proteine-e-oli-dagli-scarti-organici/#:~:text=Con%20un%20rendimiento%20medio%20de,\)%20del%20desecho%20\(sustrato\)](https://www.greatitalianfoodtrade.it/es/innovazione/larve-di-mosca-soldato-nera-proteine-e-oli-dagli-scarti-organici/#:~:text=Con%20un%20rendimiento%20medio%20de,)%20del%20desecho%20(sustrato))
- Diener, S., Solano, N.M.S., Gutiérrez, F.R., Zurbrügg, C., & Tockner, K. (2011). Biological treatment of municipal organic waste using black soldier fly larvae. *Waste Biomass Valor*, 2, 357–363. <https://doi.org/10.1007/s12649-011-9079-1>
- Dreassi, E., Cito, A., Zanfini, A., Materozzi, L., Botta, M., & Francardi, V. (2017). Dietary fatty acids influence the growth and fatty acid composition of the yellow mealworm *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Lipids*, 52(3), 285–294. <https://doi.org/10.1007/s11745-016-4220-3>
- Fowles, T.M., & Nansen, C. (2019). Artificial selection of insects to bioconvert pre-consumer organic wastes. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 39, 31. <https://d-nb.info/1195613199/34>

- Fowles, T.M., & Nansen, C. (2020). Insect-Based Bioconversion: Value from Food Waste. In NÄrvänen, E., Mesiranta, N., Mattila, M., Heikkinen, A. (eds), *Food Waste Management*. Palgrave Macmillan, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20561-4_12
- Fuah, A.M., Caroline, H., Siregar, H., & Endrawati, Y.C. (2015). Cricket farming for animal protein as profitable business for small farmers in Indonesia. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 5, 296–304. <https://doi.org/10.17265/2161-6256/2015.04.008>
- Galway, L., Seckar, K., & Church, R. (2006). Manejo de Desechos. Universidad de McGill y Madres Maestras. <https://www.mcgill.ca/pfss/files/pfss/GenericWasteGuide2006.pdf>
- Ghosh, S., Haldar, P., & Mandal, D.K. (2016). Evaluation of nutrient quality of a short horned grasshopper, *Oxya hyla hyla* Serville (Orthoptera: Acrididae) in search of new protein source. *Journal of entomology and zoology studies*, 4, 193-197. <https://www.entomoljournal.com/archives/?year=2016&vol=4&issue=1&ArticleId=806>
- Haldar, P., Das, A., & Gupta, R.K. (1999). A laboratory based study on farming of an Indian grasshopper *Oxya fuscovittata* (Marschall) (Orthoptera: Acrididae). *Journal of Orthoptera Research*, 8, 93-97. <https://doi.org/10.2307/3503431>
- Harsányi, E., Juhász, C., Kovács, E., Huzsvai, L., Pintér, R., Fekete, G., Varga, Z.I., Aleksza, L., & Gyuricza, C. (2020). Evaluation of Organic Wastes as Substrates for Rearing *Zophobas morio*, *Tenebrio molitor*, and *Acheta domesticus* Larvae as Alternative Feed Supplements. *Insects*, 11, 9, 604. <https://doi.org/10.3390/insects11090604>
- Lalander, C., & Vinnerås, B. (2022). Actions needed before insects can contribute to a real closed-loop circular economy in the EU. *Journal of Insects as Food and Feed*, 8(4): 337-342. <https://www.ingentaconnect.com/content/wagac/jiff/2022/00000008/%20000000%2004/art00001?crawler=true&mimetype=application/pdf>
- Newton, L., Sheppard, C., Watson, D.W., Burtle, G., & Dove, R. (2005). Using the black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a value-added tool for the management of swine manure. Report for Mike Williams, Director of the Animal and Poultry Waste Management Centre, North Carolina State University, Raleigh, NC. <https://p2infohouse.org/ref/37/36122.pdf>
- Mariod, A.A. (2020). Nutrient composition of desert locust (*Schistocerca gregaria*). In Mariod A.A. (Ed.). *African edible insects as alternative source of food, oil, protein and bioactive components*. pp. 257–263. Springer International Publishing. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-32952-5_18

- Miech, P., Berggren, Å., Lindberg, J.E., Chhay, T., Khieu, B., & Jansson, A. (2016). Growth and survival of reared Cambodian field crickets (*Teleogryllus testaceus*) fed weeds, agricultural and food industry by-products. *Journal of Insects as Food and Feed*, 2, 285–292. <https://doi.org/10.3920/JIFF2016.0028>
- Ministerio de Desarrollo Agropecuario de Panamá. (2023). Finca Agrícola Chispita, un modelo de producción orgánica. <https://mida.gob.pa/finca-agricola-chispita-un-modelo-de-produccion-organica/>
- Miranda, C.D., Cammack, J.A., & Tomberlin, J.K. (2020). Life-history traits of house fly, *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae), reared on three manure types. *Journal of Insects as Food and Feed*, 6, 81–90. <https://doi.org/10.3920/JIFF2019.0001>
- Morales, G.E., & Wolff, M. (2010). Insects associated with the composting process of solid urban waste separated at the source. *Revista Brasileira de Entomologia*, 54(4). <https://doi.org/10.1590/S0085-56262010000400017>
- Peguero, D.A., Gold, M, Vandeweyer, D., Zurbrügg, C., & Mathys, A. (2022) A Review of Pretreatment Methods to Improve Agri-Food Waste Bioconversion by Black Soldier Fly Larvae. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5:745894. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.745894>
- Protiberia. (2023). El valor del *Tenebrio molitor* como alternativa sostenible frente a las fuentes de proteína tradicionales. Cría de insectos. <https://protiberia.com/el-tenebrio-como-alternativa-a-las-fuentes-de-proteina-tradicionales/>
- Quintero, D., & Aiello, A. (1992). *Insects of Panama and Mesoamerica—Selected Studies*. Oxford University Press, New York.
- Ravzanaadii, N., Kim, S-H., Choi, H., Hong, S-J., & Kim, N.J. (2012). Nutritional value of mealworm, *Tenebrio molitor* as food source. *International Journal of Industrial Entomology*, 25, 93–98. <https://doi.org/10.7852/ijie.2012.25.1.093>
- Rumbos, C.I., & Athanassiou, C.G. (2021). The Superworm, *Zophobas morio* (Coleoptera:Tenebrionidae): A ‘Sleeping Giant’ in Nutrient Sources. *Journal of Insect Science*, 21. <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieab014>
- Smithsonian Tropical Research Institute. (2023). Search Taxon. iNaturalist-Animals-Panama. <https://stricollections.org/stri/collections/list.php?db=18&taxontype=2&reset=1&taxa=Musca>

- Ssepuyua, G., Smets, R., Nakimbugwe, D., Van Der Borght, M., & Claes, J. (2019). Nutrient composition of the long-horned grasshopper *Ruspolia differens* Serville: Effect of swarming season and sourcing geographical area. *Food chemistry*, 301, 125305. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125305>
- Statista. (2023). Topic: Waste generation worldwide. Statista. <https://www.statista.com/topics/4983/waste-generation-worldwide/>
- Uushona, T., Simasiku, A., & Petrus, N.P. (2019). Evaluation of *Musca domestica* (house fly) larvae production from organic waste. *Welwitschia International Journal of Agricultural Sciences*, 1, 35–40. <https://journals.unam.edu.na/index.php/WIJAS/article/view/1361>
- Wang, D., Bai, Y-Y., Li, J-H., & Zhang, C-X. (2004). Nutritional value of the field cricket (*Gryllus testaceus* walker). *Insect Sci.* 11, 275–283. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7917.2004.tb00424.x>
- Wang, D, Zhai, S.-W., Zhang, C.-X., Zhang, Q., & Chen, H. (2007). Nutrition value of the Chinese grasshopper *Acrida cinerea* (Thunberg) for broilers. *Animal Feed Science and Technology*, 135 (1–2), 66-74. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.05.013>.
- Zhang, X., Tang, H., Chen, G., Qiao, L., Li, J., Liu, B., Liu, Z., Li, M., & Liu, X. (2019). Growth performance and nutritional profile of mealworms reared on corn stover, soybean meal, and distillers' grains. *European Food Research and Technology*, 245, 2631–2640. <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03336-7>
- Zhu, P., Pan, X., Li, X., Liu, X., Liu, Q., Zhou, J., Dai, X., & Qian, G. (2021). Biodegradation of plastics from waste electrical and electronic equipment by greater wax moth larvae (*Galleria mellonella*). *Journal of Cleaner Production*, 310, 127346. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127346>

Machine learning aplicado al análisis de un set de datos de parámetros ambientales en galpones de pollos de engorde

Machine learning applied to the analysis of a dataset of environmental parameters in poultry farm

Gloris Batista-Mendoza¹, Edwin Juvenal Cedeño Herrera², Gloris Cedeño-Batista³

¹Universidad de Panama, Facultad de Informática, Electrónica y Comunicación, Panamá; gloris.batista@up.ac.pa; <https://orcid.org/0000-0002-3294-6170>

²Universidad de Panama, Facultad de Informática, Electrónica y Comunicación, Panamá; edwin.cedenoh@up.ac.pa; <https://orcid.org/0000-0002-5841-2759>

³Universidad de Panama, Facultad de Informática, Electrónica y Comunicación, Panamá; gloris.cedeno@up.ac.pa; <https://orcid.org/0000-0003-2533-0252>

Fecha de recepción: 12 de agosto de 2023

Fecha de aceptación: 1 de noviembre de 2023

DOI <https://doi.org/10.48204/j.vian.v7n2.a4566>

Resumen: Este artículo trata sobre el desarrollo de un modelo de Machine Learning aplicado a un conjunto de datos recopilados en una granja avícola. Su objetivo es obtener un modelo predictivo basado en variables ambientales para anticipar eventos futuros. Este modelo predictivo busca optimizar decisiones relacionadas con el bienestar ambiental de las aves y reducir costos de producción en proyectos avícolas. Para esta investigación, se obtuvo el set de datos del sistema "Smart Poultry Farm" como guía del desarrollo, se utilizó la metodología SEMMA y el lenguaje de programación Python en el entorno IDE Google Colaboratory. El modelo se construyó mediante el algoritmo de regresión logística binomial en el contexto de aprendizaje supervisado. La evaluación del modelo predictivo incluyó la matriz de confusión y métricas como: el Índice General de Calidad, Precisión, Sensibilidad, Especificidad y F1-Score. Se aplicaron distintos escenarios para anticipar la activación/desactivación de los ventiladores del galpón, en función de los parámetros ambientales: humedad, temperatura e índice de calor.

Palabras clave: Agromática, análisis de datos, aprendizaje supervisado, inteligencia artificial, ciencia de datos, regresión logística.

Abstract: This article addresses the development of a Machine Learning model applied to a dataset collected on a poultry farm. Its goal is to attain a predictive model based on environmental variables to anticipate forthcoming events. This predictive model aims to optimize decisions linked to the birds' environmental well-being and cut production costs in poultry projects. This investigation obtained information from the "Smart Poultry Farm" system, following the SEMMA methodology and utilizing the Python programming language in the Google Colaboratory IDE environment. The model was built using the binomial logistic regression algorithm in the context of supervised learning. The assessment of the predictive model encompassed the confusion matrix and metrics such as the Overall Quality Index, Accuracy, Sensitivity, Specificity, and F1-Score.

Various scenarios were employed to forecast the activation/deactivation of the poultry farm's fans, based on environmental parameters: humidity, temperature, and heat index.

Keywords: Agromatic, artificial intelligence, data analysis, data science, logistic regression, supervised learning.

1. Introducción

Hoy en día el cambio climático es una prioridad fundamental para la humanidad y los sectores, tanto económicos como sociales, quienes deben tomar medidas preventivas para que no se afecte a las distintas actividades del ser humano en los próximos años.

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2022) mencionó en su último informe mensual que para el 2030, el cambio climático puede, anualmente, empujar a 3 millones de personas a la pobreza extrema en América Latina y el Caribe. De igual forma, Racquel Moses, directora ejecutiva del Acelerador del Cambio Climático del Caribe (CCSA) en una reunión anual del BID explicó toda esta problemática y la necesidad de buscar soluciones para crear nuevas hojas de ruta climáticas en la región. Ella, junto a otros líderes intentan proponer una ambiciosa visión y convertir el cambio climático de un riesgo en una oportunidad (The Caribbean Climate-Smart Accelerator, 2022).

Dentro de la misma línea, el sector agrícola no escapa de esta realidad y debe tener en cuenta que los procesos productivos de sus proyectos están, principalmente, condicionados al comportamiento de las condiciones atmosféricas (Wicaksono et al., 2018). Además, esta industria necesita utilizar menos recursos para producir la misma cantidad de alimentos, reduciendo la cantidad de agua usada y disminuyendo el uso de productos químicos. Es por ello, que este sector requiere optimizar sus proyectos, obtener beneficios y rentabilidad, e incorporar tecnologías emergentes, mientras que el público desea alimentos más nutritivos (Ayoub Shaikh et al., 2022).

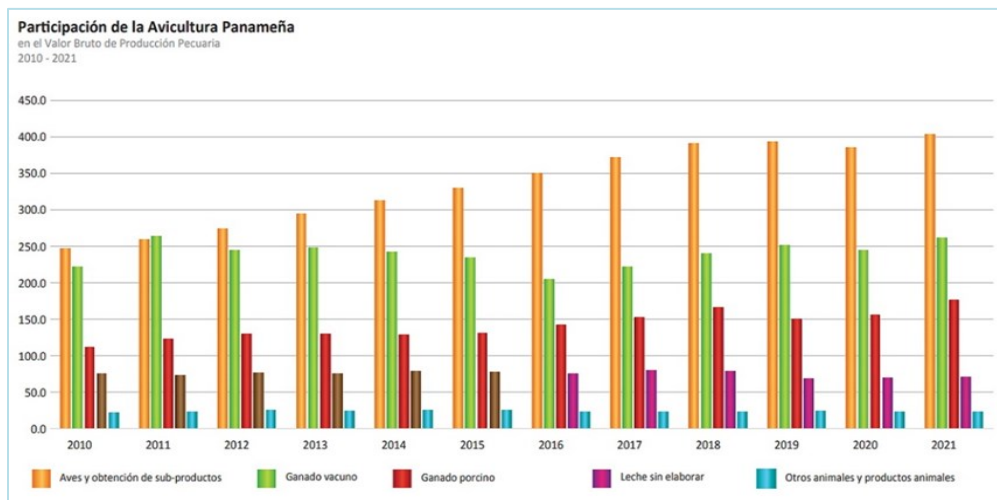
En Panamá, como en el resto del mundo, el sector avícola tiene un importante crecimiento, esto se debe a la relación costo-beneficio del rubro, la población prefiere el consumo de carne de pollo, gracias a la fuente de nutrientes que contiene, como proteínas, lípidos, vitaminas y minerales como calcio, hierro, zinc, sodio, potasio y magnesio, entre otros (*Consejo Mexicano de la Carne*, s. f.); además, de ser alimentos accesibles convirtiéndose en parte importante de la dieta de los ciudadanos.

La propuesta de esta investigación está enfocada en el sector de producción avícola de engorde en granjas con galeras en abierto, y tiene como objetivo descubrir información valiosa a través de tecnologías emergentes para ayudar a los productores avícolas a tomar decisiones correctas utilizando soluciones inteligentes en sus proyectos, pero para alcanzar los rendimientos óptimos es imprescindible gestionar un entorno adecuado que les proporcione a los pollos condiciones ambientales ideales para mejorar la productividad (Estrada et al., 2007). Los galpones de ambiente controlado (cerrados) constituyen una modalidad que recomiendan las guías de los proveedores de pollos a nivel global como Cobb (*Cobb, s. f.*) y Arbor Acres (*Aviagen, s. f.*). Sin embargo, de acuerdo al análisis de campo realizado por los investigadores, en Panamá existe un gran número de galpones operando la modalidad en abierto, debido a los altos costos de la modalidad de ambientes controlados o cerrados. Además, la mayoría de las granjas avícolas en abierto son, manualmente, operadas y monitoreadas de forma empírica por operarios, típicamente, sin formación. Aunada a la situación, no cuentan con soporte de equipos para mención de variables que influyen en los procesos productivos de los pollos.

En la **Figura 1**, se puede observar el comportamiento de la producción en Panamá, que realiza todos los años en concepto de producción pecuaria, siendo las aves y subproductos los de mayor aporte (*ANAVIP - La avicultura en Panamá, s. f.*).

Figura 1

Participación de Avicultura Panameña en Producción Pecuaria



Fuente: ANAVIP - La avicultura en Panamá, (s. f.)

Ciertamente, el auge de las tecnologías emergentes ha tenido un impacto relevante en la manera en que los individuos administran el conocimiento, lo que genera un cambio de rol en las personas y en el desempeño diario de la vida. Al mismo tiempo, es la responsable de la creación de grandes volúmenes de datos e información. Sin embargo, su gestión no está exento a desafíos, como es el caso del manejo y procesamiento efectivo de enormes cantidades de información, con el objetivo de maximizar los beneficios y minimizar los riesgos (Porcelli, 2020). Estos desafíos adquieren una relevancia especial en el ámbito del sector avícola, el cual constituye el foco de este estudio.

El Machine Learning se basa en algoritmos que permiten el descubrimiento de patrones ocultos en los datos, lo que ayuda a predecir eventos futuros y maximiza la toma de decisiones informadas (Vuppalapati, 2021). Además, tiene un impacto positivo en la economía y en el medio ambiente debido a que permite la creación de ecosistemas limpios e inteligentes. El propósito de esta investigación radica en la construcción de un modelo de Machine Learning basado en un conjunto de datos extraídos del sistema “Smart Poultry Farm” ubicado en una granja avícola de la ciudad de Santiago de Veraguas dedicada a la cría de pollos de engorde, con el fin de realizar predicciones asertivas basadas en los parámetros ambientales (temperatura, humedad relativa e índice de calor) de forma tal que se pueda conocer con antelación los posibles eventos dentro del galpón, contribuyendo así a la optimización de los procesos avícolas en la región.

En esta investigación se incluyen los estudios precedentes, y que representan el soporte teórico para su desarrollo, desde los relacionados a los modelos de Machine Learning, las técnicas aplicadas, algoritmos más adecuados, métodos de evaluación, a los referentes a las aplicaciones de Machine Learning en parámetros ambientales del sector agrícola y siendo parte de este, el sector avícola. A continuación, se presentan algunos ejemplos destacados de dichos estudios:

El trabajo de investigación ***“Data analytics for crop management: a big data view”*** presenta una revisión sistemática del análisis de los datos en la agricultura digital (DA), limitando el estudio al rendimiento y seguimiento de los cultivos. Los investigadores sostienen que la agricultura digital (DA) es un enfoque basado en datos que explota la

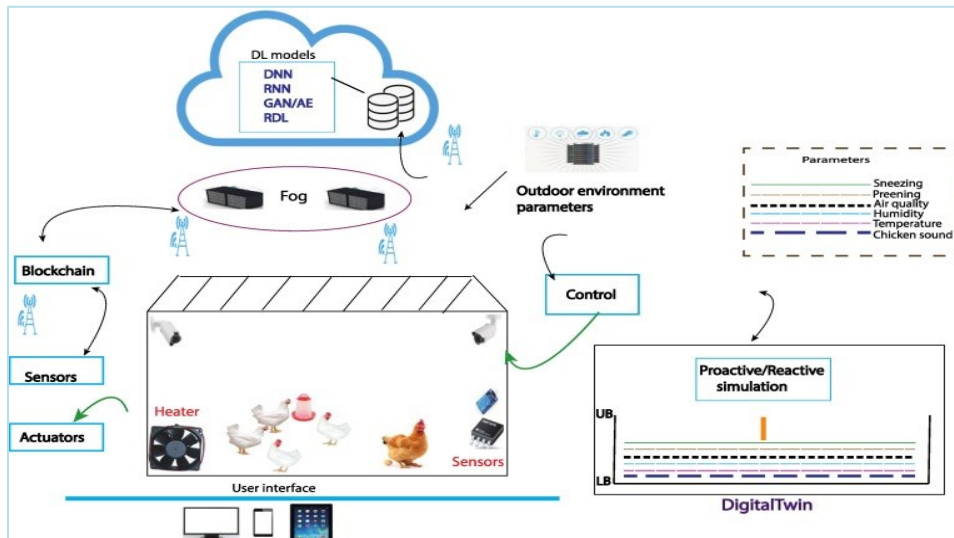
información oculta dentro de los datos recopilados para obtener nuevo conocimiento y transformar las prácticas agrícolas de una toma de decisiones intuitiva a una informada, y que de ella surgen tres dimensiones, siendo la primera dimensión la relacionada al uso de tecnologías avanzadas para mejorar las prácticas y la productividad, la segunda dimensión se refiere a los factores legales, éticos, sociales y económicos de DA, y la tercera dimensión se centra en la aplicación del análisis de big data y el machine learning (ML), para optimizar y pronosticar la producción y el uso de recursos. Esta última dimensión es el objeto de este estudio, considerando que es uno de los pilares de la agricultura debido a que con su utilización permite optimizar el coste operativo y reducir el impacto sobre el medio ambiente. Los autores presentan una metodología basada en datos derivada del proceso general de descubrimiento del conocimiento en la que establece tres fases: recopilación de datos, representación y análisis y la toma de decisiones. Los autores definieron métricas de big data (baja, media, alta) para cada una de sus dimensiones (volumen, velocidad y variedad), para medir el nivel de uso de big data en DA. Sin embargo, concluyeron que el análisis de big data en la agricultura aún se encuentra en su etapa inicial y es necesario superar muchas barreras, a pesar de la disponibilidad de datos y herramientas para analizarlos (Chergui & Kechadi, 2022).

Por su parte, la investigación titulada ***“Internet of Things and Machine Learning techniques in poultry health and welfare management: A systematic literature review”*** proporciona una revisión literaria sobre la integración de las aplicaciones IoT y el machine learning para la gestión de la salud y el bienestar de las aves de corral, brindando así una avicultura inteligente, monitoreo continuo de datos y los análisis prescriptivos con el fin de lograr un control eficiente de recursos, minimizando costos, y llevando a la toma de decisiones óptima. Esta revisión se fundamenta en 93 artículos para el estudio, publicados desde enero de 2010 hasta junio de 2022, siendo China el país con mayor número de investigaciones, seguida de Estados Unidos, Brasil y Bélgica. Entre los aportes de este estudio se obtiene una visión holística de la tecnología digital para aplicaciones de salud y bienestar avícola, técnicas de IA/ML, herramientas, datos monitoreados, tipos de datos, tipos de procesamiento, enfermedades y estado de salud. Este estudio también ofrece una

categorización de investigaciones de aplicaciones de IA/ML completo, donde se resalta que los métodos de regresión que se aplican, principalmente, en el monitoreo de aves de corral que incluye regresión lineal, logística, de lazo, SVM, ANN, RNN, DNN y de modelo de árbol, además de permitir predicciones de una variable de salida, según variables de entrada conocidas. Otro aporte del estudio es el marco inteligente de gestión de la salud y el bienestar de las aves de corral, como se puede observar en la **Figura 2**.

Figura 2

Marco inteligente de gestión de la salud y el bienestar de las aves de corral



Fuente: Ojo et al., (2022)

Esta investigación ofrece un compendio a otros investigadores interesados en comprender y aprovechar mejor las tecnologías avanzadas, permitiendo nuevas líneas de razonamiento que mejorarán la productividad y la rentabilidad en la industria avícola (Ojo et al., 2022).

Con respecto a la investigación **“Developing Edge AI Computer Vision for Smart Poultry Farms Using Deep Learning and HPC”**, los investigadores utilizaron una plataforma agrícola de IoT existente con una red de sensores y nodos para obtener los datos y crear los modelos de predicción de imágenes procesadas y recopiladas en granjas avícolas utilizando Faster R-CNN para la detección de pollos, y AutoML para identificar la arquitectura más adecuada para la detección y segmentación de pollos para el conjunto de datos

determinado. El desarrollo de los modelos se realizó utilizando sistemas HPC/AI fuera de línea para desarrollar modelos de predicción de aprendizaje profundo (Deep Learning) y entrenar los modelos. Los datos de entrada fueron imágenes de cámaras instaladas en las granjas avícolas, aunque las imágenes provenían de bucles en línea y fuera de línea. Para el entrenamiento de los datos, los investigadores utilizaron un aproximado de 4000 imágenes y se amplió con la herramienta RoboFlow a 9000, de las cuales se usaron para el entrenamiento 7550, para la validación 725 y para las pruebas del modelo 725. También, para el desarrollo de modelos se utilizó el lenguaje de programación Python y el paquete Detectron2 que incluye variantes de redes neuronales profundas (Cakic et al., 2023).

El estudio “***Generating action plans for poultry management using artificial neural networks***” demuestra que es posible predecir planes de acción aceptables basándose en una red de sensores que registran la gestión avícola y son determinantes como la humedad, temperatura, cantidad de ración de alimento, ventilación entre otros, luego se preprocesa mediante técnicas de Machine Learning, para el mismo se utilizó el modelo de regresión múltiple de ANN (Artificial Neural Network). Los investigadores sostienen que los grandes conjuntos (bigdata) de parámetros ambientales se combinan permitiendo toma de decisiones acertada en contra de la percepción humana que tiende a ser limitada. La validación del estudio fue basada en una comparación entre los planes de acción realizados por un experto humano (para el caso, un avicultor) contra los resultados obtenidos del modelo (Ribeiro et al., 2019).

En el artículo “***Quantile regression forests-based modeling and environmental indicators for decision support in broiler farming***”, los investigadores sostienen que para asegurar el bienestar de los animales se requiere el ajuste y control de los parámetros ambientales y de una interacción dinámica de buenas prácticas de gestión desarrollando así, un DSS. El estudio se obtuvo de un sistema cuya arquitectura consta de una serie de sensores instalados a lo largo de la galera para medir y recopilar, automáticamente, diferentes condiciones ambientales, un almacenamiento de dicha información basado en la nube y un conjunto de modelos basados en Machine Learning aprendidos a partir de datos históricos para gestionar la producción de manera inteligente y en línea. Los dispositivos de

recopilación de datos miden los parámetros ambientales (temperatura y humedad relativa) cada 15 minutos desde la llegada de las aves a la granja hasta el final de cada producción. También, este estudio consideró los pesos durante el período de crecimiento, los problemas relativos a las piernas y la mortalidad acumulada. El conjunto de datos estuvo compuesto por 20 parvadas de distintas granjas avícolas, para estimar el rendimiento de generalización se aplicó la estrategia LOOCV (validación cruzada de dejar uno fuera) del enfoque de modelado basado en bosques de regresión cuantil (Diez-Olivan et al., 2019).

Cada uno de estos proyectos de investigación proporcionan una variedad de enfoques y orientaciones respecto al uso del Machine Learning. Sin embargo, todos ellos brindan una guía fundamental para el enfoque que se pretende desarrollar. El objetivo de este estudio se centra en identificar y/o reconocer patrones relacionados con los parámetros ambientales de una granja avícola dedicada a la cría de pollos de engorde, y generar predicciones que contribuyan al avance en el sector avícola. Ante esta situación, y a las necesidades actuales surge la pregunta de investigación, ¿De qué manera el desarrollo de un modelo de Machine Learning puede predecir sobre los ventiladores (actuadores), basados en parámetros ambientales propios de un galpón en abierto, permitiendo atenuar el impacto económico de los proyectos avícolas?

2. Materiales y métodos

Según Hernández-Sampieri & Mendoza Torres, (2018), la ruta cuantitativa es aplicable para fines de desarrollo de tecnología, por lo que este estudio tiene un enfoque cuantitativo, además, este enfoque utiliza la recolección y el análisis de los datos para responder a la pregunta de investigación.

Con respecto al análisis de los datos será predictivo, ya que, según su definición, es el proceso de extraer información de los datos y predecir resultados y tendencias futuras. Esta investigación busca predecir el comportamiento (activación o desactivación) de los ventiladores (actuador) a través del desarrollo de un modelo de Machine Learning basado en un bigdata de parámetros ambientales (temperatura, humedad relativa e índice de calor) dentro de una galera de pollos en abierto, permitiendo de esta manera mejoras en el

bienestar de las aves dentro del galpón y, por consiguiente, en la rentabilidad del proyecto avícola.

El tipo de muestra es probabilística debido a que según Hernández-Sampieri & Mendoza Torres, (2018), los elementos de la población tienen al inicio la misma posibilidad de ser escogidos para conformar la muestra y su principal objetivo es reducir al mínimo el error estándar. Siendo el dominio de los científicos de datos, el Machine Learning (ML) un subconjunto de la Inteligencia Artificial que utiliza técnicas estadísticas para permitir que las máquinas mejoren con la experiencia, detectando a través de sus algoritmos, patrones y aprendiendo a hacer predicciones y recomendaciones mediante el procesamiento de datos y experiencias, en lugar de recibir instrucciones de programación explícitas (Vuppalapati, 2021).

El diseño de la investigación es de carácter no experimental, debido a que no existe manipulación deliberada de las variables, solo se observan tal cual se encuentran en su entorno natural, para luego ser analizadas. Además, ya han sucedido en el tiempo (Hernández-Sampieri & Mendoza Torres, 2018).

El tipo de la investigación tiene una connotación transversal causal y se debe a que los datos se recolectaron en un tiempo y lugar determinado, para el caso de estudio, el rango de tiempo va desde 7 de mayo de 2022 hasta el 26 de septiembre de 2022 y el lugar de la extracción de los datos es del sistema “**Smart Poultry Farm**” instalado en una galera de pollos de engorde ubicado en Santiago de Veraguas, Panamá. Igualmente, se busca establecer una relación causa-efecto entre las variables independientes y la dependiente, siendo las variables independientes la temperatura, humedad relativa e índice de calor y la variable dependiente es la activación o desactivación de los ventiladores (actuador).

El sistema “**Smart Poultry Farm**” es un sistema inteligente conformado por hardware y software integrado, y basado en una arquitectura de IoT (internet de las cosas), para optimizar la eficiencia de los proyectos de pollos de engorde, permitiendo ahorros energéticos, mejoras en el factor de conversión, protección eléctrica a los equipos, alarmas configurables en situaciones de emergencia, como interrupciones de fluido eléctrico por periodos prolongados, mediante SMS o e-mails. Además, ofrece una interfaz gráfica vía

web y una App para dispositivos con recursos limitados, para el monitoreo del estado de los equipos y las variables ambientales como temperatura, humedad relativa, índice de calor en los galpones, proporcionando la visualización de los eventos en el proyecto. En la **Figura 3** se presenta el escenario general, para una mejor comprensión del estudio.

Figura 3

Escenario General del Sistema "Smart Poultry Farm"

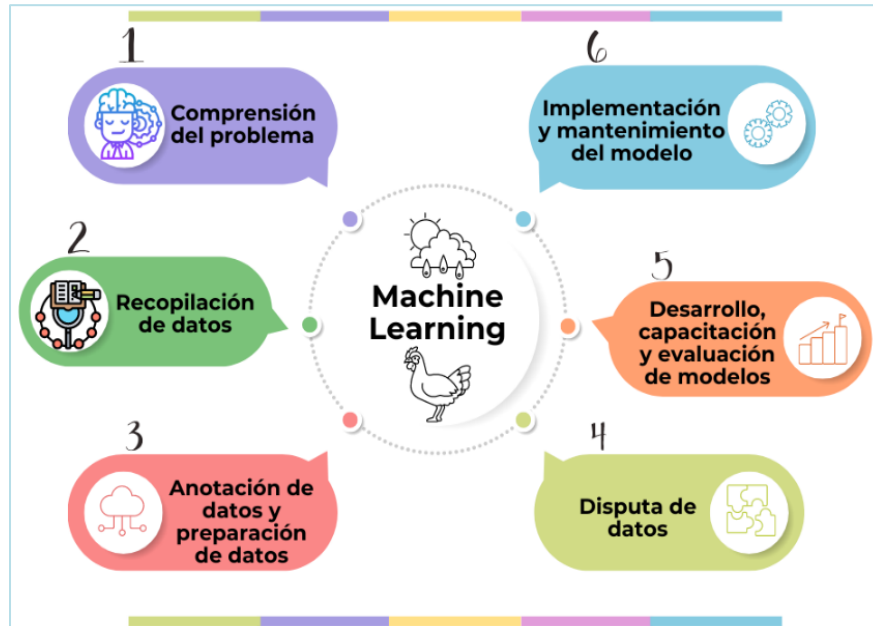


La unidad de análisis de la investigación es la muestra del conjunto de parámetros ambientales (temperatura, humedad relativa e índice de calor), para el estudio se escoge la muestra de 15,344 registros, extraídos como se mencionó, anteriormente, del sistema "Smart Poultry Farm".

El estudio aplicará el proceso de Machine Learning extremo a extremo, y que según Pajankar & Joshi, (2022) se reduce a seis etapas descritas en el siguiente esquema (**Figura 4**) y, por consiguiente, generando la arquitectura propuesta incluido el ciclo de vida del Machine Learning propuesto como se puede observar en la **Figura 5**.

Figura 4

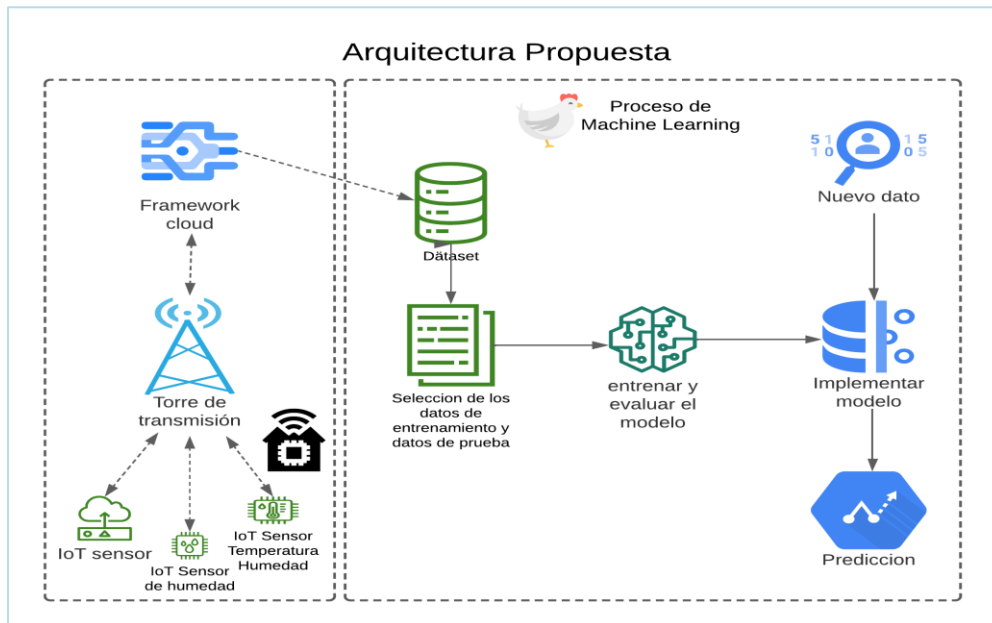
Etapas del Machine Learning



Fuente: Pajankar & Joshi, (2022)

Figura 5

Arquitectura propuesta junto al ciclo de vida de Machine Learning



Esta investigación se limita al tiempo y lugar de los datos recopilados por el Sistema **“Smart Poultry Farm”** como el dataset sujeto a estudio, para aplicar el Machine Learning, por tal motivo, no se profundiza en la arquitectura *per sé* del sistema de *hardware* y *software* que lo conforma, llámese tipos de sensores, cantidad de sensores, tipos de actuadores, cantidad de actuadores, arquitectura IoT, entre otras estructuras propias del sistema inteligente.

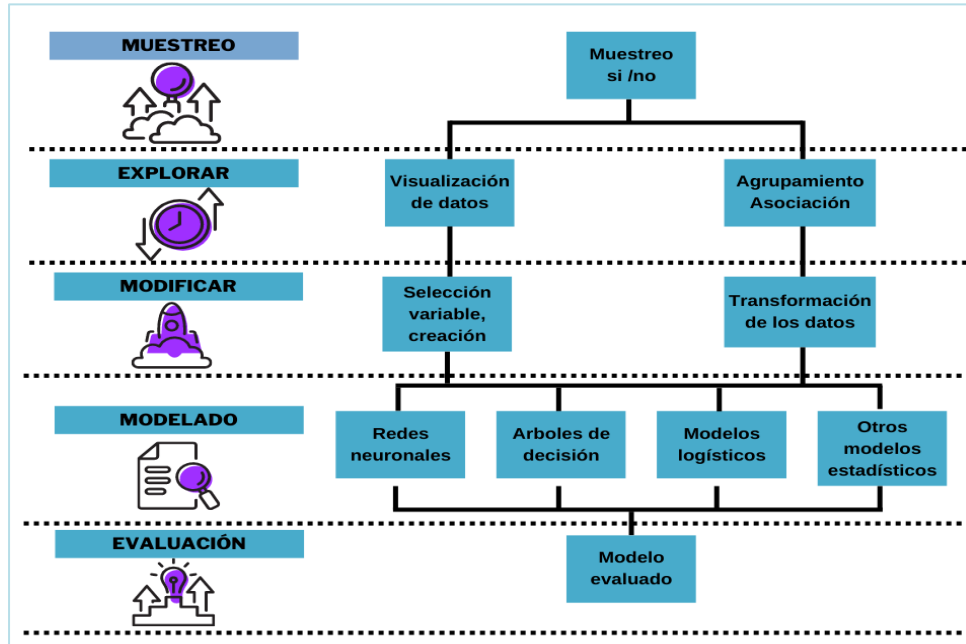
Para guiar el desarrollo de la investigación se utilizó la metodología *SEMMA*. El Instituto SAS, desarrollador de esta metodología, la define como “el proceso de seleccionar, explorar y modelar grandes cantidades de datos para descubrir patrones de negocio desconocidos” (SAS Help Center: Introduction to SEMMA, s. f.).

Para describir las fases de esta metodología se toma como referencia el artículo **“Applied Machine Learning in Social Sciences: Neural Networks and Crime Prediction”** (Reier Forradellas et al., 2020): (1) **Sample** (muestreo): En esta fase se obtiene la muestra representativa del problema de estudio. Se puede realizar la muestra creando una o más tablas de datos. Además, deben ser bastante grandes para contener la información significativa, pero pequeñas para que permitan ser procesadas. (2) **Explore** (explorar): Luego de obtener la muestra, hay que explorar la información obtenida para ubicar relaciones, tendencias o anomalías para simplificar dichos datos y optimizar el modelo a crear. (3) **Modify** (modificar): En esta fase se modifican los datos de manera que las variables sean creadas, seleccionadas e incluso sufran pequeñas transformaciones enfocándolas al proceso de selección del modelo. (4) **Model** (modelado): El propósito de esta fase es fijar una relación entre las variables explicativas y las variables objeto de estudio, permitiendo discurrir el valor de estas con un determinado nivel de confianza. En este punto se pueden utilizar técnicas que incluyen métodos estadísticos tradicionales o técnicas basadas en datos como por ejemplo las redes neuronales, árboles de decisión, entre otras. (5) **Assess** (Evaluación): Esta fase evalúa el funcionamiento del proceso de ML considerando la utilidad y confiabilidad. Estos resultados se evalúan mediante el análisis de la bondad del modelo o modelos, contrastados con otros métodos estadísticos o con nuevas poblaciones

muestrales. A continuación, en la **Figura 6**, se presentan las fases mencionadas, anteriormente.

Figura 6

Fases de la metodología SEMMA



Fuente: SAS Help Center: Introduction to SEMMA, (s. f.)

El aprendizaje supervisado es el tipo de aprendizaje seleccionado, debido a que se basa en entrenar a un modelo por medio de diferentes datos, para predecir una variable partiendo de estos mismos conjuntos de datos (Larose & Larose, 2014), es decir, transforma los datos o descubre patrones sin la necesidad de un conjunto de etiquetas de capacitación explícitas (Pajankar & Joshi, 2022). Se utilizó el algoritmo de regresión logística binomial, porque es un algoritmo de clasificación de Machine Learning que se utiliza para predecir la probabilidad de una variable dependiente categórica, es decir, que permite describir los datos y explicar la relación entre la variable dependiente cualitativa dicotómica y el resto de las variables independientes. En esta investigación, la variable predictiva y dependiente binaria es el ventilador (actuador) y las variables predictoras e independientes son: temperatura, humedad relativa e índice de calor (Vuppalapati, 2021).

Para evaluar la calidad del modelo de Machine Learning, se generará la matriz de confusión, la cual presenta cuatro cuadrantes que se interpretan de la siguiente manera: verdadero positivo (cuadrante inferior derecho), verdadero negativo (cuadrante superior izquierdo), falso negativo (cuadrante inferior izquierdo) y falso positivo (cuadrante superior derecho). Al referirse a verdadero, su interpretación es que los valores se predijeron con precisión, y falso hubo un error o una predicción incorrecta. El eje Y representa los datos reales y el eje X representa la predicción (Zheng et al., 2022). Y, con respecto a las métricas aplicadas para evaluar algoritmos de Machine Learning fueron: Índice general de calidad (Accuracy), Precisión, Exhaustividad (Recall), Especificidad (Specifity) y F1-Score (Brownlee, 2020).

Además, para el desarrollo del estudio se usó la *interfaz IDE Google Colaboratory*, ya que, es un entorno de codificación que crea un *Jupyter Notebook* para trabajar, algo similar a un cuaderno en línea que permite escribir y ejecutar código arbitrario de Python, y es recomendado para tareas de Machine Learning, análisis de datos y educación (*Google Colaboratory*, s. f.). Las librerías empleadas en *lenguaje Python* fueron: Pandas y Numpy para el manejo de altos volúmenes de datos, Matplotlib y Seaborn para representación gráfica de los datos, NumPy se utilizó para la manipulación de elementos de datos de matriz numérica, SciPy se usó para cálculos numéricos como es el caso del cálculo de la correlación de Pearson, Sklearn es una librería que unifica los principales algoritmos y funciones en un solo marco, lo que facilita, enormemente, todas las etapas de preprocesamiento, entrenamiento, optimización y verificación del modelo de predicción. La librería Scikit-learn de Python se utilizó para generar las métricas de evaluación. La misma implementa todas las métricas: `metrics.confusion_matrix`, `metrics.accuracy_score`, `metrics.precision_score`, `metrics.recall_score`, y `metrics.f1_score`.

3. Resultados

En esta sección se presentan los resultados obtenidos del desarrollo del modelo de Machine Learning guiado por la metodología SEMMA. En la primera fase de la metodología, denominada *muestreo*, se realiza un análisis de la información inicial obtenida sobre los

datos, y se determina el volumen apropiado para la construcción del modelo, seleccionando el rango de fecha que va desde el 7 de mayo de 2022 hasta el 26 de septiembre de 2022, recogiendo un total de 15,344 registros. El detalle de la información extraída del set de datos (bigdata) se resume en la **Tabla 1** y que influyen en el proceso y clasificación para las categorías de preparación y validación.

Tabla 1

Conjunto de datos previo a la selección de la muestra

Campo	Tipo de Dato	Descripción
ISO Time Stamp	Date	Fecha y hora
Temperatura	Numérico	Índice de temperatura
Humedad	Numérico	Índice de humedad
Indexh	Numérico	Índice de calor
Fan	Binario	Indica el encendido o apagado de los ventiladores
Nebulizador	Binario	Indica el encendido o apagado de los nebulizadores

Seguidamente, en la fase de *modificación* de la metodología SEMMA, se limpian los datos, para que pasen a la fase de modelado. Para el caso de esta investigación, se procedió a eliminar atributos dentro del conjunto de datos y comprobar que no existan datos nulos, quedando como muestra la siguiente **Tabla 2**.

Tabla 2

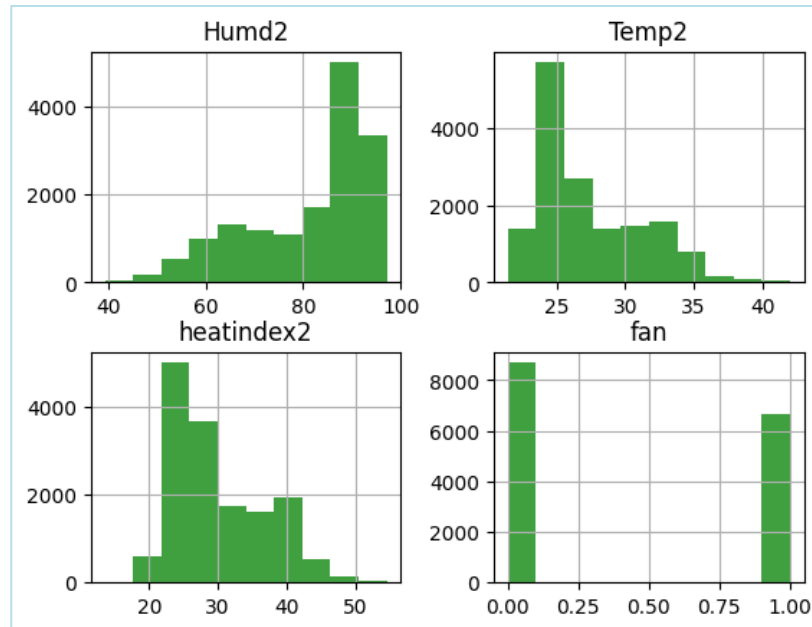
Conjunto de datos apropiado para la selección del modelo

Campo	Tipo de Dato	Descripción
Temp	Numérico	Índice de temperatura
Humd	Numérico	Índice de humedad
Heatindex	Numérico	Índice de calor
Fan	Binario	Indica el encendido o apagado de los ventiladores

En la **Figura 7** se muestra el conjunto de datos apropiado para la selección del modelo, sus mínimos y máximos, y en qué intervalos se concentra la mayoría de los registros.

Figura 7

Visualización general de los datos de entrada



Para la fase de *modelado* de la metodología SEMMA, se fijaron los parámetros ambientales y su relación de forma que permita el nivel de confianza. En este punto se utilizan técnicas que incluyen métodos estadísticos tradicionales o técnicas basadas en datos para comprobar, cuantitativamente, dicha relación, como se detalla a continuación:

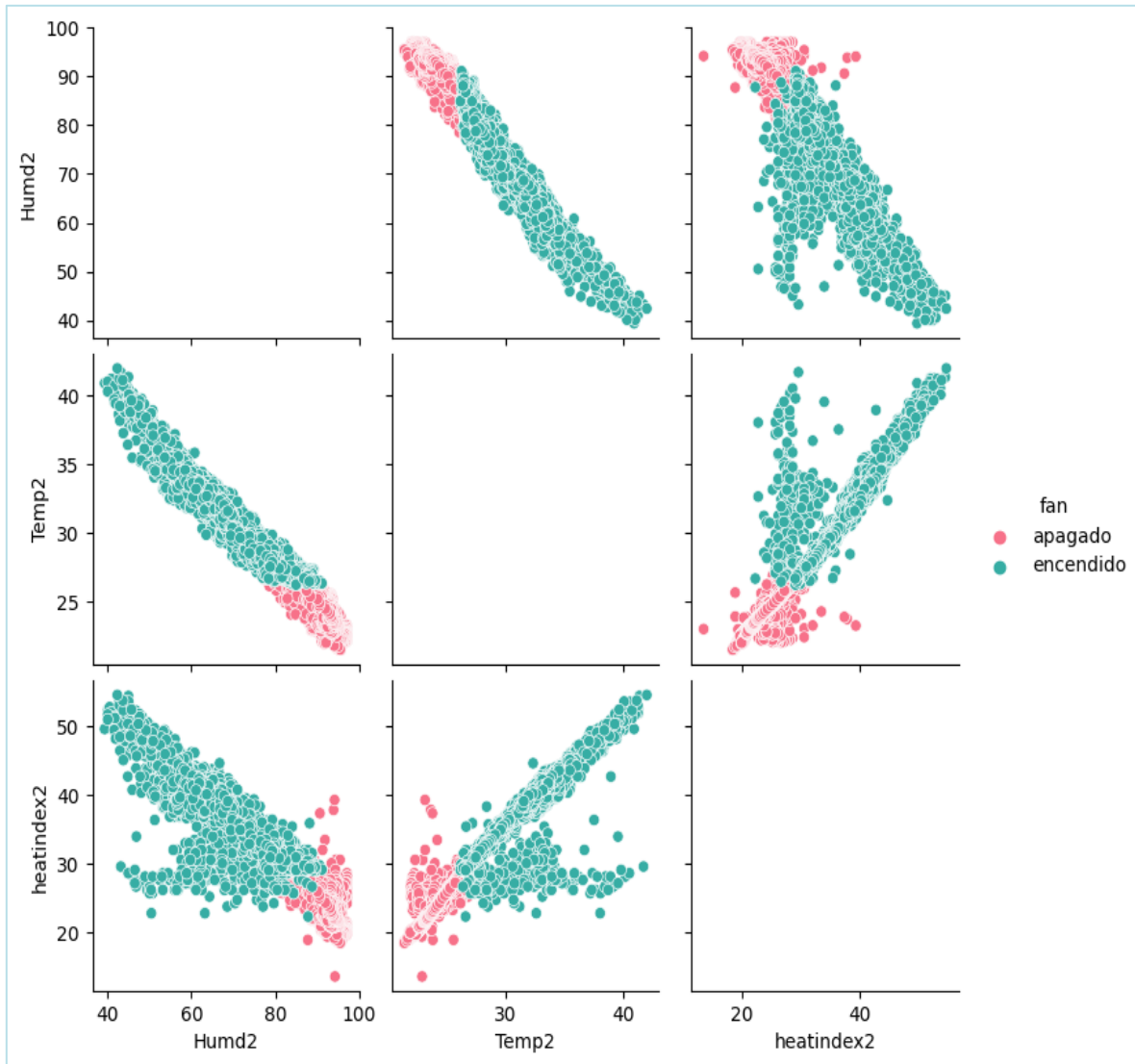
- **Análisis estadístico de los parámetros ambientales**

Del análisis exploratorio preliminar realizado de los datos a través del uso de herramientas estadísticas se obtuvo una mejor imagen de lo que representan los datos.

En la **Figura 8** ~~Error! No se encuentra el origen de la referencia.~~ se observa la interrelación de los datos usando gráfico de pares y cómo se concentran, linealmente, las salidas por colores: encendido del ventilador (actuador) en verde, y apagado en color rojo en relación con el comportamiento de las variables ambientales: temperatura, humedad relativa e índice de calor.

Figura 8

Gráfico de pares entre el ventilador (actuador) y las variables humedad, temperatura e índice de calor



- **Selección de datos de entrenamiento y datos de prueba o test**

Para determinar el *modelado* es necesario entrenar un grupo de datos que serán los que encontrarán un patrón de comportamiento determinado, y con los datos de prueba (test) se podrá predecir nuevos casos (vea **Figura 5**).

Las variables predictoras son: Temperatura, Humedad e Índice de Calor, como se puede observar en la **Tabla 3**.

Tabla 3

Variables Predictoras del modelo

Campo	Descripción
Temp	Índice de temperatura
Humd	Índice de humedad
Heatindex	Índice de calor

En la **Tabla 4**, se observa la variable predictiva, la cual es el encendido o apagado del ventilador (actuador).

Tabla 4

Variable Predictiva del modelo

Campo	Descripción
Fan	Indica el encendido o apagado de los ventiladores

En la **Tabla 5** se muestran los datos de entrenamiento que corresponden a 12,275 registros del conjunto de datos ambientales, equivalentes al 80% del total de los datos de muestra.

Tabla 5

Datos para entrenamiento del modelo

	Humd	Temp	Heatindex	Fan
6856	90.05	24.19	24.05	0
8057	92.6	23.45	22.34	0
13137	89.07	25.55	26.29	0
13223	96.53	22.53	20.1	0
...
12725	59.99	33.72	42.35	1
8333	90.7	24.58	24.78	0
11698	90.35	22.96	21.77	0
2910	91.2	25.7	27.46	0

Nota. 12275 filas × 4 columnas.

Para los datos de prueba se obtuvieron 3,069 registros como se puede observar en la **Tabla 6**, y equivale al 20% del total de los datos de muestra.

Tabla 6

Datos para prueba del modelo

	<i>Humd</i>	<i>Temp</i>	<i>Heatindex</i>	<i>Fan</i>
0	91.14	24.23	24.02	0
13	92.62	24.06	23.55	0
21	93.74	23.89	23.1	0
25	94.16	23.89	23.06	0
...
15308	70.06	31.11	37.6	1
15321	69.74	30.3	36.76	1
15328	69.36	29.8	34.86	1
15341	78.82	28.08	32.28	1

Nota. 3069 filas × 4 columnas.

- **Entrenamiento del modelo**

El *entrenamiento del modelo* se realizó por medio del algoritmo de regresión logística binomial, y se ajustó el modelo a los datos de entrenamiento. Se aplicaron distintos escenarios a predecir, es decir, se le entregó al modelo entrenado, los datos de prueba para comprobar si el modelo era capaz de predecir sobre la decisión de encendido o apagado del ventilador (actuador) con respecto a los parámetros ambientales (temperatura, humedad e índice de calor). En la siguiente

Tabla 7, se muestran las predicciones generadas producto de los distintos escenarios basados en los nuevos datos.

Tabla 7

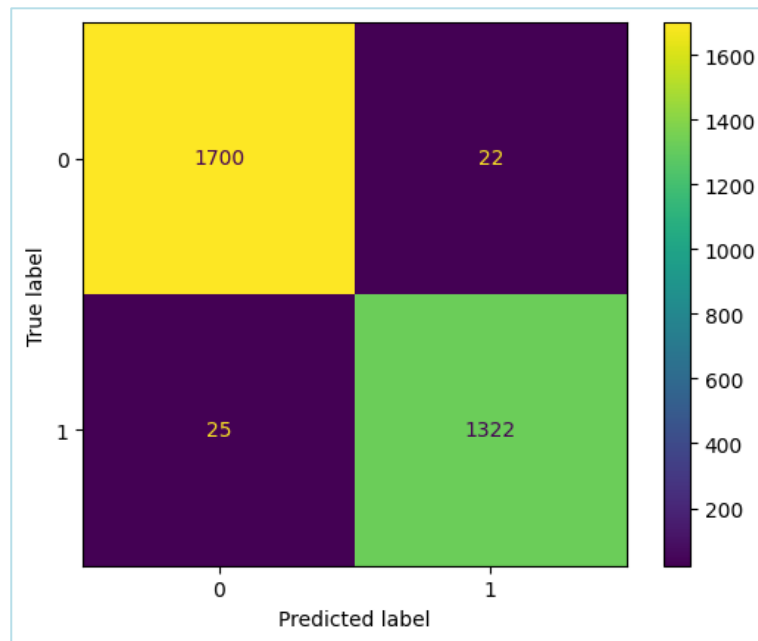
Escenarios de prueba con las predicciones generadas

	<i>Humd</i>	<i>Temp</i>	<i>Heatindex</i>	<i>Predicción</i>
Escenario 1	91.58	24.26	24.07	0
Escenario 2	73.15	29.72	35.04	1
Escenario 3	53.01	37.80	28.12	1
Escenario 4	82.06	25.46	27.93	0
Escenario 5	91.83	24.40	24.32	0
Escenario 6	59.19	34.44	43.42	1

La última etapa de la metodología SEMMA, se evalúa la *calidad del modelo* de Machine Learning. Esto se logra generando la matriz de confusión del modelo entrenado (**Figura 9**), y su respectivo análisis.

Figura 9

Matriz de confusión



Los resultados métricos aplicados al modelo se pueden visualizar en el informe de clasificación que se muestra en la **Tabla 8**.

Tabla 8

Informe de Clasificación

	<i>Precisión</i>	<i>Exhaustividad (Recall)</i>	<i>Especificidad (Specifity)</i>	<i>F1-Score.</i>	<i>Soporte</i>
apagado	0.99	0.99		0.99	1722
encendido	0.98	0.98		0.98	1347
			0.98		3069
	Índice general de calidad (Accuracy)			0.98	3069
macro avg	0.98	0.98		0.98	3069
weighted avg	0.98	0.98		0.98	3069

4. Discusión

En el análisis exploratorio preliminar realizado a los datos a través del uso de herramientas estadísticas se resaltan tres histogramas a los cuales se les generó el *coeficiente de correlación de Pearson*, ellos son: el histograma de la correlación entre en Índice de calor y la Temperatura, el histograma de correlación entre en Índice de calor y la Humedad, y el histograma de la correlación entre la Temperatura y la Humedad (ver **Figura 8**). Para el histograma de la correlación entre en Índice de calor y la Temperatura, el coeficiente de correlación de Pearson fue de 0.9654, lo que se interpreta como una correlación positiva casi perfecta y que las variables se correlacionan, directamente. Con respecto al histograma de correlación entre en Índice de calor y la Humedad, el coeficiente de correlación de Pearson arrojó -0.9421, lo que se interpreta como una correlación negativa, es decir, que las variables se relacionan inversamente. Y para el histograma de la correlación entre en la Temperatura y la Humedad, el coeficiente de correlación de Pearson fue de -0.9822, lo que se interpreta como una correlación negativa, es decir, que las variables se relacionan inversamente.

Para la selección de datos de entrenamiento y datos de prueba o test, se determinó que el 80% del conjunto de datos son para datos de entrenamiento y para los datos de prueba el porcentaje restante (20%) del conjunto de datos, este último subconjunto es de

gran importancia, ya que, se podrá comprobar si el modelo que se ha generado de los datos de entrenamiento es funcional (Ver **Tabla 5** y **Tabla 6**).

Las pruebas aplicadas al conjunto de datos de prueba demostraron que el modelo de Machine Learning realizó las predicciones correctamente, basadas en los parámetros ambientales (temperatura, humedad e índice de calor), demostrado a través de las métricas de evaluación para algoritmos de Machine Learning, aplicados. La **Figura 9** muestra el resultado de la matriz de confusión generada del modelo entrenado, donde los valores de la diagonal principal Verdaderos Negativos (VN) = 1700 y Verdaderos Positivos (VP) = 1322 corresponden a los valores estimados de forma correcta por el modelo. Por su parte, la otra diagonal, representa los casos en los que el modelo muestra error o una predicción incorrecta, generando Falso Negativo (FN) = 25 y Falso Positivo (FP) = 22. La evaluación del modelo logístico con la matriz de confusión obtuvo una alta precisión y un porcentaje de las predicciones correctas de medio hacia alto.

Con respecto a las métricas aplicadas para evaluar algoritmos de Machine Learning, la interpretación de los resultados son los siguientes: el *índice general de Calidad (Accuracy)* fue del 98.46%, lo que indica que el modelo es capaz de predecir, correctamente, en la mayoría de las veces, el resultado de la *métrica de Precisión* fue del 98.36%, es decir, que el modelo acertará en la predicción del encendido de los ventiladores (actuador) en un 98.36% y se equivocará en un 1.64% de las veces que prediga. Esta métrica nos da la calidad de la predicción del modelo, la *Exhaustividad (Recall)* del modelo fue del 98.14%, lo que significa que el modelo identifica, correctamente, el encendido de los ventiladores (actuador) tomando en cuenta los parámetros ambientales, la *Especificidad (Specifity)* mide qué tan bien el modelo predice el apagado de los ventiladores(actuador), el mismo arroja un resultado del 98% de asertividad. Esta métrica es exclusiva de la clasificación binaria, y el resultado de *F1-Score* de un 98%, confirmando que el modelo cumple con el objetivo de esta investigación, debido a que la puntuación F1-Score es la media armónica entre la precisión y la exhaustividad. Por consiguiente, el modelo es lo, suficientemente, bueno para usarse en escenarios de la vida real.

5. Conclusiones

- Esta investigación ofreció la oportunidad al sistema inteligente “**Smart Poultry Farm**”, de expandir su marco de trabajo, debido a que el conjunto de datos inéditos recolectados y leídos de los sensores ubicados en la galera de pollo en abierto fueron sometidos a algoritmos de Machine Learning para obtener predicciones de resultados precisas y basadas en los datos.
- Este estudio abre nuevas posibilidades en el empleo del Machine Learning para análisis de decisiones basadas en el comportamiento de las variables ambientales dentro de estos galpones avícolas, ofreciendo mejoras a la toma de decisiones, maximizando la eficiencia en la producción avícola y mitigando los efectos del cambio climático.
- La utilización de la metodología SEMMA facilitó el manejo del dataset por ser una herramienta intuitiva. Por su parte, el entorno de Google Colaboratory facilitó la construcción de los algoritmos de Machine Learning en Python permitiendo el procesamiento de los datos de forma ágil.
- El algoritmo de regresión logística binomial permitió predecir la probabilidad de que la variable dependiente cualitativa dicotómica tenga un valor específico en función de las variables independientes.
- El modelo construido es lo, suficientemente, bueno para usarse en escenarios de la vida real, y con su implementación permitirá conocer con antelación los posibles eventos dentro del galpón y contribuirá así a la optimización de los procesos avícolas en la región.
- Por último, los resultados obtenidos en este estudio sientan las bases para futuras investigaciones en el área, además, será la base para solventar problemas inherentes a decisiones ambientales futuras.

Agradecimientos

Al Sistema Nacional de Investigación (SNI) de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT - Panamá) y a los investigadores del proyecto “**Smart Poultry Farm**” de la convocatoria pública DINE-INNOVATEC 2021 de la Secretaria Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT, Panamá).

Referencias bibliográficas

- ANAVIP - *La avicultura en Panamá*. (s. f.). <https://www.anavip.org/index.php/la-avicultura-en-panama/>
- Aviagen. (s. f.). <https://aviagen.com/la/tech-center/>
- Ayoub Shaikh, T., Rasool, T., & Rasheed Lone, F. (2022). Towards leveraging the role of machine learning and artificial intelligence in precision agriculture and smart farming. *Computers and Electronics in Agriculture*, 198, 107119. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2022.107119>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2022). Clima, capital y un nuevo comienzo para los jóvenes. *Boletín mensual*. <https://www.linkedin.com/pulse/clima-capital-y-un-nuevo-comienzo-para-/>
- Brownlee, J. (2020). *Data Preparation for Machine Learning: Data Cleaning, Feature Selection, and Data Transforms in Python* (Machine Learning Mastery, Ed.). https://books.google.com.pa/books?id=uAPuDwAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbg_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Cacic, S., Popovic, T., Krco, S., Nedic, D., Babic, D., & Jovovic, I. (2023). Developing Edge AI Computer Vision for Smart Poultry Farms Using Deep Learning and HPC. *Sensors* 2023, 23(6), 3002. <https://doi.org/10.3390/S23063002>
- Chergui, N., & Kechadi, M. T. (2022). Data analytics for crop management: a big data view. *Journal of Big Data* 9(1), 1-37. <https://doi.org/10.1186/S40537-022-00668-2>
- Cobb. (s. f.). <https://www.cobb-vantress.com/resource/featured>
- Consejo Mexicano de la Carne. (s. f.). <https://comecarne.org/>
- Diez-Olivan, A., Averós, X., Sanz, R., Sierra, B., & Estevez, I. (2019). Quantile regression forests-based modeling and environmental indicators for decision support in broiler farming. *Computers and Electronics in Agriculture*, 161, 141-150. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2018.03.025>
- Estrada, M. M. E., Márquez, S., & Restrepo, L. (2007). Efecto de la temperatura y la humedad relativa en los parámetros productivos y la transferencia de calor en pollos de engorde. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 20(3), 288-303. <https://doi.org/10.17533/UDEA.RCCP>
- Google Colaboratory. (s. f.). https://colab.research.google.com/?utm_source=scs-index

- Hernández-Sampieri, R., y Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la Investigación: Las rutas Cuantitativa Cualitativa y Mixta*. McGraw-Hil. <http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/bitstream/54000/1292/1/Hernández- Metodología de la investigación.pdf>
- Larose, D. T., & Larose, C. D. (2014). *Discovering Knowledge in Data: An Introduction to Data Mining*. 2^{da} Ed. Wiley. <https://www.wiley.com/en-us/Discovering+Knowledge+in+%20Data%3A+An+Introduction+to+Data+Mining%2C+2nd+Edition-p-9780470908747>
- Ojo, R. O., Ajayi, A. O., Owolabi, H. A., Oyedele, L. O., & Akanbi, L. A. (2022). Internet of Things and Machine Learning techniques in poultry health and welfare management: A systematic literature review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 200, 107266. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2022.107266>
- Pajankar, A., & Joshi, A. (2022). *Hands-on Machine Learning with Python: Implement Neural Network Solutions with Scikit-learn and PyTorch*. Apress. <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-7921-2>
- Porcelli, A. M. (2020). Inteligencia Artificial y la Robótica: sus dilemas sociales, éticos y jurídicos. *Derecho Global. Estudios sobre Derecho y Justicia*, 6(16), 49-105. <https://doi.org/10.32870/DGEDJ.V6I16.286>
- Reier Forradellas, R., Nández Alonso, S., Jorge-Vazquez, J., & Rodriguez, M. (2020). Applied Machine Learning in Social Sciences: Neural Networks and Crime Prediction. *Social Sciences*, 10(1), 4. <https://doi.org/10.3390/SOCSCI10010004>
- Ribeiro, R., Casanova, D., Teixeira, M., Wirth, A., Gomes, H. M., Borges, A. P., & Enembreck, F. (2019). Generating action plans for poultry management using artificial neural networks. *Computers and Electronics in Agriculture*, 161, 131-140. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2018.02.017>
- SAS Help Center: *Introduction to SEMMA*. (s. f.). <https://documentation.sas.com/doc/en/emref/14.3/n061bzurmej4j3n1jni8bbj1a2.htm>
- The Caribbean Climate-Smart Accelerator. (2022). *Una Hoja De Ruta Climática Para América Latina y El Caribe*. Una Hoja De Ruta Climática Para América Latina y El Caribe. <https://vimeo.com/695183333>
- Vuppalapati, C. (2021). *Machine Learning and Artificial Intelligence for Agricultural Economics*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-77485-1>

- Wicaksono, D., Perdana, D., & Mayasari, R. (2018). Design and analysis automatic temperature control in the broiler poultry farm based on wireless sensor network. *Proceedings - 2017 2nd International Conferences on Information Technology, Information Systems and Electrical Engineering, ICITISEE 2017, 2018-Janua*, 450-455. <https://doi.org/10.1109/ICITISEE.2017.8285549>
- Zheng, M., Wang, F., Hu, X., Miao, Y., Cao, H., & Tang, M. (2022). A Method for Analyzing the Performance Impact of Imbalanced Binary Data on Machine Learning Models. *Axioms*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/AXIOMS11110607>

Vivencias de los adultos mayores con mascotas y el efecto a la salud Veraguas, Panamá, 2023

Experiences of elders with pets and the effect on health Veraguas, Panama, 2023

Diva Agudo González¹, Nellys Muñoz Núñez², Iset Trujillo³

¹Caja de seguro Social, Departamento Nacional de Investigación Enfermería, Panamá; dagudo@css.gob.pa; <https://orcid.org/0000-0002-1550-5699>

²Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Veraguas, Panamá; nellys.munoz@up.ac.pa; <https://orcid.org/0000-0002-2756-2068>

³Caja de seguro Social, Comité Institucional de Ética, Panamá; itrujillo@css.gob.pa; <https://orcid.org/0009-0007-9023-7552>

Fecha de recepción: 29 de septiembre de 2023

Fecha de aceptación: 8 de noviembre de 2023

DOI <https://doi.org/10.48204/j.vian.v7n2.a4567>

Resumen: La experiencia humano-animal, hace referencia a la relación que establecen las personas con especies animales como los perros y gatos. Existen estudios que describen, que las mascotas pueden resultar un aliado para mitigar carencia a la salud (Sánchez, 2016, p. 10). Esta investigación tiene como objetivo analizar las vivencias de los adultos mayores con mascotas, y los efectos a la salud. Métodos y procedimientos: se trata de un estudio cualitativo descriptivo fenomenológico, utilizando una unidad de análisis de ocho (8) adultos mayores con mascotas seleccionados en el “Campo Deportivo Santiago Apóstol”, con muestreo no probabilístico, por juicio o intencionalidad, se aplicará la técnica de observación participante. Además, se efectuarán cuatro entrevistas no estructuradas para cada participante y el uso de grabadora de audio, también el uso de la técnica dual para la transcripción de las notas de campos obtenida en la grabación. El análisis de contenido inductivo será procesado en el software Atlas ti versión 9 organizado según el enfoque fenomenológico de la teoría hursseliana se plasmará tablas de co ocurrencia, redes semánticas, gráficos de Sankey y el análisis por intensidad para la triangulación de la esencia del fenómeno. Los resultados obtenidos ayudaran a tomar medidas positivas hacia un envejecimiento saludable.

Palabras claves: vivencia, adulto mayor, salud, experiencias, sentimientos.

Abstract: The human-animal encounter, refers to the relationship established with animal species such as dogs and cats. There are studies that describe that pets can be an ally to mitigate health deficiencies (Sánchez, 2016, p. 10). This research aims to analyze the experiences of elderly people with their pets and the effects on their health. Methods and Procedures: This is a qualitative descriptive phenomenological study, using an analysis unit of eight (8) elders with pets selected from "El Campo Deportivo Santiago Apostol", with non-probability sampling, by judgment or intentionality. The participant observation technique will be applied. Besides, four unstructured interviews will be conducted for each participant and an audio recorder will be used. The dual technique will also be used to transcribe the field notes gathered in the recording. The inductive content analysis will be processed in the Atlas Ti version 9 software organized according to the phenomenological approach of the Hurselian theory and will include co-occurrence tables, semantic networks, Sankey Graphs,

and the analysis by intensity for the triangulation of the essence of the phenomenon. The results obtained will help to take positive steps towards healthy aging.

Key words: experience, elder, health, experiences, feelings.

1. Introducción

El campo del estudio humano-animal, conocido como antrozoología, se ha destacado desde los años 80, en investigar “los efectos fisiológicos, psicológicos y sociales del vínculo e interacción humano animal” (Meléndez Samó, 2014, p. 163). Han centrado efectos positivos en relación a la salud, con el convivio mascota – humano.

Por otra parte, en el segundo análisis científico realizado por la Fundación Affinity, (2014) en España, encontró que el 76% de las personas les gusta las mascotas, 70% afirma que le hacen compañía y lo entiende, el 62 % habla con la mascota y 66% de los encuestados juega con su animal de compañía. Esta información ha revelado que, existe una actitud de aprobación de la sociedad hacia los animales de compañía.

Algunos expertos manifiestan sobre la incorporación de animales como estrategias para el mejoramiento de la salud física y mental del adulto mayor como medida preventiva y positiva. Gutiérrez y Granados, (2007) fijan el efecto interacción espontánea dueño y mascota, proporcionando sentimientos de seguridad a ambos, McConnell et al. (2011), centran a las mascotas como fuentes de apoyo social, Odendaal y Lehmann, (2000), exponen la interacción simbiótica de ambas especies favoreciendo la disminución de presión sanguínea, McNicholas y Collis, (2000) afirman que estar acompañado de un perro aumenta la frecuencia de las interacciones sociales, especialmente con extraños.

En Panamá, la Consultoría Interdisciplinaria en Desarrollo (CID Gallup, 2015), indagó sobre la tenencia de mascota donde encontró que “más de dos millones 230 mil 566 personas disfrutaban de la compañía y beneficios de una mascota, de acuerdo a los resultados 8 de cada 10 panameño tiene una mascota obteniendo beneficio a la salud” (párr. 1). También, es importante mencionar que el (85.7 %) de las personas que reportaron tener mascotas están en los rangos de edad 25 -39 años.

Posterior a una revisión exhaustiva de la literatura con relación a los descriptores o palabras claves vivencia, adulto mayor, salud, experiencias, sentimientos, quienes

determinaron las búsquedas en la sustentación del fundamento teórico las autoras nos realizamos diferentes preguntas: ¿Cuáles son las características socio demográficos de los participantes del estudio? ¿Cómo son las experiencias de los participantes con las mascotas? ¿Cuáles son los sentimientos de los participantes hacia sus mascotas? ¿Cuáles son los cambios de los adultos mayores con el vínculo e interacción con la mascota? Considerando las diferentes preguntas realizadas se efectúan la pregunta central ¿Cuáles son las Vivencias de los adultos mayores con mascotas, y los efectos a la salud? .

2. Materiales y métodos

Se trata de un estudio cualitativo, descriptivo fenomenológico (Mendoza-Canales, 2018, p.133). Con un muestreo no probabilístico, por juicio o intencionalidad de las investigadoras. Este muestreo según, Lastra (2000), es una técnica utilizada por expertos para seleccionar unidades o porciones representativas o típicas no representado.

La muestra estará conformada por ocho adultos mayores entre 60 a 65 años, de estos, cuatro serán hombres y cuatro mujeres dueños de mascotas (perros), que vivan en el distrito de Santiago, y serán seleccionados en el Campo Deportivo Santiago Apóstol durante las caminatas y paseos con las mascotas, en horas de la tarde. Se utilizará la técnica de observación participante, que según Diaz (2011), esta observación es utilizada para obtener los datos “desde adentro” por el investigador.

Las autoras utilizaran esta técnica en un primer momento, donde las observaciones se dan para reconocer el escenario y a los participantes con rasgos físicos propios del adulto mayor, luego se dará el acercamiento informal recogiendo información general; para lograr este acercamiento las autoras actuarán llevando a sus mascotas de paseo, así habrá una semejanza entre los posibles sujetos de estudio. Al compartir con la investigadora el hecho de llevar a pasear a sus mascotas, podrían sentirse más cómodos para iniciar una conversación, que en efecto será el primer contacto formal, con la presentación y explicación de cada investigadora, acerca del estudio que se va a desarrollar.

Los participantes en el estudio estarán de manera voluntaria lo cual se consignará mediante la firma del “Consentimiento Informado” del cual se les entregará una copia y

podrán solicitar retirarse del mismo en cualquier momento, si así lo estiman conveniente. El estudio fue sometido a revisión para la aprobación por el Comité Institucional de Ética de la investigación de la Caja de Seguro Social.

Para salvaguardar la confidencialidad de los datos se utilizará una codificación secuencial por documento de recolección, donde no se tendrá información que identifique al participante. Estos documentos de recolección se guardarán de manera confidencial bajo llave en un anaquel de la oficina de la investigadora principal por un tiempo de cinco años y pasado este tiempo se pasará por la máquina trituradora. Las grabaciones obtenidas en las entrevistas serán borradas inmediatamente mientras se concrete con los participantes las anotaciones realizadas a través de las notas de campos. Los resultados de este estudio serán divulgados con fines científicos y educativos, busca beneficiar a la población, es la base para realizar una propuesta e integrar en el programa de Adulto Mayor este tipo de actividad.

3. Resultados

El análisis de contenido inductivo será mediante software Atlas ti versión 9 (Friese, 2021). Dicho software es un contenedor inteligente para el proceso de datos e informaciones a los estudios fenomenológicos. Según Andréu Abela, (2018) estos estudios se fundamentan en la interpretación de hallazgo en los diferentes textos para el desarrollo de categorías inductivas. En el presente estudio se realizará 32 entrevistas no estructurada cuatro por cada participante. El enfoque fenomenológico Husserliano, Fuster Guillen, (2019) persigue la comprensión de la experiencia vivida en su complejidad.

De acuerdo a los requerimientos del análisis de contenido inductivo con enfoque fenomenológico Husserliano, se inicia con la horizontalización, según Soto Núñez y Vargas Celis, (2017) es la búsqueda de experiencias originarias y fija la fenomenología Husserl (1992). Es la etapa donde la investigación en curso se inicia con las entrevistas no estructuradas generándose 32 documentos que se transcriben en notas de campos, luego se agregan al administrador de archivo del programa Atlas ti versión 9; posteriormente se comenzará la codificación abierta automática y manual de cada notas de campos, construyéndose las declaraciones significativas de los párrafos por el números de códigos

encontrados en los fragmentos y se ilustrará el bigrama de codificación, esto ayudará a las investigadoras a la construcción de tablas de co-ocurrencias y el diagrama Sankey. Con los dos resultados, las autoras identificarán el enunciado significativo o la descripción textural llamado el Noema según Anders (2022), es el “resultado de pensar” de los participantes, desde muchos puntos de vistas individuales. Además, con la reflexión de los resultados de la co-ocurrencia y el diagrama Sankey, ilustrará a las autoras a la construcción de redes semánticas para la construcción de las categorías, aquí algunos códigos suben a categorías, llevando a la descripción estructural llamado Noesis. También Anders, (2022b) lo considera la “acción del pensar” de los participantes, y la comprensión de la Noesis.

4. Discusión

Para la discusión de los resultados las autoras construirán dos memos uno para descripción textural y otra para descripción estructural, para conservarlos en el proyecto creado en Atlas ti. Posteriormente se buscará la esencia del fenómeno a través de la combinación de la descripción *textura (Noema)* y *estructura (Noesis)* con la técnica de la triangulación donde se combinan *las redes semánticas, los enunciados significativos, y el análisis de intensidad o sea reflexiones teóricas* esto lleva la **esencia del fenómeno** ilustrado por el enfoque fenomenológico.

5. Conclusiones

Los resultados obtenidos serán de utilidad para la creación de una propuesta para la elaboración de un programa de promoción referentes a la inclusión de mascotas como alternativas de acompañamientos a los adultos mayores en proceso de pre-jubilación.

Referencias bibliográficas

Anders, V. (2022a). *Noema*. Etimologías de Chile - Diccionario que explica el origen de las palabras. <http://etimologias.dechile.net/?noema>

Anders, V. (2022b). *Noesis*. Etimologías de Chile - Diccionario que explica el origen de las palabras. <http://etimologias.dechile.net/?noesis>

- Andréu Abela, J. (2018). *Las técnicas de Análisis de Contenido: Una revisión actualizada*. Universidad de Granada. <http://mastor.cl/blog/wp-content/uploads/2018/02/Andreu.-analisis-de-contenido.-34-pags-pdf.pdf>
- Consultoría Interdisciplinaria en Desarrollo (CID Gallup). (2015). El perro reina: 8 de cada 10 lo tiene de mascota. *El Siglo*. <http://elsiglo.com.pa/panama/perro-reina-8-cada-10-tiene-mascota/23838942>
- Diaz Sanjuan, L. (2011). *La observación*. Facultad de Psicología UNAM; Material didáctico. https://www.psicologia.unam.mx/documentos/pdf/publicaciones/La_observacion_Lidia_Diaz_Sanjuan_Texto_Apoyo_Didactico_Metodo_Clinico_3_Sem.pdf
- Friese, S. (2021). *ATLAS.ti 9 Windows—Guía Rápida*. https://doc.atlasti.com/QuicktourWin.es.v9/ATLAS.ti_QuickTour_es_Win.v9.pdf
- Fundación Affinity. (2014, junio 10). *II Análisis Científico del Vínculo entre personas y animales 2014* [Text]. <https://www.fundacion-affinity.org/observatorio/ii-analisis-cientifico-del-vinculo-entre-personas-y-animales-2014>
- Fuster Guillen, D. E. (2019). Investigación cualitativa: Método fenomenológico hermenéutico. *Propósitos y Representaciones*, 7(1), 201. <https://doi.org/10.20511/pyr2019.v7n1.267>
- Gutiérrez, G., y Granados, D. (2007). Interacciones humano-animal: Características e implicaciones para el bienestar de los humanos. *Revista Colombiana de Psicología*, 16, 163-183. <https://www.redalyc.org/pdf/804/80401612.pdf>
- Lastra, R. P. (2000). *Encuestas probabilísticas vs. No probabilísticas*.
- McConnell, A. R., Brown, C. M., Shoda, T. M., Stayton, L. E., & Martin, C. E. (2011). Friends with benefits: On the positive consequences of pet ownership. *Journal of Personality and Social Psychology*, 101(6), 1239-1252. <https://doi.org/10.1037/a0024506>
- McNicholas, J., y Collis, G. M. (2000). Los perros como catalizadores de las interacciones sociales: Robustez del efecto. *British Journal of Psychology (London, England: 1953)*, 91 (Pt 1), 61-70. <https://doi.org/10.1348/000712600161673>
- Meléndez Samó, L. (2014). El Vínculo Humano-Animal y sus implicaciones para la Psicología en Puerto Rico. *Revista Puertorriqueña de Psicología*, 25(2), 160-182. <https://www.redalyc.org/pdf/2332/233245622002.pdf>
- Mendoza-Canales, R. (2018). La fenomenología como teoría del conocimiento: Husserl sobre la epojé y la modificación de neutralidad. *Revista de Filosofía*, 43(1), 121-138. <https://doi.org/10.5209/RESF.60203>

Odendaal, J., y Lehmann, S. (2000). The Role of Phenylethylamine during Positive Human-Dog Interaction. *Acta Veterinaria Brno*, 69(3), 183-188. <https://actavet.vfu.cz/69/3/0183/>

Sánchez, A. B. (2016). *La eficacia de la terapia asistida con animales en personas con discapacidad: Análisis de los flujos comunicativos entre la persona con trastorno del espectro del autismo y el perro de terapia*. [Tesis doctoral, Universidad de Salamanca]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=155524>

Soto Núñez, C. A., y Vargas Celis, I. E. (2017). La Fenomenología de Husserl y Heidegger. *Cultura de los Cuidados Revista de Enfermería y Humanidades*, 21(48), 43-50. <https://doi.org/10.14198/cuid.2017.48.05>

Estudio comparativo de los resultados en las pruebas de admisión del Centro Regional Universitario de Azuero (CRUA), 2020 y 2021

Comparative study of the results in the admission tests of the Regional University Center of Azuero (CRUA), 2020 and 2021

María I. Barrios Pinilla¹, Delia Barrios Barrios², Cintia Corro³

¹Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario Azuero, Facultad de Psicología, Panamá; mariaibp17@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0000-6356-7715>

²Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario Azuero, Facultad de Enfermería, Departamento Salud Mental, Panamá; delia.barrios@up.ac.pa; <https://orcid.org/0000-0001-6201-7869>

³Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario Azuero, Facultad de Psicología, Panamá; cintia.corro@up.ac.pa; <http://orcid.org/0000-0002-9559-263X>

Fecha de recepción: 10 de agosto de 2023

Fecha de aceptación: 8 de noviembre de 2023

DOI <https://doi.org/10.48204/j.vian.v7n2.a4568>

Resumen: El evento del COVID-19 sin precedentes a nivel mundial, ha tenido un impacto en la vida de las personas. La pandemia generó cambios importantes en todos los sectores, la salud, la convivencia en sociedad y la educación entre otras. Poco después, la educación empezó a reiventarse y en este proceso, toma vital relevancia, la modalidad virtual como la alternativa para dar continuidad al proceso enseñanza aprendizaje. Así, los estudiantes en el 2020, tuvieron la oportunidad de hacer las pruebas de admisión para ingresar a la Universidad de Panamá de forma virtual en el 2021. En este estudio, el análisis estadístico revela que el rendimiento en las pruebas PCA y PCG para ingresar al Centro Regional Universitario Azuero (CRUA) fueron diferentes entre los años 2020 y 2021. Es decir, los resultados en las pruebas que realizaron en el 2020 (de forma virtual) para ingresar en el 2021 fueron mejores comparadas con las realizadas en el 2019 (de forma presencial) para ingresar en el 2020.

Palabras clave: COVID-19, e-learning, virtualidad, educación superior, pruebas de admisión.

Abstract: The COVID-19 event, unprecedented worldwide, has had an impact on people's lives. The pandemic generated important changes in all sectors, health, coexistence in society and education among others. Shortly after, education began to revive itself and in this process, the virtual modality took vital relevance as an alternative to give continuity to the teaching-learning process. Thus, students had the opportunity to take the admission tests to enter the University of Panama virtually. In this study, the statistical analysis reveals that the performance in the PCA and PCG tests to enter the Centro Regional Universitario Azuero (CRUA) were different between the years 2020 and 2021. That is, the results in the tests taken in 2020 (virtually) to enter in 2021 were better compared to those taken in 2019 (in person) to enter in 2020.

Key words: COVID-19, e-learning, virtuality, higher education, admission tests.

1. Introducción

Para el año 2020, luego que la Organización Mundial de la Salud (OMS), declara que la aparición del brote de coronavirus COVID-19, en el mundo se había convertido en una pandemia, todos los países entraron en una de las peores crisis para la humanidad. La educación superior también fue afectada en esta crisis y generó cambios importantes, en la búsqueda de alternativas que permitieran a sus actores claves, docentes, administrativos, estudiantes y otros, afrontar la nueva realidad para no ver interrumpida la educación. Atendiendo de forma particular y para el ingreso de los nuevos estudiantes a la vida universitaria en la Universidad de Panamá, se implementó la realización de las pruebas de admisión de forma virtual, cambiando así, el modo presencial como se venía realizando a través del tiempo.

El mundo digital, sin dejar de lado la brecha que también se evidenció aún más, en la pandemia; a muchos países permitió hacer ajustes en los esquemas aprendidos sobre el proceso enseñanza-aprendizaje y afrontar un nuevo método como es la virtualidad. Es decir, los estudiantes (en algunos países) no se vieron privados de educación y el aprendizaje no se detuvo (Azzi-Huck y Shmis, 2020), igualmente en Panamá, pues se implementó de forma oportuna el aprendizaje virtual.

A nivel mundial la educación no presencial ha traído grandes desafíos, económicos, sociales, de calidad educativa, todo esto repercutiendo en el aprendizaje objetivo principal de la educación en todos los niveles de enseñanza. Observamos con gran preocupación si los estudiantes de bachillerato han estado saliendo preparados académicamente para enfrentar los retos de la educación universitaria, siendo el primer desafío pasar los exámenes de admisión. Así tenemos que, la educación superior podría experimentar los mayores índices de abandono escolar, así como una reducción de matrículas del orden del 3,5%, lo que redundaría en una pérdida de 7,9 millones de alumnos, (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 2020).

En la investigación, virtualidad y educación en tiempos de COVID-19 realizado en Argentina se evidenció las desigualdades existentes en cuanto al uso de tecnologías y recursos pedagógicos digitales. Dichas diferencias se manifiestan en relación con el tipo de

gestión, el nivel educativo, la situación socioeconómica de los alumnos, el rendimiento académico y el apoyo por parte de la familia del estudiante. Señalan los autores que, es necesario continuar profundizando en la comprensión de los condicionantes y las posibles consecuencias que traerán, para el sistema educativo, estas experiencias pedagógicas en aislamiento social (Expósito y Marsollier, 2020).

Las autoridades del Centro Regional Universitario de Azuero (CRUA) ante el cierre del centro de estudios superiores y siguiendo las directrices de la Universidad de Panamá, se vieron avocados de forma oportuna ofreciendo cursos virtuales relacionados al uso de las plataformas que permitieran a docentes y estudiantes dar continuidad a la formación académica. Un sin número de cursos fueron ofrecidos a los actores claves del proceso; docentes y estudiantes; y con ello, se logra dar inicio a las clases de forma virtual. De este modo, llegada la fecha de hacer las pruebas de admisión para ingresar a la universidad, y producto de la pandemia, se hicieron por primera vez de forma virtual (2020 para ingresar en el 2021). Hoy día se continúan realizando de igual forma, en modalidad virtual. Esta investigación nos permite valorar los resultados tanto de las pruebas realizadas de forma presencial (2019 para ingresar en 2020) como las realizadas de forma virtual (2020 para ingresar en 2021) y así poder comparar tales resultados.

Así como la Universidad de Panamá gestiona y a la vez ejecuta el ordenamiento de realización de las pruebas de admisión de forma virtual encontramos que otros países, toman decisiones similares y otros diferentes. Siendo así, (Crawford et al., 2020 citado por Bedoya-Dorado, et al., (2021) señalan que en algunos países fueron canceladas las pruebas para el ingreso a la educación superior que presentan los estudiantes al finalizar secundaria. Por ello, muchos gobiernos y universidades determinaron admitir estudiantes a partir de las notas acumuladas durante la secundaria, o realizar las pruebas de ingreso de manera virtual.

Cabrera (2020) en el estudio sobre, efectos del coronavirus en el sistema de enseñanza: aumenta la desigualdad de oportunidades educativas, nos indica que, la enseñanza telemática online actual, sin discutir sus bondades y apoyo en los procesos de aprendizaje, incrementa las desigualdades educativas existentes del alumnado en los centros educativos de enseñanza presencial. En este sentido, el CRUA teniendo estudiantes

y estudiantes de comunidades rurales apartadas también tuvieron dificultades con la interconectividad.

Por su parte el estudio sobre, efectos de la pandemia por coronavirus en la educación superior universitaria, nos revela que, aunque la nueva normalidad aboga por la virtualización de la educación en pos de hacer partícipe y protagonista al alumno de su propio aprendizaje, los estudiantes manifiestan una insatisfacción del 51 % de ineffectividad de la educación en línea; sin embargo, una mayoría del 61 % logra comprensión en los encuentros virtuales, al menos de forma regular (Condori et al., 2021).

En cuanto al hecho de si los resultados de las pruebas de admisión hechas de forma presencial, sean iguales, mejores o peores, comparadas con los resultados de los estudiantes que lo hicieron de forma virtual, no tenemos evidencias; por tanto, esta investigación nos permite tener por lo menos en Panamá, la primera evidencia científica a dicho fenómeno.

Datos publicados de Colombia, nos señalan que, alrededor del 36% de los estudiantes que desertan en este país, lo hacen al final del primer año. Si bien este comportamiento ha venido presentándose de manera reiterativa en las distintas universidades del país, en tiempos de la pandemia generada por el coronavirus SARS-CoV2 (COVID-19), que afectó el 100% de la población mundial durante el 2020, no sólo ha generado un impacto importante en la deserción del primer año de vida universitaria y el resto de la carrera, sino también en el ingreso de nuevos estudiantes a la educación superior (Hernández et al., 2021).

En cuanto al ingreso de nuevos estudiantes a la Universidad de Panamá (UP), hubo un aumento, ya que, ante la pérdida del empleo de muchos panameños, y al no contar con el dinero para pagar universidades privadas, sus hijos migraron a la UP. En el año 2020, esta universidad como única universidad del estado, producto de la pandemia ofreció gratuidad en la matrícula de sus estudiantes. Siendo así, la Universidad de Panamá, en el 2020 había registrado una inscripción de 15 mil estudiantes, luego llegada la pandemia eleva la cifra a 29 mil estudiantes en esta casa de estudios superiores (Lasso, 2021).

Para el 2019 en el CRUA se matricularon 2758 estudiantes, siendo 669 de primer ingreso y 2089 de reingreso y para el año 2020 que fue cuando inicia la pandemia a nivel mundial, la matrícula baja a 2593 estudiantes: 630 estudiantes de primer ingreso y 1963

estudiantes de reingreso (Universidad de Panamá, dirección de Planificación, (U.P.-DIGEPLEU., 2020). Estos datos coinciden con el planteamiento citado de universidades colombianas, que indicaron disminución en el ingreso de nuevos estudiantes a la educación superior. Desconocemos las razones en la baja de nuevos ingresos y no son el objeto de esta investigación.

La Virtualidad en la educación

El tema de la virtualidad e-learning o aprendizaje en línea, en los años de pandemia ha generado muchas controversias que solo podrán solventarse si dentro de los análisis que se realicen, se vean sustentados tales controversias, por ejemplo, en el caso particular, si los resultados de las pruebas de admisión sean diferentes en la presencialidad o en la virtualidad. Esta investigación no pretende, valorar el rendimiento académico, como resultado de las clases virtuales durante la pandemia, pues tal como hemos señalado, solo atenderá resultados de las pruebas de admisión.

Son muchos los estudios que ponen el énfasis en la importancia del uso de las tecnologías de la información (TIC) en el proceso de enseñanza. Así, González de Bello (2018) en su estudio, habilidades digitales en jóvenes que ingresan a la universidad: realidades para innovar en la formación universitaria, plantea que, es posible identificar que las TIC se incorporan a la vida de los jóvenes estudiantes en diferentes caminos e inician su preparación para desarrollar habilidades tecnológicas, algunos más pronto que otros y de manera diversa a través de los distintos niveles educativos. Con ello, podemos decir que, la población estudiantil en nuestro país, también puede variar la adquisición de sus habilidades digitales y de manera diversa, lo que a su vez puede favorecer o no los resultados de las pruebas de admisión “virtuales” para ingresar a la UP en el año 2021.

Además, otras investigaciones señalan que, las implicaciones para la educación superior serán considerables y en su mayoría negativas, ampliando las brechas y desigualdades entre los estudiantes, las instituciones y los países. Habrá variaciones significativas a nivel mundial, con la probabilidad de que las universidades de la parte más pobre del mundo se vean más severamente afectadas (Altbach & de Wit, 2020, citado por Parker & López, 2020).

Esta investigación, pone en evidencia los resultados de la experiencia de la virtualidad como una opción para realizar los exámenes de admisión durante la pandemia. Específicamente en este caso, los resultados de los exámenes de admisión hechos de forma virtual en 2020 para ingresar a la Universidad de Panamá (CRUA) en el 2021 y comparar tales resultados con los que habían realizado de forma presencial (2019 para ingresar en 2020).

Son pocas las investigaciones que hacen referencia a indagar los resultados de las pruebas de admisión para ingresar a las universidades y mucho menos que nos permitan ver si hay diferencias en cuanto a los realizados de forma presencial. Siendo así, Hernández Fernández (2022) en su investigación, la admisión al ciclo escolar 2020-2021 en Educación Media Superior: análisis de la respuesta a la emergencia por Covid-19, indica que, cinco entidades modificaron el modelo general de admisión como respuesta a la emergencia, que la estrategia más utilizada fue la reprogramación o aplazamiento de exámenes de admisión y el uso de plataformas informáticas de apoyo y otras estrategias, aunque menos utilizadas, fueron la cancelación de costos de admisión y la suspensión de exámenes de selección. Vemos que no hay resultados que hagan referencia a los resultados de admisión en tiempos de pandemia, ni mucho menos para compararlos con los tiempos en que se realizaron de forma presencial. Este estudio, indicó además que, si por la emergencia sanitaria el examen no podía realizarse de manera presencial, las escuelas podrían asignar lugares de acuerdo con su demanda. No obstante, en la entidad el examen de admisión logró realizarse de manera presencial en la fecha inicialmente establecida (Hernández Fernández, 2022).

3. Materiales y métodos

Estudio cuantitativo, no experimental, retrospectivo, longitudinal de tendencia de grupo, alcance correlacional. Se valoraron en muestra probabilística el rendimiento de los estudiantes en las pruebas de admisión de los años 2019, antes de la pandemia (pruebas de forma presencial para ingresar en 2020) y 2020 durante la pandemia (pruebas de forma virtual) para ingresar en el 2021.

Se utilizó todo el universo para este estudio, es decir, ochocientos ochenta y un (881) estudiantes realizaron las pruebas de conocimientos académicos (PCA) en el 2019 y setecientos sesenta y dos (762) en el 2020.

Hipótesis de Trabajo: El rendimiento en las pruebas de P.C.A. y P.C.G. para ingresar al CRUA será diferente entre los años 2020 y 2021.

- **Definición de las variables**

- **Prueba de Conocimientos Académicos (PCA)**

- **Definición conceptual:** “Las capacidades académicas proporcionan el conocimiento detallado y las destrezas necesarias para el aprendizaje efectivo en la Universidad, además, proporciona las bases para el estudio universitario, cualquiera que sea la carrera escogida” (Universidad de Panamá, Dirección General de Admisión, 2020, p.9). La PCA se aplica a todos los estudiantes que aspiren a entrar a la Universidad de Panamá. Evalúa dos (2) áreas, verbal son 60 preguntas (vocabularios, comprensión de lectura y redacción) y el área numérica son 40 preguntas (operatoria y razonamiento).

- **Definición operacional:** son 100 preguntas, cada pregunta tiene un valor de un (1) punto y la prueba representa un total del 20 % para el ingreso a la Universidad.

- **Prueba de Conocimientos Generales (PCG)**

- **Definición conceptual:** Mide los conocimientos específicos que se espera que los estudiantes tengan para poder ingresar en una carrera determinada (Universidad de Panamá, Dirección General de Admisión, 2020). La PCG Científica: esta prueba evalúa, cuatro (4) áreas, biología, física, matemáticas, y química para los aspirantes a las facultades de: Ciencias Agropecuarias, Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Enfermería, Psicología, Farmacia, Ingeniería, Medicina, Medicina Veterinaria y Odontología. PCG Humanística: consta de cinco (5) módulos, filosofía, español, gobierno, historia y geografía. Esta prueba es para los estudiantes que desean entrar a la Facultad de Derecho y Ciencias Políticas.

- **Definición operacional:** PCG Científico: consta de cuatro (4) áreas, biología, física, química y matemáticas. Cada área tiene 25 preguntas de 1 punto cada una de ellas. Representa un 40% para el ingreso a la Universidad. PCG Humanista: consta de cinco (5)

áreas, filosofía, historia, geografía, español y gobierno. Cada área tiene veinte (20) preguntas de un (1) punto cada una de ellas. Representa un 40% para el ingreso a la Universidad (Universidad de Panamá, Dirección General de Admisión, 2021).

En cuanto a la validez y confiabilidad de los instrumentos de medición tenemos que la prueba de admisión de la Universidad de Panamá, es construida por un grupo interdisciplinario de profesionales especialistas en español y matemáticas y que, de acuerdo a las pautas o directrices dadas por psicólogos experimentados en construcción de pruebas, las elaboran. Estos profesionales construyen las preguntas de acuerdo con una tabla de especificaciones ya existente. Las preguntas confeccionadas son revisadas, luego pasan a una fase de aplicación experimental, posteriormente a otra de análisis estadísticos para determinar su índice de dificultad, su índice de discriminación, y realizar el análisis de alternativas y luego se calcula la confiabilidad y validez.

Ambas pruebas fueron aplicadas por el departamento de admisión del CRUA, por tanto, solicitamos autorización para tener acceso a los resultados y poder obtener las muestras. Para el análisis de los resultados, después de recolectados los datos se realizaron análisis estadísticos. Se utilizó la prueba z para medias de dos muestras PCA 2019 - PCA 2020 y para la PCG humanista 2019 -2020. La prueba de Wilcoxon para el análisis de PCG 2019 – 2020.

Para garantizar los aspectos éticos el estudio se sometió a la aprobación del Comité de Bioética de la investigación del Hospital Regional de Azuero Anita Moreno con el código (CBIHRAAM 2022-91).

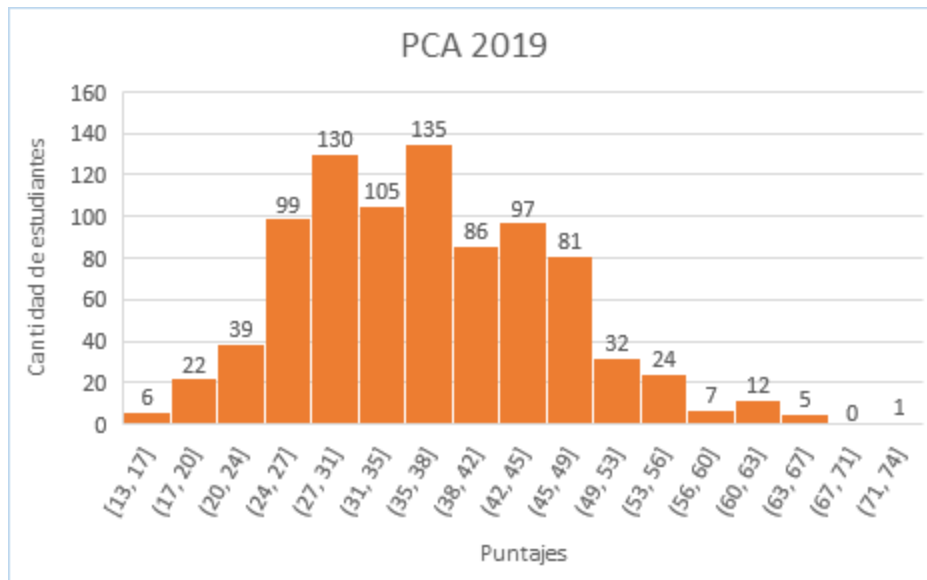
4. Resultados y discusión

La educación es considerada fundamental para las necesidades humanas. El aprendizaje electrónico aunque no en todas los actores claves, producto de la brecha digital, proporcionó la continuidad de la educación de forma remota a pesar del aislamiento social a nivel mundial producto de la pandemia. En este sentido, la Universidad de Panamá, realizó las pruebas de admisión para ingresar a esta casa de estudios, de forma virtual; una modalidad hasta ese momento, sin precedentes.

Pasamos a describir los resultados, recordando al lector que este estudio está centrado en los resultados de las pruebas de admisión para ingresar a la UP., (2021) modalidad-virtual y luego, hacer una comparación con los resultados de dichas pruebas realizadas de forma presencial (2019 para ingresar 2020). Presentamos algunas datos para la discusión pero no sin antes, señalar que, no hay estudios que nos permitan hacer comparaciones con el tema de estudio; pues el rendimiento académico en la virtualidad, no es el tema de esta investigación.

Figura 1

Resultados del PCA de estudiantes. Centro Regional Universitario Azuero, 2019



Fuente: Base datos admisión: Universidad de Panamá (pruebas realizadas 2019 para ingresar en 2020).

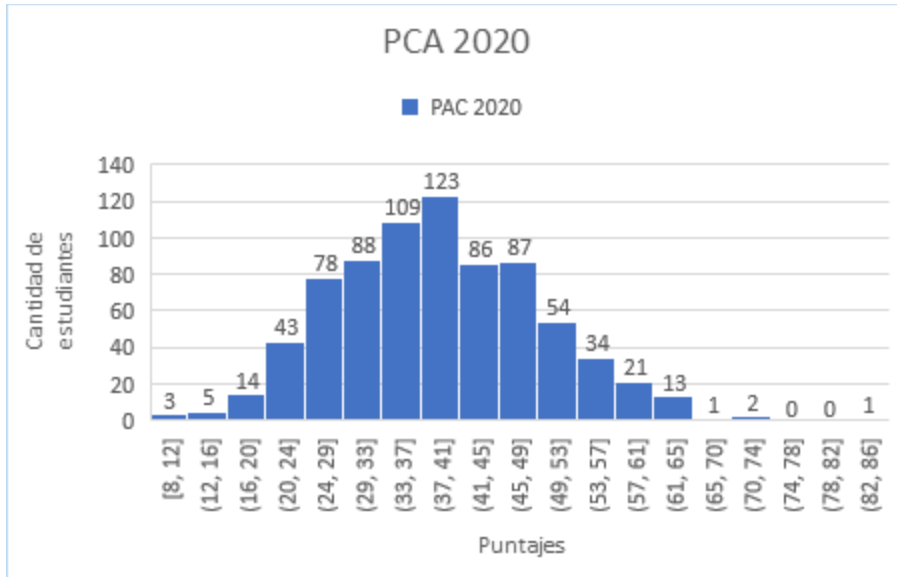
Observamos en la figura 1, que realizaron las pruebas del PCA para ingresar a la Universidad de Panamá (modalidad presencial), un total de (881 estudiantes). El puntaje con mayor cantidad de estudiantes para ingresar al CRUA está entre 35-38 puntos (15.32% de los estudiantes) y solo el (2.04%) de los estudiantes obtuvieron resultados mayores de 60 puntos.

De acuerdo al estudio de Bayazit, Alper & Aşkar, Petek, (2011) sobre los logros y duración de las pruebas en línea y las realizadas en papel, señala que, los resultados mostraron que no hubo diferencias significativas entre el desempeño en las pruebas en línea

y en papel y lápiz. Por otro lado, el tiempo que dedicaron al examen en línea ha sido mayor que el tiempo que dedicaron al examen en papel y lápiz. Los estudiantes encontraron la herramienta de prueba en línea fácil de usar y afirmaron que el medio de prueba en línea es más cómodo que las pruebas con lápiz y papel.

Figura 2

Resultados del PCA de estudiantes. Centro Regional Universitario Azuero, 2020



Fuente: Base datos admisión: Universidad de Panamá (pruebas realizadas 2020 para ingresar en 2021).

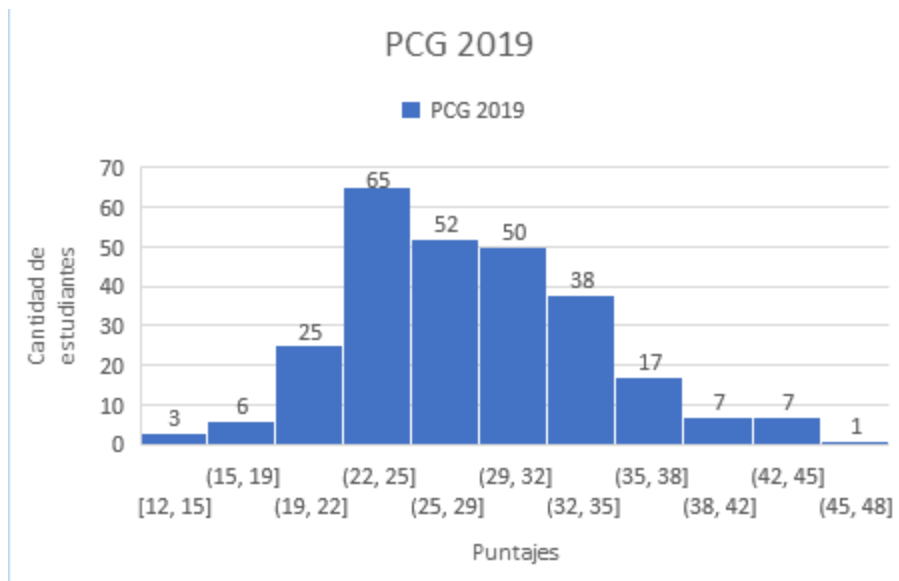
En la figura 2 podemos ver que, hicieron las pruebas de PCA en el 2020 un total de (762 estudiantes, modalidad virtual) es decir, (119 estudiantes menos que en el 2019). El (16.14%) obtuvo un resultado de 37-41 puntos, lo que marca mejores resultados comparados con los realizados de forma presencial.

No hay estudios con los que podemos comparar esta investigación, pues recordemos que la misma, está centrada en resultados de pruebas de admisión virtuales que es distinto a valorar rendimiento académico virtual en el desarrollo de competencias. Sin embargo, podemos indicar que, (Eyles et al., 2020; Plá, 2020, citados por Hernández Fernández, 2022) hacen referencia a que es de esperarse que exista una fuerte merma económica en aquellas familias que han perdido empleos como resultado de la crisis. Ello, sin duda, afectará las oportunidades de los aspirantes a realizar procesos de admisión exitosos, y acentuará aún

más desigualdades en el acceso, y lo cual también, es posible, tenga un impacto negativo en el desempeño de los estudiantes en los exámenes de admisión (Dahl y Locher, 2012, citado por Hernández Fernández, 2022), y en esta investigación coinciden los resultados, tal como mencionan los autores precitados, pues disminuyeron la cantidad de participantes para ingresar al CRUA.

Figura 3

Resultados del PCG Científica de estudiantes. Centro Regional Universitario Azuero, 2019



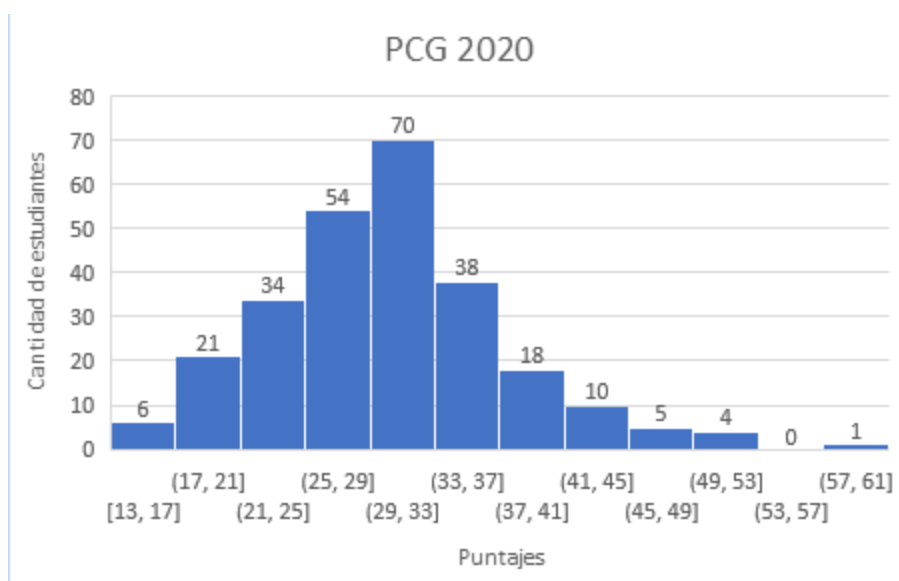
Fuente: Base datos admisión: Universidad de Panamá (pruebas realizadas 2019 para ingresar en 2020).

Para describir los resultados de la figura 3, debemos recordar que, esta prueba corresponde a una de las tres pruebas de conocimientos generales y evalúa, 4 áreas, biología, física, matemáticas, y química para los aspirantes a las facultades de, Ciencias

Agropecuarias, Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Enfermería, Psicología, Farmacia, Ingeniería, Medicina, Medicina Veterinaria y Odontología, aportando un 40% para el ingreso a la universidad de Panamá. El puntaje mayor obtenido en esta prueba para ingresar a estas carreras, fue de 45-48 puntos.

Figura 4

Resultados del PCG Científica de estudiantes. Centro Regional Universitario Azuero, 2020



Fuente: Base datos admisión: Universidad de Panamá (pruebas realizadas 2020 para ingresar en 2021).

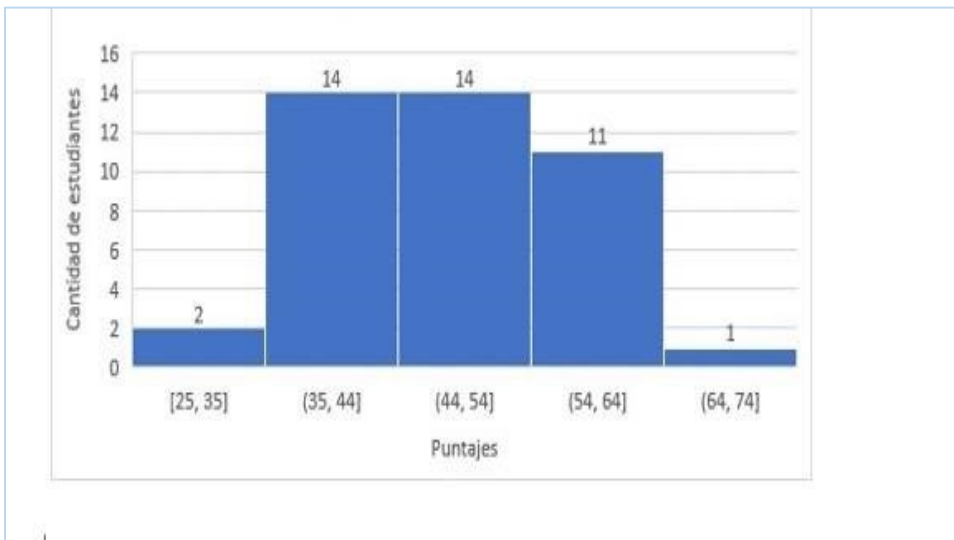
En cuanto a los resultados del PCG de estudiantes en el 2020, tal como lo señala la figura 4, tenemos que, el (0.13% de los estudiantes) obtuvo como puntuación mayor de 57-61 puntos en las pruebas de admisión, comparado con las realizadas en el 2019 de forma presencial, donde (0.11% estudiante) lograron como mayor puntaje de 45-48 puntos. Es decir, hubo mejor puntaje en la realizada virtual que la realizada en forma presencial. En este sentido, (Creswell, 2003; Webster & Watson, 2002) señala que todos los campos relacionados con lo académico en general y los campos que experimentan cambios rápidos en particular deben ser observados y monitoreados constantemente a través de la investigación para llenar los vacíos creados por los desafíos, lo que coincide con el objetivo del presente estudio. La pandemia produjo un cambio rápido en la educación, de presencial pasó a virtual, y requiere de investigarse estos cambios en términos de las pruebas de admisión.

Por otro lado, aunque las diferencias no resultaron muy grandes, podríamos mencionar que partiendo del hecho que las pruebas del 2020 fueron realizadas en línea, los

resultados coinciden con lo señalado por (Sarrayrih & Ilyas, 2013) al indicar que las evaluaciones en línea son más superiores a los exámenes con lápiz y papel en la nueva normalidad porque se consideran más económicas, respetuosas con el medio ambiente, ahorran papel, mejoran las habilidades de gestión, resultados inmediatos, alta seguridad y autocalificación, mantenimiento de registros automatizado (Bayazit & Askar, 2012 ; India Today, 2021 ; Parshall et al., 2002 ; Singh, 2021).

Figura 5

Resultados del PCG Humanista de estudiantes Centro Regional Universitario Azuero, 2019

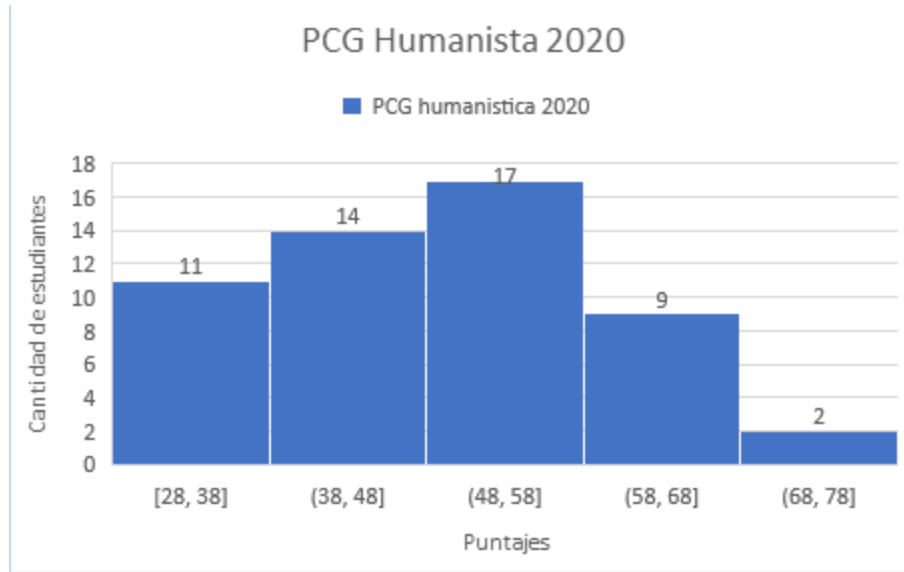


Fuente: Base datos admisión: Universidad de Panamá (pruebas realizadas 2019 para ingresar en 2020).

En la figura 5, también debemos recordar que, la PCG Humanista consta de 5 áreas, filosofía, historia, geografía, español y gobierno y representa un 40% para el ingreso a la Universidad. Así en el 2019 en esta prueba solo el (1.24%) de los estudiantes obtuvieron puntaje de 54-64 puntos y el (0.11% estudiante) puntaje entre 64-74 puntos, para ingresar al CRUA.

Figura 6

Resultados del PCG Humanista de estudiantes. Centro Regional Universitario Azuero, 2020



Fuente: Base Base datos admisión: Universidad de Panamá (pruebas realizadas 2020 para ingresar en 2021).

En la figura 6, vemos que el (0.26%) puntuaron entre 68-78 puntos, lo que nos permite observar que, en las pruebas realizadas en el 2020, el (1.44%) de los estudiantes puntuaron entre 58-78 puntos. Es decir, en esta escala de resultados, sin dejar de ver que aumentaron (11 estudiantes más en el 2020 que hicieron la prueba) hubo puntajes más altos en las pruebas de admisión en 2020 que en el 2019. Lo que se ve respaldado por Martínez-Argüelles, et al., (2023), cuando indica que, las últimas investigaciones sugieren que se ha demostrado que el aprendizaje en línea aumenta la retención de información y requiere menos tiempo.

Por otro lado, siguiendo los requisitos específicos de Herrington y Oliver (2000) citado por Argüelles, et al., (2023) cuando advierte que, existen pocas experiencias de incorporación de estos escenarios auténticos en entornos de educación superior en línea, especialmente en comparación con la gran cantidad de experiencias realizadas en la educación presencial.

En cuanto a las hipótesis tenemos los siguientes resultados,

PCA

Estadístico $z = -4.1160 < -1.644$

Los resultados en el PCA del 2020 fueron diferentes a los del 2019, siendo mejores los del 2020.

PCG

Estadístico $W = W_c$ a $0.05 = 0.0000$. $W = -4.125 < 0.0000$.

Los resultados en el PCG de 2020 y 2019 no son iguales, fueron mejores en 2020.

PCG Humanista – Derecho

Valor de z a $0.05 = -1.644$

Estadístico $z = -0.7126 = -1.644$

No hay diferencia significativa entre los resultados en el PCG Humanista 2020 y 2019.

5. Conclusiones

- Según los resultados arrojados por las pruebas estadísticas z y W llegamos a la conclusión de que los resultados en las ejecuciones por parte de los estudiantes del CRUA en todas las pruebas de admisión, en todas las facultades, con excepción del PCG Humanista de la Facultad de Derecho, en la cual no hubo diferencias significativas, no son iguales, fueron mejores las realizadas en el 2020, durante la pandemia. Es decir, los resultados en las pruebas realizadas en el 2020 para entrar en el 2021 fueron mejores comparadas con las realizadas en el 2019 para ingresar en el 2020.
- Los estudiantes cuando realizaron las pruebas en el 2019 las realizaron de manera presencial y las que realizaron en el 2020 fueron virtuales al igual que las clases de ese año. Esto nos lleva a sostener las investigaciones que apuntan a que las clases virtuales no son desfavorables.
- Se requiere seguir realizando investigaciones sobre el rendimiento por parte de los estudiantes en donde las clases y la ejecución en los mismos sean virtuales y

presenciales para así llegar a conclusiones más confiables sobre lo favorable o desfavorable que puede ser la virtualidad.

Agradecimientos

Agradecemos a las autoridades del CRUA por permitirnos realizar esta investigación, de igual forma a la directora del departamento de admisión de la Universidad de Panamá, Campus y al personal de admisión del CRUA por su apoyo para obtener los datos.

Referencias bibliográficas

- Altbach, P., & de Wit, H. (2020). Postpandemic Outlook for Higher Education is Bleakest for the Poorest. *International Higher Education*, (102), 3–5. <https://ejournals.bc.edu/index.php/ihe/article/view/14583>
- Azzi-Huck, K., Shmis, T., 2020. Managing the impact of COVID-19 on education systems around the world: How countries are preparing, coping, and planning for recovery. Blog March 18. <https://blogs.worldbank.org/education/managingimpact-covid-19-education-systems-around-world-how-countries-are-preparing>
- Bayazit, Alper & Aşkar, Petek. (2011). Performance and duration differences between online and paper–pencil tests. *Asia Pacific Education Review*, 13(2), 1009-1023. https://www.researchgate.net/publication/257788299_Performance_and_duration_differences_between_online_and_paper-pencil_tests
- Bedoya-Dorado, Cristian, Murillo-Vargas, Guillermo y González-Campo, Carlos Hernán. (2021). Gestión universitaria en tiempos de pandemia por COVID-19: análisis del sector de la educación superior en Colombia. *Estudios Gerenciales*, 37(159), 251-264. <https://doi.org/10.18046/j.estger.2021.159.4409> http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-59232021000200251&script=sci_arttext
- Cabrera Rodríguez, L., J., (2020). Efectos del coronavirus en el sistema de enseñanza. *Revista de Sociología de la Educación-RASE*, 13(2), 114-139. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7384620>
- Condori H., Borja, C., Saravia, R., Barzola M., y Rodríguez, J., (2021). Efectos de la pandemia por coronavirus en la educación superior universitaria. *Conrado*, 17(82), 286-292. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442021000500286

- Crawford, J., Butler-henderson, K., Rudolph, J., Malkawi, B., Glowatz, M., Magni, P. A. y Lam, S. (2020). COVID-19: 20 countries' higher education intra-period digital pedagogy responses. *Journal of Applied Learning & Teaching*, 3(1), 9-28. <https://doi.org/10.37074/jalt.2020.3.1.7> <https://journals.sfu.ca/jalt/index.php/jalt/article/view/191/163>
- Creswell, JW (2003). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. SAGE publications Inc. <http://www.ceil-conicet.gov.ar/wp-content/uploads/2015/10/Creswell-Cap-10.pdf>
- Expósito, C., y Marsollier, R. G. (2020). Virtualidad y educación en tiempos de COVID-19. Un estudio empírico en Argentina. *Educación y Humanismo*, 22(39), 1-22. <https://doi.org/10.17081/eduhum.22.39.4214>
- Fauzi, M. A. (2022). E-learning in higher education institutions during COVID-19 pandemic: current and future trends through bibliometric analysis. *Heliyon*, 8(5), e09433. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09433>
- González, B., E. (2018). Habilidades digitales en jóvenes que ingresan a la universidad: realidades para innovar en la formación universitaria. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 8(16), 670-687. <https://doi.org/10.23913/ride.v8i16.363>
- Hernández Fernández, J. (2022). La admisión al ciclo escolar 2020-2021 en Educación Media Superior: análisis de la respuesta a la emergencia por Covid-19. *Revista Latinoamericana De Estudios Educativos*, 52(3), 311-336. <https://doi.org/10.48102/rlee.2022.52.3.510>
- Hernández Romero, Óscar, Novoa Beltrán, M., Hernández Molina, L., y Salina Casas, E. (2021). Permanencia en el primer año de vida universitaria en tiempos de pandemia. *Congresos CLABES*. <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/clabes/article/view/3363>
- Herrington J, Oliver R. An instructional design framework for authentic learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 48(3), 23–48. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02319856>
- Hiep-Hung Pham & Tien-Thi-Hanh Ho (2020) Toward a 'new normal' with e-learning in Vietnamese higher education during the post COVID-19 pandemic, *Higher Education Research & Development*, 39(7), 1327-1331. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/07294360.2020.1823945>

Lasso, M., (2021, 24 de marzo). Universidad de Panamá registra casi el doble de matrícula estudiantil para 2021. *La Estrella de Panamá*. <https://www.laestrella.com.pa/nacional/210323/210324-universidad-panamaregistradoble-matricula-estudiantil-2021>

Martínez-Argüelles, M. J., Plana-Erta, D., & Fitó-Bertran, Á. (2023). Impact of using authentic online learning environments on students' perceived employability. *Educational technology research and development*, 71(2), 605–627. <https://doi.org/10.1007/s11423-022-10171-3>

Parker, C. y López S., F. (2020), Prospectiva y consecuencias del COVID-19, y su impacto en la Educación Superior. Documento de Trabajo, Edición Pre Print, Vicerrectoría de Postgrado, Universidad de Santiago de Chile, Santiago, Chile. http://grupomontevideo.org/cp/cpcomisiondeposgrado/wp-content/uploads/2021/07/Covid19_y_Ed_superior_c_parker_y_f_lopez_pr.pdf

Sarrayrih, MA e Ilyas, M. (2013). Retos del examen online, actuaciones y problemas para el examen universitario online . *Revista internacional de cuestiones de informática*, 10 (11), 439–443. www.IJCSI.org

UNESCO. (2020). El Secretario General de las Naciones Unidas advierte de que se avecina una catástrofe en la educación y cita la previsión de la UNESCO de que 24 millones de alumnos podrían abandonar los estudios. <https://www.unesco.org/es/articles/el-secretario-general-de-las-naciones-unidas-advierte-de-que-se-avecina-una-catastrofe-en-la>

Universidad de Panamá. Dirección de Admisión. Pruebas de Admisión. [U.P.], 2021) <https://diradmision.up.ac.pa/sites/diradmision/files/2021-01/PruebasAdmision1.pdf>

Universidad de Panamá. Boletín comparativo: Departamento de Estadística, DIGEPLU., [U.P.], s.f.) <https://www.up.ac.pa/transparencia/boletinComparativo>

La lógica dominante del servicio como elemento fundamental de la satisfacción del cliente. Una perspectiva de la mercadotecnia

Dominant logic of service as fundamental for customer satisfaction: a marketing perspective

Ronald Ariel Gutiérrez G. ¹, Carlos Manuel Gómez-Rudy ²

¹Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Los Santos, Facultad de Administración de Empresas y Contabilidad, Panamá. ronald.gutierrez@up.ac.pa; <https://orcid.org/0000-0001-6679-8412>

²Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Colón, Facultad de Administración de Empresas y Contabilidad, Panamá. carlos.gomezr@up.ac.pa; <https://orcid.org/0000-0003-4118-4259>

Fecha de recepción: 29 de septiembre de 2023

Fecha de aceptación: 10 de noviembre de 2023

DOI <https://doi.org/10.48204/j.vian.v7n2.a4569>

Resumen: La lógica dominante del servicio se enfoca en desarrollar estrategias que ayudan a las empresas a mantener una ventaja competitiva, debido a que los clientes son tomados en consideración dentro del proceso de creación de valor para ellas. El concepto de lógica dominante se orienta en dos vertientes, la primera conocida como lógica dominante de bienes y la otra que es la lógica dominante del servicio. El estudio apunta a esta última. El objetivo de esta investigación es dar a conocer, a través de la revisión de la literatura, cómo la lógica dominante del servicio ha brindado beneficios a la mercadotecnia, principalmente en los aspectos relacionados a la satisfacción del cliente. Se accedió a la base de datos de Scopus de Elsevier y se realizó una búsqueda de todos los documentos indexados entre los años 2008 y 2022. Se utilizaron los programas Bibliometrix y VOSviewer para la obtención y análisis de datos. Según tipo de documento, se identificaron un total de 42 artículos científicos, 17 documentos de revisión, 7 capítulos de libros y 3 revisiones (contribuciones). Se evidencia que en los años 2015 y 2022 aparece la mayor cantidad de publicaciones, con un porcentaje de participación de 12% para cada año. Se presentó un promedio de 36.45 citaciones por documento. En un análisis de co-ocurrencias se encontraron 433 palabras clave, de las cuales 11 cumplían con una cantidad mínima de cinco ocurrencias y se destacaron las tres con mayor número: *customer satisfaction* 43, *service-dominant logic* 13 y *co-creation* 12. Se concluye que la lógica dominante del servicio es un factor esencial en el desarrollo de estrategias de marketing, principalmente por sus acciones orientadas a la satisfacción del cliente.

Palabras clave: Estrategia, satisfacción del cliente, marketing, provisión del servicio, co-creación de valor.

Abstract: The dominant logic of service focuses on developing strategies that help companies maintain a competitive advantage because customers are taken into consideration within the process of creating value for them. The concept of dominant logic focuses on two aspects: the first known as goods-dominant logic and the second is service-dominant logic. The study focuses on the latter. The objective of this research is to reveal, through a literature review, how the dominant logic of service has provided benefits to marketing, mainly in aspects related to customer satisfaction. The Elsevier Scopus database was accessed, and a literature search of all documents indexed between 2008 and 2022 was carried out. The Bibliometrix and VOSviewer programs

were used to obtain and analyze data. According to document type, a total of 42 scientific articles, 17 review documents, 7 book chapters, and 3 reviews (contributions) were identified. It is evident that the greatest number of publications appears between 2015 and 2022, with a participation percentage of 12% for each year. An average of 36.45 citations were submitted per document. In a co-occurrence analysis, 433 keywords were found, of which 11 met a minimum number of five occurrences and the three with the highest number stood out, customer satisfaction 43, service-dominant logic 13 and co-creation 12. It is concluded that the Service-dominant logic is a key factor in the development of marketing strategies, mainly due to its actions aimed at customer satisfaction.

Keywords: Strategy, customer satisfaction, marketing, service provision, value co-creation.

1. Introducción:

En el 2004, los profesores Stephen Vargo y Robert Lusch iniciaron una nueva línea de investigación de Marketing denominada Nueva Lógica Dominante del Servicio (Blázquez et al., 2010). “Evolucionando la lógica dominante de bienes a una lógica dominante de servicio, en donde el cliente juega un papel importante, a través de la interacción con la empresa; co-creando valor y co-produciendo los servicios que va a consumir” (Panche-Vidales et al., 2018, p. 64). En este contexto Vargo y Lusch (2004), afirman que:

El marketing heredó un modelo de intercambio de la economía, que tenía una lógica dominante basada en el intercambio de “bienes”, que por lo general son productos manufacturados. La lógica dominante se centró en los recursos tangibles, el valor incorporado y las transacciones. (p. 1)

Desde el punto de vista del marketing, “para una empresa resulta esencial el conocimiento de los deseos de los consumidores para ofrecer un servicio adaptado a sus necesidades, aumentando, en consecuencia, las posibilidades de éxito” (García Rodríguez et al., 2011, p. 59). Es importante que las empresas tengan conocimiento del perfil de sus clientes actuales y potenciales, para lograr sus objetivos organizacionales.

Una atención de calidad ofertada debe cumplir con la expectativa del cliente, ya que esta es “algo que la empresa no puede predecir, se debe actuar de acuerdo con las necesidades que demandan sus clientes, a los productos y servicios que ofrece, ~~ya que~~ que el consumidor crea grandes expectativas para sentirse satisfecho” (Miranda Cruz et al., 2021, p. 1437). Las expectativas del cliente forman parte de los elementos que hacen que muestre lealtad hacia los productos y servicios que ofrece la empresa, por consiguiente, deben ser cumplidas al máximo.

En cuanto a la calidad del servicio, esta puede ser mejorada a través del compromiso total de la organización (López y Refugio, 2002). “Una de las principales inquietudes de toda organización es el tema del servicio al cliente y ello se debe a que constituye un aspecto fundamental para el éxito organizacional, independientemente de la actividad comercial desempeñada” (Montoya Agudelo y Boyero Saavedra, 2013, p. 149).

El servicio puede definirse como “cualquier actividad o beneficio que una parte ofrece a otra; son esencialmente intangibles y no dan lugar a la propiedad de ninguna cosa. Su producción puede estar vinculada o no con un producto físico” (Kotler, 1997, p. 656, como se citó en Duque Oliva, 2005, p. 64). También puede ser considerado como “un producto intangible, que demanda la necesidad de cumplir con ciertas actividades para poder satisfacer las necesidades de los clientes” (Miranda Cruz et al., 2021, p. 1434).

Destacando la importancia que tiene la asistencia al cliente para las empresas, este “constituye para las organizaciones una de las más grandes exigencias que demanda adecuada atención para lograr una impecable presentación del mismo” (García, 2016, p. 382).

Mediante el enfoque de la Nueva Lógica Dominante del Servicio (Lógica D-S), “se trata de alcanzar un nuevo paradigma de Marketing que permita una mayor adaptación al entorno actual y una mejor explicación de los intercambios” (Blázquez et al., 2010, p. 13).

En esencia, la lógica dominante del servicio busca crear experiencias agradables y satisfactorias para el cliente; esto se logra con el esfuerzo que las compañías realicen para mantener relaciones redituables con dichos clientes.

Existen tres factores que describen la lógica dominante de los servicios. Entre ellos se destaca como factor número uno: la co-creación, que es “el esfuerzo conjunto de diversas partes interesadas de una organización para mejorar el proceso de creación de valor, con el propósito de desarrollar objetos compartidos y mejorar su rendimiento” (Kim et al., 2020, como se citó en Botero Toro, et al., 2022, p. 117). Al co-crear valor, el cliente se ve involucrado en la oferta del servicio de la empresa, ya que se tomará en consideración su opinión para determinar qué elementos serán incluidos en los bienes a ofertar.

La co-creación es un elemento importante dentro del contexto de las atenciones. Cabe resaltar que “los trabajos de Vargo y Lusch (2004 y 2008), proponen el nuevo paradigma de La Lógica Dominante del Servicio (LDS) donde el concepto de co-creación tiene una posición central” (Quero y Ventura, 2014, p. 130).

El factor número dos hace referencia a las relaciones con el usuario, las cuales se consideran “un proceso continuo que incluye el desarrollo y la aplicación de inteligencia de mercado con el objeto de construir y mantener relaciones con la cartera de clientes que maximicen el beneficio” (Zablah et al., 2004, p. 280, como se citó en Cabanelas Omil et al., 2007, p. 135).

Como último factor, se hace referencia a la provisión del servicio, la cual hay que destacar que debe ser revisada y analizada para evitar el ofrecimiento de un mal soporte al cliente, tal como muestra en la tabla 1.

Tabla1

Lógica dominante de los servicios

No	Factor	Descripción
1	Co-creación de valor	El cliente es un co-productor de valor en un sistema de servicios y sirve como entrada del proceso de servicio.
2	Relaciones con los clientes	Esta relación es un elemento clave: dicha interacción es fuente de innovación y diferenciación. Las relaciones duraderas, facilitan la adaptación del servicio a las necesidades del cliente.
3	Provisión del servicio	Capacidad de prestación de servicios para cumplir con las fluctuaciones en la demanda, manteniendo la calidad del servicio. Esta calidad del servicio se determina, principalmente, desde la perspectiva del cliente.

Fuente: Vargas, S. (2019).

“Una lógica dominante centrada en el servicio implica que el valor es definido por el consumidor y co-creado con él, en lugar de estar integrado en la producción” (Vargo y Lusch, 2004, p. 6), igualmente cuando la lógica dominante está centrada en el servicio, “establece una ruptura con la corriente de pensamiento imperante” (Blázquez et al., 2010, p. 13); en cambio, la lógica dominante de los bienes “está basada en la idea de que la actividad

económica se ocupa de la producción y distribución como unidades tangibles” (Blázquez et al., 2010, pp. 13-14).

En la lógica dominante de servicio, “el cliente es un recurso operante y alguien con quien la empresa puede cocrear valor” (Vargo y Lusch, 2008, p. 10), los clientes “son recursos que producen efectos” (Constantin y Lusch, como se citó en Vargo y Lusch, 2004, p. 2). La lógica dominante de servicio siempre hace énfasis en la participación del cliente, este juega un papel importante, ya que las empresas le dan la oportunidad de participar en la creación de valor de los bienes que se ofertan. “En la lógica dominante del servicio, el cliente se convierte en el verdadero co-creador de valor” (Blázquez et al., 2010, p. 21). La Figura 1 muestra las diferencias existentes entre la lógica dominante de los bienes y la lógica dominante del servicio.

Figura 1

Comparación entre la lógica dominante de bienes y lógica dominante del servicio

Dimensión	Tradicional: Lógica dominante bienes	Emergente: Lógica dominante de servicio
Unidad primaria de intercambio	Las personas realizan intercambio de bienes.	A través del intercambio, las personas adquieren beneficios, como el conocimiento y habilidades.
Papel de los bienes	Los bienes son productos finales. Quien lleva a cabo la comercialización, cambia su forma.	Los bienes transmiten conocimientos y son utilizados por los clientes como elemento en el proceso de creación de valor.
Rol del cliente	El cliente es el destino de los bienes.	El cliente es un coproductor del servicio y participa en la creación de valor.
Determinación y significado del valor	El valor está determinado por el productor del bien.	El valor que percibe se determina por el valor de uso del consumidor.
Interacción empresa-cliente	Hay actuación sobre los clientes para crear transacciones con recursos.	Los clientes participan activamente en los intercambios relacionados y la coproducción.
Fuente de crecimiento económico	La riqueza se obtiene del excedente de recursos y bienes tangibles.	La riqueza es obtenida a través de la aplicación y el intercambio de conocimientos y habilidades.

Fuente: Vargo y Lusch (2004), como se citó en (Panches-Vidales et al., 2018).

En la lógica dominante de servicio existen cinco axiomas que hacen referencia al servicio, el intercambio, la co-creación de valor y actores involucrados en el proceso.

En el axioma uno (1), “El concepto de servicio se enfoca en el proceso de servir más que en un tipo de producto, como servicios-bienes intangibles” (Vargo et al., 2020, p. 14). En este sentido, el servicio se enfoca en atender al cliente satisfaciendo todas sus necesidades.

El axioma dos (2), habla sobre el valor co-creado por varios actores sin dejar fuera de esta participación al beneficiario. Se comenta sobre el ecosistema de servicios, el cual a través de su perspectiva:

Enfatiza que la creación de valor no solo tiene lugar a través de las actividades de un solo actor o entre una empresa y sus clientes, sino ese valor se desarrolla con el tiempo entre una gran cantidad de actores. (Vargo et al., 2020, pp. 15-16).

En esta dirección, además de dos actores en el proceso de intercambio en el servicio, se pueden incluir otros más.

En el axioma tres (3), “todos los actores son a la vez proveedores y beneficiarios del servicio y que las actividades y características de los actores no es fundamentalmente dicotómico, como implica la división conceptual de los actores económicos en productores y consumidores” (Vargo et al., 2020, p. 16). A diferencia de los axiomas uno (1) y dos (2), el axioma tres (3), involucra la participación de actores sociales y económicos en la integración de recursos y la interacción se da entre todas las partes que integran el proceso.

En el axioma cuatro (4), “el valor se considera un resultado emergente del recurso, integración que mantiene o aumenta el bienestar de un actor en particular, este valor es determinado fenomenológicamente por cada autor en su contexto social” (Chandler & Vargo, 2011; Edvardsson et al., 2011; Vargo & Lusch, 2008, como se citó en Vargo et al., 2020, p. 17).

El axioma cinco (5) fue incluido para enfatizar la importancia de las instituciones. Determina la importancia de las instituciones para la creación de valor en las empresas (Vargo et al., 2020).

La Tabla 2 muestra los axiomas de la lógica dominante del servicio.

Tabla 2

Los axiomas de la lógica S-D

Axioma	Descripción
A1	El servicio es la base fundamental del intercambio.
A2	El valor es co-creado por múltiples actores, incluyendo siempre al beneficiario.
A3	Todos los actores sociales y económicos son integradores de recursos.
A4	El valor siempre está determinado única y fenomenológicamente por el beneficiario.
A5	La co-creación de valor se coordina a través de instituciones generadas por actores y arreglos institucionales.

Fuente: Vargo y Lusch (2016).

2. Materiales y métodos

El estudio inicia con la revisión de literatura basada en la lógica dominante del servicio y satisfacción del cliente, posteriormente se accede a la base de datos de Scopus de Elsevier para examinar las publicaciones existentes sobre el concepto de lógica dominante asociado a la complacencia del consumidor, para lo cual se escribió la siguiente cadena de consulta en inglés: TITLE-ABS-KEY ("service dominant logic " AND "customer satisfaction").

Se capturaron todos los documentos que incluían los dos (2) términos descritos en la ecuación, ya sea en el título, resumen o palabras clave.

Se descargó el archivo en formato CSV y se procedió a la extracción de los resultados utilizando el programa Bibliometrix. También se utilizó VOSviewer para la elaboración de redes bibliométricas.

3. Resultados

Se identificó que el periodo que incluyen publicaciones con estos términos comprende del año 2008 al 2022 y se identificaron 69 documentos de diferentes tipos, entre ellos: artículos científicos, capítulos de libros y documentos a revisar, entre otros.

Las características generales de los resultados se muestran en la Tabla 3, donde se identifica un promedio de 36.45 citas por documento.

Tabla 3

Datos descriptivos sobre lógica dominante del servicio y satisfacción del cliente

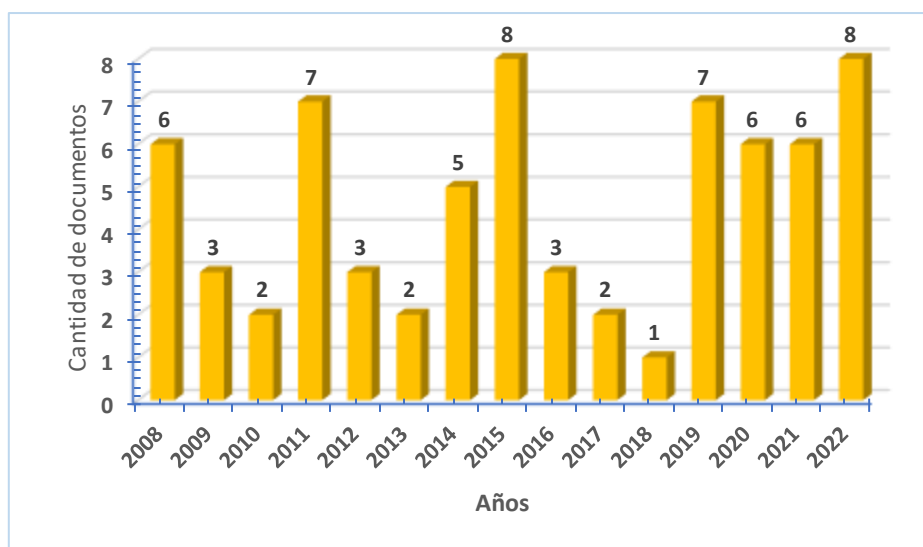
Descripción	Resultados
Documentos	69
Espacio de tiempo	2008:2022
Promedio de citas por documento	36.45

Fuente: Bibliometrix.

Según el tipo de documentos, se identificaron un total de 42 artículos científicos, 17 documentos de revisión, 7 capítulos de libros y 3 revisiones (contribuciones). La Figura 2 presenta la cantidad de documentos publicados por año. Se evidencia que en los años 2015 y 2022 aparece la mayor cantidad (8), con un porcentaje de participación del 12% para cada año.

Figura 2

Cantidad de documentos publicados según año



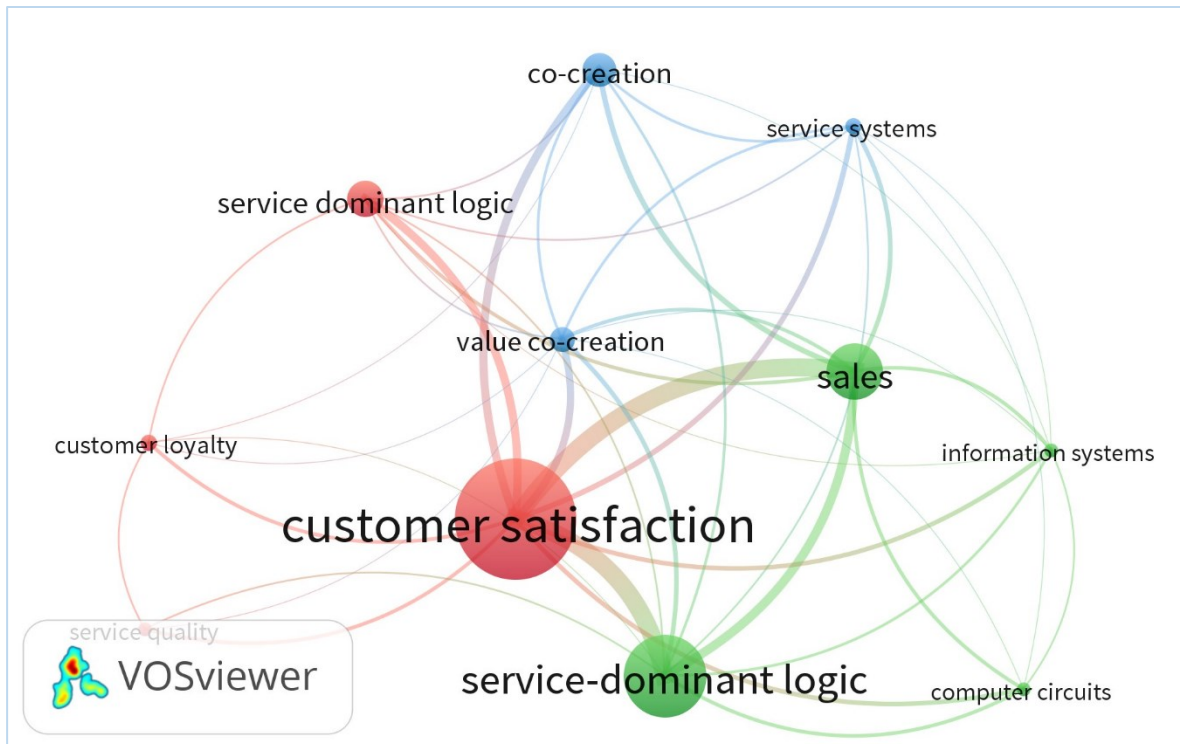
Fuente: Bibliometrix.

En un análisis de co-ocurrencias se encontraron 433 palabras clave, de las cuales once (11) cumplían con una cantidad mínima de cinco (5) co-ocurrencias. En el mapa de proximidad, el color que tienen los diferentes puntos indica su nivel de relevancia (Jiménez

Borges et al., 2020). En un mapa bibliométrico de proximidad de palabras clave (Figura 3), en el centro se encuentra la palabra *customer satisfaction*, la cual presenta 43 ocurrencias y se agrupa en el clúster N° 1 junto a los conceptos de: *customer loyalty*, *service dominant logic* y *service quality*. A la derecha hacia abajo, en color verde se aprecia el concepto de *service-dominant logic* con 13 co-ocurrencias, junto a *computer circuits*, *information sistem* y *sales* conforman el clúster N° 2. Por último, en color azul se visualiza el clúster N° 3, el cual está formado por el término *co-creation* con 12 co-ocurrencias y los términos *service systems* y *value co-creation*.

Figura 3

Mapa bibliométrico de proximidad (11 palabras clave)



Fuente: VOSviewer.

Adicional se elaboró otro mapa de proximidad (Figura 4) incluyendo todas las palabras clave con la finalidad de dar a conocer con qué otros términos se asocia la satisfacción del cliente (*customer satisfaction*) y la lógica dominante del servicio (*service-dominant logic*). En este caso, de las 433 palabras, 415 presentan el conjunto más grande de elementos

conectados, representando por lo mínimo una co-ocurrencia de palabras con otras palabras clave. También se presenta una tabla donde se refleja la cantidad de clúster que en total fueron 29. Estos últimos resultados se presentan en la Tabla 4.

Figura 4

Mapa bibliométrico de proximidad (415 palabras clave)



Fuente: VOSviewer.

Tabla 4

Cantidad de clúster y palabras clave

No	Cantidad	Ítems
1	24	Action research, asset valuation, business-to-businness marketing, case study research, chlorine compounds, circuit theory, complexity theory, design/methodology/approach, information theory, lean consupption, management research, marketing, network management, network theory, network topology, new approaches, positive effects, practical implications, quality, quality management, quality of service, relationship marketing, value chains, value propositions.

No	Cantidad	Ítems
2	24	&tourism,airbnb,audition,behavioral research, chinese cruise tourists,collectivism, customer participation, customer-perceived value,entrepreneurship/small business, hearing aids, hospitality, perceived value, positioning, price sensitivity, product concepts, service management, service personal values, servitization, sharing economy, social sciences, travel, uber, value facilitation.
3	23	Advanced technology,customer relationship management, emerging markets, free trade, global supply chain, hard science, industrial engineering, information management, international trade, mining, offshore outsourcing, professional aspects, public relations, quality of life, science and engineering, service science, skill development, sme,supply chain, user centered designs, user centered designs, user-centered design, value management.
4	22	Actor network theory, actor-network theory, adaptive systems, complex adaptive systems, complex adaptative systems theories, computer circuits, design science, industrial revolutions, network theory (graphs), organizational culture, planning, product development, product development strategy, product-service systems, products and services, productservice system(pss), research and development management, sales, social sciences computing, strategic customer service, sustainable solution, voice of the customer.
5	22	Behavioral intention, brand image, brands, business-to-business, contrual level, customer loyalty, customer satisfaction, customer-company identification, demand analysis, economic activity, Germany, human factor, numerical model, quality dimension, quantitative analysis, relationship management, satisfaction, service quality, service sector, services management, unite state, value-in-context.
6	22	Business model, co-operation, conceptual model, customer-driven, ict services, industry, intelligent control, operation performance, operation services, performance criterion, performance evaluation criteria, sdl,service ecosystem, service productivity, service system, service system design, service systems, small and medium enterprise, small and medium enterprises (smes), small and medium enterprises (smes) co-operation, small and medium-sized enterprise, systems analysis.

No	Cantidad	Ítems
7	21	built environment, case study, co-creation of values, commerce, customer interfaces, economic growth, energy efficiency, energy market, energy policy, energy service companies (escos), energy service company, intermediary, market development, private sector, private sector customer, service industry, triad, unit arab emirates, utility company, utility sector, value co creations.
8	21	Age, banking, consumption behavior, customer satisfaction and loyalty, customer value, customer value anticipation, demography, field survey, gender, goal congruence, life satisfaction, loyalty, organizational framework, organizational socialization, retailing, service dominant logic, service-dominant logic (sdl), surf camps, tourism marketing, value in use, wom.
9	19	Co-creation of value, countervailing power, customer-centricity, digital ecosystem, digital ecosystems, ecology, ecosystems, hotels, information systems, institutional arrangement, platforms, potential loss, power theory, public transport, reconfigurable hardware, sd logic, service ecosystems, service integrators, smart mobility.
10	17	Case-studies, commoditization, customer need, customer-oriented services, design rules, economics, economies-of-scale, individual customers, information technology, integrated values, it service providers, it services, manufacturing industries, product performance, selling prices, service providers, user-oriented.
11	17	Competition, covid-19 pandemic, demand risks, distribution management, indirect effects, risk, risk assessment, risk management, risks management, service oriented, service-oriented supply, services, supply chain management, supply chain performance, supply chain risk management, supply-chain risks, surveys.
12	16	Calneco, competitive advantage, context, experience, fitness, in service systems, management science, modelling, models, motivation, perceived service quality, relationship, resource-based theory, robotics, systematic framework, theoretical modeling.
13	15	Analytic hierarchy process, analytic hierarchy process (ahp), analytical hierarchy process, customer decoupling point (cdp), decoupling point, hierarchical systems, make to order production (mto), make-to-order production, manufacture, manufacturing strategy, operations management, product characteristics, sensitivity analysis, supply chain differentiation, supply chains.

No	Cantidad	Ítems
14	15	Managerial implications, manufacturing companies, modern service, research, research activities, research and development, research models, service business, service provider, service sectors, social changes, social structure, technology, technology trajectory, type of services.
15	14	Automotive paint market, branding, co-production, customer behavior, customer brand engagement behavior, customer expertise, customer innovativeness, digital platforms, innovation, process enjoyment, prosumers, technical support, value, value-in-use.
16	14	Adaptative learning, agent-based simulation, co-definition, co-experience, genetic algorithms, health services, hypergame, intelligent agents, internet, service system science, stereotypes, systems science, telecommunication networks, value co-creations.
17	13	Brand identity, brand management, case study researches, co creations, co-management, conceptual design, conceptual models, customer experiences, management, marketing is. New products, new services, product design.
18	13	Bibliographic analysis, co-creation, co-creation experience, co-destruction, interaction, mapping method, resources, tourism, tourism economics, tourism management, tourism market, tourist behavior, tourist destination.
19	12	customer relationships, economic activities, information privacy, information use, key performance index, privacy, privacy management, service activities, service sustainability, sustainability measurements, sustainable development, user contribution system.
20	11	Boutique hotel, diffusion of innovation theory, expectation-confirmation theory, hospitality operations, innovativeness, qualitative research technique, service clues, service innovations, theory of planned behaviour, transactions-specific satisfaction, value co-creation behavior.
21	10	Case studies, core attributes, cross-border e-commerce, customer effort, customer well-being, health care services, individual differences, service co-creation, service supply chains, service -dominant logic.
22	10	Customer, customer experience, customer satisfaction index, design, e-services, online systems, product service system, sentiment analysis, service engineering, service system design principles.
22	10	Customer, customer experience, customer satisfaction index, design, e-services, online systems, product service system, sentiment analysis, service engineering, service system design principles.
23	10	E-service, electronic commerce, formal logic, industrial management, operations research, service definition, service taxonomy, software company, web service, web services.

No	Cantidad	Ítems
24	8	Action complaint responses, communication complaint responses, complaint process, complaints, customer complaining behavior, customers, logic, service-dominant logic.
25	6	Curve progression, flawed service, optimal compensation level, postcomplaint satisfaction, service failure, service recovery.
26	5	Brand community, brand community engagement, motives, pls-sem, relationship quality,
27	5	Online customer brand experience, online customer loyalty, online customer satisfaction, online customer value co-creation behaviour, social media.
28	4	Fsqca, proactive postsales services, supplier innovativeness, Vietnam.
29	2	Brand community (bc), social media network site (snss).

Fuente: VOSviewer.

4. Conclusiones

La lógica dominante del servicio es un elemento fundamental en la mercadotecnia, pues su enfoque está orientado a determinar cuáles son las necesidades del cliente y lo considera como un elemento clave en la creación de valor para la empresa.

Un término sustancial que se destaca en la lógica dominante del servicio es la co-creación y “la vinculación temática de la co-creación está presente en el área de marketing, incluyendo la participación y satisfacción del cliente” (Gutiérrez G. y Gómez-Rudy, 2023, p.192). A raíz de esto, es importante destacar que ambos conceptos se encuentran relacionados entre sí y su objetivo principal es involucrar al cliente a que participe en la creación de nuevos productos y servicios en la empresa.

Al comparar la lógica tradicional con la emergente se puede apreciar dos vertientes distintas, en la cual la lógica dominante del servicio muestra características de intercambio motivadoras para el comprador, con el fin de conseguir su lealtad. La lógica dominante de bienes lo ve al como el individuo al cual llegará el producto que se está ofertando. El intercambio también se observa en los axiomas de la lógica dominante del servicio donde existen varios actores en la creación de valor y la más destacada es la clientela con su participación.

A raíz de lo expuesto en la literatura, la lógica dominante del servicio es un factor clave en el desarrollo de estrategias de marketing, debido a sus acciones orientadas a la satisfacción del cliente.

Referencias bibliográficas

Botero Toro, L. J., Solís-Molina, M. y Rodríguez Orejuela, H. A. (2022). Tendencias de la co-creación de valor y el desempeño organizacional: un análisis bibliométrico. *Journal of Technology Management & Innovation*, 17(4), 117-132. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-27242022000400117>

Blázquez Resino, J. J., Talaya, A. E., y Molina Collado, A. (2010). Nuevas oportunidades en marketing: La lógica dominante del servicio. *Revista de Estudios Económicos y Empresariales* (22), 11-26. <https://dehesa.unex.es:8443/handle/10662/1591>

Cabanelas Omil, J., Cabanelas Lorenzo, P., y Lorenzo Paniagua, J. (2007). La gestión de las relaciones con los clientes como característica de la alta rentabilidad empresarial. *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, 16(3), 133-148. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2504842>

Duque Oliva, E.J. (2005). Revisión del concepto de calidad del servicio y sus modelos de medición. *Revista de Ciencias Administrativas y Sociales*, 15(25), 64-80. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81802505>

García, A. (2016). Cultura de servicio en la optimización del servicio al cliente. *Telos*, 18(3), 381-398. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=99346931003>

García Rodríguez, N., Álvarez Álvarez, B., y Santos Vijande, M. L. (2011). Aplicación de la Lógica Dominante del servicio (LDS) en el sector turístico: el marketing interno como antecedente de la cultura de co-creación de innovaciones con clientes y empleados. *Cuadernos de Gestión*, 11(2), 53-75. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=274320119003>

Gutiérrez Gutiérrez, R. A., y Gómez-Rudy, C. M. (2023). La co-creación de valor, antecedentes y su importancia en la función de mercadotecnia dentro de una empresa. *Revista FAECO Sapiens*, 6(1), 192-205. https://revistas.up.ac.pa/index.php/faeco_sapiens/article/view/3412

Jiménez Borges, R., Bermúdez Chou, A. C., Morales León, C., Martínez Padrón, Á., y Álvarez González, A. L. (2020). Análisis bibliométrico aplicado a estudios sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad. *Revista Conrado*, 16(76), 90-94 http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1990-86442020000500090

- López, L., y Refugio, J. (2002). La gestión de la calidad en los servicios. *Conciencia Tecnológica*, 19(0). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94401905>
- Miranda Cruz, M. B., Chiriboga Zamora, P. A., Romero Flores, M. L., Tapia Hermida, L. X., y Fuentes Gavilánez, L. S. (2021). La calidad de los servicios y la satisfacción del cliente, estrategias del marketing digital. Caso de estudio hacienda turística rancho los emilio's. Alausí. *Dominio de las Ciencias*, 7(4), 1430-1446. <https://doi.org/10.23857/dc.v7i4.2179>
- Montoya Agudelo, C. A., y Boyero Saavedra, M. R. (2013). El CRM como herramienta para el servicio al cliente en la organización. *Revista Científica "Visión de Futuro"*, 17(1), 130-151. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=357935480005>
- Panche-Vidales, C., Rojas-Berrio, S. P., y Robayo-Pinzón, Ó. J. (2018). Evaluación de la lógica dominante del servicio para el caso de los seguros de automóviles en Colombia. *Revista Clío América*, 12(23), 62-72. <http://dx.doi.org/10.21676/23897848.2618>
- Quero, M. J., y Ventura, R. (2014). Análisis de las Relaciones de Cocreación de valor. Un estudio de casos de Crowdfunding. *Universia Business Review*, (43), 128-143 <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43331899006>
- Vargas Vargas, S.A. (2 de mayo de 2019). La lógica dominante del servicio como estrategia para evitar el mal servicio. Conferencia. https://www.researchgate.net/publication/332820737_La_logica_dominante_del_servicio_como_estrategia_para_evitar_el_mal_servicio
- Vargo, S. L., y Lusch, R. F. (2004). Evolucionando hacia una nueva lógica dominante para el marketing. *Revista de Marketing*, 68(1), 1-17. https://www.researchgate.net/publication/272566759_Evolving_to_a_New_Dominant_Logic
- Vargo, S. L., y Lusch, R. F. (2008). Lógica dominante en el servicio: continuando la evolución. *Revista de la Academia de Ciencias de Marketing*, 36(1), 1-10. https://www.researchgate.net/publication/272566616_Service-Dominant_Logic_Continuing_the_Evolution
- Vargo, S. L., y Lusch, R. F. (2016). Instituciones y axiomas: una extensión y actualización de la lógica dominante en el servicio. *Revista de la Academia de Ciencias del Marketing*, 44(1), 5-23. https://www.researchgate.net/publication/282540931_Institutions_and_axioms_an_extension_and_update_of_service-dominant_logic
- Vargo, S. L., Koskela-Huortari, K., y Vink, J. (2020). Lógica dominante de servicios: fundamentos y aplicaciones. En Bridges, E. y Fowler, K. (Eds.). *El Routledge Handbook of Service Research Insights and Ideas*, (págs. 3-23). Nueva York: . Obtenido de

Routledge. <https://www.researchgate.net/publication/340777398> Service-Dominant Logic Foundations and Applications

El servicio al cliente como estrategia de marketing para impulsar el desarrollo empresarial

Customer service as a marketing strategy to drive business development

Francisco Campines Barría¹

¹Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Veraguas, Facultad de Administración de Empresas y Contabilidad, Panamá; francisco.campines@up.ac.pa; <https://orcid.org/0000-0002-9331-7562>

Fecha de recepción: 3 de septiembre de 2023

Fecha de aceptación: 15 de noviembre de 2023

DOI <https://doi.org/10.48204/j.vian.v7n2.a4570>

Resumen: El adecuado servicio al cliente como estrategia de marketing, resulta ser un medio efectivo para que las personas compren y se lleven una experiencia grata, a su vez que refieren a otros, siendo esta la mejor publicidad que se puede tener. El objetivo de esta investigación es diagnosticar cómo las empresas incorporan el servicio al cliente dentro de sus estrategias de marketing para impulsar lealtad a la marca empresarial. La metodología empleada tiene un enfoque mixto de tipo descriptiva, su diseño es no experimental. Para recabar la información se empleó la observación directa utilizando una lista de cotejo, mediante la técnica del cliente misterioso. Los resultados indican que el 59% denota poca amabilidad en la atención y el 83% no atiende con una sonrisa. En conclusión si se ofrece un servicio de calidad, se estará satisfaciendo las necesidades de las personas convirtiéndose en los mejores transmisores publicitarios de la empresa.

Palabras Clave: Servicio, cliente, marketing.

Abstract: Proper customer service as a marketing strategy turns out to be an effective means for people to buy and have a pleasant experience, while they refer others, this being the best publicity you can have. The objective of this research is to diagnose how companies incorporate customer service into their marketing strategies to promote loyalty to the business brand. The methodology used has a mixed descriptive approach, its design is non-experimental. To collect the information, direct observation was used using a checklist, using the mystery shopper technique. The results indicate that 59% denote little kindness in the attention and 83% do not attend with a smile. In conclusion, if a quality service is offered, the needs of people will be satisfied, becoming the best advertising transmitters for the company.

Keywords: Service, Customer, Marketing.

1. Introducción

El microentorno está conformado por elementos sumamente complejos que influyen directamente en las operaciones empresariales, tanto es el grado de influencia que de ellos depende su subsistencia en un mercado tan competitivo; dentro de estos elementos existe

uno ellos que es crucial para que la empresa se mantenga a flote; hablamos específicamente del cliente. Según Kotler (2003), considerado el padre de la mercadotecnia, define al cliente de la siguiente forma:

Es la persona, empresa u organización que adquiere o compra de forma voluntaria productos o servicios que necesita o desea para sí mismo, para otra persona o para una empresa u organización; por lo cual, es el motivo principal por el que se crean, producen, fabrican y comercializan productos y servicios. (p.8)

Por otra parte Pozo (2023) señala que el término cliente hace referencia a una persona natural o jurídica que adquiere los bienes y servicios que ofrece un vendedor a cambio de una compensación monetaria o algún tipo de intercambio.

Lo expuesto anteriormente pone en relieve el papel fundamental que representa el cliente dentro de la empresa, siendo este uno de los pilares principales que sostiene el negocio.

No obstante atraer clientes y más allá de ello, lograr que sean fieles a la marca, no son objetivos fáciles, ya que la administración empresarial debe valerse de estrategias adecuadas para que esto se concrete, dentro de estas se encuentran las estrategias de marketing. Primeramente, definamos el concepto de marketing, donde Kotler y Keller (2012), expresan que es “un proceso social por el cual tanto grupos como individuos obtienen lo que necesitan y desean mediante la creación, oferta y libre intercambio de productos y servicios de valor con otros grupos e individuos” (p.5). Por otro lado, las estrategias de marketing según Rodríguez et al. (2008):

Establecen el modo como se pretenden alcanzar los objetivos, dado que son variadas las estrategias de marketing que puede aplicar una compañía, resulta de utilidad estudiarlas en función de tres criterios distintos: la ventaja competitiva que persiguen desarrollar, el modo en que contribuyen al crecimiento de la organización y la posición relativa que defienden con respecto a la competencia. (p.64)

Muchas empresas, dentro de sus estrategias de marketing se limitan única y sencillamente a emplear los medios tradicionales como la radio, la televisión, el periódico, vallas publicitarias, afiches, activaciones BTL (Below the Line), etc., o a través de medios

digitales como las redes sociales (Instagram, Facebook, Tik Tok...), las cuales son medios estratégicos de mercadeo de gran apoyo para atraer, captar clientes y dar a conocer su marca empresarial, no obstante se centran tanto en ellas que en muchas ocasiones se olvidan de la estrategia más importante, hablamos del servicio al cliente.

El servicio al cliente son las acciones y esfuerzos orientados a generar una excelente experiencia para los consumidores de manera dinámica y proactiva. No sólo en un área de la compañía, sino que cada proceso debe estar enfocado en la satisfacción de las necesidades del cliente (Gómez, 2023).

De igual forma Corrales (2019) indica que el servicio al cliente “es uno de los pilares de la rentabilidad y el posicionamiento de cualquier negocio, pues se centra de manera directa en la satisfacción de los consumidores y en la optimización de su experiencia e interacción con una marca” (párr. 1).

El servicio al cliente como estrategia de marketing, resulta ser un medio efectivo siempre y cuando se brinde de forma adecuada, logrando no sólo que las personas compren y se lleven una experiencia grata, sino que vuelvan y lo refieran a otros, siendo esta la mejor publicidad que puede tener cualquier empresa. Por ende, se debe procurar que este sea de calidad, entendida por Juran (2018) como “la satisfacción de las necesidades y expectativas del cliente” (p. 2). Por otra parte Tschohl (2011) afirma que “La calidad del servicio es más importante que el precio. El precio puede atraer compradores, pero no clientes... dé a los clientes algo que valga la pena y ellos pagarán lo que vale” (p. 217).

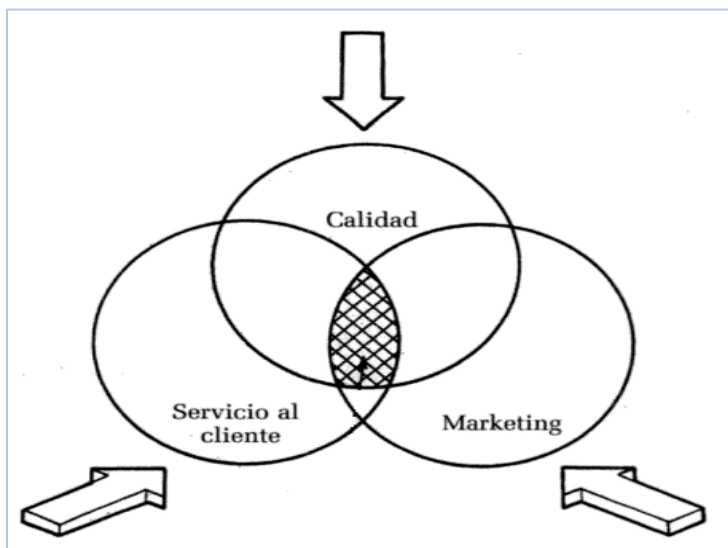
Kotler y Armstrong (2007), definen la satisfacción al cliente como “el nivel del estado de ánimo de una persona que resulta de comparar el rendimiento percibido de un producto o servicio con sus expectativas” (p. 52).

Si la empresa no satisface las necesidades y deseos de sus clientes tendrá una existencia muy corta. Todos los esfuerzos deben estar orientados hacia el cliente, porque él es el verdadero impulsor de todas las actividades de la empresa. De nada sirve que el producto o el servicio sean de buena calidad, a precio competitivo o esté bien presentado, si no existen compradores. (Lanuza y Pavon, 2014, p. 24)

El marketing, el servicio al cliente y la calidad son elementos que deben permanecer vinculados, tal y como se muestra en la figura 1, todo esto con el objetivo de lograr una total satisfacción de los clientes y se puedan mantener relaciones a largo plazo.

Figura 1

Vinculación entre Marketing, servicio al cliente y calidad



Fuente: Christopher, et al. (1994).

Una adecuada estrategia de marketing, a través del servicio al cliente que sea de calidad, como se ha expresado anteriormente, satisface las necesidades de las personas, llenando sus expectativas, esto según Thompson (2006) genera algunos beneficios:

El cliente satisfecho, por lo general, vuelve a comprar; por lo tanto, la empresa obtiene como beneficio su lealtad a la marca y por ende, la posibilidad de venderle el mismo u otros productos adicionales en el futuro. Comunica a otros sus experiencias positivas con un producto o servicio, esto le genera a la empresa una difusión gratuita que el cliente satisfecho realiza a sus familiares, amistades y conocidos. Deja de lado a la competencia, a raíz de ello la empresa logra un determinado lugar (participación) en el mercado. (p.1)

Sin lugar a dudas, los beneficios que se obtienen con el simple hecho de ofrecer un servicio al cliente que sea de calidad son gratificantes para la empresa; sin embargo esta estrategia de marketing no debe limitarse a un simple trato de cortesía.

Según Núñez (2019):

Un adecuado servicio al cliente debería contemplar capacidad de respuesta, cortesía, accesibilidad, fiabilidad, una infraestructura acorde para cumplir con los requerimientos de los procesos y equipos adecuados. Se debe contemplar la eficiencia, velocidad de respuesta, atención al detalle, confianza, suministro de información, seguimiento, teniendo como protagonista la actitud del empleado hacia el cliente en función de la amabilidad, el respeto y la cortesía. (párr. 9)

El servicio al cliente va más allá de un trato amable y cortés, este incumbe también, la infraestructura, el ambiente del lugar, que esté ordenado, limpio, con buen aroma, acogedor, seguro; que su personal presente una buena imagen a través de su vestimenta, peinado, forma de expresarse, que esté informado sobre los productos o servicios que ofrece, y muy importante que sonría.

El presente artículo nos lleva a establecer el siguiente objetivo: Realizar una evaluación del servicio al cliente como parte de las estrategias de marketing en empresas de un centro comercial de la provincia de Veraguas.

2. Materiales y métodos

Por la naturaleza y características de esta investigación, la metodología empleada tiene un enfoque mixto, según Hernández, et al. (2014):

Representan un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio. (p. 152)

La misma es de tipo descriptiva, Malhotra (2008) explica a la investigación descriptiva como “tipo de investigación concluyente que tiene como principal objetivo la descripción de algo, por lo regular las características y funciones del mercado” (p. 82).

Su diseño es no experimental, definido por Hernández, et al. (2014) como “el estudio que se realiza sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos” (p. 152). De corte transversal, el cual

“analiza datos de variables recopiladas en un periodo de tiempo sobre una población muestra o subconjunto predefinido” (Ortega, 2023, párr. 1). Esta observación se llevó a cabo en la semana del 6 al 11 de marzo del 2023.

Para recabar la información se empleó el método de observación directa, misma que fue realizada por el investigador, esta es definida por Tamayo (2007) como “aquella en la cual el investigador recoge datos mediante su propia observación” (p. 193). Para ello se empleó una lista de cotejo el cual según Romo (2015), indica que es “un instrumento de verificación útil para la evaluación a través de la observación, en ella se enlistan las características, aspectos, cualidades, etcétera, cuya presencia (o ausencia) se busca determinar” (p. 109). Todo esto mediante la técnica del cliente misterioso o mystery shopper que según Turística (2012):

Consiste en la visita de manera anónima e incógnita a los establecimientos. Comportándose como un cliente más, realizando compras y contratando servicios, o únicamente solicitando información sobre alguna cuestión. En esa visita al establecimiento se evalúa el proceso de venta, la calidad de servicio ofrecida, el grado de conocimiento sobre el producto o servicio, la formación de los empleados, las actitudes, la limpieza y otros aspectos. (p. 2)

La población objeto de estudio estuvo conformada por 29 empresas de carácter minoristas dedicadas a la comercialización de productos, localizadas en un centro comercial de la provincia de Veraguas; el tamaño de las mismas está entre pequeñas, medianas y grandes empresas; entre las que se encontraban comercios de electrónica, almacenes, zapaterías, tiendas de deportes, perfumerías y ópticas. Por ser una población pequeña la muestra la conforma la totalidad de las empresas. A continuación, por medio de un cuadro de operacionalización, se estructurarán las variables, con sus respectivas dimensiones e indicadores empleados para el estudio.

Tabla 1

Operacionalización de las variables

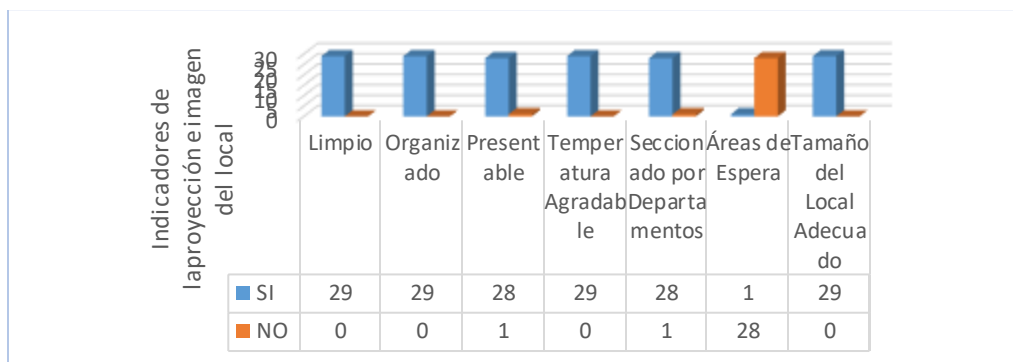
Variables	Dimensiones	Indicadores
Infraestructura	Imagen del Local	Limpio
		Organizado
		Presentable
		Temperatura agradable
		Seccionado por departamentos
	Tamaño del Local Adecuado	
	Seguridad del Local	Cámara de Vigilancia
		Personal de Seguridad
		Sistema contra incendio
		Imagen del Personal
Uniforme limpio y presentable		
Peinado		
Gafete o carnet de identificación		
Atención del Personal	Denota amabilidad	
	Saludo de bienvenida	
	Se ofrece para ayudar	
	Conoce sobre el producto	
	Ofrece productos alternativos	
	Usa lenguaje adecuado	
	Se despide cortésmente	
	Pide que vuelva pronto	
Personal atiende con una sonrisa		

3. Resultados

En el estudio se consideraron varios aspectos dentro de los cuales se encuentran la imagen y seguridad del local, la imagen y atención del personal, y por ultimo identificar si el representante de la empresa ante el cliente atendía con una sonrisa, para cada uno de estos se incluyeron ítems que permitieron realizar un diagnóstico más detallado conforme al objetivo establecido, obteniendo los siguientes resultados:

Figura 2

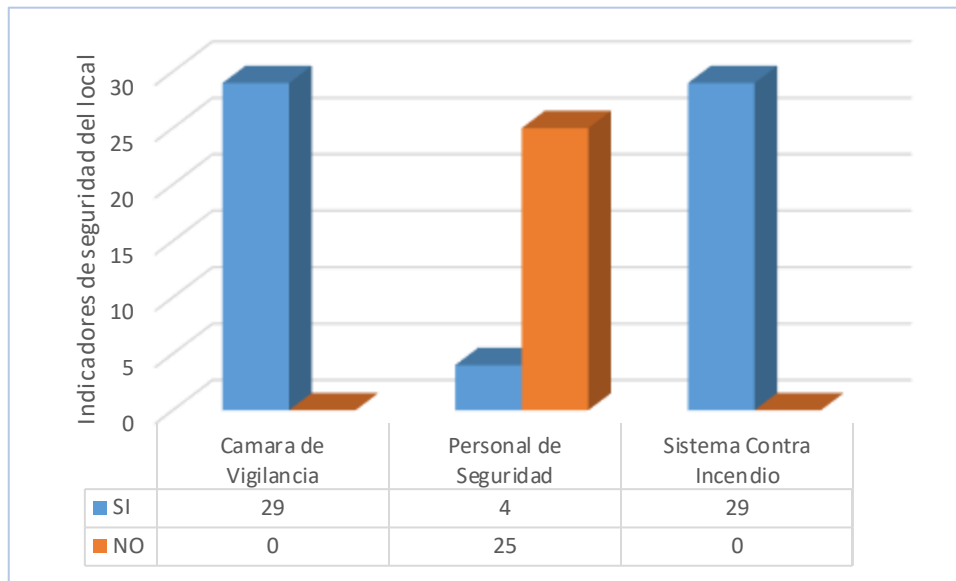
Percepción en cuanto a la imagen proyectadas de los locales comerciales



Como se puede observar en la figura 2, se tomó en consideración un aspecto de gran importancia dentro del servicio al cliente, y que juega un rol clave como estrategia de mercadeo; este fue la imagen del local, ya que es una forma de cómo se proyecta la empresa a primera vista para llamar la atención de sus prospectos; en el mismo se identificaron resultados alentadores y en su mayoría positivos ya que 29 (veintinueve) de los locales se mostraron limpios, organizados, con una temperatura agradable y sus espacios acorde a sus funciones; 28 (ventiocho), estuvieron presentables y seccionados por departamentos; el único aspecto desfavorable ha sido que 28 (ventiocho) de ellos no disponen de un área de espera para sus clientes.

Figura 3

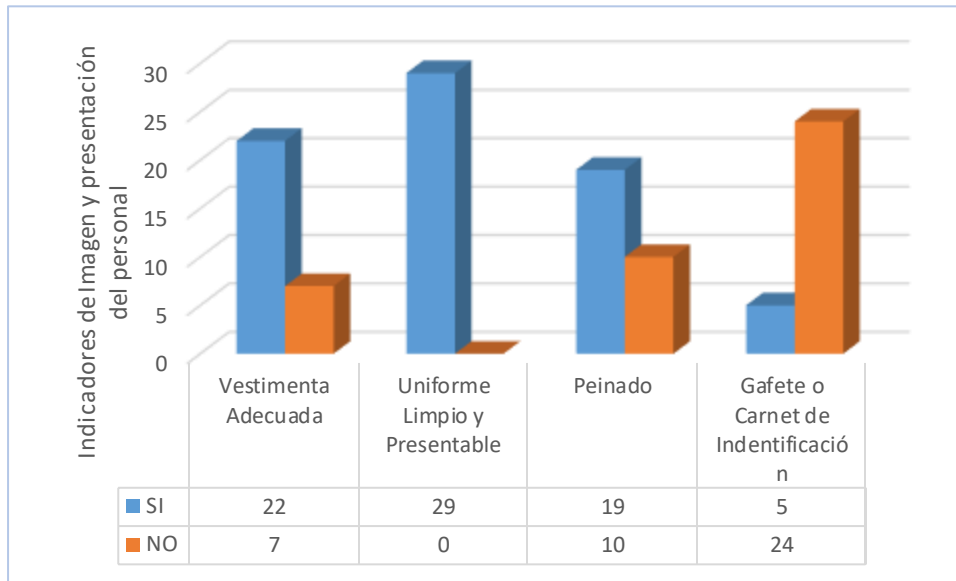
Medios de seguridad empleados por los locales comerciales para asegurar el bienestar de su clientela



La seguridad de los locales comerciales, refleja dentro de sus resultados que el total de ellos cuenta(n) con cámaras de vigilancia y sistemas contra incendio por algún percance, preocupándose por sus clientes tanto internos como externos; por otra parte 25 (veinticinco) de ellos no consta con personal de seguridad.

Figura 4

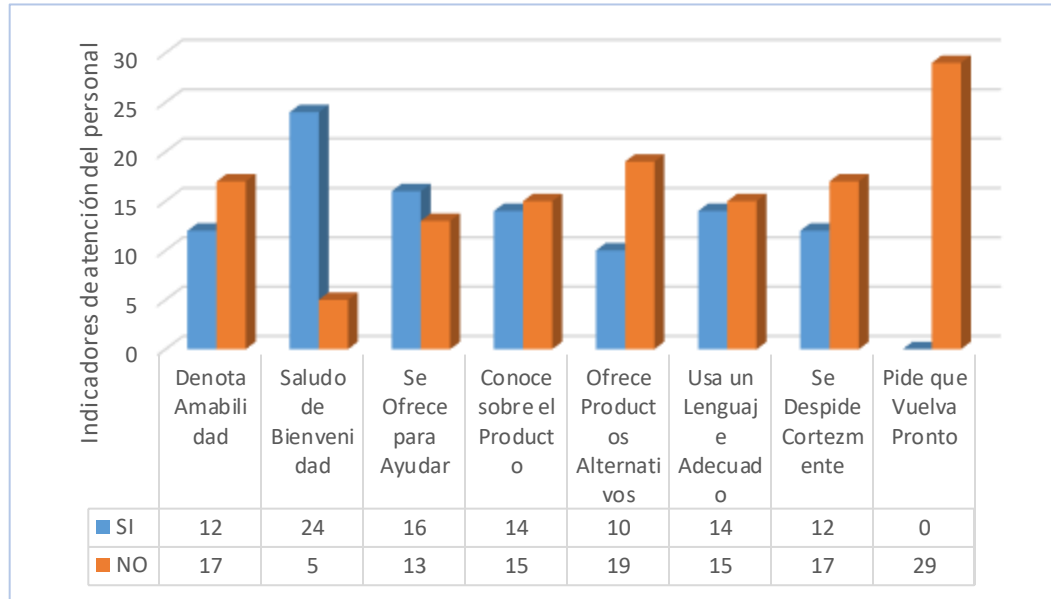
Presentación e imagen proyectada por parte de los colaboradores de los distintos locales comerciales



Adentrándonos al personal, que es el que tiene un contacto directo con los clientes y juegan un papel sumamente importante como medio de marketing para proyectar lo que es la empresa y dar una buena o mala imagen de la misma, en relación a la presentación del personal en la figura 4, se reflejan los resultados de la observación: identificando que en 22 (veintidos) locales, su personal vestía adecuadamente; el total de los mismos poseía su uniforme limpio y presentable; 19 (diecinueve) de ellos contaban con peinados adecuados y 24 (veinticuatro) de estos no poseían una identificación, ya sea por medio de un gafete o de un carnet.

Figura 5

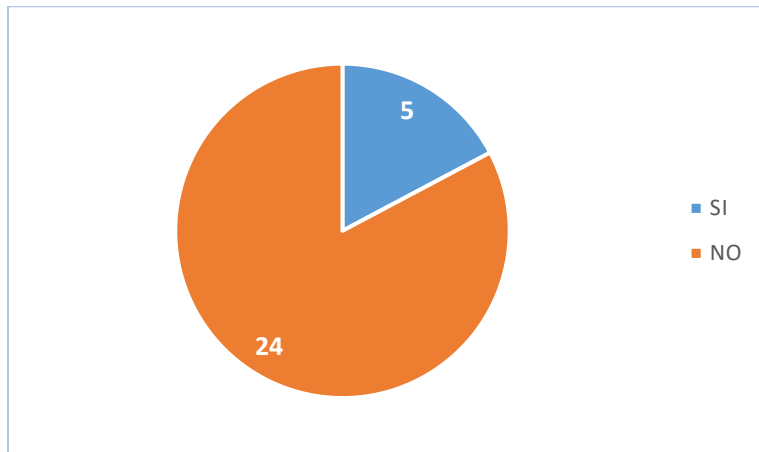
Cualidades identificadas en aspectos de atención al cliente brindadas por los colaboradores



Con respecto a la atención del personal, el cual es uno de los aspectos cruciales para proyectar la imagen de la marca empresarial, siendo la estrategia de mercadeo más efectiva que pueden tener, no se obtuvieron los resultados más esperados, ya que dentro de los mismos se pueden observar (ver figura 5), que más de la mitad, específicamente en 17 (diecisiete) de estos locales comerciales no muestran amabilidad en sus servicios, 14 (catorce) no conocen sobre el producto y tampoco usa un lenguaje adecuado, 10 de ellos no se preocupa por ofrecer productos alternativos, 12 (doce) de estos no se despidieron adecuadamente y ninguno solicita al cliente que visite o regrese pronto. Por otra parte un 24 (veinticuatro) ofrecieron un saludo de bienvenida y 16 (dieciseis) se ofrecieron para ayudar.

Figura 6

Atención al cliente por parte del personal con una sonrisa como parte integral de un buen servicio



Una de los elementos de mucha importancia dentro del servicio al cliente es atender con una sonrisa. De acuerdo a los resultados obtenidos en este apartado 24 (veinticuatro) de las empresas observadas demostró no atender con una sonrisa a sus clientes, siendo esto una debilidad que deben fortalecer las empresas para una atención adecuada.

4. Discusión

El adecuado servicio al cliente es una de las estrategias más efectivas dentro del marketing para impulsar la marca empresarial, no obstante muchas veces nos limitamos a pensar que el servicio al cliente es sólo la forma en como atiende un personal a sus clientes, esto es solamente una parte del servicio ya que este va más allá incluyendo la imagen que proyecta el lugar y la seguridad del mismo.

Tomando en consideración los aspectos antes mencionados durante el proceso de observación directa por medio de la técnica del mystery shopper, la totalidad de las empresas, incluidas en esta investigación, por un total de 29 (veintinueve) locales comerciales, se mostraron relativamente limpios y organizados, lo cual ayuda a proyectar una correcta imagen ante los clientes tanto potenciales como reales e incentiva a los mismos a visitar el local, de igual manera todos presentaron una temperatura agradable y

fresca, lo que genera comodidad a las personas al entrar, y su gran mayoría se mostró presentable en el sentido de que todo el recurso material se encontraba en óptimas condiciones. Dentro de este punto se quiso diagnosticar si estas contaban con algún área de espera y la gran mayoría no las incluyen; los resultados obtenidos evidenciaron que sólo 1 (una) contaba con este servicio. A pesar de no ser una práctica habitual de contar con esta sección dentro de muchas empresas, independientemente de su razón de ser, resulta importante incursionarlas, ya que esto le da una mejor acogida al cliente interesado y quienes lo acompañan; aparte que se le puede ofrecer algo de tomar para que puedan esperar cómodamente y se sientan a gusto.

Velar por la seguridad es un aspecto que también se tiene que considerar como parte del servicio para que el cliente se sienta protegido ante cualquier caso o infortunio que pueda ocurrir en el momento menos esperado, como lo es el caso de un incendio o algún acto delictivo por amigos de lo ajeno; por lo que en estos sentidos los resultados demostraron que las 29 empresas emplean cámaras de vigilancia y adecuados sistemas contra incendio. Lo único con lo que la gran mayoría no cuenta es con un personal de seguridad en sus establecimientos; no obstante, como estos se encuentran en un centro comercial, el mismo consta de seguridad en todas las entradas, por lo que se puede considerar que no hacen tanto énfasis en ello.

Los puntos antes explicados son parte importante del servicio al cliente que no se pueden pasar por alto, y que en resumidas cuentas estos aspectos han sido bien considerados dentro de los locales comerciales investigados.

Con respecto a la imagen del personal, el cual es un factor vital al momento de atender, ya que todo colaborador representa la imagen de la empresa ante sus clientes, se pudo observar que 22 (veintidos) de las empresas observadas utiliza vestimenta adecuada, es decir ropa distintiva con el logotipo, isotipo, imagotipo o isologo de la empresa, lo que resulta importante para que el cliente sepa a quien dirigirse o distinga, quienes son los colaboradores de dicha entidad, los mismo se consideran que estaban bien presentables, y el peinado que también forma parte de la imagen personal; 19 (diecinueve) de los representantes de cada empresa tenían un peinado presentable. También se observó que

la mayor parte del personal de las empresas no utilizan algún carnet o gafete que los identifique, sólo 5 (cinco) representantes de cada empresa lo usaban; en muchos casos las empresas se los proporcionan y el personal no los utiliza o no se los pone.

Entrando en detalle a uno de los puntos más importantes en esta investigación se observó la atención al cliente; y entre todos los puntos presentados anteriormente, este en escala de importancia ocupa el primer lugar, ya que esto puede hacer que el cliente opte por regresar o no a la empresa, y darle una publicidad bien sea positiva o negativa a la misma; y es aquí donde esta entra principalmente como una estrategia de marketing que puede resultar para bien si se hace correctamente o para mal si no se da de la mejor forma.

Analizando los resultados de este punto se pudo percatar un personal, en su mayoría, poco amable, es decir se expresaba con poca simpatía, acogimiento, recibimiento y muy introvertidos, lo cual influye de una forma u otra en el proceso comercial, ya que un trato demasiado seco hacia el cliente no despierta interés ni entusiasmo en querer comprar, ni tan siquiera en querer regresar, ya que no genera confianza, en el marco del respeto, al cliente. Muchos de ellos desconocían sobre el producto, lo cual es preocupante ya que al no manejar la información de los artículos en cuanto a características, beneficios u otros, genera en el cliente cierta duda al momento de decidirse a querer comprar; aparte también de que si no había algún artículo dejaban todo hasta allí y no se tenía la iniciativa de ofrecer algún otro producto alternativo con iguales o similares características.

Con respecto al lenguaje verbal empleado se pudo percibir que muchos cortaban las palabras al momento de expresarse y se notaba poco profesionalismo; además, se notó que la cortesía en la despedida no era la más correcta; en muchos casos no se despedían y fuera de ello, ninguno solicitaba que volviera pronto, cosas tan sencillas que van dentro de lo cortés no se ponían en práctica.

Dentro de los aspectos positivos a resaltar en la atención del personal es que la gran mayoría saludaban respetuosamente al momento de ingresar al local; a su vez, también se ofrecían para brindar apoyo de ser necesario.

Uno de los criterios que va dentro de la atención del personal es considerar si estos atienden con una sonrisa, punto que se evaluó por separado debido al grado de

importancia que tiene esto y que va inmerso en cada uno de los criterios de atención del personal antes mencionado. El sonreír pareciera ser algo irrelevante, pero este aporta un gran valor al momento de atender generando buena disposición, simpatía y transmitiendo confianza haciendo que el cliente sienta que se le está tratando bien, generando satisfacción del mismo; sin embargo, por encima del 80%, es decir, en 24 (veinticuatro) de las empresas observadas, el personal no sonreía al momento de atender a los clientes.

En resumidas cuentas hay muchas cosas que mejorar en aspectos de atención, por parte del personal, de las empresas estudiadas, ya que esto repercute directamente en las operaciones empresariales, generando bajas ventas y poca fidelización hacia la marca proyectándose con una imagen poco favorable al mercado.

5. Conclusiones

La competitividad empresarial depende en gran medida de cómo se ofrece el servicio al cliente; por ende las empresas deben enmarcarlo como parte de su cultura, en donde todo su personal desde el más alto hasta el más bajo de la jerarquía organizacional debe ponerlo en práctica, ya que deben considerarlo como una de las estrategias de marketing más efectiva para impulsar su marca empresarial; a su vez que puede ser de doble filo, ya que si se ofrece un servicio de calidad, se estará satisfaciendo las necesidades de las personas; y en medio de ello, serán los mejores transmisores publicitarios que se puedan tener, pero de lo contrario si no se brinda adecuadamente aparte de que el cliente difícilmente volverá, también hará malas referencias a otras personas generando mala imagen y publicidad.

Es por esta razón que las empresas deben hacer mucho énfasis en el servicio al cliente y más que preocuparse en la parte de la infraestructura, velar porque su personal atienda con amabilidad, cortesía desde que entra hasta que sale, que se exprese con un lenguaje que denote profesionalismo, sea proactivo y muy importante, que atienda siempre con una sonrisa.

Los resultados evidenciaron resultados sumamente importantes y los cuales hay que considerar ya que en aspectos relacionados a las dimensiones como la imagen del local y su

seguridad los resultados fueron muy buenos, en contraste a los relacionados a la imagen y atención del personal los cuales se identificaron muchas debilidades que hay que mejorar.

Referencias bibliográficas

Christopher, M., Payne, A., Ballantyne, D. (1994). *Marketing Relacional. Integrando la calidad, el servicio al cliente y el marketing*. Ediciones Díaz de Santos, S.A.

Corrales, J. (2019). *Servicio al cliente: ¿qué es y por qué es un pilar de las empresas exitosas?* <https://rockcontent.com/es/blog/servicio-al-cliente/>

Gómez, D. (2023). *Qué es el servicio al cliente y cómo brindarlo de forma excepcional*. <https://blog.hubspot.es/service/buen-servicio-a-clientes>

Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. McGraw-Hill Education. <https://www.icmujeres.gob.mx/wp-content/uploads/2020/05/%20Sampieri.Met.Inv.pdf>

Juran, J. (2018). *Aiteco consultores desarrollo y gestión*. <https://www.aiteco.com/que-es-la-calidad-de-servicio/>

Kotler, P. & Keller, K. (2012). *Dirección de Marketing*. Pearson Education.

Kotler, P. (2002). *Dirección de Marketing*. Prentice Hall.

Kotler, P., & Armstrong, G. (2007). *Marketing*. Pearson Educación.

Lanuza, C, y Pavón, J. (2014). *Marketing de Servicio*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua].

Malhotra, N. (2008). *Investigación de Mercados*. (5° ed.), Pearson Educación.

Núñez, Y. (2019). *Panamá ante el reto del servicio al cliente*. La Estrella de Panamá. <https://www.laestrella.com.pa/cafe-estrella/cultura/191021/reto-panama-cliente-servicio>

Ortega, M. (2023). *¿Qué es un estudio transversal?* <https://www.questionpro.com/blog/es/estudio-transversal/#:~:text=El%20estudio%20transversal%20se%20define,transversal%20y%20estudio%20de%20prevalencia>

Pozo, J. (2023). *Cliente - Concepto, importancia y estrategias claves para su gestión*. <https://elviajedelcliente.com/cliente/#0-definici%C3%B3n-de-cliente>

Rodríguez, I., Ammetller, G., López, O., Maraver, G., Martínez, J., Jiménez, A., Codina, J., Martínez, F. (2008). *Principios y Estrategias de Marketing*. Eureka Media.

Romo, J. (2015). La lista de cotejo como herramienta para la lectura crítica de artículos de investigación publicados. *Rev Enferm Inst Mex Seguro Soc*, 23(2),109-13.
<https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=59845>

Tamayo, M. (2007). *El proceso de la investigación científica*. Limusa.

Thompson, I. (2006). *La Satisfacción del Cliente*. <https://www.procase.cl/Demos/tmk/docs/Satisfacci%C3%B3n%20al%20Cliente.pdf>

Tschohl, J. (2011). *Servicio al cliente: técnicas, estrategias y una verdadera cultura para generar beneficios*. (8^{va}. ed.), Best Sellers Publishing.

Turística (2012). *Cliente Misterioso*. <https://www.isq-turistica.com/servicios/cliente-misterioso/>