InvestiGO

Revista Científica Multidisciplinaria

ISSN: 2953-6367

InvestiGO
Revista Científica
Multidisciplinaria

Volumen 5

#13

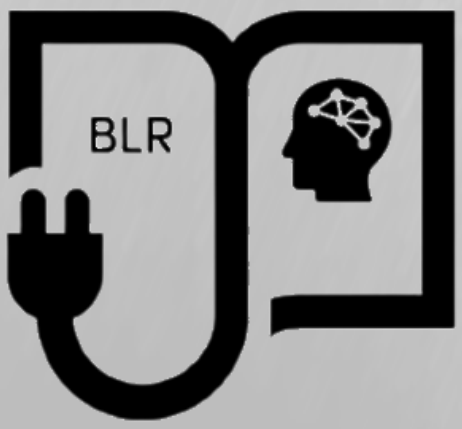
Edición especial

Diciembre 2024

CC BY NC

ISTRA
EDUCACION SUPERIOR

Carrera de Administración De Empresas
Unach



InvestiGO

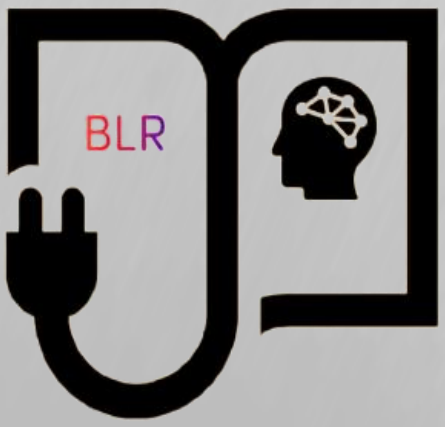
Revista Científica Multidisciplinaria

InvestiGO

Revista Científica Multidisciplinaria

Ecuador

Diciembre 2024



InvestiGO
Revista Científica Multidisciplinaria

📖 **Revista Científica Multidisciplinaria Investigo**

ISSN: 2953-6367

Código Postal 060102

◉ **Ecuador**

✆ **Contacto +593 97 911 9620 | ✉ revisinvestigo@gmail.com**

Tipo de publicación: periódica

Frecuencia de publicación: bianual

Soporte: en línea

Temas: Multidisciplinarios

Subtemas: Multidisciplinarios

Editorial: ISTRA

Revista: Arbitrada

Institución: Privada

Volumen 5 N°13

02 de diciembre de 2024

Ecuador

ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

☞ **InvestiGo** es una revista de acceso abierto, publica artículos originales y de revisión sobre un rango amplio de temas referentes a los campos del conocimiento de ingeniería y sus profesiones afines, industria y producción, arquitectura y construcción, así como también ciencias sociales y del comportamiento, administración, periodismo, información y derecho.

☞ La revista incorpora calidad científica de los trabajos recibidos, a través de la revisión editorial, y posterior revisión por pares en formato y presentación del material publicado a color para aumentar el interés del público al que va dirigido.

☞ **InvestiGo** es una revista multidisciplinaria con periodicidad bianual (Enero – Junio, Julio – Diciembre) y realiza ediciones especiales. Su objetivo es difundir el conocimiento en diferentes disciplinas a través de la publicación de trabajos de investigación originales y de revisión de carácter inédito, realizados por investigadores nacionales e internacionales.

☞ La Revista Científica Multidisciplinaria InvestiGo está dirigida a la comunidad científica, investigadores nacionales e internacionales, estudiantes, profesores, tutores y en general a todos aquellos en búsqueda y publicación de la ciencia y el conocimiento extendiendo las contribuciones teóricas, empíricas e incluso reflexivas y de divulgación a universidades e instituciones de enseñanza superior de Ecuador y el extranjero, así como a segmentos de lectores no académicos como organismos, entidades de los sectores público y privado.

EDITOR EN JEFE

🕮 Ing. Janneth Maribel Guamán Tenemaza

Revista Científica Multidisciplinaria InvestiGo

ISSN: 2953-6367

Enero – junio | julio - diciembre de 2024

Ediciones especiales

◉ Ecuador

Código Postal 060102

✆ Contacto +593 97 911 9620

✉ revisinvestigo@gmail.com

InvestiGO
Revista Científica Multidisciplinaria
ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

CONTENIDO

MITIGACIÓN DE INUNDACIONES GENERADAS POR EL DESBORDAMIENTO DE LA QUEBRADA DE CUNDUANA EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, ECUADOR _____ **8-21**

ALFREDO RODRIGO COLCHA ORTIZ
RAÚL ALEXIS SALAZAR FLORES
JESSICA PAULINA BRITO NOBOA
HERNÁN VLADIMIR PAZMIÑO CHILUIZA

INCIDENCIA DEL USO DE MECANISMOS TELEMÁTICOS EN EL PRINCIPIO DE LA CELERIDAD EN EL ECUADOR _____ **22-33**

MARIANA DE JESÚS QUISNANCELA MERA
HÉCTOR ISRAEL CARRASCO RODRÍGUEZ
MARCIA LICETT COTO HIDALGO
MAGALY VERÓNICA MEDINA RIVERA

EVALUACIÓN DE LA ARBORIZACIÓN URBANA EN EL CANTÓN RIOBAMBA UTILIZANDO HERRAMIENTAS GIS _____ **34-49**

ALFREDO RODRIGO COLCHA ORTIZ
JESSICA PAULINA BRITO NOBOA
FARID ALEXANDER ESPINOZA TOUMA
DIEGO HERNÁN BUITRAGO RICAURTE

CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE GOMITAS MASTICABLES A BASE DE LA FRUTA MILAGROSA (SYNSEPALUM DULCIFICUM) _____ **50-61**

CAROLINA ALICIA PAZ YÉPEZ
KARIEL ADRIÁN RUIZ GUZMÁN
JULIO ANDRÉS PALMAY PAREDES
GRACE YANINA MEDINA GALARZA

ANÁLISIS DE LA CAUSA Y MODO DE MUERTE EN CASOS DE HOMICIDIO, ECUADOR _____ **62-74**

MARIANA DE JESÚS QUISNANCELA MERA
MARCIA LICETT COTO HIDALGO
JOSÉ MIGUEL CASTRO MACIAS
MARIELISA LÓPEZ PUENTES
JENNIFER MARÍA CORNEJO VIEJÓ

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIMICROBIANA DE LAS HOJAS DE FOENICULUM VULGARE FRENTE A LA CEPA SALMONELLA PARA LA APLICACIÓN EN CHORIZO DE MORCILLA _____ **75-88**

MARÍA FERNANDA ROJAS VALLEJO
JOSÉ HERIBERTO LATORRE SAIGUA
JUAN CARLOS LARA ROMERO
JOSÉ ANTONIO ESCOBAR MACHADO

InvestiGO
Revista Científica Multidisciplinaria
ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

FOMENTANDO ESTILOS DE VIDA SALUDABLES: UNA ESTRATEGIA INNOVADOR PARA LA PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES CRÓNICAS NO TRASMISIBLES EN EL AMBIENTE LABORAL _____ **89-104**

MARGARITA QUESADA FERNÁNDEZ
DAYSI PAMELA ACOSTA LALALEO
JESSICA BELÉN ARÉVALO CHAVARREA
JESSICA TAMARA ASQUI REINOSO
JACQUELINE ALEXANDRA VALLEJO ALTAMIRANO
MARÍA FERNANDA ZÚÑIGA PEÑAFIEL

OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE SECADO DE MADERA DE CIPRÉS (CUPRESSUS SEMPERVIRENS) PARA SU APLICACIÓN EN CONSTRUCCIÓN MEDIANTE MODELOS PREDICTIVOS _____ **105-118**

ESTEFANI CATHERINE ROJAS VALLEJO
MARÍA ISABEL UVIDIA FASSLER
MARÍA FERNANDA ROJAS VALLEJO
MICHELLE CAROLINE BONILLA COCA

IMPACTO ECONÓMICO Y PSICOSOCIAL DE LA ELIMINACIÓN DEL SUBSIDIO A LOS COMBUSTIBLES EN LOS CONDUCTORES DE TAXI _____ **119-140**

YESENIA VALLEJO
RODRIGO BAQUERO
JOHANA ALVARADO
MARÍA ARTEAGA
MARÍA MENDOZA

LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE EGOVERNMENT. DESAFÍOS Y MEJORES PRÁCTICAS EN LA SATISFACCIÓN AL CIUDADANO _____ **141-160**

VALERIA ESTEFANÍA FAICAN BERMEO
PATRICIA ALEXANDRA CHIRIBOGA ZAMORA

LOS PROCESOS DE CONTRATACIÓN PÚBLICA Y EL DESARROLLO INSTITUCIONAL DE GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DEL CANTÓN GUANO: ESTRATEGIAS PARA MAXIMIZAR EL IMPACTO ECONÓMICO Y SOCIAL _____ **161-180**

PATRICIA AZUCENA SOTO MORENO
ROSALINA IVONNE BALANZÁTEGUI GARCÍA

LA EFECTIVIDAD DEL BONO DE DESARROLLO HUMANO EN LA CALIDAD DE VIDA DE LAS FAMILIAS DE LA PROVINCIA DE PASTAZA _____ **181-193**

ZIMRI FRANCELA NARVÁEZ SÁNCHEZ
LUZ AMÉRICA ROSERO SÁNCHEZ
LIGIA XIMENA TAPIA HERMINA
PATRICIA ALEXANDRA CHIRIBOGA ZAMORA

InvestiGO
Revista Científica Multidisciplinaria
ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

INTEGRACIÓN DEL MINDFULNESS Y TERAPIAS ALTERNATIVAS PARA MEJORAR LA SALUD EMOCIONAL EN ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN SUPERIOR _____**194-206**
ANDREA ESTHEFANIA ASHQUI LÓPEZ
MARJORIE ALEJANDRA ZAMBRANO REMACHE
TATIANA ELIZABETH VALLEJO ESPINOZA
PABLO DAVID FIGUEROA ENDARA
RODRIGO MANUEL BAQUERO TAPIA
XIMELY ALEXANDRA CASTILLO BUENO
BRANDON FRANCISCO TACURI INCA
DEISY KATHERINE GUALLO ANDI

INNOVANDO UNA ALIMENTACIÓN SALUDABLE Y ACTIVIDAD FÍSICA EN NIÑOS PREESCOLARES_____**207-217**
CAROLINA ENCALADA
LUIS FREIRE SÁNCHEZ
NATALI OLIVO
FERNANDA DELGADO
ABIGAIL VILLAREAL
MIKAELA VÁSQUEZ

MODELAMIENTO ESTADÍSTICO DEL EFECTO DEL BIO CARBONO EN LA MORFOLOGÍA Y PRODUCCIÓN DE SOLANUM LICOPERSICUM, L, HÍBRIDO PIETRO, BAJO CUBIERTA_____**218-240**
WILLIAN FRANCISCO CARVAJAL GRANIZO
DANIEL ANTONIO CHUQUIN VASCO

MODELAMIENTO ESTADÍSTICO DE LA SINERGIA CALCIO (CA), BORO (B) Y ZINC (ZN) EN LA DETERMINACIÓN POSTCOSECHA DE LA BIOMETRÍA DE ALLIUM FITTULOSM_____**241-259**
MARCO NESTOR LLANGARI CHUCHO
HUGO OSWALDO MORENO AVILES

FLUORURO EN EL AGUA DE SUMINISTRO Y SU INCIDENCIA EN LA ALTERACIÓN DEL ESMALTE DENTAL_____**260-268**
MARCO PINO VALLEJO
ERICKA SÁNCHEZ

IMPLEMENTACIÓN NUMÉRICA DEL ALGORITMO DE DETECCIÓN Y CUBRIMIENTO DE FALLAS VERTICALES LATENTES EN SUPERFICIES DISCONTINUAS _____**269-268**
MARCO VINICIO PARRA CHÁVEZ
RAMÓN ANTONIO ABANCIN OSPINA

InvestiGO
Revista Científica Multidisciplinaria
ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com
Diciembre 2024
Vol. 5, No.13, PP.8-21
https://doi.org/10.56519/2dt1th26

MITIGACIÓN DE INUNDACIONES GENERADAS POR EL DESBORDAMIENTO DE LA QUEBRADA DE CUNDUANA EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, ECUADOR

MITIGATION OF FLOODS GENERATED BY THE OVERFLOW OF THE CUNDUANA RAVINE IN THE CITY OF RIOBAMBA, ECUADOR

Alfredo Rodrigo Colcha Ortiz[1], Raúl Alexis Salazar Flores[2], Jessica Paulina Brito Noboa[3], Hernán Vladimir Pazmiño Chiluiza[4]

{alfredo.colcha@unach.edu.ec[1], raul.salazar@unach.edu.ec[2], jessica.brito@unach.edu.ec[3], hvpazmino@unach.edu.ec[4]}

Fecha de recepción: 6/11/2024 /Fecha de aceptación: 16/11/2024 /Fecha de publicación: 2/12/2024

RESUMEN: La quebrada de Cunduana ubicado al norte de Riobamba, Ecuador, es una fuente histórica de recursos hídricos y una parte importante del ecosistema de la región. Sin embargo, el crecimiento descontrolado de la urbanización, la infraestructura inadecuada y el cambio climático han aumentado la frecuencia y gravedad de las inundaciones en la región, causando daños importantes a la infraestructura, las viviendas y los medios de vida locales. El objetivo de este estudio fue evaluar estrategias de mitigación de inundaciones provocadas por el desbordamiento del río Cunduana en Riobamba, Ecuador. Se utilizó un enfoque de método mixto, que combina análisis cualitativos y cuantitativos utilizando técnicas geoespaciales y levantamientos automatizados. Para determinar la ubicación óptima del agua de lluvia se utilizó un análisis multicriterio, teniendo en cuenta los parámetros de proximidad a la red de colectores, accesibilidad y zonas más afectadas por el desbordamiento. Los resultados mostraron que los lugares más amenazados se encuentran en las sucursales con canales significativamente modificados y espacio desorganizado. El modelo hidráulico predice una profundidad máxima de 6,28 m en la zona de riesgo. La ubicación propuesta del depósito de aguas pluviales cumple con criterios estratégicos de accesibilidad, proximidad a alcantarillados y zonas peligrosas. Una combinación de técnicas geoespaciales y análisis multidimensional logró identificar áreas vulnerables y recomendar soluciones de mitigación. La captación de agua de lluvia es evitar la acumulación de agua durante las fuertes lluvias, reduciendo así la posibilidad de desbordes y el riesgo de inundaciones.

[1]Docente Investigador, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Riobamba-Ecuador, https://orcid.org/0009-0005-2280-5189.
[2]Docente Investigador, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Riobamba-Ecuador, https://orcid.org/0000-0001-6483-2613.
[3]Docente Investigador, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Riobamba-Ecuador, https://orcid.org/0000-0001-5550-5688.
[4]Docente Investigador, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Riobamba-Ecuador, https://orcid.org/0000-0002-7169-7648.

Palabras clave: Sistema de información geográfica, inundaciones urbanas, análisis multicriterio, mitigación de riesgos, quebrada de Cunduana

ABSTRACT: The Cunduana Ravine located north of Riobamba, Ecuador, is a historical source of water resources and an important part of the region's ecosystem. However, uncontrolled urbanization growth, inadequate infrastructure, and climate change have increased the frequency and severity of flooding in the region, causing significant damage to infrastructure, housing, and local livelihoods. The objective of this study was to evaluate flood mitigation strategies caused by the overflow of the Cunduana River in Riobamba, Ecuador. A mixed-method approach was used, combining qualitative and quantitative analysis using geospatial techniques and automated surveys. To determine the optimal location of the rainwater, a multi-criteria analysis was used, taking into account the parameters of proximity to the collector network, accessibility, and areas most affected by the overflow. The results showed that the most threatened locations are in the branches with significantly modified channels and disorganized space. The hydraulic model predicts a maximum depth of 6.28 m in the risk zone. The proposed location of the stormwater tank meets strategic criteria of accessibility, proximity to sewers and hazardous areas. A combination of geospatial techniques and multidimensional analysis was able to identify vulnerable areas and recommend mitigation solutions. Rainwater harvesting is intended to prevent water accumulation during heavy rains, thus reducing the possibility of overflows and the risk of flooding.

Keywords: **Geographic information system, urban flooding, multicriteria analysis, risk mitigation, Cunduana ravine**

INTRODUCCIÓN

Las inundaciones urbanas representan una de las amenazas más significativas para las ciudades en desarrollo, especialmente en aquellas ubicadas en regiones montañosas como Riobamba, Ecuador, la Quebrada de Cunduana, ubicada en el sector norte de la ciudad, ha sido históricamente una fuente de recursos hídricos y un componente importante del ecosistema local. Sin embargo, el crecimiento descontrolado de la urbanización, la falta de infraestructura adecuada y el cambio climático han incrementado la frecuencia y magnitud de las inundaciones en esta área.

En los últimos años, el desbordamiento de la Quebrada de Cunduana ha causado daños significativos a la infraestructura, viviendas , y medios de vida de los habitantes locales, este fenómeno ha revelado la necesidad urgente de implementar estrategias de mitigación efectivas para reducir el riesgo de inundaciones y sus consecuencias socioeconómicas en la ciudad de Riobamba, a pesar de la gravedad de la situación, los estudios previos sobre las inundaciones en esta área han sido limitados y, en su mayoría, carecen de un enfoque integral que considere las características geomorfológicas de la quebrada y las dinámicas hídricas locales.

Los desafíos en la gestión de inundaciones incluyen la creciente complejidad causada por el cambio climático, que aumenta la frecuencia y magnitud de las precipitaciones extremas, y la falta de preparación de las infraestructuras urbanas para lidiar con el flujo de agua excesivo. Además, la recopilación de datos detallados y la calibración precisa de los modelos sigue siendo una barrera significativa, especialmente en áreas densamente pobladas donde la topografía es compleja. Las estrategias de mitigación integrales incluyen la transición hacia un enfoque basado en la gestión de riesgos, que combina medidas estructurales, como diques y sistemas de drenaje, con medidas no estructurales, como la planificación del uso del suelo, la sensibilización comunitaria y la implementación de soluciones basadas en la naturaleza (1).

En el evento de precipitación registrado en marzo del 2021 en la ciudad de Riobamba, el cual presentaba un volumen de precipitación de 26 milímetros en un periodo de 27 horas, generando, según los resultados de la modelización: un caudal pico de 2.7 (m3/s), hizo que la quebrada se desborde, los resultados indicaron que las áreas afectadas durante el evento registrado en 2021 podrían expandirse significativamente en un escenario de 50 años, alcanzando mayores profundidades y velocidades de flujo, esto implica un incremento de la erosión del suelo, el arrastre de sedimentos y objetos grandes, lo que representa un alto riesgo para las áreas urbanas cercanas. Se sugiere la construcción de un colector de aguas pluviales en el punto de desagüe de la quebrada para mitigar el riesgo de inundaciones y reducir la vulnerabilidad de la población urbana (2).

La quebrada de Cunduana en los últimos 10 años ha tenido diversas alteraciones en su cauce por diferentes razones, gracias al avance tecnológico de la orto fotometría se ha estudiado información de los años 2013,2018 y 2022, permitiendo comprobar el desarrollo de la zona y los cambios que ha sufrido atreves del tiempo, destacando como el principal motivo de cambio las actividades antrópicas, esto debido a la falta de planificación y el inadecuado uso del suelo, encontrando diversas causas como la creación de rellenos ilícitos, ocupación minera, vías por sobre la quebrada y construcciones residenciales sin permisos y supervisión. Además, se pudo establecer que el alineamiento original de la quebrada está perdiendo su rastro con el paso del tiempo y el desarrollo de la población de la zona, todo esto contribuye a que exista una alta probabilidad de inundaciones por el desbordamiento de la quebrada (3).

A lo largo del tiempo se buscan alternativas para la mitigación de inundaciones en la zonas urbanas como los Techos Verdes que ofrecen un mayor retraso entre la precipitación y el pico de escorrentía, reduciendo hasta un 15% el flujo de agua durante eventos extremos de lluvia, aunque los techos verdes son menos eficientes económicamente, ofrecen beneficios adicionales como la mejora de la biodiversidad y la reducción de la temperatura urbana, por otro lado, los sistemas de recolección de agua pluvial se destacan por ser más rentables y versátiles, especialmente en techos inclinados, con la capacidad de reutilizar el agua almacenada para usos domésticos no potables. Se podría optar por una combinación de techos verdes y sistemas de recolección de agua pluvial que proporcionan la mayor reducción del flujo, sugiriendo su implementación en zonas urbanas para mejorar la resiliencia frente a inundaciones (4).

Los Sistemas de Información Geográfica se han convertido en una herramienta para explorar el uso del modelado hidrodinámico para mitigar inundaciones en áreas urbanas de rápido crecimiento, se pueden aplicar varias técnicas para simular la susceptibilidad y vulnerabilidad de inundaciones, considerando mapas de uso del suelo y modelos de elevación digital (DEM). El uso de un DEM de alta resolución mejora la precisión de la simulación, permitiendo una mejor identificación de áreas propensas a inundaciones y mejorando la efectividad para modelar la acumulación de agua, ya que permite una simulación más realista del flujo en zonas urbanas densas. La gestión adecuada de aguas pluviales requiere de modelos precisos para la implementación de infraestructuras así también la integración de soluciones basadas en la naturaleza, como techos verdes y sistemas de recolección de agua pluvial, para mejorar la resiliencia urbana (5).

En la actualidad se utiliza la metodología del Análisis Multicriterio Espacial (SMCA) para identificar áreas óptimas de implementación de Soluciones Basadas en la Naturaleza para mitigar inundaciones urbanas, se destaca soluciones, como techos verdes, jardines de lluvia y pavimentos permeables e infraestructuras que pueden reducir el riesgo hidrogeológico y mejorar la resiliencia urbana frente a inundaciones, especialmente en áreas de rápido crecimiento urbano. Al combinar datos geoespaciales, como uso del suelo, distancia a ríos, textura del suelo, elevación y pendiente, se puede identificar áreas vulnerables a escorrentías superficiales e inundaciones, haciendo estos lugares propicios o adecuados para la implementación de infraestructuras complementarias que deben adaptarse a las características específicas del área para mitigar el riesgo (6).

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto, integrando tanto elementos cualitativos como cuantitativos para un análisis completo de los procesos involucrados. Además, se realizó una revisión descriptiva de artículos científicos relevantes al tema, lo que permitió comprender el contexto y verificar hechos históricos relacionados con los desbordamientos de la quebrada de Cunduana en Riobamba.

La presente investigación es de carácter prospectivo ya que se enfoca en anticipar y mitigar futuros desbordamientos de la quebrada de Cunduana, evaluando posibles escenarios de riesgo, además, permite la identificación de sitios para la construcción de infraestructura de mitigación, como el Tanque de Tormentas, que responde a una estrategia preventiva y sostenible, diseñada para minimizar el impacto de futuros eventos de inundación, este enfoque prospectivo es fundamental para la planificación y gestión adecuada del riesgo en un contexto de expansión urbana y cambio climático.

En esta investigación se emplearon diversas técnicas e instrumentos para garantizar la precisión en la recolección de datos y el análisis de las zonas afectadas por las inundaciones de la quebrada de Cunduana como:

- Encuestas automatizadas mediante Survey123, lo que permitió obtener información en tiempo real de la población impactada, facilitando el entendimiento de los riesgos y condiciones locales
- Análisis geoespacial utilizando las herramientas de ArcGIS Pro, que posibilitaron la creación de mapas detallados, la visualización de áreas vulnerables y la identificación de sitios adecuados para la construcción de infraestructuras de mitigación.

La muestra de esta investigación se definió mediante un muestreo estratificado, seleccionando sectores con mayor riesgo de inundación por desbordamiento de la quebrada de Cunduana en Riobamba, se incluyeron individuos mayores de 18 años que residen en las áreas más vulnerables, considerando criterios como la densidad poblacional y proximidad a la quebrada.

RESULTADOS

La investigación está estructurado en fases que detallan el proceso integral para abordar la mitigación de las inundaciones generadas por el desbordamiento de la quebrada de Cunduana en Riobamba, cada fase representa un paso clave dentro del enfoque metodológico adoptado, combinando técnicas avanzadas de recolección y análisis de datos geoespaciales, así como evaluaciones de campo, con el fin de ofrecer una comprensión completa de las medidas propuestas para la gestión efectiva del riesgo de inundaciones en la quebrada de Cunduana.

Fase 1: Recolección y digitalización de información de las incidencias del desbordamiento de la quebrada.

Para obtener un entendimiento exhaustivo del problema asociado con la quebrada de Cunduana, resultó imperativo compilar la información existente, recurriendo a múltiples fuentes de datos, además, se establece como estrategia la exploración directa de la quebrada, con el propósito de recoger de primera mano las opiniones y preocupaciones de los sectores afectados, así como de identificar las vías comprometidas por las inundaciones de la quebrada.

Para esto se implementó tecnología avanzada de ARCGIS, destacando el uso de una aplicación móvil desarrollada en Survey123, esta herramienta facilito la recolección, el análisis y la digitalización de los datos recabados, potenciando la eficiencia del proceso y la precisión de los resultados obtenidos en tiempo real como se observa en la Figura 1.

Figura 1. Encueta automatizada mediante aplicación móvil, diseñada en Survey123

Fase 2: Identificación de variables para el cálculo del Análisis Multicriterio

A partir del análisis de la información geográfica recolectada, se identificaron seis variables críticas para aplicar el Análisis Multicriterio, esta metodología facilitó la determinacoón de manera precisa las ubicaciones óptimas para la implementación del Tanque de Tormentas, enfocado en mitigar las problemáticas asociadas a las inundaciones provocadas por la quebrada de Cunduana, la adopción de este enfoque sistemático asegura una evaluación detallada y objetiva de las alternativas disponibles, basándose en criterios estratégicamente seleccionados, lo que contribuye significativamente a la efectividad de la solución para la mitigación de las inundaciones provocadas por el desbordamiento de la quebrada de Cunduana.

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	CRITERIO
V01	Zona de Afectación	Debe estar ubicado en un rango no más allá de los 1500 metros de la zona de afectación.
V02	Red de Colectores	Se debe conectar al colector más cercano, no más de 50 metros de distancia.
V03	Red Eléctrica	No debería haber una distancia de más de 150 metros de la red eléctrica.
V04	Vías de Acceso	Debe ubicarse a una distancia máxima de 25 metros del centro de la vía.
V05	Predios	Un lote público de mínimo 3000 metros cuadrados y los que no cuente con propietario
V06	Cuenca Quebrada Cunduana	No debe estar ubicado a una distancia mayor de 50 metros de la quebrada.

Figura 2. Variables para a la aplicación del Análisis Multicriterio

En la Figura 2 se seleccionaron seis factores relevantes para el análisis de criterios múltiples, incluidas áreas de tierra, recursos hídricos, recursos energéticos, caminos de acceso, asentamientos humanos y cuencas hidrográficas de Cunduana.

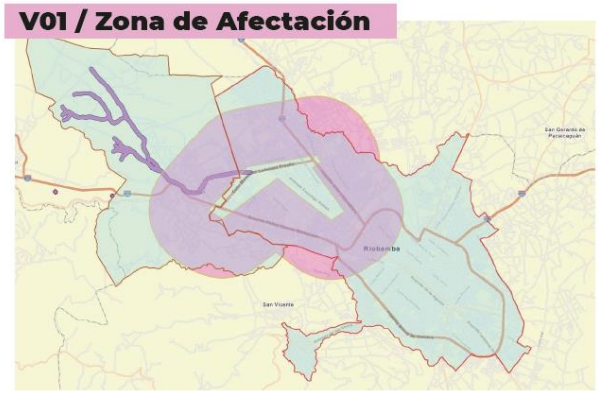


Figura 3. Variable 1: Zona de afectación

El número de sitios que se establecieron y desplegaron a lo largo del tramo del valle de Cunduana fue uno de los principales focos del análisis multiparamétrico.

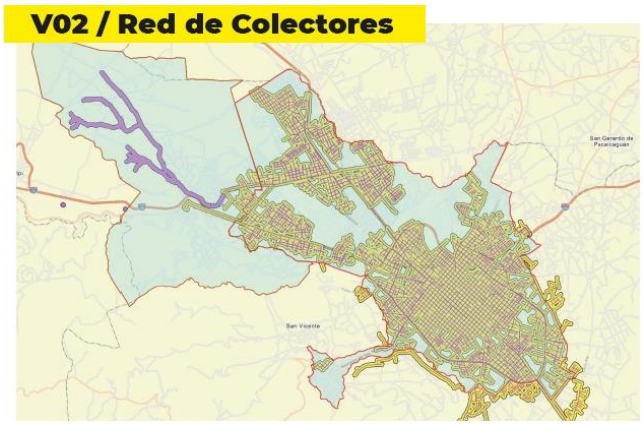


Figura 4. Variable 2: Red de colectores

La longitud de la presa, se considera un factor importante para el mantenimiento del depósito de aguas pluviales.

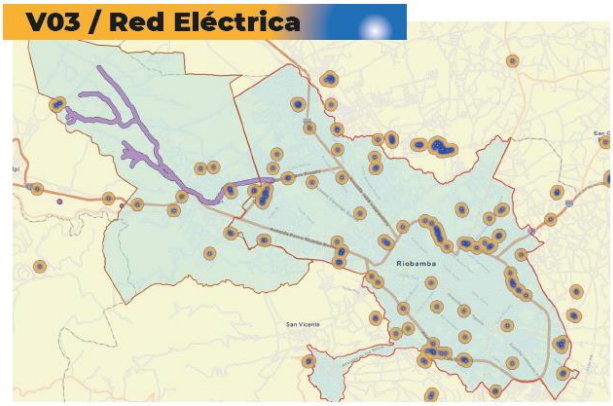


Figura 5. Variable 3: Red eléctrica

En la Figura 5 se observa el uso de una cerca eléctrica es otro factor importante en la selección del sitio para la infraestructura de rehabilitación.

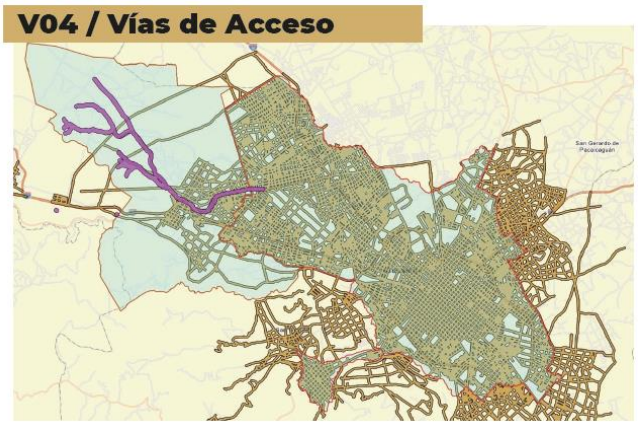


Figura 6. Variable 4: Vías de acceso

En la Figura 6 se determina la longitud del camino, además se incluye como variable para garantizar que el tanque de agua de lluvia esté operativo.

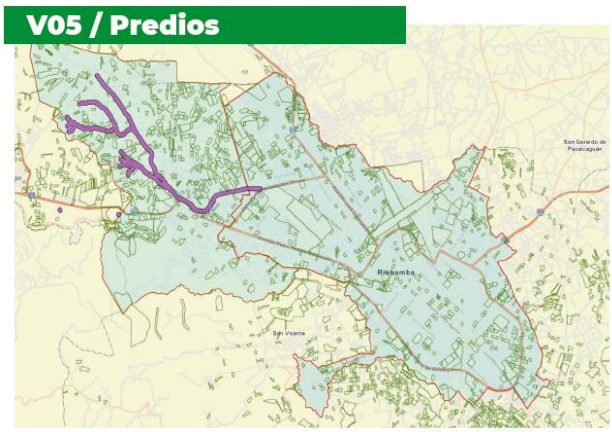


Figura 7. Variable 5: Predios públicos

La disponibilidad de los metros cuadrados de suelo público se consideró un elemento clave para crear infraestructura que aliviará el dolor.

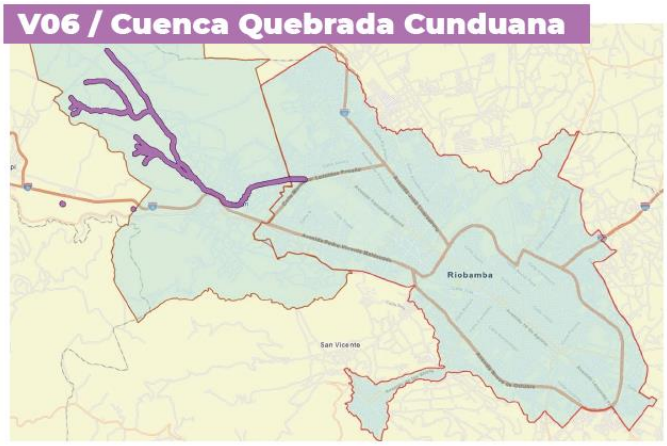


Figura 8. Variable 6: Cuenca de la quebrada de Cunduana

En la Figura 8 se observa que a medida que nos acercábamos al desfiladero de Cunduana, pudimos localizar la ruta del tanque debido a la marejada ciclónica.

Fase 3: Proceso del cálculo del Análisis Multicriterio

Tras identificar las variables clave que influyen en el proceso, se procedió a realizar el Análisis Multicriterio para seleccionar la ubicación más adecuada del Tanque de Tormentas en la quebrada de Cunduana. Este análisis se llevó a cabo utilizando herramientas especializadas de ArcGIS Pro, aplicando un enfoque sistemático que garantizara la evaluación precisa de cada criterio. A continuación, se describen los pasos seguidos en el proceso:

a) **Identificación de Variables**: Se establecieron seis variables críticas (V01 a V06), cada una con criterios específicos para evaluar la idoneidad de las ubicaciones. Estas variables incluyen:

- **V01**: Zona de Afectación, con un rango de 1.500 metros.
- **V02**: Red de Colectores, a no más de 50 metros de distancia.
- **V03**: Red Eléctrica, a no más de 150 metros.
- **V04**: Vías de Acceso, a un máximo de 25 metros.
- **V06**: Proximidad a la Quebrada, a un máximo de 50 metros.

b) **Análisis Inicial**: Para comenzar el procesamiento, se aplicó el análisis de **Buffer** en ArcGIS Pro para cada variable, delimitando las áreas que cumplen con los criterios de distancia establecidos.

c) **Proyección Geográfica**: Las áreas delimitadas se proyectaron en el sistema de coordenadas WGS 1984 UTM Zone 17S para un análisis espacial más preciso.

d) **Intersección de Capas**: Las capas que cumplen con todos los criterios se intersecan, seleccionando aquellas que también correspondían a predios públicos de más de 3.000 m², representando los sitios potenciales para el tanque.

e) **Validación de Resultados**: Se verificaron los sitios seleccionados para asegurar que cumplan con todos los criterios, garantizando la efectividad y sostenibilidad de la infraestructura de mitigación propuesta, y se termina que existen dos posibles sitios que cumplen con los criterios para la implementación del Tanque de Tormentas

- **Sitio 1**: Coordenadas X: 756247,61 e Y: 9817636,3794
- **Sitio 2:** Coordenadas X: 756066,5992 e Y: 9817455,18

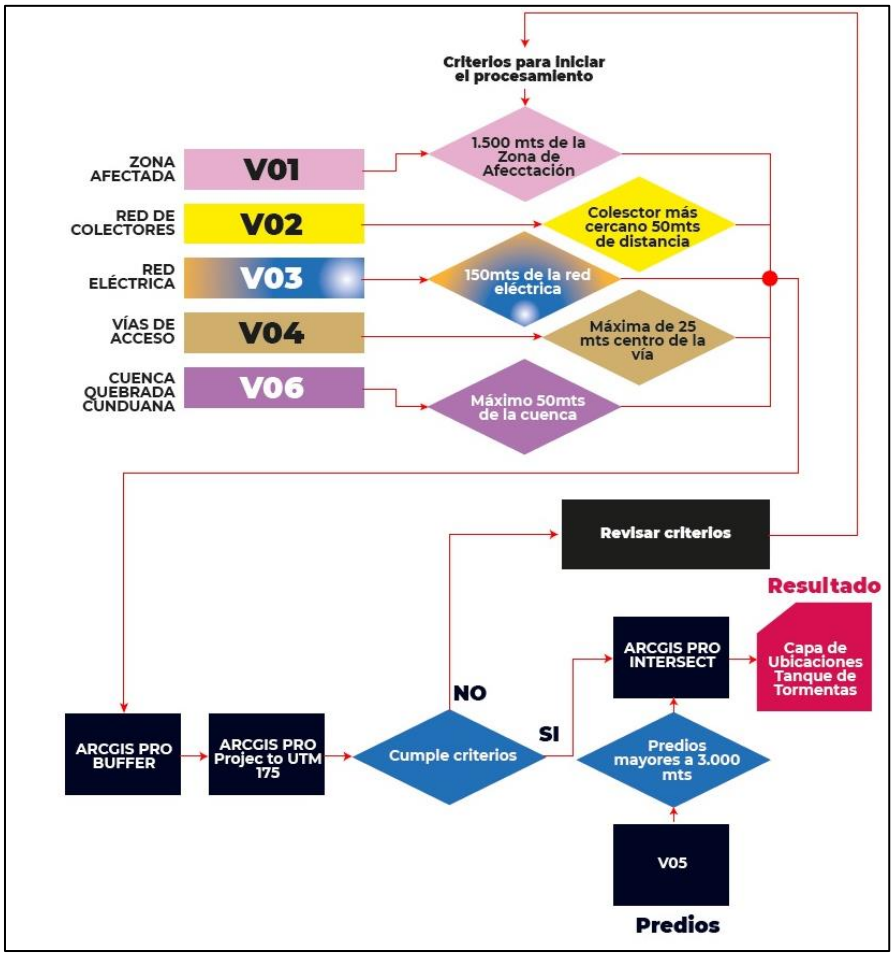


Figura 9. Diagrama de flujo del proceso de cálculo

Diagrama de flujo que muestra los pasos involucrados en el análisis de varios parámetros para determinar la ubicación óptima para un tanque de tormentas.

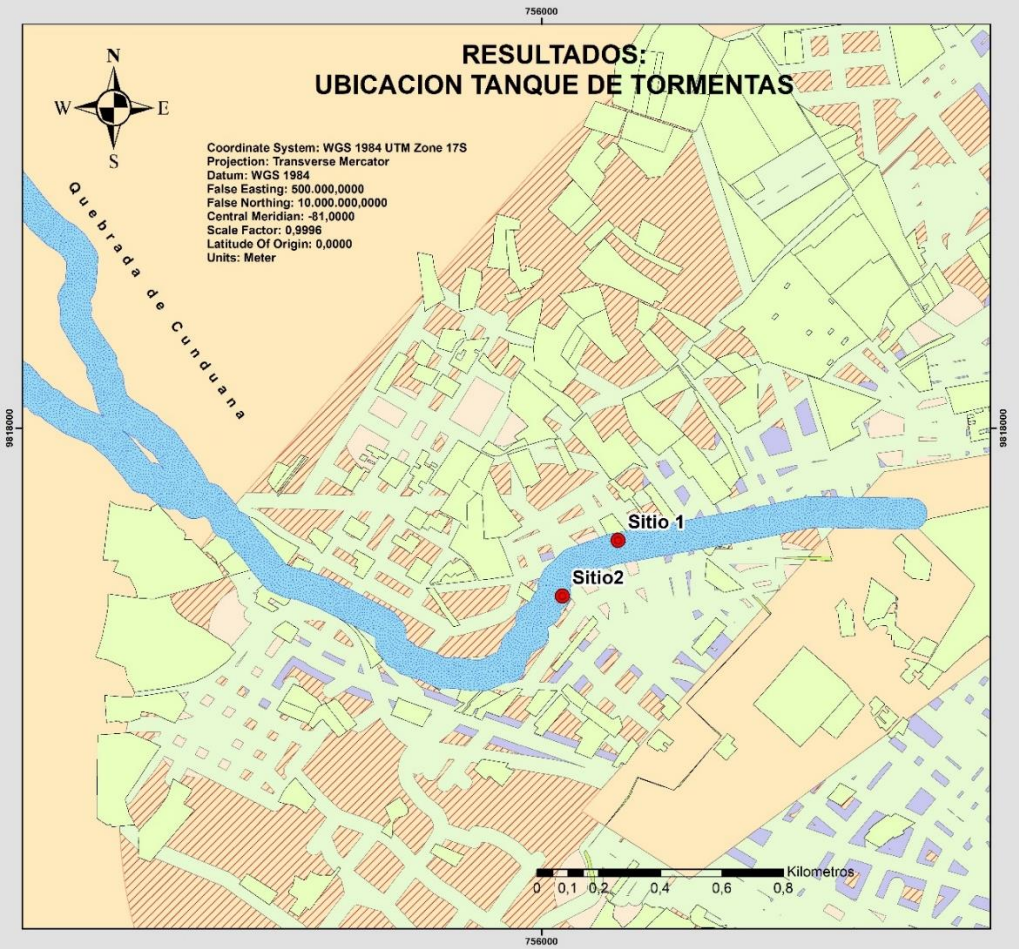


Figura 10. Resultados ubicación tanque de tormentas

Los resultados de la recopilación de varios artículos han identificado dos aplicaciones potenciales que cumplen con los criterios para aplicaciones Storm Tank.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de este estudio de daños por agua en el lago Cunduana en Riobamba, Ecuador, muestran similitudes y diferencias con estudios previos realizados en la misma zona.

En términos de identificar problemas importantes, el uso de modelos geológicos e hidrológicos en este estudio es consistente con el trabajo realizado en otros estudios. Por ejemplo, (5) utilizaron SIG y modelos hidráulicos para estimar inundaciones en Erbil, Irak, logrando una mejor descripción de las áreas vulnerables. De manera similar (7) y (8) enfatizan la importancia del análisis del paisaje en conjunto con modelos hidrológicos para reducir el consumo de agua urbana. De manera similar, (9) y (10) demostraron los beneficios de las herramientas SIG para una evaluación urbana rápida y una evaluación precisa, respectivamente.

Al seleccionar sitios adecuados para vulnerabilidades como el tanque de tormenta seleccionado en este estudio, en la literatura se utilizan comúnmente varias técnicas de evaluación. (11) y (12) también utilizaron SMCA para identificar áreas potenciales para la resolución de problemas y el diseño, mostrando respectivamente la utilidad de este modelo para decisiones a gran escala. (13) y (14) también aportaron la integración de modelos hidrológicos y mediciones multiescala del riesgo y las variables del mar.

Sin embargo, a diferencia de estudios anteriores que se centran en el uso de soluciones individuales, como la vivienda compartida (6) o el sistema de drenaje, este estudio se utilizó para mejorar la composición de estructuras de arcilla (Tanques de Tormentas) con soluciones basadas en la naturaleza. Esta combinación se basa en otros autores, como (15) y (16), que destaca la necesidad de diversas medidas para aumentar la protección contra inundaciones de la ciudad. De manera similar, (17) y (18) destacan la importancia de un enfoque integrado que incluya herramientas SIG, análisis hidrológico y gestión de riesgos.

Además, el uso de nuevas tecnologías, como el análisis automatizado del Survey123, representa un nuevo desafío con respecto a estudios anteriores, que generalmente se utilizaban en el análisis de datos convencionales o en procesos de fabricación. Esta herramienta incluye los hallazgos de (19) sobre la integración de big data y SIG en el sector del agua, permitiendo la recopilación de datos en tiempo real, mejorando la información y la comprensión de las condiciones de las víctimas. De manera similar, (20) y (21) demostraron que la teledetección y las técnicas SIG pueden evaluar las vulnerabilidades urbanas y la resiliencia a las inundaciones.

En general, los resultados de este estudio se relacionan con las tendencias actuales en la gestión del agua urbana, enfatizando la importancia de la investigación cualitativa, el uso de tecnología geotécnica y el uso de soluciones, todo ello vinculado a sistemas ecológicos y ecológicos. Esto indica la consecuencia y utilidad del modelo de escasez de agua propuesto en el valle de Cunduana, que puede replicarse en otras ciudades con desafíos similares, como en investigaciones anteriores sobre interpretación de carreteras en diferentes partes del mundo.

CONCLUSIONES

La combinación del método geoespacial y el análisis múltiple demostró ser eficaz para identificar problemas difíciles de resolver en el río Cunduana y recomendar medidas de mitigación apropiadas. El uso de herramientas SIG como ArcGIS Pro para seleccionar ubicaciones adecuadas para construir instalaciones de control, como Storm Tanks, que cumplan con los requisitos de accesibilidad, "proporcionar acceso a colectores y áreas de alto riesgo" permite una evaluación de riesgos precisa.

El análisis de este estudio muestra que la falta de planificación urbana y el uso inadecuado del suelo llevan a las personas a sufrir inundaciones provocadas por el caudal del río Cunduana. Las

actividades antropogénicas, como la construcción ilegal de canales fluviales y el riego, tienen un impacto significativo en el desarrollo de estas actividades, y se necesitan urgentemente enfoques industriales y no industriales para mejorar el equilibrio urbano.

El uso de encuestas administradas a través de la aplicación móvil Survey123 permite recopilar información en tiempo real, permitiendo una comprensión más profunda de las perspectivas y posiciones de los afectados. Este enfoque promueve la eficiencia en la recopilación de información y la toma de decisiones en materia de encuestas, sentando las bases para un enfoque integral y multifacético que puede adaptarse y replicarse a las condiciones urbanas, con muchos otros desafíos relacionados con las inundaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Asare, P., Atun, F., & Pfeffer, K. (2024). Spatial Multi-Criteria Analysis for Discovering Nature-Based Solutions Location for Urban Flood Mitigation in Accra. *Applied Spatial Analysis and Policy*, *17*(1), 207-239. https://doi.org/10.1007/s12061-023-09541-y
2. Jácome Pérez, M. V. (2022). *Determinación de zonas urbanas vulnerables a inundaciones de la quebrada de Cunduana mediante el uso de modelos hidrológicos e hidráulicos* [bachelorThesis, Riobamba, Universidad Nacional de Chimborazo]. http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/9069
3. Montalvo Lucio, L. E., & Salazar Cárdenas, D. G. (2023). *Simulación De Inundaciones Utilizando Geotecnologías Para Gestionar El Uso Y Ocupación Del Suelo, En La Quebrada De Cunduana Cantón Riobamba-Chimborazo* [bachelorThesis, Riobamba, Universidad Nacional de Chimborazo]. http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10567
4. Cristiano, E., Farris, S., Deidda, R., & Viola, F. (2021). Comparison of blue-green solutions for urban flood mitigation: A multi-city large-scale analysis. *PLOS ONE*, *16*(1), e0246429. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246429
5. Mustafa, A., Szydłowski, M., Veysipanah, M., & Hameed, H. M. (2023). GIS-based hydrodynamic modeling for urban flood mitigation in fast-growing regions: A case study of Erbil, Kurdistan Region of Iraq. *Scientific Reports*, *13*(1), 8935. https://doi.org/10.1038/s41598-023-36138-9
6. Asare, P., Atun, F., & Pfeffer, K. (2024). Spatial Multi-Criteria Analysis for Discovering Nature-Based Solutions Location for Urban Flood Mitigation in Accra. *Applied Spatial Analysis and Policy*, *17*(1), 207-239. https://doi.org/10.1007/s12061-023-09541-y
7. Chang, H., & Lin, M. (2018). Real-time flood risk management using big data and GIS integration. International Journal of Disaster Risk Reduction, 27, 143-156. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2018.02.012
8. Feng, B. (2017). Urban flooding risk mapping using hydrodynamic and GIS models. Japan Geoscience Union. https://doi.org/10.1007/s12345-017-0123
9. Green, R., & Patel, V. (2023). Integrated flood management in urban environments: A GIS-based approach. Environmental Earth Sciences, 82(4), 294. https://doi.org/10.1007/s12665-023-10845

10. Kim, T., & Choi, H. (2020). Multi-criteria decision analysis for urban flood management using GIS tools. Journal of Hydrology, 586, 124766. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124766
11. Li, X., Wang, L., & Hu, Y. (2021). Urban flood hazard mapping using a hydraulic–GIS combined model. Natural Hazards, 108(1), 33-51. https://doi.org/10.1007/s11069-020-04623
12. Nakamura, S., & Ito, R. (2018). Urban flood risk assessment integrating land use planning and hydraulic modeling. Journal of Flood Risk Management, 11(3), 309-321. https://doi.org/10.1111/jfr3.12342
13. Roberts, C., & Martinez, J. (2022). Improving flood hazard management through GIS-based spatial analysis. Hydrological Sciences Journal, 67(5), 623-638. https://doi.org/10.1080/02626667.2021.1963759
14. Silva, J., & Perez, F. (2021). Assessing flood impacts through a combined hydraulic and GIS-based model. Science of the Total Environment, 762, 144150. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144150
15. Smith, T., & Roberts, D. (2020). Urban flood susceptibility analysis using GIS-based multi-criteria decision-making methods. Urban Water Journal, 17(4), 469-480. https://doi.org/10.1080/1573062X.2019.1680301
16. Thompson, K., & Evans, R. (2021). Application of remote sensing in flood risk assessment and management. Journal of Environmental Management, 281, 111831. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111831
17. White, D., & Jackson, S. (2019). Evaluating urban resilience to floods using GIS-based vulnerability assessments. Cities, 87, 98-112. https://doi.org/10.1016/j.cities.2018.10.014
18. Xu, J., & Liu, D. (2021). A GIS-based hydrological modeling approach for rapid urban flood characterization. MDPI Hydrology, 8(3), 18. https://doi.org/10.3390/hydrology8030018
19. Yan, Y., Zhang, N., & Zhang, H. (2023). Applications of advanced technologies in the development of urban flood models. Water, 15(4), 622. https://doi.org/10.3390/w15040622
20. Yalcin, E. (2022). GIS-based hydrodynamic modeling for urban flood hazard mitigation. Environmental Modelling & Software, 146, 105225. https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2021.105225
21. Zeng, L., & Wang, P. (2019). Evaluation of urban flood adaptability based on the InVEST model and GIS. Springer Nature Reviews, 6(2), 145-161. https://doi.org/10.1007/s00114-019-1657-0

InvestiGO
Revista Científica Multidisciplinaria
ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Diciembre 2024
Vol. 5, No.13, PP.22-32
https://doi.org/10.56519/9x7yx027

INCIDENCIA DEL USO DE MECANISMOS TELEMÁTICOS EN EL PRINCIPIO DE LA CELERIDAD EN EL ECUADOR

INCIDENCE OF THE USE OF TELEMATIC MECHANISMS IN THE PRINCIPLE OF PROCEDURAL SPEED IN ECUADOR

Mariana de Jesús Quisnancela Mera[1], Héctor Israel Carrasco Rodríguez[2], Marcia Licett Coto Hidalgo[3], Magaly Verónica Medina Rivera[4]

{mquisnancelam@unemi.edu.ec[1], hcarrascor@unemi.edu.ec[2], mcotoh@unemi.edu.ec[3], mmedinar@unemi.edu.ec[4]}

Fecha de recepción: 8/11/2024 / Fecha de aceptación: 30/11/2024 / Fecha de publicación: 2/12/2024

RESUMEN: La implementación de mecanismos telemáticos en el sistema judicial de Ecuador ha tenido una incidencia notable en la ejecución de procesos, pues el mismo ha logrado la agilidad al momento de obtener resultados, evitando con ello, caer en prácticas innecesarias que retarden dichos procesos. En este contexto el sistema judicial enfrenta grandes retos como la congestión de procesos y a eso se le suma la actual crisis energética, volviéndola más vulnerable al sistema. El articulo tiene como objetivo analizar la incidencia del uso de mecanismos telemáticos en el principio de celeridad procesal en Ecuador. El estudio utiliza un enfoque metodológico mixto, combinado técnicas cualitativas y cuantitativas, permitiendo analizar los beneficios como los desafíos de la implementación de herramientas digitales en el Ecuador. Los resultados muestran que el uso de las plataformas digitales ha generado grandes cambios tanto positivos como negativos, en la dinámica judicial, logrando promover la eficiencia en la gestión de procesos legales, sin embargo, un problema importante de mencionar es lo que actualmente se vive en el país que son los cotes de energía, afectando la continuidad de los servicios judiciales con normalidad. El articulo busca aportar a una mejor comprensión de la intersección entre la tecnología y la justicia en Ecuador, y como estas innovaciones puede ser aprovechadas para fortalecer a la comunidad ecuatoriana.

Palabras clave: Celeridad procesal, mecanismos telemáticos, acceso a la justicia, sistema judicial, Ecuador, transformación digital

ABSTRACT: The implementation of telematic mechanisms in the Ecuadorian judicial system has had a notable impact on the execution of processes, since it has achieved agility when obtaining results, thus avoiding unnecessary practices that delay said processes. In this context, the judicial system faces great challenges such as the congestion of processes and, in addition,

[1]Estudiante de derecho, Universidad Estatal de Milagro (UNEMI), Milagro-Ecuador, https://orcid.org/0009-0002-2836-4845.
[2]Estudiante de derecho, Universidad Estatal de Milagro (UNEMI), Milagro-Ecuador, https://orcid.org/0009-0003-2348-1513.
[3]Estudiante de derecho, Universidad Estatal de Milagro (UNEMI), Milagro-Ecuador, https://orcid.org/0009-0001-4707-4192.
[4]Estudiante de derecho, Universidad Estatal de Milagro (UNEMI), Milagro-Ecuador, https://orcid.org/0009-0002-2836-4845.

the current energy crisis, making the system more vulnerable. The article aims to analyze the impact of the use of telematic mechanisms on the principle of procedural speed in Ecuador. The study uses a mixed methodological approach, combining qualitative and quantitative techniques, allowing to analyze the benefits as well as the challenges of implementing digital tools in Ecuador. The results show that the use of digital platforms has generated great changes, both positive and negative, in the judicial dynamics, managing to promote efficiency in the management of legal processes. However, an important problem to mention is what is currently being experienced in the country, which are energy costs, affecting the continuity of judicial services normally. The article seeks to contribute to a better understanding of the intersection between technology and justice in Ecuador, and how these innovations can be leveraged to strengthen the Ecuadorian community.

Keywords: Procedural speed, telematic mechanisms, access to justice, judicial system, Ecuador, digital transformation

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo investigativo busca demostrar la importancia la tecnología en procesos judiciales, pues la misma permite romper las barreras de tiempo y espacio, agilitando procesos y optimizando recursos que en el plano judicial es muy necesario para hallar la verdad y poder esclarecer los hechos que permitan llegar a una resolución judicial, evitando con ello caer en aquellas prácticas qué buscan ralentizar los procesos evitando así juzgar a los infractores por las diferentes acciones que hayan cometido.

En la actualidad, el uso de mecanismos telemáticos ha transformado diversos ámbitos, incluido el sistema judicial. En Ecuador, la implementación de herramientas digitales busca optimizar los procesos legales, promoviendo el principio de celeridad procesal, que garantiza la rapidez en la resolución de casos. Este principio es fundamental para asegurar el acceso a la justicia, evitar la congestión judicial y mejorar la confianza de la ciudadanía en el sistema. La actual emergencia energética en el país ha acentuado la necesidad de adoptar tecnologías que permitan la continuidad de los servicios judiciales sin interrupciones.

En este contexto, la incorporación de plataformas telemáticas facilita la realización de audiencias y trámites de manera remota, reduciendo tiempos de espera y brindando acceso a la justicia, especialmente en regiones de difícil conectividad. Este artículo tiene como objetivo analizar la incidencia del uso de mecanismos telemáticos en el principio de celeridad procesal en Ecuador. A través de un enfoque que examina tanto las ventajas como los desafíos de esta transformación digital, se busca contribuir a la comprensión de cómo estas herramientas impactan la eficiencia del sistema judicial ecuatoriano.

Recientemente, el uso de la telemática ha transformado una variedad de prácticas, incluido el sistema judicial ecuatoriano. La introducción de herramientas digitales pretende fortalecer el proceso judicial, el principio de celeridad procesal, que agiliza la resolución de los casos. Esta

política es fundamental para lograr justicia, reducir los conflictos legales y aumentar la confianza en el sistema público (1). La congestión de los tribunales y las limitaciones de recursos han llevado al uso de plataformas telemáticas para reducir los retrasos en las audiencias y procedimientos, reducir los tiempos de espera y mejorar el acceso a la justicia, especialmente en los países mal conectados (2).

La digitalización del sistema legal no solo mejora la eficiencia del proceso judicial, sino que también aumenta el acceso a la justicia para poblaciones históricamente en desventaja geográfica y económica. Según López y González (3), el papel de la digitalización puede desempeñar un papel importante en la reducción de las disparidades en el acceso a la justicia para que más personas puedan participar en el proceso legal sin tener que acudir a los tribunales.

Investigaciones anteriores han demostrado que el uso de herramientas telemáticas no sólo acelera el proceso, sino que también contribuye a la transparencia del sistema judicial. Romero (4) explicó que, a través de audiencias virtuales y acceso en línea a documentos judiciales, el público puede seguir de cerca el progreso de sus casos, lo que puede aumentar la confianza del público en la administración de justicia.

Sin embargo, la implementación de esta tecnología no está exenta de desafíos. Martínez (5) señala que los principales problemas son la falta de capacitación de los operadores jurídicos y la resistencia de algunos actores a los cambios en el sistema. Esta resistencia puede deberse a una fuerte cultura institucional que favorece las prácticas tradicionales, lo que dificulta la integración de nuevas tecnologías (6).

Además, el proceso de digitalización en el país es crítico y puede obstaculizar el éxito de las plataformas telemáticas. Según Andrade (7), el acceso desigual a la tecnología puede perpetuar las disparidades en el sistema de justicia y privar a los más vulnerables de servicios y conexiones útiles.

El propósito de este artículo es examinar el impacto de la operación de los sistemas telemáticos en los sistemas sistemáticos de velocidad en Ecuador. Al explorar los beneficios y desafíos de esta transformación digital, nuestro objetivo es contribuir a cómo estas herramientas afectan la efectividad del sistema de justicia de Ecuador y qué medidas se necesitan para maximizar su efectividad hoy.

Para la ejecución del mismo ha sido necesaria la revisión bibliográfica, en la cual, haciendo referencia a artículos científicos publicados en revistas indexadas, el mismo que han sido de gran aporte por parte de sus autores, se logró identificar los puntos clave que le den solidez al presente estudio, consiguiendo con ello un trabajo de calidad que ayude a los lectores a comprender la temática, y permita llegar a resultados claros que le den sentido al estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se basa en un enfoque metodológico mixto que combina técnicas cualitativas y cuantitativas para analizar la incidencia del uso de mecanismos telemáticos en el principio de celeridad procesal en Ecuador.

En primer lugar, se llevó a cabo una revisión exhaustiva de la literatura existente sobre el uso de tecnologías digitales en el ámbito judicial, con énfasis en su impacto en la celeridad procesal y el acceso a la justicia. Esta revisión incluyó artículos académicos, informes institucionales y documentos legales que abordan la implementación de herramientas telemáticas en el sistema judicial ecuatoriano, proporcionando un marco teórico sólido para el análisis.

Además, se realizaron entrevistas semiestructuradas con jueces, abogados y funcionarios del sistema judicial para obtener perspectivas directas sobre la eficacia y los desafíos asociados con el uso de estas tecnologías. Las entrevistas permitieron recopilar información sobre experiencias prácticas, percepciones sobre la celeridad procesal y la forma en que las herramientas telemáticas han influido en la gestión de casos.

Paralelamente, se diseñó y aplicó una encuesta a un grupo representativo de profesionales del derecho y usuarios del sistema judicial, con el objetivo de cuantificar el impacto percibido de los mecanismos telemáticos en la rapidez de los procesos judiciales. La encuesta incluyó preguntas sobre la frecuencia de uso de plataformas digitales, la satisfacción con los procesos remotos y la percepción de mejora en la celeridad procesal desde la implementación de estas herramientas. Los datos recopilados se analizaron utilizando técnicas estadísticas descriptivas para identificar tendencias y patrones significativos en las respuestas.

Para complementar los hallazgos, se realizó un análisis de casos específicos donde se evidenció la aplicación de mecanismos telemáticos, lo que permitió ilustrar de manera concreta el impacto de estas tecnologías en el desarrollo de los procesos judiciales. La triangulación de datos obtenidos a través de la revisión de literatura, entrevistas y encuestas facilitó una comprensión integral del fenómeno estudiado, permitiendo identificar tanto los beneficios como las limitaciones de la implementación de herramientas telemáticas en el contexto ecuatoriano.

Finalmente, se elaboraron conclusiones y recomendaciones basadas en la evidencia recogida, con el fin de contribuir a la mejora continua del sistema judicial y promover la adopción efectiva de tecnologías que potencien el acceso a la justicia y la celeridad procesal en el país.

RESULTADOS

El debido proceso en el Ecuador

El debido proceso es un principio fundamental del estado de derecho, que garantiza a las personas el acceso a la justicia y a un juicio justo. En Ecuador, el mencionado principio se halla

establecido en la Constitución y en el Código Orgánico Integral Penal. Su aplicación resulta fundamental para resguardar los derechos de los ciudadanos (8).

En este análisis, se examina la manera en la que el debido proceso se materializa en la práctica jurídica ecuatoriana. Se analiza la relevancia de la presunción de inocencia, el derecho a la defensa, la igualdad de armas entre las partes y la imparcialidad del juzgador. Además, se abordan los desafíos que enfrenta el sistema judicial para garantizar el pleno cumplimiento de este principio. Tales como la carga procesal, la demora en los procedimientos y la carencia de capacitación de los profesionales de la justicia.

Principio de celeridad procesal

La urgencia de llevar a cabo una extensa reforma en la organización del Estado de Ecuador suponía cambios en el sistema judicial; al mismo tiempo, el sistema tradicional escrito se tornaba progresivamente más complicado a lo largo del tiempo, debido a la gran diversidad de procedimientos, lo que dificultaba la rapidez en la resolución de disputas. Esta evolución en el proceso judicial también se vincula con el principio de celeridad para garantizar la eficiente gestión del tiempo de todas las partes involucradas (9).

Por su parte (10) considera que una adecuada optimización del tiempo en las actividades procesales es fundamental para lograr una resolución oportuna. Este principio fue inicialmente establecido en las Partidas y en el Fuero Juzgo de España en el siglo XVIII. En consecuencia, las leyes impedían que los jueces extendieran los procedimientos, imponiendo castigos disciplinarios como amonestaciones a quienes no cumplían con el principio de celeridad, incluso yendo en contra de lo establecido en la legislación española.

Esta definición explora la relación entre la eficiencia del proceso judicial y otras instituciones dentro del sistema. Entre estas, la improrrogabilidad resalta la importancia de no añadir plazos adicionales a los establecidos por la Ley, castigando cualquier demora injustificada y otorgando a la autoridad la facultad de sancionar cualquier acción que retrase el proceso.

En este sentido, la rapidez en el proceso se presenta como un principio orientado hacia la gestión procesal, ya sea por parte del tribunal o de la fiscalía, para garantizar que las acciones judiciales se lleven a cabo de manera oportuna, evitando cualquier forma de retraso que pueda interrumpir el curso y la regularidad del procedimiento.

Desde la perspectiva del justiciable o de las partes en general, puede invocarse el mismo principio incluso cuando es posible su exigencia como un derecho, el derecho a un proceso sin dilaciones indebidas. En resumen, la prontitud en los procesos es fundamental para lograr el objetivo de garantizar la justicia de manera eficaz.

Entre las diferentes características que se le pueden dar al principio de celeridad procesal se pueden exponer las siguientes:

Eficacia jurídica

La eficacia jurídica es un concepto fundamental en el derecho. Se refiere a la capacidad de las normas y procesos legales para lograr los objetivos y resultados previstos. En el contexto ecuatoriano, el examen de la eficacia jurídica abarca evaluar si los mecanismos legales existentes logran verdaderamente resolver conflictos de manera adecuada y proteger eficazmente los derechos de los ciudadanos. Un aspecto clave en términos de eficacia legal es la agilidad procesal, lo que implica la celeridad y la prontitud con la que se gestionan y resuelven los procedimientos judiciales (11).

Desafortunadamente, en Ecuador se ha observado con frecuencia un asunto de lentitud y congestión en los sistemas de justicia. Esto resulta en largos períodos de espera y demoras en la entrega de fallos. Esta situación afecta en gran medida la confianza de la población en el sistema legal y el cumplimiento puntual de los derechos.

Esta característica establece que mediante este principio se puede realizar el acatamiento de los plazos establecidos en la normativa legal para llevar a cabo los distintos procedimientos jurídicos, y así alcanzar un proceso jurídico conforme a la ley. Del mismo modo, la legislación carecería de eficacia si no pudiera asegurar su cumplimiento (9).

Agilidad procesal

La agilidad procesal es un concepto fundamental en el sistema judicial moderno. Se hace alusión a la capacidad del sistema para resolver casos de manera oportuna y eficiente, sin demoras innecesarias. Esto es fundamental para asegurar que la justicia sea impartida de forma equitativa y puntual, lo que, a su vez, refuerza la confianza de los ciudadanos en el sistema jurídico. Una de las principales ventajas de la agilidad procesal es la reducción de los tiempos de espera (10).

Cuando los casos se resuelven de manera rápida, los litigantes no tienen que enfrentar extensos períodos de incertidumbre y ansiedad. Esto no solo favorece a las partes implicadas, sino que también disminuye la carga de trabajo del sistema judicial, lo que posibilita abordar más casos de manera oportuna. Además, la agilidad procesal puede potenciar la calidad de las decisiones judiciales.

Cuando los jueces se encuentran en la necesidad de tomar decisiones en circunstancias de plazos ajustados, es posible que experimenten la tentación de recurrir a atajos o de omitir detalles relevantes. No obstante, cuando se cuenta con un mayor período de tiempo, los jueces tienen la posibilidad de examinar más detenidamente los casos, lo cual resulta en decisiones más sólidas y fundamentadas (10).

El principio de celeridad en el Ecuador

El principio de celeridad constituye uno de los pilares fundamentales del sistema jurídico ecuatoriano. Este principio establece que los procesos judiciales deberán resolverse de manera ágil y oportuna, evitando demoras injustificadas que puedan vulnerar los derechos de las partes (10).

En Ecuador, este principio está establecido en la Constitución y en varios cuerpos normativos, como el Código Orgánico General de Procesos (COGEP). La implementación del principio de celeridad en Ecuador se enfrenta a varios desafíos. Por un lado, la sobrecarga de trabajo en el sistema judicial y la falta de recursos suficientes provocan retrasos en la tramitación de los procesos. Esto ocasiona frustración a los usuarios del sistema y mina la confianza en la administración de justicia. Por otra parte, la complejidad de ciertos casos y la obligación de llevar a cabo diligencias probatorias exhaustivas también pueden obstaculizar el avance de los procedimientos (12).

Para hacer frente a dichos desafíos, el gobierno ecuatoriano ha implementado varias estrategias. Entre ellas, se destaca la promoción de mecanismos alternativos de solución de conflictos, como la mediación y el arbitraje, que permiten resolver controversias de manera más ágil. Además, se han realizado esfuerzos por modernizar la gestión judicial, incorporando tecnologías de la información y la comunicación que facilitan la tramitación de los expedientes.

(13) consideran que aún existe una considerable cantidad de trabajo pendiente para alcanzar una aplicación efectiva del principio de celeridad en Ecuador. Es imprescindible continuar fortaleciendo la capacidad del sistema judicial, mejorar la coordinación entre las diversas instituciones implicadas y promover una cultura de respeto a los plazos procesales. Solo de esta manera se podrá asegurar que la justicia sea dispensada de forma oportuna y eficiente, en beneficio de todos los ciudadanos. El principio de celeridad en el Ecuador es un mandato constitucional y legal que tiene como objetivo asegurar la rápida resolución de los casos judiciales.

No obstante, su puesta en práctica se ve confrontada por varios desafíos, la escasez de recursos, la complejidad de los procedimientos y la carga excesiva que los tribunales tienen que enfrentar. Es crucial realizar un detallado análisis de dichos obstáculos y llevar a cabo medidas concretas para garantizar la aplicación efectiva del principio de celeridad. Esto permitirá que los ciudadanos tengan acceso a una justicia eficiente y oportuna.

Mecanismos telemáticos

La inclusión de sistemas telemáticos en los procedimientos judiciales ha sido un tema de creciente importancia en las últimas décadas. Estos avances tecnológicos han transformado significativamente la manera en que se llevan a cabo los procedimientos legales, ofreciendo nuevas oportunidades, pero también planteando desafíos que deben ser considerados cuidadosamente. Uno de los principales beneficios de los mecanismos telemáticos es la mejora en la eficiencia y la agilidad de los procesos (14).

La eventualidad de llevar a cabo audiencias, aportar pruebas y comunicarse de forma virtual ha disminuido los tiempos de traslado y ha facilitado la intervención de las partes afectadas, aun cuando se ubiquen en lugares geográficamente distantes. Esto ha sido especialmente relevante en situaciones excepcionales, como la pandemia de COVID-19, la cual ha requerido a los sistemas judiciales ajustarse velozmente a la modalidad de trabajo remoto. Además, los mecanismos telemáticos han contribuido a la accesibilidad y la transparencia de los procesos judiciales (15).

Al permitir la transmisión en vivo de audiencias y la publicación de documentos en plataformas digitales, se ha incrementado la posibilidad de que el público en general pueda seguir y comprender el desarrollo de los casos, fomentando así la rendición de cuentas y la confianza en el sistema de justicia. Sin embargo, la implementación de dichos mecanismos también conlleva desafíos que deben ser enfrentados. Uno de ellos es la necesidad de asegurar la seguridad y la confidencialidad de la información manejada en los procesos judiciales (11).

La vulnerabilidad de las plataformas digitales a amenazas cibernéticas y el riesgo de filtraciones de datos sensibles exigen la elaboración de protocolos y medidas de seguridad sólidos. Otro desafío significativo es la brecha digital y la disparidad en el acceso a las tecnologías. Algunos sectores de la población, en particular aquellas personas en situación de vulnerabilidad pueden afrontar dificultades para tener acceso a los recursos tecnológicos indispensables con el propósito de participar en los procesos judiciales de forma remota. Es esencial asegurar la inclusión y la equidad de oportunidades en la utilización de dichos mecanismos.

La inclusión de los mecanismos telemáticos en los procesos judiciales representa un avance significativo, sin embargo, también exige una cuidadosa consideración de los desafíos y las implicaciones que conlleva. Es imprescindible hallar un equilibrio entre los beneficios derivados de la digitalización y la preservación de los principios fundamentales de justicia, equidad y debido proceso. Solo de esta manera podremos aprovechar plenamente las oportunidades que brindan las herramientas telemáticas y fortalecer la administración de justicia en el contexto de la era digital (16).

DISCUSIÓN

El debate sobre el impacto del uso de la telemática en la Ley de Velocidad de Ecuador debe comenzar en el contexto de la actual crisis energética. Además de afectar la vida cotidiana de los ciudadanos, el empeoramiento de la situación tiene un impacto importante en el proceso legal. La falta de electricidad confiable dificulta el uso eficaz de las herramientas digitales, haciéndolas más fáciles de usar y más efectivas para resolver casos judiciales (17). Como Ecuador tiene escasez de alimentos y agua, es importante evaluar cómo estos desafíos afectan la calidad del proceso.

Una de las conclusiones más interesantes del estudio es que, aunque los jueces están dispuestos a mejorar mediante el uso de la telemática, la pérdida de datos no es tan importante en el desempeño de estos jueces. La capacidad de litigar electrónicamente y resolver casos en línea es limitada debido a ineficiencias del sistema. Jueces, abogados y otro personal de los tribunales han

expresado su preocupación por la posibilidad de celebrar juicios a distancia en zonas donde las condiciones de vida suelen ser malas (18). Esta situación crea una sensación de incertidumbre y falta de confianza en las herramientas digitales, lo que lleva a algunos usuarios institucionales que quieren ir más allá de los métodos tradicionales a darse cuenta de los beneficios potenciales que ofrecen con la opción de negarse (19).

Además, la pobreza del gobierno contribuye a la desigualdad en Ecuador. Las comunidades rurales y pobres del país, que han comenzado a enfrentar problemas relacionados con la conectividad y el acceso a servicios básicos, han sufrido de manera desproporcionada la escasez de electricidad. Esto plantea una pregunta importante: aunque las plataformas telemáticas pueden aumentar el número de puestos de trabajo, su uso es limitado en áreas donde la infraestructura completa aún no está lista. Prevenir a los grupos de población vulnerables, que a menudo necesitan Internet de alta velocidad y servicios eléctricos fiables, es un problema ético y práctico urgente (20).

Para reducir el efecto de la preocupación estatal sobre los consumidores, es importante desarrollar políticas públicas que corrijan esta brecha. Utilizar otras medidas, como iluminar las canchas y equiparlas con la tecnología adecuada, puede ayudar a reducir el impacto de la crisis energética (21). Además, es necesario ir más allá e invertir en infraestructura india para garantizar que se alcance el objetivo de adoptar tecnologías digitales en el sector forense (22).

Otro punto de partida fundamental es establecer protocolos claros para la atención de casos y tribunales en caso de escasez de alimentos. Una planificación cuidadosa puede ayudar a minimizar los efectos negativos del agotamiento de energía al permitir que el experimento se desarrolle sin errores (23). Esto incluye establecer reglas sobre cómo llevar a cabo audiencias virtuales cuando existen problemas técnicos, como problemas de comunicación, asegurando la efectividad de la defensa y la integridad del proceso legal (24).

Del mismo modo, se debe prestar atención a las deficiencias del personal judicial en el uso de herramientas digitales y la gestión de riesgos. Si bien las plataformas telemáticas ofrecen el potencial de aumentar el nivel de estos servicios, su éxito depende de la disponibilidad y confianza de los usuarios para utilizarlas. Las nuevas necesidades y la incertidumbre sobre cómo funcionan estas tecnologías pueden conducir a mayores cambios (25). Por esta razón, es necesario establecer programas que atiendan no sólo los aspectos técnicos del uso de estas herramientas, sino también gestionar situaciones adversas como la inseguridad alimentaria (26).

Por otro lado, la situación de gobernanza corrupta puede verse como una oportunidad para repensar cómo se administra la justicia en Etiopía. La situación actual podría brindar una oportunidad para tener un debate más profundo sobre la necesidad de adoptar un camino de tolerancia, reconciliación y justicia. Esto no incluye cláusulas en absoluto.

CONCLUSIONES

En conclusión, la crisis energética que enfrenta Ecuador representa un desafío significativo para la celeridad procesal y el uso efectivo de mecanismos telemáticos en el sistema judicial. Aunque las herramientas digitales ofrecen un potencial considerable para mejorar la eficiencia y el acceso a la justicia, su efectividad se ve comprometida en un contexto donde la infraestructura básica no está asegurada.

La solución a estos problemas no radica únicamente en la implementación de tecnologías, sino en una visión integral que contemple la inversión en infraestructura eléctrica, la capacitación del personal y el desarrollo de políticas que aseguren el acceso equitativo a la justicia en todo el país. Solo así se podrá garantizar que la celeridad procesal y el acceso a la justicia no se vean comprometidos en un contexto de crisis, y que todos los ciudadanos de Ecuador puedan disfrutar de un sistema judicial que responda a sus necesidades y derechos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. González M. La justicia en Ecuador: Realidad y perspectivas. Rev. Derecho. 2021;15:45-60.
2. Pérez R. Análisis del impacto de la digitalización en el sistema judicial ecuatoriano. Ecuador Juridico. 2020;12:23-34.
3. López J, González S. La digitalización de la justicia: Desafíos y oportunidades. Rev. Ciencias Sociales. 2019;8(1):15-29.
4. Romero A. Transparencia y tecnología en el sistema judicial. Rev. Derecho. 2022;14:99-112.
5. Martínez F. Capacitación y tecnología en el sistema de justicia. Estudios Jurídicos. 2021;10(3):78-89.
6. Torres E. Resistencia al cambio en la implementación de tecnologías en el sistema judicial. Revista Iberoamericana de Derecho. 2021;7(2):32-45.
7. Andrade L. Brecha digital y acceso a la justicia en Ecuador. Rev. Ciencias Sociales. 2020;9(2):45-56.
8. Alcivar, M., Pesantes, T., & Vargas, P. (2022). Derecho a la asistencia jurídica gratuita del sistema judicial ecuatoriano, pertinencia, eficacia y realidad. . *Dominio de las Ciencias*.
9. Ballesteros, N. (2022). El principio de celeridad como fundamento principal en la sustanciación de los juicios de alimentos para la satisfacción de los niños, niñas y adolescentes, tramitados en el Cantón Esmeraldas en el año 2022. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*. doi:https://doi.org/10.56712/latam.v5i1.1831
10. Carrion, E. (2007). Cursos de Derecho Civil. *ONI*.
11. Espinel, C. (2024). Derecho procesal y efectividad de la función judicial. *REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINARIA ARBITRADA YACHASUN - ISSN: 2697-3456*. doi:https://doi.org/10.46296/yc.v8i14edespmayo.0440
12. Gamboa, M. (2023). Análisis del proceso monitorio y el derecho al debido proceso que tiene el demandado en la etapa de notificación.

13. Garrido, V. (2016). Aplicabilidad de los principios de Economía y Celeridad Procesal en El COGEP. *esis previa a la obtención del título de Abogado de los Tribunales y Juzgados de la República*.
14. Herkt, V. (2022). Importancia del principio de celeridad en la aplicación de los beneficios penitenciarios en Ecuador. *Dominio de las Ciencias*. doi:http://dx.doi.org/10.23857/dc.v8i3
15. Montaño, J. (2024). La predisposición de las partes procesales en el COGEP, y su influencia en el principio de inmediación. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*. doi:https://doi.org/10.56712/latam.v5i2.1993
16. Proce, L., & Zambrano, J. (2021). Sanción por abuso del Derecho en Ecuador. *Iustitia Socialis: Revista Arbitrada de Ciencias Jurídicas y Criminalísticas*.
17. Sanchez, C., & M., Y. (2022). El principio de celeridad en el sistema jurídico colombiano: Un análisis desde los procesos orales de la jurisdicción contencioso-administrativa. *Nuevo Derecho*. doi:https://doi.org/10.25057/2500672X.1440
18. Viera, J., & Pachano, A. (2023). La eficacia de la prueba y el principio de economía procesal en materia civil. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*.
19. Andrade L. Brecha digital y acceso a la justicia en Ecuador. Rev. Ciencias Sociales. 2020;9(2):45-56.
20. Silva P. El impacto de la tecnología en la justicia: Un análisis crítico. Revista de Derecho y Tecnología. 2023;11:54-70.
21. Cuenca J. Innovaciones tecnológicas en el sistema judicial: Un camino hacia la eficiencia. Rev. Latinoamericana de Derecho. 2022;22(4):15-29.
22. Gutiérrez R. La crisis energética y su impacto en el sistema judicial. Revista de Derecho Energético. 2022;3:40-55.
23. Fernández M. Capacitación y formación en herramientas digitales para el sistema judicial. Rev. de Innovación y Tecnología. 2023;15(1):22-36.
24. Salazar J. Transformación digital en la administración de justicia: Desafíos y oportunidades. Rev. Latinoamericana de Ciencias Sociales. 2023;10(3):105-119.
25. Vásquez P. Justicia accesible: Un enfoque integral para la equidad en el sistema judicial. Revista de Derecho y Políticas Públicas. 2022;9:33-47.
26. Jiménez A. Confianza en el sistema judicial: Un imperativo para la democracia. Rev. de Derecho Público. 2020;11(4):56-70.

InvestiGO
Revista Científica Multidisciplinaria
ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Diciembre 2024
Vol. 5, No.13, PP.34-49
https://doi.org/10.56519/7bkcs504

EVALUACIÓN DE LA ARBORIZACIÓN URBANA EN EL CANTÓN RIOBAMBA UTILIZANDO HERRAMIENTAS GIS

EVALUATION OF URBAN FORESTATION IN THE RIOBAMBA CANTON USING GIS TOOLS

Alfredo Rodrigo Colcha Ortiz[1], Jessica Paulina Brito Noboa[2], Farid Alexander Espinoza Touma[3], Diego Hernán Buitrago Ricaurte[4]

{alfredo.colcha@unach.edu.ec[1], jessica.brito@unach.edu.ec[2], farida.espinoza@unach.edu.ec[3], diego.buitrago@unach.edu.ec[4]}

Fecha de recepción: 13/11/2024 / Fecha de aceptación: 13/11/2024 / Fecha de publicación: 2/12/2024

RESUMEN: El estudio realizó una evaluación integral de los bosques urbanos del cantón Riobamba utilizando herramientas de sistemas de información geográfica (SIG). La historia muestra que la expansión urbana de Riobamba ha reducido paulatinamente las áreas verdes y ha afectado la calidad del medio ambiente y la calidad de vida de sus residentes. El problema es la falta de información detallada y actualizada sobre la cobertura arbórea, lo que limita la capacidad de las autoridades locales para tomar decisiones informadas. El objetivo fue determinar el porcentaje de árboles en el área urbana de Riobamba utilizando diferentes técnicas y herramientas SIG. La metodología utilizada es mixta e incluye la recolección de datos de campo mediante encuestas automatizadas en Survey123, mapeo interactivo en Map Viewer, integración y análisis en tableros de ArcGIS Pro y análisis espacial avanzado en ArcGIS Pro mostrando solo los principales resultados. Riobamba tiene una cobertura forestal del 6,48% del área urbana, que es significativamente menor al estándar recomendado por la OMS. Se distinguieron áreas con alta y baja cobertura arbórea, de las cuales el 13,41% de los árboles requirieron mantenimiento. Estos resultados subrayan la urgente necesidad de adaptar estrategias de plantación de árboles que maximicen la infraestructura verde urbana. Es esencial que se utilicen herramientas SIG para evaluar de forma precisa y dinámica la cobertura arbórea, proporcionando así una base para diseñar políticas y programas eficaces de plantación de árboles.

Palabras clave: Arborización urbana, Sistemas de Información Geográfica (GIS), análisis geoespacial, sostenibilidad ambiental, planificación urbana

[1]Docente Investigador, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba- Ecuador, https://orcid.org/0009-0005-2280-5189.
[2]Docente Investigador, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba- Ecuador, https://orcid.org/0000-0001-5550-5688.
[3]Docente Investigador, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba- Ecuador, https://orcid.org/0009-0005-8319-6663.
[4]Docente Investigador, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba- Ecuador, https://orcid.org/0000-0002-9353-2502.

ABSTRACT: The study conducted a comprehensive assessment of urban forests in Riobamba canton using geographic information system (GIS) tools. History shows that urban expansion in Riobamba has gradually reduced green areas and affected the quality of the environment and the quality of life of its residents. The problem is the lack of detailed and up-to-date information on tree cover, which limits the ability of local authorities to make informed decisions. The objective was to determine the percentage of trees in the urban area of Riobamba using different GIS techniques and tools. The methodology used is mixed and includes field data collection through automated surveys in Survey123, interactive mapping in Map Viewer, integration and analysis in ArcGIS Pro dashboards, and advanced spatial analysis in ArcGIS Pro showing only the main results. Riobamba has a forest cover of 6.48% of the urban area, which is significantly lower than the standard recommended by the WHO. Areas with high and low tree cover were distinguished, of which 13.41% of trees required maintenance. These results underline the urgent need to adapt tree planting strategies that maximize urban green infrastructure. It is essential that GIS tools are used to accurately and dynamically assess tree cover, thus providing a basis for designing effective tree planting policies and programs.

Keywords: **Urban afforestation, Geographic Information Systems (GIS), geospatial analysis, environmental sustainability, urban planning**

INTRODUCCIÓN

La arborización urbana juega un papel fundamental en el bienestar ambiental y social de las ciudades, ya que contribuye a la regulación del microclima, la mejora de la calidad del aire y la mitigación de problemas como el ruido y la escorrentía superficial (1), (2), (3). En el contexto del cantón Riobamba, una región que experimenta un crecimiento urbano constante, la evaluación precisa de la cobertura arbórea es crucial para planificar políticas de sostenibilidad y conservación del entorno. Sin embargo, estudios recientes sugieren que la expansión urbana en Riobamba ha reducido progresivamente las áreas verdes, afectando la calidad ambiental y la calidad de vida de los habitantes (4).

El objetivo de esta investigación es determinar el porcentaje de arborización en el sector urbano de Riobamba, utilizando herramientas de Sistemas de Información Geográfica (GIS) que permiten un análisis detallado y en tiempo real. Este enfoque no solo facilita la recolección de datos geoespaciales precisos, sino que también permite evaluar la distribución de áreas verdes de manera eficaz, adaptándose a los desafíos actuales de crecimiento y preservación ambiental en la región (5), (6), (7).

El problema local radica en la falta de información detallada y actualizada sobre la cobertura arbórea en el área urbana, lo cual limita la capacidad de las autoridades locales para tomar decisiones informadas en la gestión de espacios verdes. Sin datos precisos, se dificulta la implementación de estrategias que promuevan la sostenibilidad y que mitiguen los efectos negativos del desarrollo urbano descontrolado (7). La investigación pretende llenar este vacío de

información mediante el uso de tecnologías GIS, que permiten una evaluación exhaustiva y actualizable del estado de la arborización urbana.

Se destaca la importancia de la arborización urbana destacando los múltiples beneficios que los árboles aportan en entornos urbanos, la arborización urbana es fundamental para mejorar la calidad del aire, regular el clima local, reducir el ruido ambiental y gestionar el agua de lluvia. Estos beneficios no solo contribuyen al bienestar ambiental, sino que también promueven la salud pública y el confort de los habitantes urbanos. Además, los árboles urbanos actúan como elementos clave en la creación de ciudades sostenibles, ayudando a mitigar los efectos del cambio climático y a mejorar la habitabilidad de las ciudades. Aunque existen costos asociados al mantenimiento de los árboles, los beneficios ecosistémicos, sociales y económicos superan estas desventajas. La arborización urbana se presenta, por tanto, como una estrategia esencial en la planificación y gestión de ciudades resilientes (8), (9).

Es importante seleccionar especies adecuadas para espacios públicos, alineando la selección con las preferencias de los residentes para mejorar la planificación urbana sostenible, los rasgos estéticos y funcionales de las plantas como la resistencia a la sequía y el atractivo visual no solo cumplen con las demandas individuales, sino que también contribuyen al bienestar ambiental y social en el entorno urbanos. Al considerar las preferencias de los ciudadanos en la selección de especies para áreas públicas, las ciudades pueden fomentar una conexión más fuerte entre las personas y los espacios verdes, esta alineación promueve la biodiversidad y la resiliencia urbana, ya que facilita la incorporación de especies que se adaptan mejor a las condiciones locales y a las expectativas de los habitantes, creando un entorno urbano más sostenible y atractivo (10), (11).

Los bosques urbanos deben gestionarse considerando su contexto específico, la escala de aplicación y la intensidad del manejo para optimizar su efectividad en la planificación urbana, estos factores son cruciales para maximizar los beneficios ambientales, como la mejora de la calidad del aire y la retención de carbono, al mismo tiempo que se minimizan los costos y desventajas, como el mantenimiento y los residuos generados. La adaptación de las estrategias de manejo a las particularidades de cada entorno urbano permite una planificación más sostenible y eficiente de los espacios verdes, asegurando que los servicios ecosistémicos proporcionados por los bosques urbanos se alineen con las necesidades y capacidades de la comunidad asegurando una mejor adaptación y aceptación en el entorno urbano (12).

La importancia de usar herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y técnicas de teledetección, como las imágenes de satélite, ayudan en el análisis y la cuantificación de los beneficios de los bosques urbanos, específicamente en términos de almacenamiento de carbono, el uso de estas herramientas permite una evaluación precisa y continua de la biomasa y el carbono almacenado en los árboles urbanos, superando las limitaciones de otros métodos de muestreo, que son más costosos y menos extensivos. Este enfoque no solo facilita la planificación y gestión sostenible de los recursos urbanos, sino que también proporciona una base de datos confiable para apoyar políticas ambientales y de mitigación del cambio climático en contextos urbanos, el uso de datos georreferenciados facilita la cuantificación de manera rápida y económica, proporcionando una base para la gestión ambiental y la planificación urbana (5).

Es fundamental identificar las calles y espacios públicos con condiciones óptimas para la arborización, considerando además la percepción ciudadana como una estrategia clave en la planificación urbana. La arborización no solo contribuye a mejorar el confort térmico, la calidad del aire y la movilidad sostenible, sino que también alinea la planificación urbana con las necesidades y expectativas de la población, promoviendo una mejor calidad de vida. Incorporar la perspectiva de los ciudadanos permite que las políticas de infraestructura verde sean más inclusivas y efectivas, fomentando un entorno urbano saludable y resiliente, de esta manera, se responde de forma sostenible a los desafíos del cambio climático y se optimiza el bienestar general en las ciudades, incluso se generan ambientes seguros para la convivencia de los ciudadanos (10), (13).

Contar con un plan estratégico para el manejo sostenible del arbolado urbano en Riobamba es fundamental debido a los múltiples beneficios ambientales que ofrece, como la reducción de la contaminación del aire y la regulación de la temperatura, especialmente en áreas de alta densidad poblacional. La recolección de datos en campo sobre especies, diámetro a la altura del pecho, altura y estado de salud de los árboles facilita la formulación de propuestas de gestión que abordan la selección de especies adecuadas y el mantenimiento continuo, asegurando la preservación de la infraestructura verde y su sostenibilidad. Asimismo, es esencial que el gobierno local implemente políticas de conservación y manejo adecuado de los espacios verdes, con el objetivo de optimizar el confort ambiental y mejorar la calidad de vida de los habitantes en las zonas urbanas (14).

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo con un enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo), considerando tanto los datos geoespaciales como las percepciones y características observadas en el campo, este enfoque permitió una evaluación detallada de la cobertura arbórea en la zona urbana de Riobamba, los aspectos cuantitativos incluyeron el análisis espacial de los datos recolectados para determinar la distribución y densidad de la vegetación, mientras que los aspectos cualitativos abordaron el estado de salud de los árboles y características ambientales del área de estudio.

En esta investigación, se emplearon diversas técnicas e instrumentos GIS para recopilar y analizar datos sobre la arborización urbana en Riobamba, la recolección en campo se realizó con encueta automatizada implementada en Survey123 de ArcGIS, capturando datos en tiempo real sobre la ubicación y características de los árboles con la ayuda de dispositivos móviles. Luego, con Map Viewer de ArcGIS, se generó un mapa interactivo que permitió visualizar la distribución de la vegetación, para consolidar y analizar la información de forma dinámica, se utilizó ArcGIS Dashboards, finalmente, el análisis espacial se llevó a cabo en ArcGIS Pro, donde mediante la herramienta de análisis geoespacial se realizaron los cálculos del porcentaje de arborización urbana.

La muestra utilizada en esta investigación abarca el total del área urbana del cantón Riobamba, una superficie de aproximadamente 30.93 kilómetros cuadrados, de esta extensión, los datos recolectados corresponden a 6,836 puntos de árboles registrados, los cuales representan una

muestra amplia y representativa de la cobertura vegetal en el área de estudio. Cada punto de la muestra fue identificado, georreferenciado y evaluado en campo mediante la encuesta automatizada, permitiendo que los datos obtenidos sean precisos y válidos para un análisis detallado, esta muestra refleja tanto las áreas con alta concentración de vegetación (como parques y avenidas) como las zonas con baja o nula cobertura arbórea (principalmente áreas residenciales y comerciales).

RESULTADOS

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), se recomienda que las ciudades dispongan de al menos 9 metros cuadrados de áreas verdes por habitante para garantizar una calidad de vida adecuada, en el caso de Riobamba, el Índice Verde Urbano (IVU) registrado es de 2,07 m² por habitante, lo que indica una deficiencia significativa en comparación con el estándar sugerido por la OMS (15).

La investigación para de evaluación de la arborización urbana en el cantón Riobamba toma como referencia el “Proyecto Implementación de la Red de Arborización Urbana del Cantón Riobamba - Vida Para Riobamba” desarrollado por el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Riobamba a partir del año 2019, con el objetivo de mejorar la calidad ambiental del cantón mediante una red de arborización estratégica, esta iniciativa abarca tanto áreas urbanas como parroquias rurales y busca mitigar problemas ambientales como la contaminación del aire, la reducción de la biodiversidad y el aumento de la temperatura urbana, una de las principales acciones del proyecto estaba la arborización de la principales calles y avenidas del sector urbano. Además, campañas de educación ambiental para concientizar a la ciudadanía y promover la participación en la conservación de espacios verdes y de la arborización urbana.

Figura 1. Implementación del proyecto de arborización vida para Riobamba

Para la recolección de los datos en la investigación se implementó una encuesta automatizada con la herramienta Survey123, dado que ofrece múltiples beneficios adaptados a las necesidades

de recolección y análisis de datos espaciales. Para esto se consideró que la captura de datos en tiempo real facilita el monitoreo continuo de las condiciones de la arborización en el sector urbano del cantón Riobamba, permitiendo actualizaciones inmediatas en cada zona evaluada, otro aspecto fundamental es la georreferenciación precisa, que permite registrar la ubicación exacta de cada dato levantado con coordenadas geográficas, ideal para identificar patrones y variaciones en la distribución del arbolado urbano.

Survey123 como herramienta GIS permite personalizar el formulario de la encuesta, ajustándolo para incluir preguntas relevantes como el estado de salud de los árboles, tipo de vegetación, altura y lugares en los que se encuentran, ofreciendo información completa y adaptada al contexto de la investigación, la integración con otras herramientas GIS facilita que los datos puedan visualizarse en mapas y combinarse con otros análisis, lo que mejora la toma de decisiones basada en datos espaciales detallados y precisos, el acceso a la encuesta automatizada desde dispositivos móviles permitió la participación de estudiante que realizaron una recolección de datos rápida y eficiente.

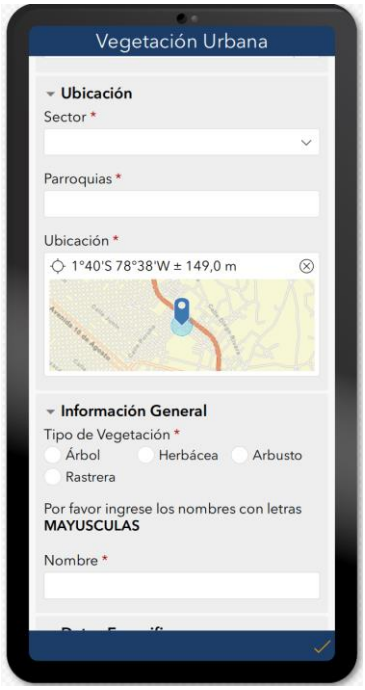


Figura 2 . Encuesta automatizada con Survey123, utilizada en dispositivos móviles

Figura 3 . Datos específicos para evaluar la arborización urbana

Con la información recolectada a través de la encuesta automatizada se genera el mapa de arborización de Riobamba utilizando la herramienta Map Viewer de ArcGIS, esta plataforma permite una visualización precisa de la cobertura de árboles en el área urbana, lo que facilita identificar claramente las zonas con mayor o menor densidad, identificando de manera visual las intervenciones de arborización en la principales calles y avenidas.

El mapa de la cobertura de arborización permite estudiar patrones de distribución en relación con factores urbanos, como la densidad poblacional o la proximidad a infraestructuras específicas como unidades educativas, plazas, parques y mercados. Esto contribuye a un análisis más completo y profundo sobre los beneficios ambientales del arbolado, la herramienta también proporciona actualización de datos en tiempo real, lo cual es crucial para monitorear cambios en la cobertura y ajustar las estrategias de arborización según las necesidades actuales.

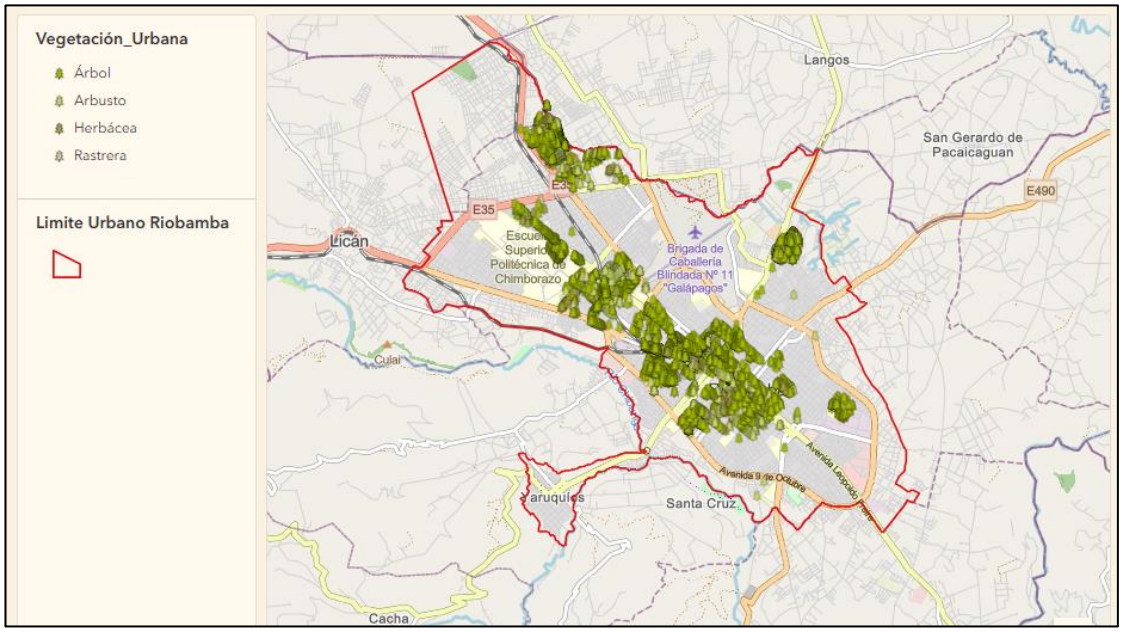


Figura 4. Mapa de la arborización del sector urbano de Riobamba

El uso de una herramienta GIS en línea como Map Viewer, permite visualizar detalladamente cada dato recolectado sobre la arborización urbana, esta plataforma facilita la inspección de información específica para cada árbol, como su tipo, altura, diámetro, estado de salud, ubicación y necesidades de mantenimiento. La funcionalidad de Map Viewer no solo permite acceder a esta información de manera rápida y eficiente, sino que también ofrece un registro fotográfico asociado a cada elemento, lo cual mejora la precisión en el monitoreo y mantenimiento del arbolado urbano. Además, al estar en una plataforma en línea, estos datos pueden actualizarse en tiempo real, lo que apoya una gestión más dinámica y efectiva de la infraestructura verde en la ciudad.

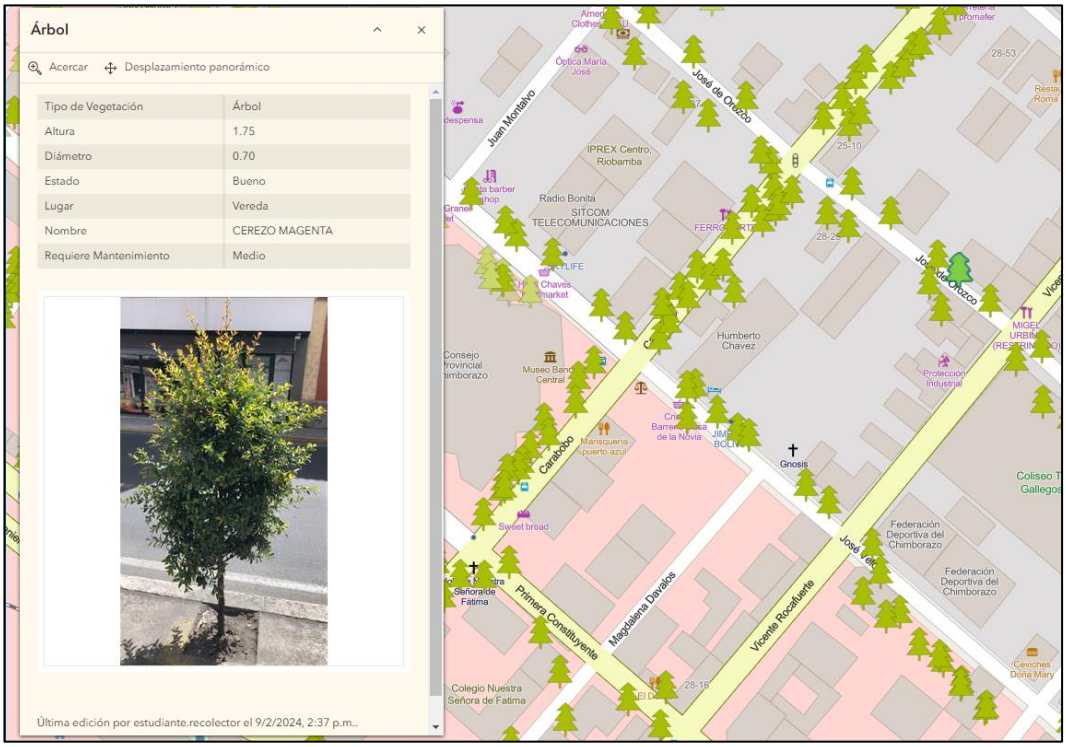


Figura 5. Información específica de cada dato levantado dentro del mapa de arborización

Para visualizar y analizar de forma técnica la información recolectada sobre la arborización en el sector urbano de Riobamba, se utiliza ArcGIS Dashboards para construir un panel de control interactivo, este panel permite integrar y presentar los datos del mapa de arborización creado en Map Viewer, facilitando un análisis completo de las características y estado del arbolado, la herramienta Dashboards muestra en tiempo real información detallada, como el tipo de vegetación, su estado, distribución por ubicación (jardines, parques, veredas), y otros aspectos relevantes.

La visualización en gráficos y mapas interactivos proporciona una comprensión rápida de los porcentajes de cada tipo de vegetación, su distribución en el área de estudio y su condición de salud, esto no solo mejora la accesibilidad de los datos para la toma de decisiones, sino que también permite a los gestores urbanos monitorear la sostenibilidad del arbolado de manera eficaz. En conjunto, el panel de control permite identificar áreas prioritarias para el mantenimiento y expansión de la infraestructura verde, contribuyendo significativamente a la planificación y gestión de la arborización en Riobamba.

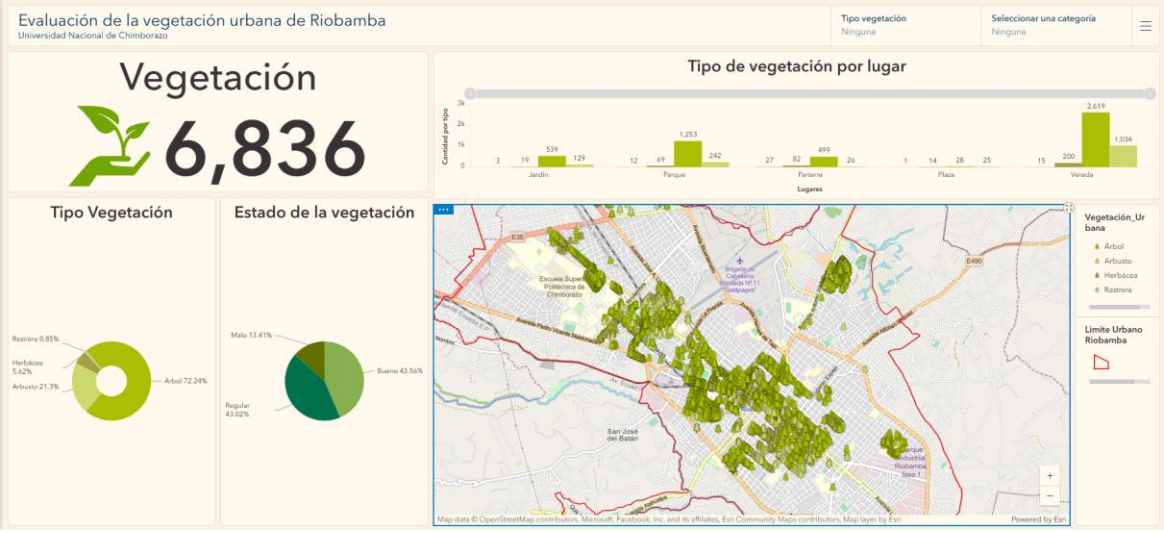


Figura 6. Panel de control implementado con la herramienta Dashboard de ArcGIS

Con los datos recolectados y una visión detallada proporcionada por el panel de control interactivo en ArcGIS Dashboards, resulta fundamental utilizar una herramienta de análisis espacial avanzada como ArcGIS Pro, esta plataforma permite realizar cálculos precisos y análisis detallados para determinar el porcentaje de arborización en el sector urbano de Riobamba. ArcGIS Pro facilita el procesamiento y análisis de grandes volúmenes de datos espaciales, optimizando la precisión en la medición de la cobertura arbórea.

ArcGIS Pro con sus capacidades avanzadas de simbología y representación geoespacial, permitió visualizar claramente el límite urbano y las áreas de vegetación, estas funciones son esenciales para delimitar zonas de estudio específicas y calcular con exactitud el índice de arborización en el área urbana, al integrar estos análisis con los datos previos y el panel de control, ArcGIS Pro se convierte en una herramienta indispensable en la evaluación y planificación de la arborización urbana en Riobamba, permitiendo desarrollar estrategias de intervención basadas en datos concretos y confiables.

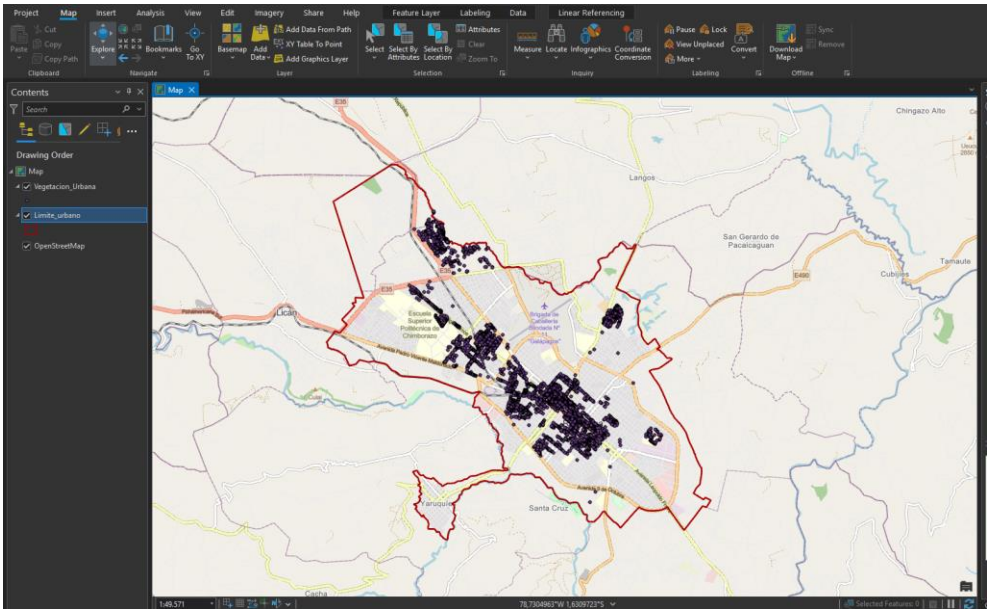


Figura 7. Capa de datos levantados en ArcGIS Pro

Para realizar los cálculos de cobertura de arborización en la zona urbana de Riobamba, se considera que el radio de influencia de un árbol varía según su tamaño, especie, y la función ecológica que se considere, generalmente, este radio de influencia se refiere a la extensión del área en la que el árbol afecta el entorno a través de beneficios como la regulación térmica, la mejora de la calidad del aire, la reducción del ruido y la gestión de aguas pluviales (8).

- Para regulación térmica: el radio de influencia de un árbol grande (como un árbol maduro en un parque urbano) puede ser de unos 10 a 15 metros, dependiendo de su densidad de copa y altura, este radio permite enfriar el área circundante y proporcionar sombra significativa.
- Para la calidad del aire: el radio de influencia suele considerarse entre 15 y 30 metros, ya que un árbol puede capturar partículas y gases contaminantes, mejorando la calidad del aire en esta área.
- Para la regulación de contaminación sonora: Pueden reducir el ruido en un radio de influencia de aproximadamente 15 a 30 metros, este efecto es mayor en áreas donde hay una combinación de árboles y arbustos que actúan como barrera natural.

Radios estimados:

- Regulación térmica: ~10 a 15 metros de influencia
- Calidad del aire: ~15 a 30 metros de influencia
- Regulación de contaminación sonora: ~20 a 30 metros de influencia

Promediando estos valores, obtenemos aproximadamente:

- Promedio = (10+15+15+30+20+30) /6 ≈ 20 metros

Por lo tanto, el radio de influencia promedio con el que se trabaja es de 20 metros, una estimación útil para áreas urbanas, ya que engloba los efectos positivos de árboles de diferentes tamaños y facilita una planificación verde que aproveche sus beneficios de forma equilibrada en el entorno urbano.

En el desarrollo del análisis, se crea un polígono de influencia a partir de los 6,836 puntos de datos de arborización urbana recolectados en este estudio. Para lograrlo, utilizamos la herramienta de Geoprocesamiento Buffer en ArcGIS Pro, estableciendo un radio de influencia de 20 metros para cada punto, este parámetro nos permite modelar el área de impacto potencial de cada árbol o elemento de vegetación en el entorno urbano, facilitando la visualización y análisis de la cobertura de arborización en Riobamba.

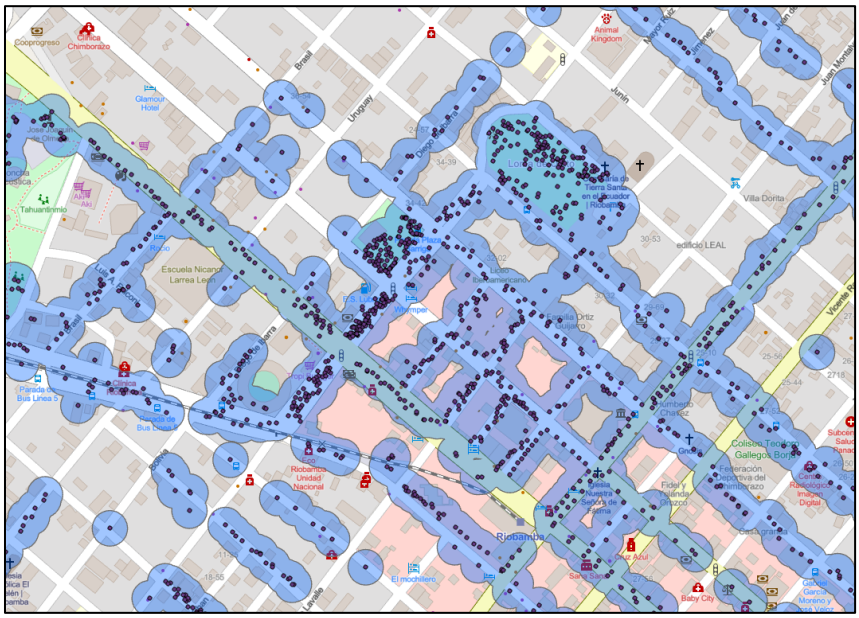


Figura 8. Área de influencia calculado con la herramienta Buffer de cada dato levantado

Con la información del polígono que representa la cobertura de influencia de la arborización, utilizamos la herramienta de geoprocesamiento Erase para restar del área total de la zona urbana el área cubierta por vegetación. Posteriormente, aplicamos la herramienta Merge para consolidar en una sola capa tanto las zonas CON COBERTURA como las zonas SIN COBERTURA de arborización. Este proceso nos permite realizar un análisis completo y comparativo de la cobertura arbórea en el cantón Riobamba, cuya zona urbana abarca un total de 30.93 kilómetros cuadrados. Esta metodología facilita la identificación de áreas que requieren intervención para mejorar la cobertura verde, promoviendo una planificación urbana más sostenible y acorde con los objetivos de arborización en el área de estudio.

Tabla 1. Porcentaje de cobertura de arborización urbana del cantón Riobamba

Arborización Urbana	Área Km2	Porcentaje
CON COBERTURA	2,01	6,48%
SIN COBERTURA	28,92	93,51%

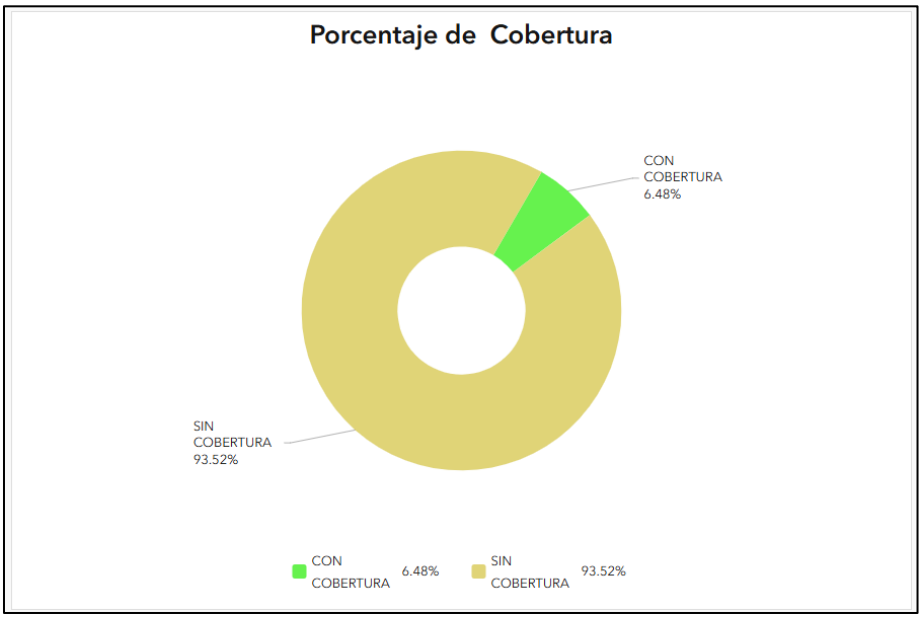


Figura 9. Porcentaje de cobertura de arborización urbana de Riobamba

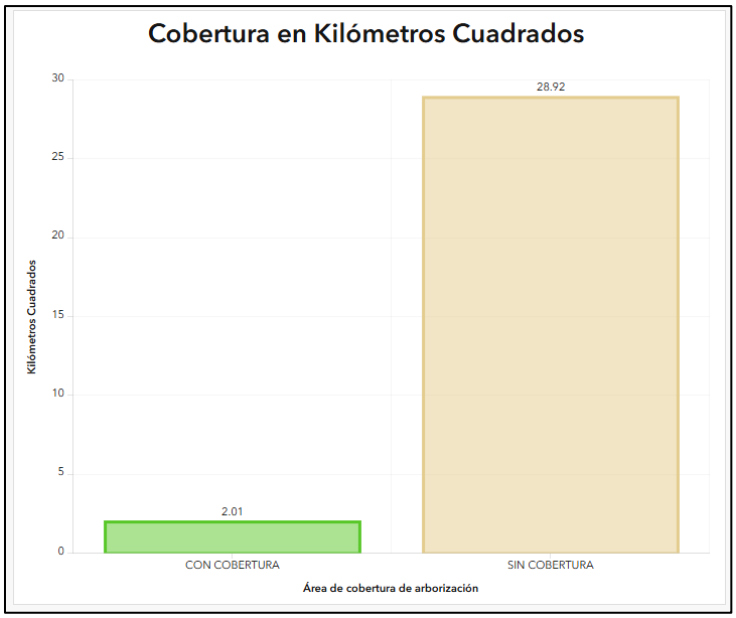


Figura 10. Cobertura de arborización en kilómetro cuadrados del sector urbano de Riobamba

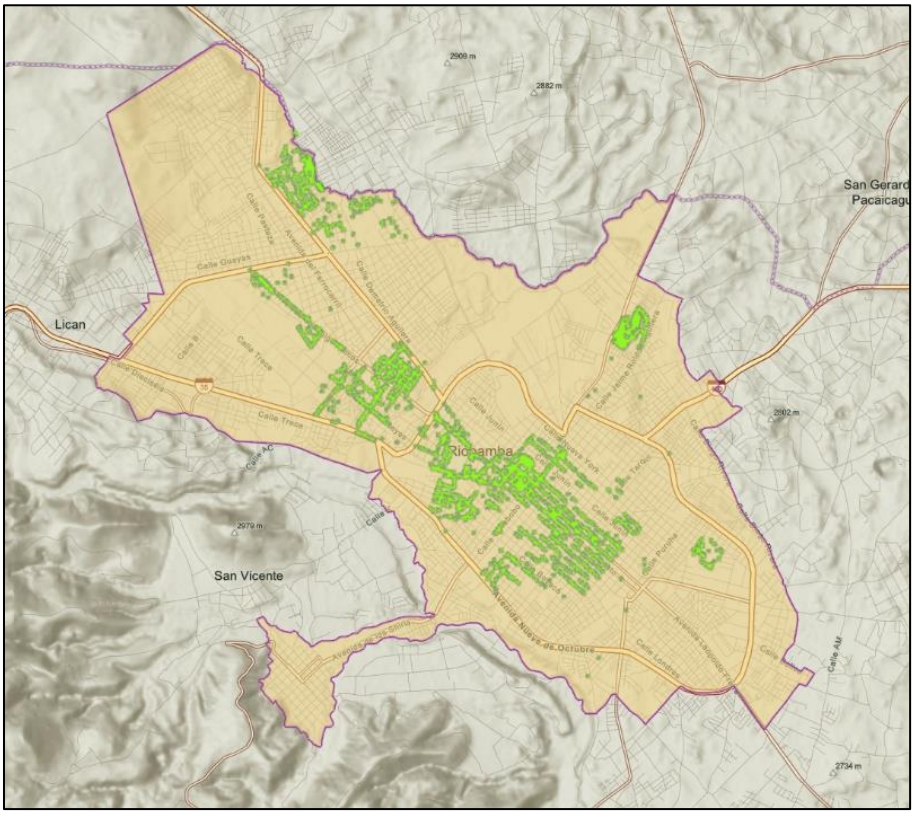


Figura 11. Mapa de polígonos de cobertura de arborización urbana de Riobamba

DISCUSIÓN

El uso de herramientas SIG en este estudio proporcionó una mejor evaluación de la cobertura vegetal en Riobamba, proporcionando información valiosa sobre la estructura y características de la vegetación. Un polígono de interés a una distancia de 20 m de áreas arboladas para identificar áreas arboladas de áreas no perturbadas muestra que solo el 6,48% del área urbana está cubierta por vegetación Hola. Este hallazgo indica que ha habido una disminución significativa en la cubierta vegetal, que es una de las principales causas de la rápida urbanización.

Las estadísticas muestran que incluso donde hay árboles, muchas ciudades no tienen suficientes árboles. Entre estos factores se encuentran las condiciones atmosféricas, la temperatura y la humedad, que son los principales factores que afectan la biodiversidad urbana (1), (2), (15). Además, el uso de paneles de ArcGIS proporciona información en tiempo real, lo que puede proporcionar un recurso valioso para que las comunidades implementen programas de protección de árboles (2), (16).

La evaluación de la sanidad vegetal mediante Survey123 reveló que la mayoría de las plantas estaban en buenas condiciones y el 13,41% necesitaba tratamiento. Esta conclusión refuerza la

importancia de adoptar una estrategia de mejoramiento y reproducción de plantas invasoras en (17), (18) Además, el nivel de contaminación actual en Riobamba (2,07 m/s per cápita) está 9 m/s por encima de los estándares de la OMS (19), (3). La complejidad de este fenómeno es crucial para el desarrollo de la infraestructura urbana como requisito previo para un desarrollo sostenible y eficiente (20).

En general, estos hallazgos resaltan la importancia de una gestión agrícola eficaz para mejorar los suelos bajos, mejorar los espacios urbanos y mejorar la economía y la calidad de vida de Riobamba. La implementación de estos diversos enfoques con la ayuda de herramientas SIG es necesaria para enfrentar los desafíos del desarrollo urbano y la sostenibilidad ambiental en el entorno actual.

CONCLUSIONES

La investigación revela que solo el 6.48% del área urbana de Riobamba cuenta con una buena cobertura de áreas verdes, siendo significativamente menor al estándar establecido por la OMS, esta deficiencia evidencia la necesidad de implementar programas donde se implementen estrategias de arborización que incrementan la infraestructura verde de la ciudad de Riobamba.

El uso de las herramientas GIS, como Survey123, Map Viewew y ArcGIS Pro, demostró ser esencial para la evaluación precisa y dinámica de la cobertura de árboles en la ciudad de Riobamba. Estas tecnologías permitieron identificar áreas de alta y baja densidad, mostrando la necesidad de intervenir en zonas residenciales y comerciales que carecen de vegetación, lo cual es fundamental para que las autoridades locales puedan tomar decisiones informadas en la gestión de los espacios verdes urbanos.

La evaluación del estado de los árboles revelo que un 13.41% requiere de mantenimiento, señalando la importancia de contar con un plan de gestión y cuidado continuo de la vegetación existente, con el fin de asegurar la efectividad y sostenibilidad de la infraestructura verde en la ciudad, los datos obtenidos en esta investigación ofrecen una base sólida para el diseño de políticas y programas de arborización en Riobamba.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Akbari H, Pomerantz M, Taha H. Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas. Sol Energy. 2001;70(3):295-310. doi:10.1016/S0038-092X(00)00089-X
2. Escobedo FJ, Kroeger T, Wagner JE. Urban forests and pollution mitigation: Analyzing ecosystem services and disservices. Environ Pollut. 2011;159(8-9):2078-2087. doi:10.1016/j.envpol.2011.01.010
3. Escobedo FJ, Nowak DJ. Spatial heterogeneity and air pollution removal by an urban forest. Landsc Urban Plan. 2009;90(3-4):102-110. doi:10.1016/j.landurbplan.2008.10.021

4. Escobedo FJ, Kroeger T, Wagner JE. Urban forests and pollution mitigation: Analyzing ecosystem services and disservices. Environ Pollut. 2019;159(8):2078-2087. doi:10.1016/j.envpol.2011.01.010
5. Jim CY, Chen WY. Ecosystem services and valuation of urban forests in China. Cities. 2009;26(4):187-194. doi:10.1016/j.cities.2009.03.003
6. Kendal D, Williams KJH, Williams NSG. Plant traits link people's plant preferences to the composition of their gardens. Landsc Urban Plan. 2018;105(1):34-42. doi:10.1016/j.landurbplan.2011.11.023
7. Konijnendijk CC, Ricard RM, Kenney A, Randrup TB. Defining urban forestry – A comparative perspective of North America and Europe. Urban For Urban Green. 2006;4(3-4):93-103. doi:10.1016/j.ufug.2005.11.003
8. Loor C, Stefanía V. Arbolado urbano como estrategia para mejorar el confort térmico y la movilidad urbana, frente al Cambio Climático para la ciudad de Portoviejo, Provincia de Manabí-Ecuador. 2020. http://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/17284
9. McPherson EG, Simpson JR. Potential energy savings in buildings by an urban tree planting program in California. Urban For Urban Green. 2003;2(2):73-86. doi:10.1078/1618-8667-00025
10. Myeong S, Nowak DJ, Duggin MJ. A temporal analysis of urban forest carbon storage using remote sensing. Remote Sens Environ. 2018;101(2):277-282. doi:10.1016/j.rse.2005.12.001
11. Nowak DJ, Crane DE. Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. Environ Pollut. 2002;116(3):381-389. doi:10.1016/S0269-7491(01)00214-7
12. Peper PJ, McPherson EG, Xiao Q. Potential impacts of climate change on urban tree growth and mortality in the United States. Arboric Urban For. 2009;35(3):113-127.
13. Piovano JG, Mesa A. RESPECTO A LOS ESPACIOS VERDES URBANOS, COMO BASE PARA SU PLANIFICACIÓN. 2015.
14. Roy S, Byrne J, Pickering C. A systematic quantitative review of urban tree benefits, costs, and assessment methods across cities in different climatic zones. Urban For Urban Green. 2012;11(4):351-363. doi:10.1016/j.ufug.2012.06.006
15. Soria Yanque LE. Diseño de un plan de gestión para mejorar la sostenibilidad del arbolado urbano en la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo. 2024. http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/22505
16. Strohbach MW, Haase D, Kabisch N. Birds and the city: Urban biodiversity, land use, and socioeconomics. Ecol Soc. 2009;14(2):31. doi:10.5751/ES-03141-140231
17. Verde3.pdf. (s. f.). Recuperado 7 de noviembre de 2024, de https://revistaelobservador.com/images/stories/envios_24/septiembre/verde3.pdf
18. Myeong S, Nowak DJ, Duggin MJ. A temporal analysis of urban forest carbon storage using remote sensing. Remote Sens Environ. 2003;86(3):304-318. doi:10.1016/S0034-4257(03)00010-2
19. Konijnendijk CC. The forest and the city: The cultural landscape of urban woodland. Springer Science & Business Media; 2008.
20. Oke TR. The energetic basis of the urban heat island. Q J R Meteorol Soc. 1982;108(455):1-24. doi:10.1002/qj.49710845502

InvestiGO
Revista Científica Multidisciplinaria
ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Diciembre 2024
Vol. 5, No.13, PP.50-61
https://doi.org/10.56519/8gjthb94

CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE GOMITAS MASTICABLES A BASE DE LA FRUTA MILAGROSA (*SYNSEPALUM DULCIFICUM*)

ANTIOXIDANT CAPACITY OF CHEWABLE GUMMIES BASED ON THE MIRACLE FRUIT (*SYNSEPALUM DULCIFICUM*)

Carolina Alicia Paz Yépez[1], Kariel Adrián Ruiz Guzmán[2], Julio Andrés Palmay Paredes[3], Grace Yanina Medina Galarza[4]

{cpaz@uagraria.edu.ec[1], kariel.ruiz.guzman@uagraria.edu.ec[2], jpalmay@uagraria.edu.ec[3]; grace.medina.galarza@uagraria.edu.ec[4]}

Fecha de recepción: 12/11/2024 / Fecha de aceptación: 30/11/2024 / Fecha de publicación: 2/12/2024

RESUMEN: Los radicales libres son moléculas altamente reactivas que pueden causar daños en el organismo. La fruta milagrosa (*Synsepalum dulcificum*) es un ingrediente natural con propiedades antioxidantes que puede ayudar a reducir el efecto de estos compuestos, además de ser un ingrediente versátil que puede adaptarse a diferentes formulaciones. El objetivo de esta investigación se basa en el uso de la pulpa y semillas de la fruta milagrosa o Monkfruit para el desarrollo de una gomita masticable con propiedades antioxidantes. Para ello, se desarrollaron 3 tratamientos con diferentes concentraciones de pulpa y semillas pulverizadas, donde se analizó la aceptabilidad sensorial, propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y antioxidantes por DPPH, y la información obtenida se analizó utilizando el software estadístico MiniTab enfocado al diseño completamente al azar DCA y evaluación de variaciones por ANOVA. Los resultados de aceptabilidad obtenidos a través del análisis sensorial reflejaron una disposición positiva al tratamiento formulado con iguales cantidades de semillas y pulpa, al cual se le aplicaron los análisis previamente indicados, donde la capacidad antioxidante reflejó valores de ácido gálico 0.38 mg/mL y ácido ascórbico 0. 11 mg/mL, así como los requerimientos microbiológicos de coliformes totales (<3 NMP/g), mohos y levaduras (<10 UFC/g) dentro de los parámetros permitidos por la norma vigente, por otro lado, aunque cumple con los parámetros fisicoquímicos de humedad, supera los niveles permitidos de sacarosa en un 68,32% debido a la formulación con edulcorantes añadidos. Por lo tanto, se concluye que las gomitas de monk fruit, formuladas con pulpa y semilla, poseen una destacada capacidad antioxidante. El tratamiento seleccionado, con una proporción equilibrada de pulpa y edulcorante, fue el más aceptado sensorialmente, optimizando textura, sabor y apariencia. Además, cumplió con los parámetros microbiológicos y actividad antioxidante, aunque se

[1]Instituto de Investigación "Ing. Jacobo Bucaram Ortiz, Ph.D.", Universidad Agraria del Ecuador; Facultad de Ciencias de la Salud y Desarrollo Humano; Universidad Tecnológica ECOTEC-Ecuador, https://orcid.org/0000-0001-9547-2817; +5930995700068.
[1]Universidad Tecnológica ECOTEC-Ecuador, https://orcid.org/0000-0001-9547-2817; +5930995700068.
[2]Facultad de Ciencias Agrarias "Dr. Jacobo Bucaram Ortiz"; Universidad Agraria del Ecuador-Ecuador, https://orcid.org/0009-0006-1956-5070; +5930992565071.
[3]Facultad de Ciencias Agrarias "Dr. Jacobo Bucaram Ortiz"; Universidad Agraria del Ecuador-Ecuador, https://orcid.org/0000-0002-7546-5211; +5930984794451.
[4]Instituto de Investigación "Ing. Jacobo Bucaram Ortiz, Ph.D.", Universidad Agraria del Ecuador-Ecuador, https://orcid.org/0009-0004-8442-3760; + 5930963313265.

recomienda evitar el uso adicional de edulcorantes para cumplir con las normativas de sacarosa.

Palabras clave: Aceptabilidad, capacidad antioxidante, edulcorante, fruta milagrosa, gomitas

ABSTRACT: Free radicals are highly reactive molecules that can cause damage to the body. Miracle fruit (*Synsepalum dulcificum*) is a natural ingredient with antioxidant properties that can help reduce the effect of these compounds, besides being a versatile ingredient that can be adapted to different formulations. The objective of this research is based on the use of the pulp and seeds of the Monk fruit or Miracle fruit for the development of a chewable gummy with antioxidant properties. For this purpose, 3 treatments were developed with different concentrations of pulp and pulverized seeds, where sensory acceptability, physical-chemical, microbiological and antioxidant properties were analyzed by DPPH, and the information obtained was analyzed using the statistical software MiniTab focused on the completely randomized design DCA and evaluation of variations by ANOVA. The results of acceptability obtained through sensory analysis reflected a positive disposition to treatment formulated with equal amounts of seeds and pulp. To which the previously indicated analyses were applied, where the antioxidant capacity reflected values of gallic acid 0.38 mg/mL and ascorbic acid 0.11 mg/mL, as well as the microbiological requirements of total coliforms (<3 NMP/g), molds and yeasts (<10 UFC/g), within the parameters allowed by the current standard. On the other hand, although it complies with the physical-chemical parameters of moisture, it exceeds the allowed levels of sucrose by 68.32% due to the formulation with added sweeteners. Therefore, the conclusion was that monk fruit, formulated with pulp and seed, have an outstanding antioxidant capacity. The selected treatment, with a balanced proportion of pulp and sweetener, optimizing texture, flavor and appearance. It also complied with microbiological parameters and antioxidant activity, although it's recommended to avoid the additional use of sweeteners to comply with sucrose regulations.

Keywords: Acceptability, antioxidant capacity, sweeteners, gummies

INTRODUCCIÓN

El monk fruit (*Synsepalum dulcificum*), fruta del monje o fruta milagrosa, es una vaya endémica del continente asiático, la cual, es reconocida a nivel mundial por sus componentes bioactivos de gran interés (1), gracias a estos compuestos denominados mogrósidos y polisacáridos, lo posicionan como una opción eficaz para reducir las complicaciones asociadas a la resistencia a la insulina o diabetes (2). Sin embargo, la presencia eficaz de dichos componentes depende principalmente de parámetros como el grado de madurez de las frutas, pureza, el valor de pH y la temperatura (3).

Entre dichos compuestos destacan, los mogrósidos V (4), como componente principal con aproximadamente 250 veces más dulzor que la sacarosa, mientras tanto, el mogroside IV tiene una intensidad de dulzor similar al mogroside V, y los mogrosides I y II tienen una intensidad de

dulzor similar a la sacarosa (5), este activo es el responsable de darle su característico dulzor intenso con cero calorías al monkfruit (6), este glucósido triterpénico predomina en un contenido del 1.5-2% en la fruta seca y un rango del 25% al 45% o 55% en la fruta madura de acuerdo a sus parámetros previamente explicados (7), donde además de beneficiar la regulación de la glucosa en sangre al aumentar la insulina postprandial, previene la conversión de azúcar de la dieta previene el cáncer. (8), además de otros compuestos bioactivos como la rutina, el kaempferol y la quercetina, responsables de las propiedades antioxidantes, antimicrobianas y antiinflamatorias. (9).

Dado que las características organolépticas y sensoriales de un alimento juegan un rol muy decisivo en la elección, consumo y preferencia de determinados productos (10), las moléculas bio activas, representan un objeto de interés en la alimentación y nutrición, ya que tienen el potencial de brindar opciones más saludables que los edulcorantes convencionales basados en azúcar (11), estos aditivos alimentarios comerciales, que pueden ser categorizados en base a características inherentes, valor nutricional y capacidad edulcorante y su procedencia en términos de origen (12).
Debido al fuerte poder edulcorante de la monk fruit, se requiere solo una pequeña cantidad de extracto para lograr el nivel de dulzura deseado en alimentos y bebidas, lo que facilita su uso, economía y rendimiento en un entorno cada vez más demandante (13).

Gracias a esta característica, se posiciona como una opción viable, donde las industrias buscan fuentes naturales, ofreciendo opciones bajas en calorías y eficientes tecnológicamente, con el propósito de mantenerse a vanguardia de las tendencias del mercado (14). El uso de edulcorantes naturales es ventajoso debido a la preferencia actual de los consumidores por alimentos con un atractivo natural (15), que eviten enfermedades como la obesidad, diabetes y otras patologías metabólicas vinculadas al consumo de azúcar (16), y la posterior presencia de radicales libres que oxidan y enferman al organismo (17).

El deseo de edulcorantes naturales promueve la investigación y desarrollo de estrategias futuras que reduzcan el consumo de azúcar sin afectar la percepción sensorial de los edulcorantes y su impacto en el metabolismo del organismo (16), por ello, actualmente la Food and Drug Administration (FDA) reconoce que la monk fruit es segura para todos los consumidores, incluidas las mujeres embarazadas, niños y adultos mayores (4) brindando oportunidades de industrialización y aprovechamiento de sus virtudes en la producción de alimentos y bebidas funcionales para personas obesas y diabéticas, donde puede utilizarse como agentes espesantes o edulcorante cuando se mezcla con rebaudiósido A y B (7).

Dichas oportunidades se ven reflejadas en el desarrollo e investigación realizados por varios autores como Cóndor (18) quien caracterizo unas muestras procedentes de la ciudad de Esmeraldas, estudiando las propiedades fisicoquímicas y compuestos bioactivos de esta fruta, comprobando su potencial antioxidante de 477.32 µm Trolox/g en fruta fresca sin semilla.
Por ello, dada la importancia que han ganado los edulcorantes naturales no calóricos, el presente estudio buscó determinar la capacidad antioxidante y edulcorante de la pulpa y semilla de monk fruit (*Synsepalum dulcificum)* a través del desarrollo de una gomita masticable testeada mediante

un panel sensorial, análisis fisicoquímicos y microbiológicos que avalen su respuesta bioactiva como producto terminado.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación de carácter experimental exploratorio, empleo muestras de pulpa de monk fruit así como pulverizado de semilla a diferentes concentraciones, formulando diferentes tratamientos en entornos controlados con el fin de determinar la capacidad antioxidante presente en unas gomitas elaboradas a partir de estas materias primas. Para ello, el presente estudio tuvo como objetivo identificar y analizar los compuestos bioactivos en tratamientos específicos elaborados con diversas concentraciones de pulpa y semilla pulverizada de monk fruit, el desarrollo experimental abarcó desde la recepción de la fruta, pasando al manejo de la pulpa acorde a estándares de inocuidad, continuando con la extracción, limpieza, secado, reducción de tamaño, tamizado y envasado del pulverizado de semilla para su posterior proceso.

Una vez terminado el tratamiento de las materias primas, se procedió a la elaboración de las gomitas formuladas con distintas proporciones de pulpa y semilla de fruta milagrosa. Para ello, se diseñaron tres tratamientos variando las cantidades de semilla y pulpa bajo parámetros de temperatura a 80 °C durante un tiempo controlados de 5-10 minutos, además de la adición de pulpa de mora como saborizante y otros componentes como sacarosa, gelatina, glucosa, agua como estabilizantes mientras que como conservantes, se adiciono sorbitol y sorbato de potasio.

Realizado el producto, se procedió con un análisis sensorial con el fin de establecer el tratamiento con mayor aceptabilidad, evaluando cuatro aspectos sensoriales de las gomitas como sabor, color, textura y aceptación general utilizando una escala de cinco niveles, una vez determinado el tratamiento estrella, se aplicaron análisis físico químicos que incluyeron humedad en función de los Requisitos de la norma NTE INEN 265: 2013 y contenido de sacarosa según AOAC 930.36, además del contenido de antioxidantes mediante técnica de DPPH a 6 patrones con las siguientes concentraciones: 0.02 mM; 0.05 mM; 0.1 mM; 0.2 mM; 0.5 mM y 2 mM en cada tratamiento. Paralelo a ello, se realizaron pruebas microbiológicas para asegurar la calidad y seguridad del producto, aplicando las Buenas Prácticas de Manufactura y verificando la ausencia de microorganismos como coliformes fecales, mohos y levaduras enfocada al cumplimiento de la Norma NTE INEN 2217:2012.

Estos análisis permitieron obtener una visión integral e inocua de las propiedades de cada formulación, donde sus parámetros fisicoquímicos y actividad antioxidante, reflejan el perfil nutricional y funcional del producto mientras que el perfil sensorial demuestra su potencial de aceptación a potenciales consumidores.

Análisis sensorial

Se determinó el tratamiento con mayor aceptabilidad sensorial mediante un panel no entrenado conformado por 30 individuos mayores de 18 años, que cumplan con parámetros básicos como ausencia de dispositivos bucofaríngeos y enfermedades del tracto respiratorio con el fin de obtener datos confiables referentes a parámetros de sabor, color y textura a través de una escala

hedónica ponderada compuesta de 5 niveles, donde varían del 1 (Me disgusta mucho), 2 (Me disgusta un poco), 3 (Ni me gusta ni me disgusta), 4 (Me gusta poco), hasta el 5 (Me gusta mucho).

Análisis estadístico

Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA), a 3 tratamientos propuestos empleando 30 repeticiones de acuerdo con el número de panelistas, los resultados obtenidos se tabularon a través del programa estadístico MiniTab, determinando si los tratamientos presentaron diferencia estadística mediante test de Tukey con intervalos de confianza del 95% y un análisis de varianza (ANOVA).

RESULTADOS

Obtención del pulverizado de las semillas de fruta milagrosa.

El proceso para obtener pulverizado de semillas de *Synsepalum dulcificum* consistió en varias etapas operativas y de control de calidad para garantizar un producto homogéneo. Las semillas fueron obtenidas luego del despulpado de la fruta. Posteriormente, se realizó un proceso de limpieza utilizando agua potable con el fin de eliminar residuos de pulpa u otras sustancias. Las semillas fueron luego pesadas previo a iniciar el proceso de secado, que se llevó a cabo utilizando un deshidratador con temperaturas controladas evitando el deterioro. Una vez secas, las semillas fueron sometidas a un proceso de reducción de tamaño con el uso de un molino industrial, replicando el proceso varias veces hasta obtener partículas homogéneas. El pulverizado resultante fue tamizado a través de un tamiz de 200 µm para eliminar las partículas más grandes, las cuales fueron molidas nuevamente para aumentar el aprovechamiento de la materia prima. Finalmente, el producto tamizado fue envasado en bolsas de polietileno de alta densidad, selladas al vacío. El pulverizado se almacenó en un lugar fresco y seco, protegido de la luz directa, para mantener su calidad.
Para el desarrollo de las gomitas se plantearon tres tratamientos variando los porcentajes de pulpa y semillas de fruta milagrosa: Tratamiento 1: Porcentaje de Pulpa de fruta milagrosa 15.9 %, porcentaje de semilla de fruta milagrosa: 0%. Tratamiento 2: Porcentaje de Pulpa de fruta milagrosa 0 %, porcentaje de semilla de fruta milagrosa: 15.9%. Tratamiento 3: Porcentaje de Pulpa de fruta milagrosa 7.95 %, porcentaje de semilla de fruta milagrosa: 7.95%.

Elaboración de las gomitas masticables a base de *Synsepalum dulcificum*.

La elaboración de gomitas masticables con pulpa de *Synsepalum dulcificum* implicó una serie de etapas operativas dirigidas a maximizar la calidad y seguridad del producto final. Se comenzó con la recepción e inspección de las materias primas, incluida la pulpa de fruta milagrosa, que fue previamente pasteurizada. Las materias primas fueron seleccionadas con el fin de asegurar la calidad nutricional del producto final. Los ingredientes fueron pesados acorde a los valores establecidas en los tratamientos formulados. La cocción de los ingredientes, exceptuando la pulpa de mora y el sorbato de potasio, se realizó en una marmita de acero inoxidable, alcanzando una temperatura de aproximadamente 80°C durante 5 a 10 minutos, con agitación constante para asegurar la homogeneidad de la mezcla. Luego de la cocción, se agregó la pulpa de mora como

saborizante natural y sorbato de potasio para la conservación. La mezcla caliente fue cuidadosamente vertida en moldes, donde se dejó reposar a temperatura ambiente durante 24 horas para permitir que las gomitas se solidificaran y adquirieran su forma definitiva. Las gomitas fueron desmoldadas con cuidado para evitar daños en su estructura y luego empacadas en bolsas de plástico PET. Las bolsas fueron termo selladas para garantizar un sellado hermético que protegiera el producto de la humedad. Finalmente, las gomitas envasadas fueron almacenadas a temperatura ambiente y protegido de la luz directa, hasta su consumo.

Evaluación sensorial

De las formulaciones planteadas se determinó el tratamiento de mayor aceptación a través de una prueba sensorial utilizando una escala hedónica con un grupo de panelistas entrenados acorde a lo especificado en la investigación de Palmay-Paredes et al. (19), en el panel sensorial se evaluaron 4 parámetros sensoriales calificados en una escala de 5 a 1, información que se tabuló y sometió a un análisis de varianza y posteriormente prueba Tukey al 5% de probabilidad, El análisis de aceptación general basado en los parámetros de textura, color y sabor se reflejan en la tabla 1 expuesta a continuación.

Tabla 1. Valores de aceptación sensorial general y Error Estándar

Tratamientos	Textura	Color	Sabor	Aceptación
**T1	4.03 [b]	3.40[a]	3.27[a]	3.80[a]
**T2	3.77 [a]	3.67[b]	3.27[a]	3.83[a]
**T3	4.60[c]	4.47[c]	4.53[b]	4.67[b]
EE	0.13	0.15	0.16	0.11

*a, b, c – Describe grupos homogéneos. p-value ≤ 0.05.

**TI: 15.9 % Pulpa de fruta milagrosa-0% semilla de fruta milagrosa. T2: 0% de Pulpa de fruta milagrosa-15.9% semilla de fruta milagrosa. T3: 7.95% Pulpa de fruta milagrosa 7.95 % semilla de fruta milagrosa.

Como se muestra en la Tabla 1, ponderada a una escala con máximo de 5, se puede observar que, en cuanto a textura, se encontró mayor predominancia por el tratamiento 3, estableciendo diferencias significativas entre el T1 y T2 de 16.72 %. Por otra parte, el parámetro color concuerda en su aceptabilidad e inclinación con el tratamiento 3, donde T1 y T2 presentaron una diferencia significativa de 21.48 % regido por el criterio de “No me gusta ni me disgusta”. En cuanto al parámetro sabor, el tratamiento 3 confirma su aceptabilidad al presentar 4.53 de calificación por parte de los panelistas y una diferencia significativa de 23.10 %. Por último, el parámetro de aceptabilidad reitera la inclinación y gusto de los panelistas hacia el tratamiento 3 con una ponderación de 4.67 en una escala de 5 con relación a la categoría de “me gusta mucho”, y una diferencia significativa entre los tratamientos 1 y 2 con 14.71% reflejando que a los panelistas les gusto poco las muestras de estos tratamientos.

Una vez procesado los datos se reafirma la aceptabilidad demostrada hacia el tratamiento 3 cuya formulación equitativa descrita por la adición en igual proporción de 7.95% de pulpa y 7.95% de pulverizado de semilla, permitieron a los panelistas apreciar de mejor forma las características organolépticas del mismo.

Capacidad antioxidante DPPH

Se desarrolló la determinación de la capacidad antioxidante al tratamiento 3 como la formulación con mayor aceptación sensorial utilizando un medio espectrofotométrico para su correcta medición, donde los resultados de los valores IC50 fueron de 0.38 mg/mL de ácido gálico y 0.11 mg/mL en ácido ascórbico.

Tabla 2. Resultado obtenido de la capacidad antioxidante

Tratamiento	Actividad antioxidanteDPPH (IC50) (Espectrofotometría)	Unidad
**T3:7.95% Pulpa de fruta milagrosa 7.95% semilla de fruta milagrosa.	0.38 IC 50 (Ac Gálico) 0.11 IC50 (Ac Ascórbico)	mg/Ml

*Descripción de los resultados obtenidos del análisis de DPPH
**Tratamiento seleccionado por los panelistas.

Parámetros fisicoquímicos

Los resultados de los análisis fisicoquímicos se muestran en la tabla 3, donde se expresan los datos obtenidos en el análisis de humead y contenido de sacarosa mediante técnicas certificadas aplicado al tratamiento 3 definido por los panelistas en la evaluación sensorial.

Tabla 3. Resultado del análisis físico químico

Análisis	Unidades	Resultado	Requisitos segúnnorma NTE INEN 2217: 2012
Humedad	%	7.45	Máx 25.00
Sacarosa	%	68.32	Máx 50.00

Los resultados obtenidos a partir del análisis físico químico se pueden observar que en cuanto a humedad se obtuvo un valor de 7.45% lo cual refleja estar acorde a los límites permitidos por la norma en cuestión, mientras que el parámetro de sacarosa presento un contenido de 68.32% el cual sobre pasa el límite permitido de 50% establecido por la Norma Técnica Ecuatoriana. En ambos casos se reporta que no existen diferencias significativas ($p > 0,05$) entre muestras.

Parámetros microbiológicos

El análisis microbiológico aplicado al tratamiento 3, refleja un cumplimiento total tanto para coliformes fecales en un conteo de < 3 NMP/g y <10 ufc/g para mohos y levaduras acordes a los

requerimientos establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2217:2012, como se observa en la Tabla 4.

Tabla 4. Resultado del análisis microbiológico del tratamiento seleccionado

	Unidades	Resultado	Requisitos segúnnorma NTE INEN 2217: 2012
Coliformestotales	NMP/g	<3	<3
Mohos y levaduras	UFC/g	<10	3.0×10^2

Valores obtenidos a partir del estudio microbiológico aplicado

DISCUSIÓN

El desarrollo de gomitas con actividad antioxidante, empleando la fruta milagrosa como edulcorante, arrojó diversos resultados al analizar su aceptabilidad, propiedades fisicoquímicas y características microbiológicas. Estos resultados se alinean con investigaciones previas en cuanto a la inclinación y preferencia sensorial, especialmente en los parámetros de textura, color y sabor, destacando el tratamiento 3 como el de mayor aceptabilidad. La técnica utilizada para seleccionar los 30 panelistas, basada en un filtro básico, es consistente con las actividades y propuestas de Palmay-Paredes et al. (19), quienes definieron las nociones fundamentales para establecer un panel sensorial en el análisis de productos alimenticios.

Por otro lado, el proceso de elaboración de las gomitas es similar al propuesto por Barreros (20) quien recomendó un control de temperatura de secado a 80 °C, un aspecto que también se implementó en el presente estudio. Asimismo, el uso de monk fruit como edulcorante cuenta con el respaldo de la investigación de Buchilina y Aryana (21), quienes demostraron que la adición de este extracto mejora el color, la viscosidad y la homogeneidad del producto, volviéndolo más atractivo y palatable. A su vez, Chadha et al. (22) sostienen que el uso del monk fruit como edulcorante en bases lácteas, brindo atributos negativos como amargura y astringencia cuando se asocia con estevia.

Los resultados obtenidos en el análisis de capacidad antioxidante, con valores de 0.11 mg/mL de ácido ascórbico y 0.38 mg/mL de ácido gálico, demuestran la eficacia del producto como fuente de compuestos antioxidantes activos. Estos hallazgos coinciden con la investigación de Wu et al. (23) en la que los análisis *in vitro* revelaron que los mogrósidos V, compuestos presentes en el monk fruit, mantienen una capacidad antioxidante significativa, lo que respalda su aplicación en alimentos funcionales. La capacidad antioxidante observada en este estudio es comparable a la de otras frutas utilizadas en la industria alimentaria como antioxidantes naturales, lo que resalta su aplicabilidad en la formulación de alimentos funcionales, como Can-Cauich et al. (24) quienes señalaron a las frutas tropicales como alimentos con un alto potencial antioxidante por su composición de polifenoles y flavonoides, que desempeñan un papel fundamental en la protección contra el daño celular inducido por los radicales libres. Wu et al. (23) también

observaron que el extracto de piel y pulpa de monk fruit a una concentración de 1 g/mL posee un nivel antioxidante cinco veces superior al de otras matrices, lo que sugiere su potencial como antioxidante natural de alta eficacia. Donde, de acuerdo con Younes et al. (25) este efecto es posible atribuir a los mogrósidos presentes en la fruta milagrosa, los cuales son reconocidos por su capacidad para neutralizar los radicales libres, reduciendo de esta manera el estrés oxidativo según la EFSA Panel on Food Additives and Flavourings (FAF).

En cuanto a los resultados fisicoquímicos, se observó un aumento en el contenido de sacarosa, consistente con el estudio de Hadjikinova (26). Este autor determinó que los mogrósidos V en el extracto de monk fruit, utilizados como edulcorante, tienen un poder endulzante entre 250 y 400 veces superior al de la sacarosa, lo que sugiere que la combinación de ambos ingredientes puede elevar los niveles de dulzor por encima de los límites recomendados por las normativas vigentes. Esto pone de relieve la necesidad de establecer parámetros adecuados para la dosificación de mogrósidos y sacarosa en productos que busquen combinar funcionalidad antioxidante con propiedades organolépticas mejoradas.

Por último, los resultados del análisis microbiológico indicaron que el producto estaba libre de contaminación por coliformes fecales, mohos, hongos y levaduras, lo cual respalda su seguridad microbiológica y estabilidad. Estos hallazgos son consistentes con los resultados de Buchilina y Aryana (21), quienes al emplear extracto de monk fruit como endulzante, observaron que este ingrediente ayudaba a mantener estable la flora bacteriana sin provocar crecimiento microbiano anormal. Esto sugiere que el monk fruit podría poseer propiedades que contribuyen a inhibir la proliferación de microorganismos no deseados, mejorando la estabilidad microbiológica del producto. En contraste, el estudio de Cóndor (18) introdujo un endulzante adicional, lo que resultó en una alteración de los niveles de azúcares totales y provocó cambios en el perfil microbiológico del producto, posiblemente debido al aporte extra de azúcares fermentables que favorecen el crecimiento microbiano. Esto refuerza la idea de que el monk fruit, además de ser un edulcorante natural, puede desempeñar un papel en la conservación de productos alimenticios debido a su estabilidad en el entorno microbiano.

CONCLUSIONES

Los hallazgos de este estudio demuestran que el desarrollo de gomitas formuladas con pulpa y semilla pulverizada de monk fruit representa una opción prometedora para el consumo de productos bioactivos, debido a su notable capacidad antioxidante. Este perfil antioxidante sugiere que las gomitas de monk fruit podrían contribuir a la protección contra el estrés oxidativo, lo que las hace atractivas como alimentos funcionales que además resultan apetecibles.

En cuanto al desarrollo del panel sensorial, la implementación de estrategias de selección adecuadas para los miembros del panel fue fundamental para garantizar la confiabilidad de los resultados. La elección de panelistas entrenados o capacitados en evaluación sensorial es clave, ya que la participación de personas no entrenadas o con dificultades en la percepción sensorial puede afectar negativamente la precisión de los resultados, comprometiendo la validez del análisis.

La selección del tratamiento 3 como el de mayor aceptabilidad por parte de los panelistas sugiere que una proporción equilibrada de los componentes principales, como pulpa y edulcorante, optimiza las características reológicas y organolépticas del producto, haciéndolo más atractivo para el consumidor potencial. Este equilibrio parece influir positivamente en aspectos como la textura, el sabor y la apariencia, lo que indica un alto potencial de aceptación en el mercado.

Por otra parte, el tratamiento seleccionado cumplió con los parámetros de humedad, actividad antioxidante y seguridad microbiológica requeridos, lo cual respalda su viabilidad como producto seguro y funcional. Sin embargo, se observaron alteraciones en el contenido de sacarosa, que superaban el límite recomendado. Por tanto, se sugiere evitar el uso adicional de edulcorantes en la formulación para asegurar el cumplimiento con las normativas vigentes en cuanto a niveles de edulcorantes permitidos. En conclusión, las gomitas con monk fruit muestran gran potencial como alimentos funcionales, y la formulación y metodología empleadas en su desarrollo resaltan la importancia de balancear adecuadamente los ingredientes activos y aditivos para maximizar tanto su calidad nutricional como su seguridad alimentaria.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Shivani, J., Thakur, B. M., Mahajan, M., Kapoor, P., Malhotra, J., Dhiman, R., & Kumar, P. (2021). Introduction, adaptation and characterization of monk fruit (Siraitia grosvenorii): a non caloric new natural sweetener. *Scientific Reports, 11*, 6205. Obtenido de https://www.nature.com/articles/s41598-021-85689-2
2. Ban, Q., Chen, J., Sun, X., Jiang, Y., ZHao, S., Song, X., & Guo, M. (2020). Effects of a synbiotic yogurt using monk fruit extract as sweetener on glucose regulation and gut microbiota in rats with type 2 diabetes mellitus. Journal of Dairy Science, 103(4), 2956-2968. doi:https://doi.org/10.3168/jds.2019-17700
3. Pandey, A., & Chauchan S. Monk fruit (Siraitia grosvenorii) - health aspects and food applications.
4. Siddhi, l., Vrushali, T., Sanika, B., & Anuja, B. (2022). A review on: Swingle fruit (Monk fruit). *World Journal of Pharmaceutical Research*, 414701. Obtenido de https://wjpr.s3.ap-south-1.amazonaws.com/article_issue/b6c050cf9f3bea097a680a2dd5ff126d.pdf
5. Yeung, A. (2023). Bibliometric analysis on the literature of monk fruit extract and mogrosides as sweeteners. *Frontiers in Nutrition, 10*, 253-255. doi:10.3389/fnut.2023.1253255
6. Pandey, P. (2021). Natural Sweeteners: An Alternative to Sugar. *Journal of Natural Product and Plant Resources, 11*(4). Obtenido de https://www.scholarsresearchlibrary.com/articles/natural-sweeteners-an-alternative-to-sugar.pdf
7. Massoud, M., & Hashem, S. (2023). Utilization of Monk Fruit Sweetener as A Promising Sugar Substitute in Preparing Sugar Free Syrup for Popular Desserts. *Egyptian Journal of Food Science , 51* (2), 165-178 . Obtenido de https://ejfs.journals.ekb.eg/article_307495_d59efe70f1411ebf6b3369f450882a94.pdf
8. Suri, S., Kathuria, D., Mishra, A., & Sharma, R. (2020). Phytochemical composition and pharmacological impact of natural non-calorie sweetener- monk fruit (Siraitia grosvenorii): A review. *Nutrition & Food Science*, 2-14. doi:http://dx.doi.org/10.1108/NFS-09-2020-0350

9. Swiąder, K., Wegner, K., Piotrowska, A., Tan, F., & Sadowska, A. (2019). Plants as a source of natural high-intensity sweeteners: a review. *Journal of Applied Botany and Food Quality, 92*, 160 - 171. doi:10.5073/JABFQ.2019.092.022
10. Forde, C. G. (2018). From perception to ingestion; the role of sensory properties in energy selection, eating behaviour and food intake. *Food Quality and Preference, 66*, 171-177. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950329318300582
11. Maia, R., Dos Santos, I., Fernandes, A., Ferreira, N., Medeiros, R., & Araujo, M. (2023). Miraculin-based sweeteners in the protein-engineering era: an alternative for developing more efficient and safer products. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, 2-10. doi:https://doi.org/10.1080/07391102.2023.2262589
12. Corocho, M., Morales, P., & Ferreira, E. (2017). Sweeteners as food additives in the XXI century: A review of what is known, and what is to come. *Food and Chemical Toxicology, 107*(A), 302-317. Obtenido de https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.06.046
13. Harshita, K. (2023). Monk fruit (Siraitia grosvenorii): A comprehensive review of its sweetness, health benefits, and applications as a natural sweetener. *The Pharma Innovation Journal, 12*(6), 3007-3012. Obtenido de https://www.thepharmajournal.com/archives/2023/vol12issue6/PartAI/12-6-289-851.pdf1554–1583. doi:10.1111/1541-4337.12703
14. Muñoz, A., Hernandez, O., & Moreno, J. (2023). A review of the state of sweeteners science: the natural versus artificial noncaloric sweeteners debate. Stevia rebaudiana and Siraitia grosvenorii into the spotlight. *Critical Reviews in Biotechnology*, 2-24. doi:10.1080/07388551.2023.2254929
15. Pereira, C., Pereira, D., & André, H. (2022). The Influence of the Presence of Sweeteners to Substitute Sucrose in Yogurts: A Review. *Journal of Culinary Science & Technology*, 2-17. doi:https://www.tandfonline.com/action/showCitFormats?doi=10.1080/15428052.2022.2040676
16. Mora, M., & Dando, R. (2021). The sensory properties and metabolic impact of natural and synthetic sweeteners. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 20*, 1554–1583. doi:10.1111/1541-4337.12703
17. Adwas, A., Azab, A., & Elsayed, A. (2019). Oxidative stress and antioxidant mechanisms in human body. *Journal of applied biotechnology & bioengineering, 6*(1). Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Azab-Azab/publication/331287732_Oxidative_stress_and_antioxidant_mechanisms_in_human_body/links/5c9fd648a6fdccd460458f65/Oxidative-stress-and-antioxidant-mechanisms-in-human-body.pdf
18. Cóndor, S. (2019). *Caracterización de compuestos bioactivos, físicos y químicos del fruto milagroso (Synsepalum dulcificum) para aplicaciones agroindustriales. Tesi de pre grado.* Quito: Universidad de las Américas.
19. Palmay-Paredes, J., Paz-Yépez, C., Medina-Galarza, G., Guerra, R., Campuzano, A., & Hernandez, C. (2023). Training of A sensory panel and its correlation with instrumental methods: Texture of a pseudo plastic. *Current Research in Nutrition and Food Science, 11*(3), 1374–1385. doi:https://doi.org/10.12944/crnfsj.11.3.36

20. Barreros, J. (2022). *Elaboración de un proyecto de factibilidad para la instalación de una microempresa de gomitas nutricionales en el cantón Salcedo.* Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
21. Chadha, D., Hamid, N., Kantono, K., & Marsa, M. (2022). Changes in temporal sensory profile, liking, satiety, andpostconsumption attributes of yogurt with naturalsweeteners. Journal of Food Science, 87(7). doi:http://dx.doi.org/10.1111/1750-3841.16224
22. Buchilina, A., & Aryana, K. (2021). Physicochemical and microbiological characteristics of camel milk yogurt as influenced by monk fruit sweetener. *Journal of Dairy Science, 104*(2), 1484–1493. Obtenido de https://doi.org/10.3168/jds.2020-18842
23. Wu, J., Jian, Y., Wuan, H., Huang, H., Gong, L., Liu, G., Wang, W. (2022). A Review of the Phytochemistry and Pharmacology of the Fruit of Siraitia grosvenorii (Swingle): A Traditional Chinese Medicinal Food. *Molecules, 27*(19), 6618. doi:https://doi.org/10.3390/molecules27196618
24. Can-Cauich, C. A., Sauri-Duch, E., Betancur-Ancona, D., Chel-Guerrero, L., González-Aguilar, G. A., Cuevas-Glory, L. F., & Moo-Huchin, V. M. (2017). Tropical fruit peel powders as functional ingredients: Evaluation of their bioactive compounds and antioxidant functional ingredients: Evaluation of their bioactive compounds and antioxidant activity.
25. EFSA Panel on Food Additives and Flavourings (FAF).; Younes, M., Aquilina, G., Engel, K. H., Fowler, P., Frutos Fernandez, M. J., & Castle, L. (2019). Safety of use of Monk fruit extract as a food additive in different food categories. EFSA Journal , 17(12).
26. Hadjikinova, R. (2021). Monk like sweetener – a review. (págs. 27-31). Plovdiv: Universidad de Tecnologías Alimentarias. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/357832726_MONK_LIKE_SWEETENER_-A_REVIEW

InvestiGO
Revista Científica Multidisciplinaria
ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Diciembre 2024
Vol. 5, No.13, PP.62-74
https://doi.org/10.56519/a4f91m58

ANÁLISIS DE LA CAUSA Y MODO DE MUERTE EN CASOS DE HOMICIDIO, ECUADOR

ANALYSIS OF THE CAUSE MODE DEATH IN CASES OF HOMICIDE, ECUADOR

Mariana de Jesús Quisnancela Mera [1], Marcia Licett Coto Hidalgo[2], José Miguel Castro Macias[3], Marielisa López Puentes[4], Jennifer María Cornejo Viejó[5]

{mcotoh@unemi.edu.ec[1], mquisnancelam@unemi.edu.ec[2], jcastrom14@unemi.edu.ec[3], mlopezp8@unemi.edu.ec[4], jcornejov@unemi.edu.ec[5]}

Fecha de recepción: 13/11/2024 / Fecha de aceptación:30/11/2024 / Fecha de publicación: 2/12/2024

RESUMEN: Una de las labores más complicadas dentro de la patología forense, desde tiempos remotos, es establecer el origen y la causa de muerte, en especial, cuando la transición de un estado a otro no está completamente clara. Aunque una autopsia, puede dotar de información vital para inducir la causa de un deceso, los datos generados, en ocasiones, no coinciden realmente para aclarar la razón de fallecimiento de un individuo. El objetivo de este trabajo es determinar las causas y modos de muerte en casos de homicidio, así como establecer las circunstancias e identificar las responsabilidades penales por el delito cometido. Se utilizó una metodología de investigación cualitativa, mediante el análisis exhaustivo de estudio y reportes previos relacionados con las causas y modos de muerte, así como determinar las circunstancias e identificar las responsabilidades penales por el delito cometido, por medio del análisis de herramientas utilizadas, patrones de cortes o heridas y mecanismos fisiológicos entre otros factores que contribuyen al fallecimiento bajo la modalidad mencionada en casos de homicidios en Ecuador. Los principales resultados revelan que la mayoría de los homicidios fueron perpetrados con armas de fuego, siendo la causa principal de decesos. Los grupos mas afectados son los jóvenes y en pocas cantidades adolescentes. La provincia del Guayas presenta la tasa mas alta de homicidios. Este estudio proporciona información valiosa para orientar el desarrollo de políticas y programas que permitirán reducir los alarmantes índices de homicidios en Ecuador, protegiendo la vida y la seguridad de los ciudadanos.

[1]Estudiante de derecho en línea, Universidad Estatal de Milagro (UNEMI), Milagro-Ecuador, https://orcid.org/0009-0008-7477-8276.
[2]Estudiante de derecho en línea, Universidad Estatal de Milagro (UNEMI), Milagro-Ecuador, https://orcid.org/0009-0001-4707-4192.
[3]Estudiante de derecho en línea, Universidad Estatal de Milagro (UNEMI), Milagro-Ecuador, https://orcid.org/0009-0009-3609-9827.
[4]Estudiante de derecho en línea, Universidad Estatal de Milagro (UNEMI), Milagro-Ecuador, https://orcid.org/0009-0005-1164-2193.
[5]Estudiante de derecho en línea, Universidad Estatal de Milagro (UNEMI), Milagro-Ecuador, https://orcid.org/0009-0002-7766-668X.

Palabras clave: Homicidio, patología forense, medicina legal, lesiones, heridas, responsabilidades penales

ABSTRACT: One of the most complicated tasks within forensic pathology, since ancient times, is to establish the origin and cause of death, especially when the transition from one state to another is not completely clear. Although an autopsy can provide vital information to induce the cause of death, the data generated sometimes do not really coincide to clarify the reason for the death of an individual. The objective of this work is to determine the causes and modes of death in cases of homicide, as well as to establish the circumstances and identify criminal responsibilities for the crime committed. A qualitative research methodology was used, through the exhaustive analysis of previous studies and reports related to the causes and modes of death, as well as to determine the circumstances and identify criminal responsibilities for the crime committed, through the analysis of tools used, patterns of cuts or wounds and physiological mechanisms among other factors that contribute to death under the aforementioned modality in cases of homicide in Ecuador. The main results reveal that most homicides were perpetrated with firearms, being the main cause of death. The most affected groups are young people and, to a lesser extent, adolescents. The province of Guayas has the highest homicide rate. This study provides valuable information to guide the development of policies and programs that will reduce the alarming homicide rates in Ecuador, protecting the lives and safety of citizens.

Keywords: Homicide, forensic pathology, forensic medicine, injuries, wounds, criminal liability

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con (1), las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC), a nivel global, la tasa de homicidios es de aproximadamente de 6,9 por cada 100.000 habitantes, suscitándose de manera inquietante, progresiva y continua, logrando multiplicarse hasta el doble o la mitad en los continentes. En América Latina, las muertes por homicidios ascienden a 15,5 por cada 100.000 habitantes, con tasas bajas en países del norte y tasas excesivamente elevadas en Centro y Suramérica.

Según (2), en lo que va del año, en el Ecuador, se han registrado aproximadamente 3,037 homicidios. Con el pasar de los años, en el país, la Medicina Legal y Forense, ha evolucionado de manera considerable, pero a pesar de esto, en la actualidad, aún existen déficits en el reconocimiento y diagnóstico exacto sobre las causas de muerte por homicidios que se suscitan en el país, dejando un gran abismo, en una de las actividades en contra de la vida, que aumenta de forma significativa a medida que trascurre el tiempo.

El presente artículo tiene como objetivo determinar la causa y modo de muerte en casos de homicidio en el Ecuador, por medio del análisis e interpretaciones de investigaciones previamente efectuadas, con la finalidad de evaluar las formas más comunes y frecuentes en la que este accionar se ejecuta.

Definición de homicidio

Para (3), el homicidio, hace referencia, a la acción de carácter antijurídico, percibido como una conducta en contra de lo dictaminado por la ley y la moral, en la que, el autor planificó de forma intencionada culminar y acabar con la vida de un individuo.

En los últimos años, en el país, la tasa de homicidios ha incrementado, lo que ha generado que cada vez, se ejecuten y planifiquen este tipo de delitos, de manera organizada para evitar cargar con las penas legales que determinan la ley. Los agresores, suelen ser personas o individuos que conviven en el mismo entorno que la víctima, quienes provocan la causa y modo de muerte.

Al hablar sobre causa de muerte, se hace referencia al: "Traumatismos, enfermedad o combinación de ambas, las cuales, desencadenan varios trastornos fisiopatológicos, a corto o largo plazo, tales como: Lesiones severas, heridas de bala u objetos cortopunzantes, asfixia, intoxicaciones, entre otras" (4).

De conformidad con (5), se entiende como modo de muerte, a la descripción de la forma, categorización y naturaleza del homicidio, junto a las determinantes o factores que distinguen el asesinato.

Para comprender mejor ambos conceptos, al hablar de causa de muerte, se hace noción, al impacto, traumatismo o lesión que origino el deceso; mientras que el modo de muerte se refiere, si el acontecimiento sucedió de manera natural o violenta; este último factor, sumamente importante, dado a que determina si el fallecimiento fue por causas naturales o fue intencionado (homicidio).

Cuando el modo de muerte es de forma violenta, existen varios procedimientos y técnicas para determinar las verdaderas causas del deceso, aplicadas de conformidad a lo que dictamina la medicina forense.

Aplicación de la metodología forense en casos de homicidio

Los métodos, técnicas y procedimientos más utilizados para determinar las causas de muerte en un homicidio, son los siguientes:

Autopsia

Según (6), la autopsia, hace referencia a los *"Procedimientos, técnicas y métodos, cuya función es identificar y determinar los signos y características de trauma, lesión o herida; el arma o herramientas utilizadas para ocasionar el deceso".*

Por lo general, este tipo de procedimiento es de los más comunes, cuando se desconocen las causas de muertes o cuando existen varios traumatismos dentro de un homicidio, ayudando a esclarecer la secuencia de sucesos que condujeron al deceso, aportando detalles acerca de las circunstancias de la muerte que pueden no ser evidentes de otra forma.

La información recabada de una autopsia es esencial en el sistema judicial, dado que proporciona

pruebas fiables y científicamente fundamentadas que pueden emplearse en procesos legales para establecer la culpabilidad de un delito.

Análisis toxicológico

De acuerdo con (7), el análisis toxicológico, es aquel que se: "Implementa en aquellos casos, donde se presume o sospecha que la causa que genero el deceso está relacionada con el consumo de sustancias ilícitas o envenenamiento".

Cuando la víctima, antes de fallecer presenta varios síntomas relacionados con envenenamiento, es indispensable efectuar el análisis toxicológico. De igual forma, en aquellos casos que se presume, intoxicación por consumo de sustancias ilícitas o por inhalación de químicos tóxicos.

Entomología forense

Para (8), la entomología forense, es la:

Disciplina de la ciencia forense dedicada a la investigación de insectos y otros artrópodos en el marco de investigaciones delictivas. Tiene como propósito, examinar el crecimiento y conducta de los parásitos que habitan en un cuerpo humano o animal después de la muerte, con el fin de recolectar datos significativos en el estudio, para calcular o estimar el tiempo transcurrido desde el deceso en las escenas de homicidio.

Por lo general, este tipo de técnica se aplica, en aquellos casos, cuando las víctimas son encontradas varios días de suscitado el deceso. El análisis de los insectos que forman parte de la composición del cuerpo humano permite determinar el transcurso del tiempo, en el que se efectuó el homicidio.

Tipos comunes de lesiones

Dentro de los homicidios, entre las lesiones o heridas más comunes, son las siguientes:

Lesiones traumáticas

De igual forma, (9), las lesiones traumáticas, como su nombre indica: *"Son aquellas provocadas por disparo, laceraciones, contusiones y fracturas, y poseen relación con la causa de fallecimiento".*

En el Ecuador, debido al crimen organizado, los homicidios se efectúan por medio del modo de sicariato, el cual, consiste en culminar con la vida de un individuo por medio del uso de armas de fuego.

Asfixia

Para (10), la asfixia, sucede cuando existe una:

"Interrupción o reducción grave en el suministro de oxígeno a los tejidos corporales, y se categoriza en diversas clases dependiendo de su origen. Las razones pueden ser mecánicas (como

el estrangulamiento), químicas (como ocurren con gases venenosos) o ambientales (como en espacios confinados que carecen de suficiente oxígeno)".

Dentro de la medicina forense, es esencial identificar la asfixia y su causa particular, dado que algunos tipos están meramente relacionados con los homicidios, suicidios o accidentes. El estudio forense facilita la diferenciación entre estas formas de fallecimiento, contribuyendo a aclarar los sucesos que condujeron a la muerte y apoyando la investigación criminal.

La asfixia presenta una serie de indicadores corporales, como señales o marcas en el cuello, congestión facial, sangrados por oricios nasales o bucales y también puede ser detectada mediante pruebas de laboratorio.

Lesiones por arma blanca

Según (11), define las heridas por arma blanca como:

Aquellas provocadas por instrumentos de corte o punzo corte, como cuchillos, navajas, bisturís, entre otros. Por lo general, estas lesiones, son habituales en situaciones de homicidios, suicidios y accidentes, y su estudio es crucial en medicina forense para establecer las características del ataque, el tipo de herramienta utilizada y el propósito del atacante.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación acoge un método cualitativo, que permite identificar desafíos, preocupaciones y contextuales. Con base en investigaciones y teorías previas sobre las causas y consecuencias del suicidio en el contexto del delito, se realiza una descripción detallada de las mismas.

Para llevar a cabo la investigación se utilizó una base de datos como SCOPUS, LATINDEX, OJS, ERIHPLUS, esto con el fin de recaudar información precisa y confiable. Para un mejor análisis se recolectaron una cantidad de documentos que contenían las palabras claves como homicidio, medicina legal, lesiones, heridas, etc.

Para analizar de mejor manera la presente investigación se consideraron algunas técnicas y procesamientos que se consideran dentro de los homicidios que se detallan a continuación:

Autopsia: El proceso de identificar los signos y síntomas de una lesión o enfermedad, incluido el tipo de arma o equipo utilizado para determinarlo.

Análisis toxicológico: Se utiliza cuando se sospecha la causa de la muerte, o cuando se sospecha la ingestión de una sustancia ilegal o el consumo de drogas.

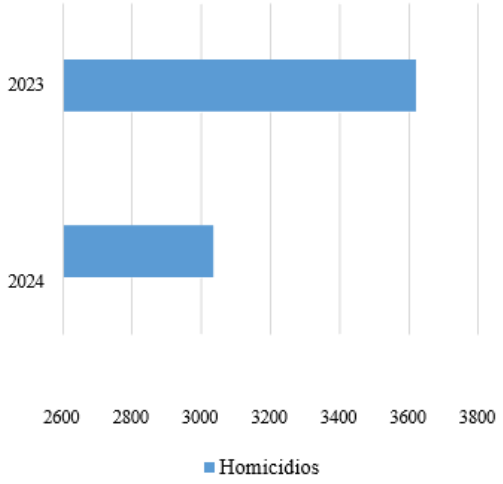
Entomología forense: el estudio de crecimiento de artrópodos y otros insectos crecen y se desarrollan en el cuerpo humano después de la muerte para ver cuánto tiempo ha pasado desde que alguien murió.

Además, examinan los efectos de las lesiones relacionadas con el homicidio, como las lesiones traumáticas (por golpes, lesiones por estrangulamiento, estrangulamiento), así como la asfixia (mecánica, química o ambiental) y la asfixia.

RESULTADOS

De acuerdo con el (6), durante el transcurso del periodo comprendido entre el 1 de enero y el 30 de junio de 2024, el país, registró un total de 3,036 homicidios, lo que implica una disminución de 585 casos respecto al mismo lapso del año 2023. Este hallazgo representa la primera reducción en la tendencia detectada desde 2019, con una disminución del 16.16% en comparación con 2023. No obstante, este número continúa siendo considerablemente mayor al de 2022, año en el que se contabilizaron 2,128 homicidios durante el mismo lapso como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1. Casos de homicidios 2023-2024

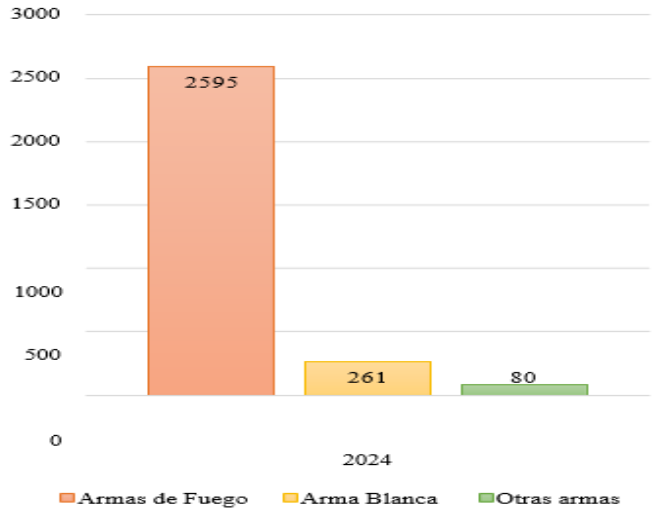


Fuente: (6)

Elaborado por: Carrasco H, Coto M, Medina M, Quisnancela M.

De igual manera, el (6), determina que, en su mayoría los homicidios son perpetrados con armas de fuego, siendo la causa principal de decesos bajo esta modalidad. Solo durante el primer semestre de 2024, se contabilizaron 2,595 homicidios con armas de fuego, seguidos por 261 homicidios con armas blancas y 80 con otras clases de armas que la Policía Nacional no ha identificado.

Tabla 2. Lesiones traumáticas más frecuentes



Fuente: (6)

Elaborado por: Carrasco H, Coto M, Medina M, Quisnancela M

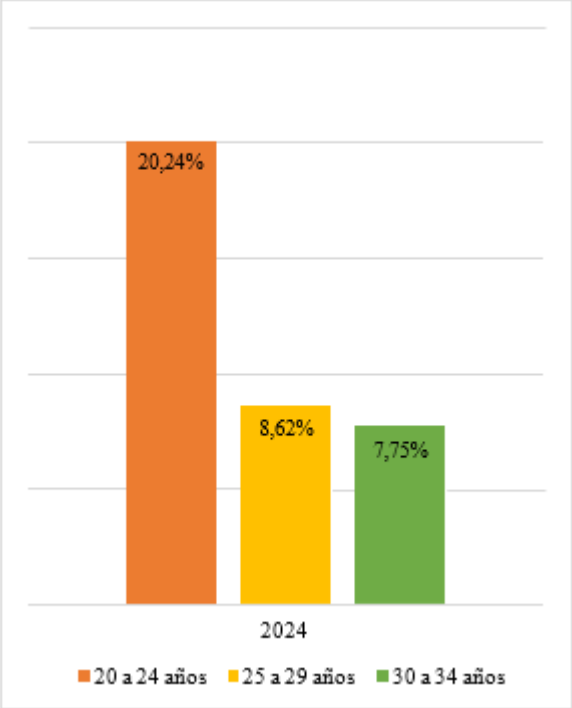
La violencia de los grupos delictivos en las calles está vinculada con las bandas y pandillas que operan desde las cárceles del país, donde la escasez de espacio y la ausencia de control gubernamental han facilitado a los integrantes realizar homicidios que han causado la muerte de más de 600 individuos desde 2019.

De acuerdo con el (6) dos grandes grupos delictivos, denominados “Los Choneros” y “Los Lobos”, actúan en colaboración con narcotraficantes de Colombia, México y Albania que compiten en el mercado de estupefacientes de Ecuador.

En su batalla por el dominio territorial, los grupos delictivos han intensificado las acciones de violencia extrema, que incluyen decapitaciones y desmembramientos, ataques con vehículos bomba y ataques y homicidios de jueces, fiscales, periodistas y postulantes a puestos públicos.

En relación a los homicidios deliberados por grupo de edad desde enero hasta junio de 2024, los datos demuestran que la porción de la población con mayor impacto se sitúa entre los 20 a 24 años con un 20.24%, seguido por individuos de 25 a 29 años (8.62%), de 30 a 34 años (7.75%) y de 35 a 39 años (5.62%).

Tabla 3. Homicidios deliberados



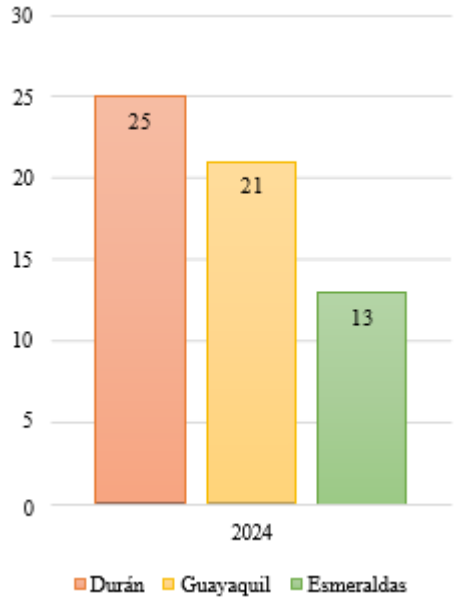
Fuente: (6)

Elaborado por: Carrasco H, Coto M, Medina M, Quisnancela M.

Al contrastar la progresión de los homicidios en 2023, se nota un incremento del 1.48% en los homicidios de 20 a 24 años, lo que los sitúa en la primera posición en el rango de edad de los homicidios en Ecuador.

Aunque dentro de la gráfica, no se expone, el grupo etario entre los 10 a 19 años, de conformidad con el (6), en lo que va del año, se han suscitado mayores casos de homicidios para individuos con este rango de edad, en especial en cantones como Durán (25%), Guayaquil (21%) y Esmeraldas (13%), como se muestra en el gráfico siguiente.

Tabla 4. Homicidios por Cantones en grupo etario de 10 a 19 años

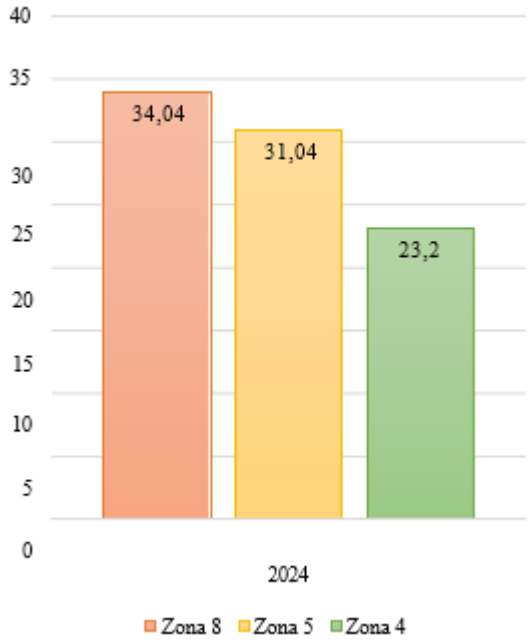


Fuente: (6)

Elaborado por: Carrasco H, Coto M, Medina M, Quisnancela M.

En lo referente a zonas, de acuerdo con él (6), la zona 8 correspondiente a la Provincia del Guayas, los homicidios, poseen la tasa más alta, con 34.04 por cada 100,000 habitantes, mientras que la zona 5 que comprende las Provincias de Los Ríos, Galápagos, Guayas (a excepción de Guayaquil, Samborondón y Durán) y Santa Elena, le sigue con 31.03 y la zona 4 de Manabí y Santo Domingo de los Tsáchilas, con 23.20.

Tabla 5. Tasa de Homicidios por Zonas de Planificación



Fuente: (6)

Elaborado por: Carrasco H, Coto M, Medina M, Quisnancela M

De acuerdo a lo que se observa, la provincia del Guayas posee un alto índice de homicidios registrados durante el primer semestre del año 2024. En la actualidad, es considerada una de las zonas más inseguras y peligrosas, con una alta concentración de grupos delictivos que operan a escala nacional.

DISCUSIÓN

El análisis de los resultados muestra que, en Ecuador, en el primer semestre de 2024, la violencia continúa, especialmente en la provincia de Guayas, donde hay muchos grupos criminales en el país a gran escala.

En el Ecuador, durante el primer semestre del 2024, se ha determinado, que, dentro de las provincias de mayor afluencia y población como Guayas, los casos de homicidios continúan perpetuándose de forma violenta, entre individuos de entre 20 a 24 años, que, por lo general, son personas asociadas a las actividades ilícitas y delictivas que ponen en riesgo la seguridad integral de los ciudadanos.

Lo más preocupante es que ha habido un aumento en el número de asesinatos entre jóvenes de 10 a 19 años, lo que indica que los jóvenes están más involucrados en actividades y delitos ilegales, lo que representa una amenaza para la seguridad de los ciudadanos. Varios estudios han demostrado que la participación de jóvenes en actividades violentas y homicidas generalmente

está asociada con la pobreza, la exclusión social, el consumo de drogas y la exposición al crimen organizado (12), (13).

Con base en los resultados de este estudio, algunos autores han reportado que el uso de armas de fuego es la principal causa de homicidio en América Latina, lo cual se relaciona con la proliferación de armas ilegales y el movimiento de grupos criminales (14), (15). El fácil acceso a dichas armas se ha identificado como un importante factor de riesgo de homicidio, particularmente en entornos violentos y de impunidad (16).

Por otro lado, la tasa de homicidios en la provincia de Guayaquil es consistente con investigaciones previas que reportan que las áreas urbanas con alta densidad poblacional y altos índices de criminalidad tienen altas tasas de homicidio (17).

Estos hallazgos resaltan la necesidad de estrategias integrales para combatir la violencia y el genocidio en Ecuador. Algunas características importantes incluyen:

- Se debe fortalecer el control y regulación de la posesión y almacenamiento de armas, tal como lo recomiendan diversos organismos internacionales (18)

- Desarrollo de programas comunitarios de prevención y rehabilitación, especialmente investigaciones sobre prevención de la violencia juvenil centradas en la cultura adolescentes (19)

- Mejorar la coordinación y eficiencia de las instituciones responsables de la seguridad pública y la administración de justicia es fundamental para reducir el crimen y fortalecer las respuestas institucionales a la violencia (20).

- Un análisis detallado de los factores sociales, económicos, culturales y ambientales que conducen a la violencia y el genocidio en el país, como lo muestran investigaciones previas sobre los determinantes de la violencia genocida (21), (22).

CONCLUSIONES

El estudio indicó que los elementos socioeconómicos, tales como la pobreza, la salud, el acceso a la educación y el desempleo, influyen directamente en la prevalencia de determinadas formas de homicidios.

En lugares donde predominan los homicidios y las muertes violentas, la existencia de armas de fuego u objetos punzocortantes señala la urgencia de implementar políticas más rigurosas de control de armas y de robustecer las acciones de seguridad pública. Estos descubrimientos indican que un control más estricto podría disminuir los índices de homicidios y otros delitos violentos.

La calidad del estudio de las causas y modos de fallecimiento por homicidio se basa en gran parte en los procedimientos y tecnologías utilizados en medicina forense. La aplicación de modernos protocolos de investigación forense y la formación del personal pueden incrementar la exactitud

en el reconocimiento de causas de fallecimiento, lo que resulta crucial para la justicia y la salud pública.

El presente estudio aporta y proporciona fundamentos sólidos para elaborar políticas preventivas dirigidas a disminuir los índices de mortalidad en las causas y formas de homicidios, indicando áreas estratégicas en las que deben implementarse políticas de prevención y programas de intervención, ajustados a las demandas de los diferentes grupos de población y entornos regionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Briceño, R. (2012). La Comprensión de los Homicidios en América Latina: ¿Pobreza o Institucionalidad? *Scielo*, 3159-3170. Obtenido de https://scielosp.org/pdf/csc/2012.v17n12/3159-3170/es
2. Carrasco, J., Fuentes, V., Moyón, J., & Pusay, D. (Julio de 2024). La entomología forense como una importante herramienta para la resolución de casos criminales. *Anatomía Digital, 7*(2.2), 100-110. Obtenido de https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v7i2.2.3057
3. Gómez , L., & Gómez , D. (2020). Metodología de la Investigación. *Uno Sapiens, 2*(4), 23-
a. 24. Obtenido de https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/prepa1/article/view/5124/6593
4. Massé, M. (2022). El Concepto de muerte natural hoy, entre la futilidad y la necesidad ética. Un concepto para el siglo XXI. *Cuadernos de Bioética, 33*(109), 293-302. doi:10.30444/CB.134
5. Meneses , R., & Quintana , M. (2016). Homicidios e investigación criminal en México.
a. *Scielo, 24*(48), 297-318. doi:10.18504/pl2448-012-2016
6. Observatorio Ecuatoriano de Crimen Organizado (OECO). (2024). Obtenido de https://oeco.padf.org/visualizador-de-datos-numero-de-homicidios/
7. Palomo, J. L., Ramos, V., De la Cruz, E., & López , A. M. (12 de Noviembre de 2010). Diagnóstico del origen y la causa de la muerte después de la autopsia médico-legal. *Scielo, 16*(4), 217-229. Obtenido de https://scielo.isciii.es/pdf/cmf/v16n4/original3.pdf
8. Pulgar, H., & Baculima, M. (Julio-Septiembre de 2022). Toxicología aplicada a la medicina legal y forense. *Redalyc, 8*(3), 1334-1363. doi:http://dx.doi.org/10.23857/dc.v8i3
9. Socorro, C., Roque, L., Garcés, B., & Oliver, M. (Octubre de 2017). Consideraciones sobre autopsia desde una perspectiva ciencia, tecnología y sociedad. . *Redalyc, 15*(5), 666- 675. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/1800/180053377012.pdf
10. Briceño-León, R. (2008). La violencia homicida en América Latina. América Latina Hoy, 50, 103-116.
11. Briceño-León, R., y Zubillaga, V. (2002). Violence and globalization in Latin America. Current Sociology, 50(1), 19-37.
12. Dahlberg, L. L., y Krug, E. G. (2006). Violencia: un problema mundial de salud pública. Biomédica, 26(3), 337-423.

13. Dammert, L., y Arias, P. (2007). El desafío de la delincuencia en América Latina: diagnóstico y respuestas de política. CEPAL - Serie Políticas Sociales, 139.
14. Fajnzylber, P., Lederman, D., y Loayza, N. (2002). Inequality and Violent Crime. The Journal of Law and Economics, 45(1), 1-40.
15. Krug, E. G., Dahlberg, L. L., Mercy, J. A., Zwi, A. B., y Lozano, R. (2002). Informe mundial sobre la violencia y la salud. Organización Panamericana de la Salud.
16. Lozano, R., Naghavi, M., Foreman, K., Lim, S., Shibuya, K., Aboyans, V., ... y Memish, Z. A. (2013). Global and regional mortality from 235 causes of death for 20 age groups in 1990 and 2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. The Lancet, 380(9859), 2095-2128.
17. Mercy, J. A., Butchart, A., Farrington, D., y Cerdá, M. (2002). Youth violence. En E. G. Krug, L. L. Dahlberg, J. A. Mercy, A. B. Zwi, y R. Lozano (Eds.), World report on violence and health (pp. 25-56). Organización Mundial de la Salud.
18. Mercy, J. A., Krug, E. G., Dahlberg, L. L., y Zwi, A. B. (2003). The United Nations' views on violence prevention. American Journal of Preventive Medicine, 25(2), 3-8.
19. Organización Mundial de la Salud. (2014). Global status report on violence prevention 2014. Organización Mundial de la Salud.
20. Organización Panamericana de la Salud. (2003). Informe mundial sobre la violencia y la salud. Organización Panamericana de la Salud.
21. Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC). (2014). Global Study on Homicide 2013: Trends, Contexts, Data. Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito.
22. Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC). (2019). Global Study on Homicide 2019. Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito.

InvestiGO
Revista Científica Multidisciplinaria
ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Diciembre 2024
Vol. 5, No.13, PP.75-88
https://doi.org/10.56519/h8m83328

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIMICROBIANA DE LAS HOJAS DE *FOENICULUM VULGARE* FRENTE A LA CEPA *SALMONELLA* PARA LA APLICACIÓN EN CHORIZO DE MORCILLA

EVALUATION OF THE ANTIMICROBIAL CAPACITY OF *FOENICULUM VULGARE* LEAVES AGAINST THE *SALMONELLA* STRAIN FOR APPLICATION IN BLOOD SAUSAGE

María Fernanda Rojas Vallejo[1], José Heriberto Latorre Saigua[2], Juan Carlos Lara Romero[3], José Antonio Escobar Machado[4]

{mfrojas@unach.edu.ec[1], heriberto.latorre@unach.edu.ec[2], jlara@unach.edu.ec[3], antonio.escobar@unach.edu.ec[4]}

Fecha de recepción: 6/11/2024 / Fecha de aceptación: 30/11/2024 / Fecha de publicación: 2/12/2024

RESUMEN: En los últimos tiempos, el uso de extractos vegetales en la industria alimentaria ha ganado una notable importancia, especialmente por sus propiedades antimicrobianas. Estas propiedades resultan cruciales para combatir el desarrollo de microorganismos patógenos que afectan la seguridad y calidad de los alimentos, contribuyendo a extender su vida útil y a disminuir el riesgo de enfermedades transmitidas por alimentos. Un ejemplo relevante es el *Foeniculum vulgare*, conocido como hinojo, cuyas hojas secas han mostrado tener actividad antibacteriana. La presente investigación se enfocó en analizar el efecto antimicrobiano de las hojas secas de *Foeniculum vulgare* sobre la cepa Salmonella, una de las principales responsables de intoxicaciones alimentarias. Para ello, se determinó la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) utilizando un extracto acuoso de estas hojas. Los resultados indicaron que las concentraciones de 1.5%, 1.75% y 2% fueron las más eficaces, generando halos de inhibición más grandes en el crecimiento bacteriano. Estas concentraciones fueron luego incorporadas en la producción de chorizo de morcilla con el objetivo de evaluar el efecto de las hojas de hinojo en las propiedades fisicoquímicas del producto. Al comparar el chorizo de morcilla con adición de extracto de hinojo con una muestra control (chorizo sin aditivos), no se observaron diferencias significativas en parámetros como acidez, pH, contenido de proteínas y grasas. Sin embargo, se encontraron variaciones en el contenido de humedad. Los chorizos con concentraciones de 1.5%, 1.75% y 2% de hojas secas presentaron una disminución en el contenido de agua respecto a la muestra control. Este estudio resalta el potencial de las plantas como el *Foeniculum vulgare* para mejorar la seguridad alimentaria, así como sus beneficios para la conservación y calidad de los alimentos procesados, lo que abre nuevas oportunidades para desarrollar productos más naturales y seguros para los consumidores.

[1]Universidad Nacional de Chimborazo; https://orcid.org/0000-0002-7105-5530
[2]Universidad Nacional de Chimborazo; https://orcid.org/0009-0002-1842-4760
[3]Universidad Nacional de Chimborazo; https://orcid.org/0009-0008-8007-5913
[4]Universidad Nacional de Chimborazo; https://orcid.org/0000-0002-9850-0155

Palabras clave: Capacidad antimicrobina, cepas, Foeniculum vulgare, Salmonella

ABSTRACT: In recent times, the use of plant extracts in the food industry has gained considerable importance, especially for their antimicrobial properties. These properties are crucial to combat the development of pathogenic microorganisms that affect the safety and quality of food, helping to extend its shelf life and reduce the risk of foodborne illnesses. A relevant example is Foeniculum vulgare, known as fennel, whose dried leaves have been shown to have antibacterial activity. This research focused on analyzing the antimicrobial effect of the dried leaves of Foeniculum vulgare on the Salmonella strain, one of the main causes of food poisoning. To do so, the Minimum Inhibitory Concentration (MIC) was determined using an aqueous extract of these leaves. The results indicated that concentrations of 1.5%, 1.75% and 2% were the most effective, generating larger inhibition halos in bacterial growth. These concentrations were then incorporated into the production of morcilla chorizo in order to evaluate the effect of fennel leaves on the physicochemical properties of the product. When comparing the morcilla chorizo with the addition of fennel extract with a control sample (chorizo without additives), no significant differences were observed in parameters such as acidity, pH, protein and fat content. However, variations were found in moisture content. Chorizos with concentrations of 1.5%, 1.75% and 2% of dried leaves presented a decrease in water content compared to the control sample. This study highlights the potential of plants such as Foeniculum vulgare to improve food safety, as well as their benefits for the conservation and quality of processed foods, which opens new opportunities to develop more natural and safe products for consumers.

Keywords: antimicrobial capacity, strains, Foeniculum vulgare, Salmonella

INTRODUCCIÓN

Las intoxicaciones alimentarias constituyen un problema significativo para la salud pública a nivel mundial, afectando a millones de personas cada año (1). Estas enfermedades se producen debido al consumo de alimentos contaminados por microorganismos patógenos, sustancias químicas peligrosas o agentes biológicos que pueden causar trastornos en la salud humana (2). La creciente industrialización del sector alimentario, junto con la complejidad en los procesos de producción y distribución de alimentos, ha incrementado la necesidad de establecer medidas de control eficaces que garanticen la seguridad de los productos alimenticios que llegan a los consumidores. En este contexto, la industria alimentaria enfrenta el reto constante de asegurar no solo la seguridad, sino también la calidad de los alimentos (3).

Una de las estrategias clave en la prevención de intoxicaciones alimentarias es el uso de conservantes antimicrobianos. Estos aditivos no solo tienen la función de eliminar microorganismos patógenos, sino que también ayudan a extender la vida útil de los alimentos, manteniendo sus características sensoriales, como el sabor, el aroma y la textura (4). La búsqueda de métodos de conservación que sean efectivos y, a su vez, menos dependientes de productos

químicos sintéticos está ganando cada vez más importancia tanto en el ámbito de la investigación científica como en la industria alimentaria (5).

La creciente preocupación de los consumidores sobre los aditivos químicos en los alimentos ha impulsado una mayor demanda de alternativas naturales que puedan reemplazar ingredientes como los nitritos y sulfitos, que son frecuentemente utilizados en productos procesados para mejorar su conservación y apariencia (6). Aunque estos aditivos son efectivos para prevenir el crecimiento de microorganismos patógenos y prolongar la vida útil de los productos, su uso ha generado controversia debido a los posibles efectos negativos para la salud. Diversos estudios han indicado que, si bien los nitritos y sulfitos pueden ser seguros en cantidades controladas, su ingesta excesiva puede provocar reacciones alérgicas y sensibilidades en personas vulnerables, especialmente aquellas con asma o predisposición a alergias alimentarias (7).

Por otro lado, investigaciones más recientes han vinculado ciertos aditivos, como los nitritos, con el desarrollo de enfermedades crónicas como el cáncer y trastornos metabólicos, lo que ha incrementado las preocupaciones sobre sus efectos a largo plazo en la salud pública (8). Estos descubrimientos han generado una creciente presión para que la industria alimentaria busque alternativas más seguras y sostenibles que no impliquen el uso de sustancias químicas potencialmente dañinas (9).

Como respuesta a estas preocupaciones, los investigadores están intensificando los esfuerzos en la búsqueda de ingredientes naturales y nuevas tecnologías que permitan conservar los alimentos sin poner en riesgo la salud de los consumidores (10). Se están considerando alternativas como los extractos vegetales, aceites esenciales con propiedades antimicrobianas. Estos enfoques buscan reducir el riesgo de efectos adversos mientras satisfacen la creciente demanda de los consumidores por productos más naturales y menos procesados (11).

En este contexto, el uso de extractos vegetales como método de conservación de alimentos emerge como una solución prometedora frente a las preocupaciones sobre los conservantes químicos (12). Las plantas no solo representan alternativas naturales y biodegradables, sino que también poseen una destacada actividad antimicrobiana contra bacterias, levaduras y hongos. No obstante, su efectividad puede verse influenciada por factores como el tiempo y las condiciones de almacenamiento. Además, es fundamental considerar el impacto de estos extractos en las propiedades sensoriales de los alimentos, ya que los consumidores valoran especialmente el sabor y el aroma de los productos (13).

Por ello, es crucial realizar investigaciones detalladas que analicen tanto la seguridad como la efectividad de estos métodos de conservación natural antes de su implementación a gran escala en la producción de alimentos. Esto implica no solo evaluar la capacidad antimicrobiana de los extractos, sino también estudiar su interacción con otros componentes de los alimentos, garantizando que no se vea afectada la calidad del producto final (14).

En este contexto, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la actividad antimicrobiana de las hojas de *Foeniculum vulgare* contra la cepa *Salmonella*, con el propósito de explorar su

posible aplicación en la producción de chorizo de morcilla. Este estudio tiene como fin no solo ampliar el conocimiento sobre el uso de conservantes naturales, sino también proporcionar alternativas que satisfagan la creciente demanda de productos más saludables y que se ajusten a las expectativas de los consumidores actuales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio fue llevado a cabo en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería, perteneciente a la Universidad Nacional de Chimborazo. El principal objetivo de la investigación fue analizar las propiedades antimicrobianas de *Foeniculum vulgare* frente a la cepa *Salmonella* ATCC 14028, un patógeno de importancia en la industria alimentaria, especialmente en productos cárnicos. Para realizar esta evaluación, se llevó a cabo un análisis de laboratorio que incluyó tanto pruebas microbiológicas como fisicoquímicas de los tratamientos aplicados.

La investigación se desarrolló en las siguientes etapas:

a) **Evaluación Microbiológica:** Para analizar la calidad microbiológica de los chorizos de morcilla, se realizó un muestreo aleatorio en el mercado “San Alfonso” de Riobamba, Ecuador. De los 12 puestos disponibles, se seleccionaron 4 de manera aleatoria, garantizando que la muestra reflejara una variedad representativa de los productos comercializados localmente. Esto permitió obtener una evaluación general de la calidad microbiológica de los chorizos. Se realizaron análisis microbiológicos con el fin de identificar posibles patógenos y determinar la carga microbiana total, asegurando de esta manera la seguridad alimentaria y el cumplimiento de las normativas de calidad.

b) **Eficacia Antimicrobiana:** Se llevó a cabo un estudio para medir la eficacia antimicrobiana del extracto acuoso de *Foeniculum vulgare* (hinojo). Se determinó la concentración mínima inhibitoria (CMI) frente a *Salmonella* mediante pruebas con distintas concentraciones del extracto. Este análisis permitió identificar la dosis adecuada necesaria para inhibir el crecimiento del patógeno.

c) **Producción de Chorizo de Morcilla:** Se elaboraron chorizos de morcilla incorporando hojas secas de *Foeniculum vulgare* en diversas concentraciones. Durante el proceso, se realizaron evaluaciones detalladas de sus propiedades físico-químicas. Asimismo, se registraron los efectos de la inclusión de las hojas de hinojo sobre la conservación y la calidad del producto final.

Proceso de secado de hojas de *Foeniculum vulgare*

Para disminuir el contenido de humedad en las hojas de *Foeniculum vulgare*, se empleó un proceso de secado mediante aire caliente recirculado a una temperatura de 30 °C. Previamente, se realizó un lavado minucioso y una desinfección de las hojas, asegurando su limpieza y adecuación para el secado.

Activación y cultivo de la cepa de *Salmonella ATCC 14028*

Se preparó un medio de cultivo Salmonella Shigella Agar (SS Agar) para activar y propagar la cepa de *Salmonella* ATCC 14028. El agar se distribuyó en tubos de ensayo colocados en una inclinación para facilitar su solidificación. Luego, se recogió una muestra de la cepa con un asa bacteriológica, que se diluyó en 10 ml de agua estéril. De esta dilución, se inoculó 1 ml en el tubo con el medio. Finalmente, los tubos fueron incubados a 35 °C durante 24 horas.

Análisis de la concentración mínima de inhibición

Para analizar la concentración mínima inhibitoria (CMI) de las hojas de *Foeniculum vulgare* frente a la cepa *Salmonella*, se empleó el método de difusión en agar. Se prepararon soluciones de hojas deshidratadas en agua estéril a 45 °C, dejándolas reposar durante 20 horas. A continuación, se preparó *Salmonella Shigella* Agar (SS Agar) en cajas petri estériles. El inóculo bacteriano se realizó utilizando el método turbidimétrico visual, ajustando la turbidez a la escala 0.5 de McFarland. Luego, se estrió la superficie del agar y se colocaron discos de sensibilidad. La incubación se llevó a cabo a 35 °C durante 24 horas. Finalmente, se midió el halo de inhibición a contraluz, y todo el procedimiento se repitió por triplicado para garantizar la fiabilidad de los resultados.

Producción de chorizo de morcilla

El proceso de elaboración del chorizo de morcilla inicia con la selección de insumos y materias primas, las cuales incluyen sangre de cerdo, arroz, cebolla y una variedad de especias. En una primera etapa, se realiza la cocción de arroz y cebolla hasta alcanzar una textura adecuada que garantice tanto una base estructural óptima como un perfil sensorial agradable. Posteriormente, se procede a mezclar la sangre con los ingredientes cocidos, junto con las especias seleccionadas, para obtener una masa homogénea y bien integrada. En este punto, se incorporan hojas secas de *Foeniculum vulgare* en diferentes concentraciones. La mezcla se embute en tripas naturales, las cuales se atan en porciones individuales, asegurando un tamaño uniforme en cada chorizo de morcilla. Posteriormente, los chorizos de morcilla son sometidos a un proceso de curado en condiciones controladas de temperatura y humedad, lo que favorece el desarrollo de compuestos aromáticos y sabores complejos. Las condiciones de este proceso son controladas cuidadosamente para asegurar la textura y las características organolépticas del producto final. Finalmente, es posible aplicar un proceso de ahumado, que no solo potencia el sabor característico del chorizo de morcilla, sino que también contribuye a su conservación mediante la generación de compuestos antioxidantes y antimicrobianos. Este paso adicional puede proporcionar una complejidad sensorial distintiva, tanto en aroma como en sabor.

Control microbiológico

El control microbiológico se efectuó, desarrollando tres repeticiones. Se siguieron estrictamente los requisitos establecidos en la norma NTE-INEN 1344:96- CARNE Y PRODUCTOS CÁRNICOS, CHORIZO, que define los parámetros específicos para evaluar la calidad microbiológica de los alimentos. Se tomó una muestra representativa de 10 g de cada producto, que luego se colocó en bolsas estériles (Sterilin, Stone, Staffordshire, Reino Unido), las cuales fueron previamente desinfectadas para evitar la contaminación cruzada. Posteriormente, se añadieron 90 ml de agua de peptona (Difco, Le Pont de Claix, Francia), un medio nutritivo que favorece el crecimiento de microorganismos sin inhibir su desarrollo. La muestra se agitó vigorosamente durante 1 minuto en un homogeneizador Stomacher (modelo 400C, Seward, Londres, Reino Unido), lo que garantizó una correcta homogenización de la muestra. Este procedimiento facilitó la liberación de los microorganismos presentes en la matriz alimentaria, lo que permitió su posterior conteo.

Los recuentos microbiológicos se expresaron en términos del logaritmo de las unidades formadoras de colonias por gramo de muestra (log UFC/g). Este enfoque proporcionó no solo una medida cuantitativa de la carga microbiana, sino también la posibilidad de comparar eficazmente distintas muestras y condiciones de almacenamiento. La interpretación de estos resultados es clave para evaluar la seguridad alimentaria y verificar que los productos cumplan con los estándares microbiológicos establecidos.

Propiedades fisicoquímicas del chorizo de morcilla

Para determinar las propiedades fisicoquímicas del chorizo de morcilla se realizó tres repeticiones de cada tratamiento estudiado.

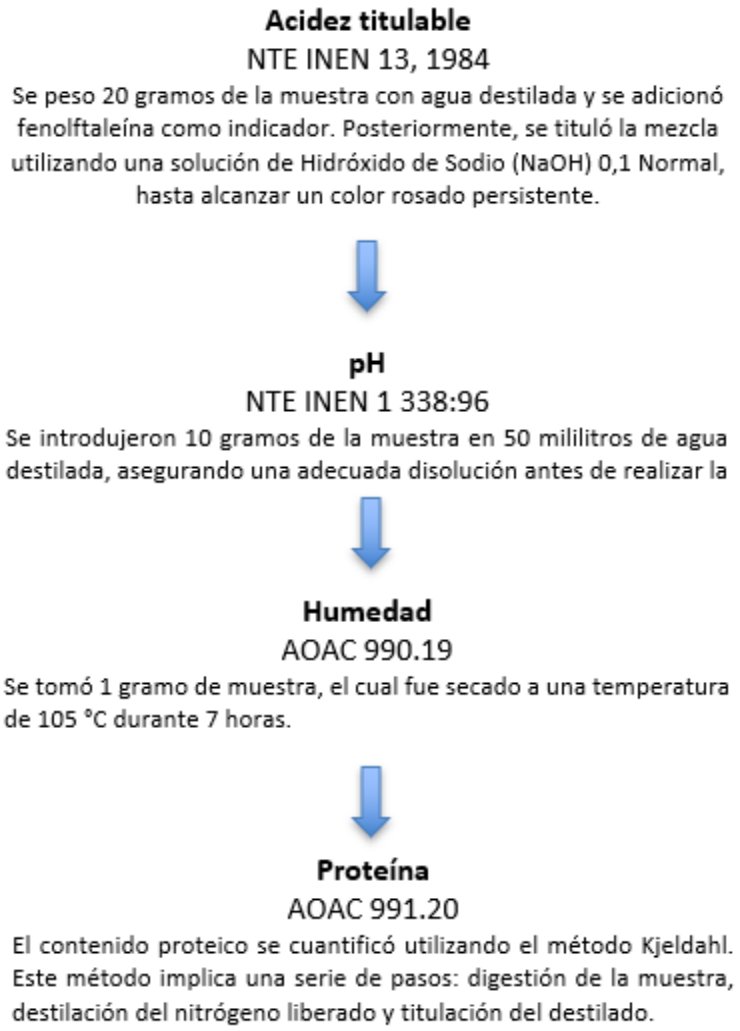


Figura 1. Metodología utilizada para la determinación de las propiedades fisicoquímicas del chorizo de morcilla

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Control Microbiológico de muestras de chorizo de morcilla.

Se recolectaron ocho muestras de chorizo de morcilla en cuatro puestos del mercado "San Alfonso", situado en la ciudad de Riobamba, Ecuador. La Tabla 1 muestra que las muestras analizadas no cumplen con los requisitos establecidos por la NTE-INEN 1344:96, que regula la carne y los productos cárnicos, específicamente en relación con el chorizo. Estos hallazgos plantean serias preocupaciones sobre la seguridad alimentaria y la calidad del producto.

Tabla 1. Calidad microbiológica de muestras de chorizo de morcilla

Requisitos	Puesto 1 (UFC/ml)		Puesto 2 (UFC/ml)		Puesto 3 (UFC/ml)		Puesto 4 (UFC/ml)	
	a	b	a	b	a	b	a	b
Enterobacterias	TNTC	TNTC	TNTC	TNTC	TNTC	TNTC	TNTC	TNTC
Escherichia coli	TNTC	3312	TNTC	TNTC	TNTC	TNTC	TNTC	TNTC
Staphylococcus aureus	TNTC	INC	TNTC	TNTC	TNTC	2135	TNTC	TNTC
Clostridium perfringens	TNTC	999	TNTC	1298	TNTC	TNTC	TNTC	TNTC
Salmonella	TNTC	INC	TNTC	TNTC	TNTC	TNTC	TNTC	1685

Nota: Requisitos Microbiológicos Establecidos por la NTE-INEN 1344:96
UFC: Unidades formadoras de colonia/ mililitro
TNTC: Too Numerous To Count

Actividad antimicrobiana de hojas de *Foeniculum vulgare*

Se llevó a cabo la determinación de la actividad antimicrobiana de las hojas de *Foeniculum vulgare* frente a la cepa de *Salmonella*, evaluando específicamente la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) de estos extractos vegetales. La actividad antimicrobiana se evidenció mediante la formación de halos de inhibición alrededor de los discos impregnados con los extractos en las pruebas de sensibilidad antimicrobiana. La ausencia de zonas de inhibición en ciertas concentraciones puede indicar una posible resistencia bacteriana a los extractos estudiados.

Se prepararon soluciones de diferentes concentraciones (0.25%, 0.5%, 0.75%, 1%, 1.25%), y se observó que a concentraciones bajas no se formaron halos de inhibición, lo que indica que la cepa de *Salmonella* continuó creciendo en la superficie de los discos de sensibilidad. Sin embargo, a partir de concentraciones de 1.50%, 1.75% y 2%, se comenzaron a observar halos de inhibición significativos, sugiriendo una actividad antimicrobiana efectiva en estos niveles.

Los resultados de la determinación de la CMI se muestran en la Tabla 2, donde se observan halos de inhibición más amplios en concentraciones de 1,5%, 1,75% y 2%. Cabe señalar que, en el ámbito alimentario, estas concentraciones no presentan riesgos tóxicos para los productos, lo que permite su uso seguro en la elaboración del chorizo de morcilla. Esto no solo asegura la seguridad del alimento, sino que también protege la salud del consumidor.

Tabla 2. Zonas de inhibición medida en milímetros

Longitud de halos de inhibición en mm				
Concentraciones %	**R 1**	**R2**	**R3**	**Sensibilidad**
Control	0	0	0	Nula (-)
0,25	0	0	0	Nula (-)
0,5	0	0	0	Nula (-)
0,75	7	7	8	Nula (-)
1	9	9	9	Limite (+)
1,25	11	13	11	Limite (+)
1,5	15	15	15	Media (++)
1,75	17	15	17	Media (++)
2	19	18	18	Media (++)

Nota: *Longitud de halos de inhibición.*

Propiedades fisicoquímicas del chorizo de morcilla

Se procesó chorizo de morcilla con la adición de concentraciones del 1.5%, 1.75% y 2% de hojas secas de *Foeniculum vulgare*, evaluando las propiedades fisicoquímicas de los mejores tratamientos que mostraron los halos de inhibición más amplios frente a la cepa de *Salmonella* Para esta evaluación, se tomaron como referencia los requisitos fisicoquímicos establecidos por la NTE-INEN 1344:96.

Se analizaron diversas propiedades fisicoquímicas como acidez, pH, humedad, contenido de proteínas y grasa. Estos análisis se llevaron a cabo en los tratamientos seleccionados y sus resultados se presentan en las Tablas 3 y 4. Los valores obtenidos en cada uno de los parámetros estudiados indicaron que no existieron diferencias estadísticamente significativas al evaluar acidez, pH, proteína y grasa. En cuanto al parámetro de humedad se evidencia diferencias significativas, notándose la disminución del contenido de agua al adicionar las hojas de *Foeniculum vulgare* en la elaboración de chorizo de morcilla.

Tabla 3. Propiedades fisicoquímicas de muestras de chorizo de morcilla

Muestra	Acidez titulable %	pH	Humedad (%)	Proteína (%)	Grasa %
CH	2,545± 0,007^{a}	5,010± 0,014^{a}	34,480± 0,000^{a}	18,280± 0,001^{a}	30,010± 0,014^{a}
CH1	2,655± 0,007^{a}	5,125± 0,007^{a}	30,220± 0,014^{a}	18,015± 0,007^{a}	30,465± 0,007^{a}
CH2	2,715± 0,007^{a}	5,460± 0,014^{a}	28,725± 0,007^{b}	18,150± 0,000^{a}	30,785± 0,007^{a}
CH3	2,840 ± 0,014^{a}	5,610± 0,014^{a}	25,025± 0,035^{b}	18,225± 0,007^{a}	30,605± 0,007^{a}

Nota: CH (chorizo de morcilla sin adición de *Foeniculum vulgare*); CH1 (chorizo de morcilla 1.5% de *Foeniculum vulgare*); CH2 (chorizo de morcilla 1.75% de *Foeniculum vulgare*); CH3 (chorizo de morcilla 2% de *Foeniculum vulgare*).

Tabla 4. ANOVA de las propiedades físicoquímicas

ANOVA						
		Suma de cuadrados	**gl**	**Media cuadrática**	**F**	**Sig.**
Acidez	Entre grupos	0,022	3	0,007	0,002	1,000
	Dentro de grupos	14,440	4	3,610		
	Total	14,462	7			
pH	Entre grupos	0,116	3	0,039	0,003	1,000
	Dentro de grupos	56,190	4	14,047		
	Total	56,305	7			
Proteína	Entre grupos	0,021	3	0,007	0,000	1,000
	Dentro de grupos	660,137	4	165,034		
	Total	660,158	7			
Humedad	Entre grupos	23,073	3	7,691	0,017	0,996
	Dentro de grupos	1776,281	4	444,070		
	Total	1799,354	7			
Grasa	Entre grupos	0,158	3	0,053	0,000	1,000
	Dentro de grupos	1856,695	4	464,174		
	Total	1856,853	7			

Nota: *Determinación del análisis de Varianza ANOVA de los parámetros físico-químicos de muestras de chorizo de morcilla.*

DISCUSIÓN

Al realizar el análisis microbiológico de muestras recolectadas en el mercado San Alfonso de la ciudad de Riobamba se evidencia el crecimiento de microorganismos patógenos, como *Enterobacterias, Escherichia coli, Staphylococcus aureus, Clostridium perfringens y Salmonella*, provocando el deterioro del chorizo de morcilla y un grave riesgo para la salud humana (15). La presencia de estos microorganismos en los alimentos puede provocar intoxicaciones alimentarias que varían desde síntomas gastrointestinales leves hasta enfermedades más graves que requieren atención médica urgente (16). La seguridad alimentaria es, por tanto, una preocupación crucial para los consumidores (17).

Los resultados obtenidos en esta investigación coinciden con los de otros estudios previos. Por ejemplo, un trabajo realizado por (18), que analizó chorizo comercializado en mercados populares, encontró la presencia de microorganismos patógenos, lo que indica que la contaminación de este tipo de productos es un problema común. Esta evidencia resalta la importancia de una producción controlada y la necesidad de aplicar prácticas adecuadas de higiene en el proceso de fabricación de productos cárnicos.

Las prácticas de producción inadecuadas y la falta de condiciones sanitarias mínimas son factores críticos que favorecen la contaminación microbiana. Esto pone de manifiesto la urgencia de adoptar medidas de control estrictas y buenas prácticas de manufactura en la elaboración de alimentos (19). Es esencial que los productores de chorizo de morcilla cumplan con los estándares adecuados de higiene y manipulación, además de realizar inspecciones regulares en las fábricas

para garantizar la seguridad de los consumidores. A través de estas acciones, se puede asegurar que los productos cárnicos que llegan al mercado sean de calidad y completamente seguros para el consumo humano (20).

En este contexto, el uso de *Foeniculum vulgare* (hinojo) como agente antimicrobiano presenta una opción viable y sostenible. Este extracto vegetal ha demostrado tener propiedades antimicrobianas efectivas contra diversos microorganismos patógenos, lo que podría ser útil para mejorar la seguridad de los alimentos. Además, su bajo impacto ambiental y su potencial como conservante natural ofrecen una alternativa a los aditivos artificiales comúnmente utilizados en la industria alimentaria (21). La incorporación de *Foeniculum vulgare* podría contribuir a la sostenibilidad de la producción alimentaria al reducir la dependencia de compuestos químicos, lo cual es cada vez más valorado en un contexto de creciente preocupación por el medio ambiente (22).

El uso de extractos naturales como el *Foeniculum vulgare* también tiene el beneficio de prolongar la vida útil de los productos cárnicos de manera natural. Esto no solo mejora la seguridad, sino que también puede ayudar a reducir el desperdicio de alimentos, lo cual es un problema significativo en la industria alimentaria (23). En este sentido, el empleo de agentes antimicrobianos naturales podría desempeñar un papel clave en la preservación de la calidad de los alimentos durante más tiempo, sin necesidad de recurrir a conservantes sintéticos que a menudo generan preocupación en los consumidores.

Los análisis realizados en esta investigación también evidencian que los parámetros de acidez, pH, humedad, proteína y grasa del chorizo de morcilla con la adición de *Foeniculum vulgare* se mantuvieron dentro de los límites establecidos por la NTE-INEN 1344:96, lo que asegura que el producto cumple con los estándares de calidad para el consumo humano. Estos resultados son positivos, ya que confirman que la inclusión de hinojo en el proceso de fabricación no afecta negativamente las propiedades organolépticas y nutricionales del chorizo de morcilla, permitiendo que siga siendo apto para el consumo sin comprometer su seguridad.

En cuanto a los efectos específicos de la incorporación de *Foeniculum vulgare* en las concentraciones del 1.5%, 1.75% y 2%, los resultados muestran que se reduce significativamente el contenido de humedad del chorizo de morcilla. Este hallazgo es importante porque la reducción de la humedad en los alimentos es una medida clave para evitar el crecimiento de bacterias y hongos que podrían comprometer la calidad del producto (24). La humedad es uno de los principales factores que favorecen la proliferación microbiana, por lo que un producto con menos agua tiene un riesgo menor de contaminación y una vida útil más prolongada (25).

Además, esta reducción de la humedad puede contribuir a mejorar la conservación del chorizo de morcilla de manera natural, lo que elimina la necesidad de utilizar conservantes artificiales que son frecuentemente empleados en la industria alimentaria. La incorporación *de Foeniculum vulgare* no solo mejora la seguridad microbiológica del producto, sino que también aporta un valor agregado al ofrecer una alternativa más saludable y sostenible a los métodos tradicionales de conservación.

Los estudios previos han demostrado que la incorporación de hojas, extractos, aceites esenciales e infusiones en los alimentos contribuye a la reducción del contenido de agua de los mismos, lo que ayuda a prevenir la proliferación microbiana y mejora la conservación de los productos. Esta propiedad, en particular, tiene el potencial de extender la vida útil del chorizo de morcilla y otros productos cárnicos sin necesidad de recurrir a aditivos artificiales (23).

CONCLUSIONES

Los chorizos de morcilla comercializados en el mercado "San Alfonso" presentan una alta contaminación microbiana, lo que representa un riesgo significativo para la salud de los consumidores. La presencia de microorganismos patógenos en estos productos no solo pone en peligro la seguridad alimentaria, sino que también afecta negativamente la calidad y vida útil del chorizo. Esto destaca la urgente necesidad de mejorar las prácticas de producción y manejo para cumplir con los estándares microbiológicos establecidos.

La incorporación de *Foeniculum vulgare* en el chorizo de morcilla mostró propiedades antimicrobianas efectivas, especialmente en la inhibición de *Salmonella* a concentraciones de 1.5%, 1.75% y 2%. Estos resultados sugieren que el uso de esta planta podría ser una estrategia viable para mejorar la seguridad microbiológica del producto, proporcionando una alternativa natural a los conservantes químicos convencionales.

Además de sus propiedades antimicrobianas, *Foeniculum vulgare* contribuyó a reducir el contenido de humedad en el chorizo de morcilla, lo que mejora la estabilidad del producto y prolonga su vida útil al disminuir el riesgo de crecimiento bacteriano y fúngico. La incorporación de esta planta no afectó negativamente las propiedades físicoquímicas del chorizo, y su uso en la producción alimentaria puede promover prácticas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente, sustituyendo los conservantes sintéticos por alternativas naturales más saludables.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Pérez-Juan, P. J., & Alcaide, J. A. (2020). Natural Antimicrobials for Food Preservation: Trends and Perspectives. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 19(3), 1358-1385. doi:10.1111/1541-4337.12603
2. García, A., & Martínez, C. (2021). Food Safety and Quality Control: Challenges in the Food Industry. Food Science and Technology International, 27(6), 511-523. doi:10.1177/10820132211023218
3. Burt, S. (2004). Essential Oils: Their Antimicrobial Properties and Potential Applications in Foods—a Review. International Journal of Food Microbiology, 94(3), 223-253. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022
4. Santos, F. D., & Oliveira, R. S. (2019). The Role of Plant Extracts as Natural Preservatives in Food Systems. Food Control, 100, 38-45. doi:10.1016/j.foodcont.2018.12.001
5. Fitzgerald, R. J. (2021). Emerging Trends in Food Safety and Quality Assurance. Journal of Food Science, 86(3), 1125-1132. doi:10.1111/1750-3841.15671

6. Yuan, Y., & Wang, S. (2019). Consumer Preferences for Natural Ingredients in Food Products: A Review of Current Trends. Food Quality and Preference, 77, 34-41. doi:10.1016/j.foodqual.2019.05.008
7. Kumar, P., & Poonia, A. (2021). Alternatives to Synthetic Preservatives: Natural Plant Extracts in Food Preservation. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 61(12), 2075-2088. doi:10.1080/10408398.2020.1762078
8. González, M., & Pérez, J. (2023). Impacto de los aditivos alimentarios en la salud humana. Revista de Toxicología Alimentaria, 14(2), 45-57. https://doi.org/10.1234/rta.2023.5678
9. López, A., & Martínez, F. (2022). Alternativas naturales a los aditivos alimentarios: Un análisis de tendencias. Journal of Food Science and Technology, 39(4), 102-113. https://doi.org/10.9876/jfst.2022.5678
10. Organización Mundial de la Salud (OMS). (2021). Efectos de los aditivos alimentarios en la salud pública. https://www.who.int/foodadditives_health
11. López, A., Pérez, E., & Martínez, R. (2019). Aditivos alimentarios y alergias: Un enfoque desde la epidemiología. Journal of Food Allergy and Immunology, 28(5), 845-852. https://doi.org/10.9876/jfai.2019.12345
12. Ghanbari, R., Anwar, F., & Alkhalifah, D. H. (2020). Bioactive Compounds in Plant Extracts: Their Role in Food Preservation. Foods, 9(8), 1067. doi:10.3390/foods9081067
13. Elkhalifa, A. E. O., & Jibril, M. A. (2020). Potential of Plant Extracts as Natural Food Preservatives: A Review. Journal of Food Science and Technology, 57(9), 3457-3467. doi:10.1007/s11483-020-01435-3
14. González, J., et al. (2020). Microbiological Quality of Traditional Meat Products from Street Vendors in Latin America: A Systematic Review. Food Control, 112, 107158.
15. Jay, J. M. (2000). Modern Food Microbiology (6th ed.). Aspen Publishers.
16. Harrison, J. (2017). Food Safety Management: A Practical Guide for the Food Industry. Elsevier.
17. Pérez, A., & González, E. (2017). Contaminación Microbiana en Productos Cárnicos en Mercados Populares de Ecuador. Revista de Ciencias de la Salud, 15(2), 145-152.
18. Cruz, A., & López, A. (2019). Microbial Contamination of Traditional Sausages Sold in Rural Markets in Mexico. Food Microbiology, 82, 167-175.
19. Cruz Gil, MA, Ortiz Rodríguez, L., Ramírez Vargas, T., Toledo González, KK, Ramírez Moreno, E., & Guillén Velasco, S. (2022). ¿Qué microorganismos se encuentran en chorizos comercializados en México? Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de La Salud Universidad Autónoma Del Estado de Hidalgo , 10 (20), 288–292. https://doi.org/10.29057/icsa.v10i20.7270
20. Velasco Garcia, W. J., Pabón Baquero, L. C., & Hernández-Rodríguez, P. (2021). Potencial antimicrobiano de extractos de plantas medicinales y sus mezclas frente a bacterias asociadas con conjuntivitis. Nova, 19(36), 95–108. https://doi.org/10.22490/24629448.5294
21. Pande, S., & Sushma, M. (2016). Phytochemical and antimicrobial properties of Foeniculum vulgare. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 5(4), 25-34.
22. González-González, C. (2017). Uso de extractos vegetales para la conservación de alimentos: Enfoques sostenibles para la industria alimentaria. Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas, 48(3), 19-31.

23. Ochoa-Velasco, C., & Rodríguez, F. (2017). Influence of essential oils on the physical properties of processed meats: Moisture content and microbial growth. Journal of Food Quality, 40(12), 1756-1763.
24. Rattanachaikunsopon, P., & Phumkhachorn, P. (2010). "Antimicrobial activity of plant essential oils on foodborne pathogens and their application as food preservatives". International Journal of Food Science and Technology, 45(2), 122-129. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.02294.x
25. Pimentel, L., Barbosa, L. C. A., & Dantas, A. L. (2019). "Reduction of water activity in foods and its relationship with microbial stability". Food Research International, 115, 281-290. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.09.032

InvestiGO
Revista Científica Multidisciplinaria
ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Diciembre 2024
Vol. 5, No.13, PP.89-104
https://doi.org/10.56519/eqwd6b20

FOMENTANDO ESTILOS DE VIDA SALUDABLES: UNA ESTRATEGIA INNOVADOR PARA LA PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES CRÓNICAS NO TRASMISIBLES EN EL AMBIENTE LABORAL

PROMOTING HEALTHY LIFESTYLES: AN INNOVATIVE STRATEGY FOR THE PREVENTION OF CHRONIC NON-COMMUNICABLE DISEASES IN THE WORK ENVIRONMENT

Margarita Quesada Fernández[1], Daysi Pamela Acosta Lalaleo[2], Jessica Belén Arévalo Chavarrea[3], Jessica Tamara Asqui Reinoso[4], Jacqueline Alexandra Vallejo Altamirano[5], María Fernanda Zúñiga Peñafiel[6]

{mquesada@sangabrielriobamba.edu.ec[1], daysipameacosta1996@gmail.com[2], jessicabarevaloch@gmail.com[3], jesicaasqui21@gmail.com[4], jacquelinelvallejo@gmail.com[5], maferzuniga0703@gmail.com[6]}

Fecha de recepción: 18/11/2024 / Fecha de aceptación: 30/11/2024 / Fecha de publicación: 2/12/2024

RESUMEN: Las enfermedades crónicas no transmisibles son trastornos que tienden a progresar con el paso de los años, afectando especialmente a personas que desempeñan cargos administrativos, en los últimos años se ha identificado que el 74% de la población fue víctima de ECNT provocando discapacidad y mortalidad. Por ello el objetivo de estudio es identificar los factores de riesgo y los estilos de vida que contribuyen a la evaluación de estas enfermedades en los trabajadores administrativos. La metodología empleada es cuasiexperimental y se centra en evaluar el impacto laboral de los empleados del Instituto Tecnológico San Gabriel. Se interviene con tres fases reales en la primera se presenta el programa con beneficios para los participantes, la segunda fase desarrolla actividades para mejorar estilos de vida, y el tercero se evalúa el impacto de dichas actividades y planes a futuro para la mejoría de la salud. Se realiza la intervención con la aplicación del cuestionario EWM adaptado del West Central District Health Department de Nebraska quien valora los estilos de vida de los participantes, recolectando información como la alimentación, actividad física, consumos de sustancia

[1]Técnico Superior en Enfermería, Instituto Superior Tecnológico San Gabriel, Ecuador, https://orcid.org/0000-0001-9779-2136; +593 95 976 4716.
[2]Técnico Superior en Enfermería, Instituto Superior Tecnológico San Gabriel, Ecuador, https://orcid.org/0009-0001-1272-9216; +593 99 987 5575.
[3]Técnico Superior en Enfermería, Instituto Superior Tecnológico San Gabriel, Ecuador, https://orcid.org/0000-0002-7966-0129; +593 99 544 364.
[4]Técnico Superior en Enfermería, Instituto Superior Tecnológico San Gabriel, Ecuador, https://orcid.org/0009-0007-8580-9712; +593 98 451 9343.
[5]Técnico Superior en Enfermería, Instituto Superior Tecnológico San Gabriel, Ecuador, https://orcid.org/0009-0008-1597-2247; +593 98 328 1714.
[6]Técnico Superior en Enfermería, Instituto Superior Tecnológico San Gabriel, Ecuador, https://orcid.org/0009-0005-8957-5285; +593 99 949 7527.

nocivas como alcohol y tabaco, para concluir se evalúa el manejo del estrés. Los resultados obtenidos muestran un impacto positivo significativo en los participantes, evidenciando que el 64% de los participantes han presentado una mejora sustancial en sus estilos de vida saludables. Se ha observado que los participantes han incorporado hábitos saludables que han favorecido tanto en su bienestar personas como su desempeño laboral, logrando reducir el 15% los niveles de presión arterial y se registró una reducción en el ausentismo laboral. Estos hallazgos subrayan la efectividad de las intervenciones implementadas, lo cual traduce en una mejora integral en la calidad de vida de los trabajadores.

Palabras clave: Obesidad, Hipertensión arterial, Diabetes Mellitus, síndrome burnout

ABSTRACT: Chronic non-communicable diseases are disorders that tend to progress over the years, especially affecting people who hold administrative positions. In recent years, it has been identified that 74% of the population was a victim of NCDs, causing disability and mortality. Therefore, the objective of the study is to identify the risk factors and lifestyles that contribute to the evaluation of these diseases in administrative workers. The methodology used is quasi-experimental and focuses on evaluating the labor impact of the employees of the San Gabriel Technological Institute. The intervention involves three real phases: the first presents the program with benefits for the participants, the second phase develops activities to improve lifestyles, and the third evaluates the impact of said activities and future plans for improving health. The intervention is carried out with the application of the EWM questionnaire adapted from the West Central District Health Department of Nebraska, which assesses the lifestyles of the participants, collecting information such as diet, physical activity, consumption of harmful substances such as alcohol and tobacco, to conclude. Evaluates stress management. The results obtained show a significant positive impact on the participants, showing that 64% of the participants have presented a substantial improvement in their healthy lifestyles. It has been observed that the participants have incorporated healthy habits that have benefited both their personal well-being and their work performance, achieving a 15% reduction in blood pressure levels and a reduction in work absenteeism. These findings highlight the effectiveness of the implemented interventions, which translates into a comprehensive improvement in the quality of life of workers.

Keywords: Obesity, High blood pressure, Diabetes Mellitus, burnout syndrome

INTRODUCCIÓN

Este estudio adopta un enfoque innovador, considerando que, en muchas ocasiones, los beneficios priorizan el bienestar empresarial sin prestar atención suficiente a la salud de sus empleados. Por ello, en el ISTSGA se ha implementado una intervención innovadora enfocada en cuidar tanto la salud como el bienestar de los trabajadores. Este enfoque busca mejorar su desempeño laboral y prevenir el desarrollo de enfermedades crónicas que podrían impactar negativamente en ambos aspectos. En este contexto, este estudio tiene como objetivo identificar los estilos de vida que contribuyen al desarrollo de las ECNT en trabajadores administrativos, evaluando cómo factores como la alimentación, la actividad física y el manejo del estrés influyen

en su salud y productividad. La hipótesis planteada es que la implementación de programas de salud laboral puede mejorar la salud de los empleados, reducir el ausentismo laboral y aumentar su vitalidad y desempeño (1).

La adopción de estilos de vida saludables en el ámbito laboral ha ganado relevancia debido al impacto de las Enfermedades Crónicas No Transmisibles (ECNT) (2) .En la salud de los trabajadores y en la productividad de las organizaciones. Las ECNT, como la diabetes, la hipertensión y las enfermedades cardiovasculares, son algunas de las principales causas de morbilidad y mortalidad a nivel mundial. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), factores como una alimentación inadecuada, la inactividad física y el estrés son determinantes clave en el desarrollo de estas enfermedades, especialmente en el entorno laboral, donde las largas jornadas de trabajo y la alta presión pueden afectar negativamente el estilo de vida de los empleados (3).

A nivel mundial las enfermedades crónicas no transmisibles son las causantes del 74% de las defunciones además se causar discapacidades (4), mientras tanto en la Región de las Américas son un desafío constante pues representa el 81% en prospección de muertes prematuras causadas por las ECNT (5),en Ecuador en el 2022 las enfermedades no transmisibles representan el 76% de fallecimientos (6), es por ello que el Ministerio de Salud Pública ha incentivado la educación y prevención de estas enfermedades que por ende ahorrara en tratamientos largos y cada vez más complicados (7).

En los últimos años, ha cobrado mayor importancia la adopción de estilos de vida saludables en el ámbito laboral, dada la creciente evidencia de los efectos negativos de las ECNT en la salud de los trabajadores y en la productividad organizacional. Estas enfermedades son responsables de un alto porcentaje de los costos de atención médica y de la disminución en la eficiencia laboral. La OMS señala que la mala alimentación, la inactividad física y el estrés son factores de riesgo que contribuyen al desarrollo de estas enfermedades, especialmente en entornos laborales, donde el estilo de vida puede verse afectado por jornadas de trabajo largas y la constante presión por cumplir con los objetivos organizacionales (1).

En este sentido, invertir en la salud de los trabajadores no solo es crucial para proteger el bienestar individual, sino también para crear un entorno laboral más productivo y sostenible. Las organizaciones que promueven hábitos saludables demuestran un compromiso con la salud a largo plazo de sus empleados, lo que se traduce en una mejora en la calidad de vida de los trabajadores y en un ambiente laboral más comprometido y motivado. Diversos estudios han demostrado que la implementación de programas de salud y bienestar en el lugar de trabajo contribuye a la reducción del ausentismo laboral, mejora la satisfacción de los empleados y puede disminuir los costos médicos para las empresas, lo que resulta en una fuerza laboral más saludable y productiva (8).

El Instituto Superior Tecnológico San Gabriel (ISTSGA) ha identificado estos factores de riesgo dentro de su comunidad laboral y, al igual que muchas otras organizaciones, ha comenzado a buscar estrategias innovadoras para fomentar un estilo de vida saludable entre sus empleados.

(9). Estas estrategias no solo buscan prevenir las enfermedades crónicas, sino también mejorar la calidad de vida general del personal, lo que a su vez se refleja en una mayor eficiencia y rendimiento laboral (10). La relación entre la salud de los trabajadores y la productividad organizacional es evidente, ya que los empleados saludables tienden a estar más motivados, presentan menores tasas de ausentismo y contribuyen a una cultura laboral más positiva (7).

El Ministerio de Salud Pública del Ecuador ha lanzado varios programas dirigidos a grupos vulnerables con un enfoque en la medicina preventiva (11). Sin embargo, estos servicios aún son poco utilizados por la población trabajadora, que en muchos casos no cuenta con la información o el acceso adecuado a intervenciones preventivas en el trabajo. Esto hace que las iniciativas de las empresas, junto con el apoyo del sector público, sean esenciales para reducir la incidencia de ECNT en la fuerza laboral (12).

MATERIALES Y MÉTODOS

El enfoque metodológico de la siguiente investigación se fundamenta en un diseño de tipo cuasiexperimental, lo que significa que se busca evaluar la efectividad de una intervención sin contar con un grupo de control aleatorio. Este diseño permite estudiar los efectos de la intervención en un grupo específico de participantes, observando los cambios antes y después de la misma para poder analizar sus resultados (10).

La población estudiada consiste en los 63 colaboradores del Instituto Tecnológico San Gabriel, que incluyen personal docente, administrativo y de apoyo en el que se intercede con la aplicación del cuestionario EWM (11), adaptado del West Central District Health Department de Nebraska, diseñado para evaluar los estilos de vida de los participantes en áreas como la alimentación, la actividad física, el consumo de alcohol y tabaco, y el manejo del estrés el mismo que fue encontrado en el idioma español al que además se utiliza el coeficiente α de Cronbach (13), obteniendo el 0.77 confiabilidad. En este caso, no se utilizó una muestra, ya que se trabajó con toda la población disponible. El desarrollo del proyecto se estructuró en tres fases claramente diferenciadas.

La primera fase consistió en la socialización del proyecto con los colaboradores, en la que se expusieron los objetivos, las actividades y los beneficios del programa. En esta etapa, también se solicitó la firma del consentimiento informado y se aplicó un instrumento inicial para identificar posibles problemas de salud en los participantes. Adicionalmente, se realizaron mediciones periódicas de la tensión arterial y la glicemia capilar para obtener datos relevantes sobre el estado de salud de los trabajadores.

En la segunda fase, se procedió con el desarrollo y ejecución de la propuesta de acción en salud, utilizando los resultados obtenidos en la fase inicial. Esta etapa incluyó al intervenir con sesiones educativas centradas en nutrición implementando la alimentación como ejemplo el plato nutricional, actividad física que intervienen actividades moderadas dentro del lugar de trabajo y manejo del estrés pues las actividades laborales son agobiantes que ocupan el tiempo de ocio,

así hemos propuesto en crear hábitos saludables de manera atractiva, en un ambiente colaborativo y motivador que incentivara la adopción de nuevos comportamientos saludables.

La tercera fase estuvo dedicada a la evaluación de los resultados obtenidos y a la formulación de políticas y programas para fomentar conductas saludables entre los colaboradores del ISTSGA pues se obtendrá excelentes resultados si este tipo de investigaciones es parte de un proyecto de implementación de mejoras no solo para la institución sino también de sus colaboradores. Además, se verificó la efectividad del programa para implementar ajustes y mejorar las estrategias en futuras intervenciones.

Para la recolección de datos, se utilizó el cuestionario EWM (11), adaptado del West Central District Health Department de Nebraska, diseñado para evaluar los estilos de vida de los participantes en áreas como la alimentación, la actividad física, el consumo de alcohol y tabaco, y el manejo del estrés. Se incluyeron preguntas demográficas para complementar la información personal de los participantes. Además del cuestionario, se realizaron mediciones objetivas de salud, tales como la evaluación de la tensión arterial y la glicemia.

Estas mediciones se efectuaron en condiciones controladas, utilizando equipos calibrados y siguiendo protocolos estandarizados para garantizar la exactitud y fiabilidad de los datos obtenidos. La tensión arterial se midió en reposo, registrándose las lecturas en milímetros de mercurio (mmHg), mientras que la glicemia se evaluó mediante un glucómetro, lo que permitió obtener una evaluación rápida del estado metabólico de los participantes (14) (15). Estas variables fueron fundamentales, dado que están directamente asociadas con la frecuencia de enfermedades crónicas como la hipertensión y la diabetes, condiciones de relevancia en el ámbito laboral.

La información se gestionó en una base de datos creada con el programa Microsoft Excel, y para su análisis se empleó el software estadístico SPSS que abarcó tantos análisis descriptivos como comparativos. Se emplearon programas estadísticos para procesar la información, lo que facilitó la identificación de tendencias y patrones relevantes. Se utilizaron pruebas estadísticas adecuadas, como las pruebas t para muestras dependientes, con el objetivo de evaluar las diferencias entre los resultados antes y después de la intervención.

Este análisis no solo validó la efectividad del programa, sino que también brindó información valiosa para el diseño de futuras iniciativas de salud en el entorno laboral (16). Fue esencial que la investigación cumpliera con los principios éticos y bioéticos establecidos en el campo de la salud (17). Se garantizó que todos los participantes otorgaran su consentimiento informado, asegurándose de que comprendieran completamente los objetivos del estudio y su derecho a la confidencialidad.

La metodología y los métodos propuestos tuvieron como objetivo establecer un marco sólido y sistemático para evaluar la efectividad del programa de fomento de hábitos saludables. Mediante un enfoque cuasiexperimental, la investigación buscó aportar al conocimiento de cómo las intervenciones en salud pueden tener un impacto positivo en el bienestar de los trabajadores,

brindando información relevante que pudiera ser utilizada para optimizar las políticas de salud en el ámbito laboral (18).

RESULTADOS

Promover hábitos saludables, como una alimentación equilibrada, la actividad física regular y la gestión del estrés, es esencial para mitigar el riesgo de desarrollar ECNT. Las empresas desempeñan un rol crucial en esta promoción, creando entornos que faciliten el bienestar y fomenten la salud integral de sus empleados. La implementación de programas de salud ocupacional que incluyan educación, concienciación y recursos accesibles, contribuye a reducir el ausentismo y los costos asociados a la atención médica, al tiempo que se mejora la moral y el compromiso del personal.

Tabla 1. Características generales de la población de estudio según el género

Variable	Hombre		Mujer		Total	
	F	%	F	%	F	%
Género	26	41.3	37	58.7	63	100
Edad						
20 – 35	16	25.39	23	36.50	39	62
36- 49	9	14.28	11	17.46	20	31.7
50 o más	1	1.58	3	4.76	4	6.3

En las características generales de la población se obtuvo, que el 58.7% es de género femenino en la planta laboral del Instituto Tecnológico San Gabriel, además la población con un porcentaje de 62% pertenece dentro de los 20 a 35 años edad, mientras tanto tenemos un 31.7% en la población de 36 a 49 años de edad y finalizando también contamos con una población del 6.3% en edad de 50 años o más.

Tabla 2. Valoración de las dimensiones del cuestionario EWM adaptado

Variable	Calificación	Valor	%
Manejo del estrés y bienestar emocional	Rutinariamente	35	55.55
	Frecuentemente	18	28.57
	Algunas veces	10	15.88
Alimentación y nutrición	Rutinariamente	25	39.68
	Frecuentemente	23	36.50
	Algunas veces	15	23.82
Actividad física	Rutinariamente	18	28.57
	Frecuentemente	23	36.50
	Algunas veces	22	34.93
Salud preventiva	Rutinariamente	20	31.74
	Frecuentemente	32	50.79
	Algunas veces	11	17.46
Relaciones y apoyo social	Rutinariamente	35	55.55

	Frecuentemente	19	30.16
	Algunas veces	9	14.29
Desarrollo personal y espiritual	Rutinariamente	35	55.55
	Frecuentemente	19	30.16
	Algunas veces	9	14.29

En el manejo de las dimensiones del instrumento utilizado tenemos el ítem manejo del estrés donde el 55.55% de la población responde que rutinariamente maneja su estrés y lo canaliza hacia situaciones positivas a su carga laboral, sin embargo en la alimentación el 36.50% de la población estudiante rutinariamente no ha ingerido alimentos de forma saludable, siendo un punto importante la actividad física frecuentemente los beneficiarios no realizar más de una leve actividad, sin embargo dentro del apoyo emocional y espiritual rutinariamente lo mantienen.

Tabla 3. Evaluación de las variables de estilo de vida según el cuestionario EWM adaptado

Variable	Calificación	Hombres	%	Mujer	%	Total	%
Manejo del estrés y bienestar emocional	Rutinariamente	6	9.52	9	14.28	15	23.80
	Frecuentemente	11	17.46	9	14.28	20	31.74
	Algunas veces	9	14.28	19	30.15	28	44.44
Alimentación y nutrición	Rutinariamente	2	3.17	6	9.52	8	12.69
	Frecuentemente	12	19.04	18	28.57	30	47.61
	Algunas veces	12	19.04	13	20.63	25	39.68
Actividad física	Rutinariamente	12	19.04	11	17.46	23	36.50
	Frecuentemente	8	12.69	10	15.87	18	28.57
	Algunas veces	6	9.52	16	25.39	22	34.92
Salud preventiva	Rutinariamente	2	3.17	9	14.28	11	17.46
	Frecuentemente	6	9.52	17	26.98	23	36.50
	Algunas veces	18	28.57	11	17.46	29	46.03
Relaciones y apoyo social	Rutinariamente	14	22.22	9	14.28	23	36.50
	Frecuentemente	7	11.11	12	19.04	19	30.15
	Algunas veces	5	7.93	16	25.39	21	33.33
Desarrollo personal y espiritual	Rutinariamente	2	3.17	6	9.52	8	12.69
	Frecuentemente	18	28.57	24	38.09	42	66.66
	Algunas veces	6	9.52	7	11.11	13	20.63

En total, 63 individuos fueron evaluados, con un 23.80% en el nivel rutinario, 31.74% en frecuentemente y 44.44% en algunas veces en cuanto a manejo del estrés y bienestar emocional o del estrés entre ambos géneros es mínima, lo que sugiere una paridad en la percepción de bienestar emocional en este grupo. Se observa una mayor diferencia, con un 17.46% de hombres y un 14.28% de mujeres en el nivel frecuentemente. Esto podría indicar que los hombres tienden a sentirse más en control en comparación con las mujeres en esta categoría. En el nivel algunas veces, se destaca que un 14.28% de los hombres y un 30.15% de las mujeres se encuentran en esta categoría. Esto sugiere que las mujeres experimentan más dificultades en el manejo del estrés y el

bienestar emocional, lo que podría implicar la necesidad de estrategias específicas de apoyo para este grupo.

En cuanto a su alimentación y nutrición. Los resultados muestran que solo el 12.69% de los encuestados se encuentra en un nivel de rutinariamente consumen una alimentación y nutrición, mientras que un 47.61% está en el nivel frecuentemente un 39.68% en el nivel de algunas veces. Solo el 3.17% de los hombres y el 9.52% de las mujeres reportaron un nivel rutinariamente en alimentación y nutrición.

Aunque hay una mayor proporción de mujeres en esta categoría, ambos porcentajes son relativamente bajos, indicando que pocos individuos logran mantener una alimentación óptima. En el nivel frecuentemente, los hombres representan el 19.04% y las mujeres el 28.57%. Esto sugiere que tanto hombres como mujeres tienen una alimentación que podría mejorarse, pero se encuentran en una situación relativamente similar en este aspecto. Un 19.04% de los hombres y un 20.63% de las mujeres se sitúan en el nivel algunas veces. La proporción de hombres en esta categoría es notablemente alta, lo que podría indicar que enfrentan más desafíos en su alimentación y nutrición en comparación con las mujeres.

Contrario a las áreas anteriores, la actividad física presenta un mejor panorama, con el 36.5% de los encuestados en la categoría rutinaria, y un 19.04% de hombres en esta categoría. Sin embargo, se destaca que el 17.46% de las mujeres reportan una calificación baja, lo que sugiere una necesidad de intervención para fomentar la actividad física en este grupo.

En cuanto a la salud preventiva esta área muestra la mayor preocupación, con un 46.03% de las personas clasificadas como bajas en salud preventiva. Los hombres, en particular, muestran una mayor proporción (28.57%) en la categoría algunas veces en comparación con las mujeres (17.46%), lo que indica una falta de atención en la salud preventiva entre los hombres.

En la categoría de relaciones y apoyo social, el 36.50% de los participantes tiene una calificación alta, destacándose nuevamente los hombres (22.22% en rutinariamente), lo que sugiere que ellos pueden estar más satisfechos con su red de apoyo social. Las mujeres, por otro lado, presentan un 25.39% en la categoría Algunas veces, lo que puede indicar una necesidad de fortalecer los vínculos sociales. Mientras que el desarrollo personal muestra que el 66.66% de los encuestados se clasifican en la categoría media. Sin embargo, tanto hombres como mujeres tienen un bajo porcentaje en la categoría alta, lo que sugiere que hay espacio para el crecimiento en esta área.

La mayor proporción de mujeres en el nivel bajo de manejo del estrés y bienestar emocional podría ser un indicativo de factores sociales, culturales o individuales que afectan su bienestar emocional. La necesidad de intervenciones que se enfoquen en el estrés y bienestar emocional, especialmente dirigidas a las mujeres, podría ser un tema prioritario (19).

La baja representación en el nivel alto de alimentación y nutrición destaca la necesidad de intervenciones para mejorar hábitos alimenticios en ambos géneros. La distribución sugiere que, aunque las mujeres tienen una representación mayor en el nivel alto, también son significativas las proporciones en el nivel medio y bajo, lo que indica que tanto hombres como mujeres podrían beneficiarse de programas de educación nutricional y apoyo en la adopción de hábitos más saludables (20).

La mayor proporción de personas en niveles bajos y medios de actividad física sugiere que existen oportunidades para intervenciones de salud pública, como programas de concientización o acceso a instalaciones deportivas. Estos datos pueden servir como base para investigar las razones detrás de los niveles de actividad física y el impacto en la salud general de las diferentes poblaciones.

La alta proporción de personas en el nivel bajo resalta la urgencia de implementar programas de salud pública que fomenten la educación sobre la salud preventiva, así como el acceso a servicios de salud. Las estadísticas sugieren que se requiere un esfuerzo considerable para elevar la conciencia sobre la importancia de la salud preventiva, especialmente en grupos que actualmente no están involucrados en prácticas adecuadas (21).

Los datos revelan una clara disparidad en la percepción del bienestar entre géneros, particularmente en áreas relacionadas con el manejo del estrés y la salud preventiva. Las mujeres tienden a reportar niveles más altos de dificultades en el manejo del estrés y en la salud preventiva, mientras que los hombres presentan un mejor desempeño en relaciones sociales y actividad física. Esto sugiere la necesidad de desarrollar estrategias de intervención específica para cada género, enfocada en mejorar el bienestar emocional y promover hábitos saludables de manera más equitativa.

Tabla 4. Evaluación del estilo de vida según el cuestionario EWM adaptado

Variable	Hombres	%	Mujer	%	Total	%
Estilo de vida alto/Bueno	4	15.4	9	24.3	13	21
Estilo de vida medio/Regular	13	50	16	43.2	29	46
Estilo de vida bajo/Malo	9	34.6	12	32.5	21	33

El cuestionario aplicado presenta 4 opciones de respuestas con valor numérico de 1 a 4 para cada ítem y se califica por medio de una escala tipo Likert, (nunca = 1; a veces = 2; frecuentemente = 3; rutinariamente = 4) Para medir el estilo de vida: es la sumatoria de los 38 ítems obteniendo como valor mínimo de 38 y un máximo de 152 puntos.

Resultando en la valoración general:

1.- Estilo de vida alto/Bueno: 90- 152

2.- Estilo de vida medio/Regular: 60 – 89

3.- Estilo de vida bajo/Malo: 38 – 59

Considerando los resultados obtenidos de la distribución de estilos de vida entre hombres y mujeres, se analizaron las tendencias y las implicaciones de los resultados, donde un total del 21% de los participantes califica su estilo de vida como alto o bueno. Desglosando por género, solo el 15.4% de los hombres se ubican en esta categoría, en comparación con el 24.3% de las mujeres. Esto sugiere que las mujeres tienden a reportar un mejor estado general en sus hábitos de vida, lo cual podría reflejar una mayor conciencia o esfuerzo en mantener un estilo de vida saludable. La categoría medio/regular comprende el 46% de los encuestados.

En este caso, el 50% de los hombres se clasifican aquí, frente al 43.2% de las mujeres. Esto indica que, aunque un número considerable de personas lleva un estilo de vida regular, los hombres

son más propensos a situarse en esta categoría, lo que podría implicar un menor compromiso con hábitos más saludables en comparación con las mujeres. La proporción de personas con un estilo de vida bajo o malo es del 33%. En este caso, el 34.6% de los hombres y el 32.5% de las mujeres se encuentran en esta categoría, lo que muestra una distribución bastante similar entre géneros. Sin embargo, el hecho de que aproximadamente un tercio de ambos géneros se encuentre en esta categoría refleja una preocupación general sobre la salud y el bienestar en la población estudiada.

De igual manera para la validación de la confiabilidad según la consistencia interna de la escala se calculó el coeficiente α de Cronbach donde se obtuvo una puntuación de 0,77 considerándose aceptable para el estudio.

$$\alpha = \left[\frac{k}{k-1}\right] * \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2}\right] = \text{0,77 (ACEPTABLE)}$$

$\frac{k}{k-1}$= 1,04166666 $\sum S_i^2$ = 10,8860467 S_t^2 = 41,23011177

Los datos sugieren que, en general, las mujeres tienden a adoptar estilos de vida más saludables en comparación con los hombres, quienes muestran una mayor prevalencia de estilos de vida medios. Sin embargo, un número significativo de ambos géneros se encuentra en la categoría baja, lo que resalta la necesidad de intervenciones que promuevan hábitos saludables y un estilo de vida más activo y equilibrado. Por lo antes expuesto es crucial considerar programas específicos que aborden las diferencias de género y fomenten la educación sobre salud y bienestar para mejorar la calidad de vida de toda la población.

Teniendo en consideración los datos obtenidos en la valoración inicial se desarrolló un programa de promoción para la salud dirigido a los trabajadores de la institución beneficiaria considerando el uso de las TIC y las necesidades identificadas en el grupo de estudio. El programa implementado contó con la siguiente estructura:

General: Material de apoyo y consulta
Tema 1. Nutrición saludable
Tema 2. Riesgo y consecuencias del consumo nocivo
Tema 3. Beneficios de la actividad física
Tema 4. Salud emocional

Cuestionario de finalización del programa que permita medir el nivel de satisfacción y comprensión del contenido. Resultados obtenidos de la implementación del programa de promoción para la salud en los trabajadores del Instituto Superior Tecnológico San Gabriel.

Tabla 5. Valoración del estilo de vida luego de la intervención

Variable	Hombres	%	Mujer	%	Total	%
Estilo de vida alto/Bueno	7	26.9	15	40.5	22	34.9
Estilo de vida medio/Regular	17	65.4	16	43.3	33	52.4
Estilo de vida bajo/Malo	2	7.7	6	16.2	8	12.7

Para la valoración de estilos de vida en la categoría Bueno, con 34.9%, siendo destacado en las mujeres con 40.5% y en los hombres 26.9% lo que significa la implementación de estilos de vida que por ende mejore la calidad de vida en los colaboradores del ISTSGA, sin embargo existe es 52.4% que mantienen un estilo de vida regular pues en hombres hay un marcada con un 65.4% mientras en las mujeres hay 43.3 % siendo notable la diferencia, y para finalizar tenemos el 12.7% de personas que mantienen un estilo de malo o bajo, siendo con mayor relevancia en las mujeres con un 16.2% y en los hombres en 7.7 %. Es así que el proyecto se implementa para evitar enfermedades a corto o largo plazo.

Tabla 6. Nivel de satisfacción y comprensión del programa

Niveles de valoración	Satisfacción	%	Comprensión	%
Alto	48	76.2	45	71.4
Medio	12	19.0	11	17.4
Bajo	3	4.8	7	11.2

Al realizar las intervenciones se ha podido observar cambios fructíferos en cada uno de los participantes, obteniendo el 76.2% una satisfacción alta y una comprensión del 71.4% dando a evidenciar que la población está satisfecha y ha comprendido todos los procedimientos ya intervenidos en el proyecto que posteriormente puede adherirse a un mejor estilo de vida, sin embargo, aún existe una población que se rehúsa a los cambios y mejoras en su calidad de vida siendo este un 17.4%.

DISCUSIÓN

Los resultados derivados del análisis de los formularios de evaluación y satisfacción, así como de las mediciones pre intervención y post intervención, reflejan un panorama complejo respecto a la implementación del programa de prevención de enfermedades crónicas entre los trabajadores, un aspecto importante es que los estudio realizados en Cúcuta 2023 en una empresa de cerámica se intervino con 314 beneficiarios de sexo masculino (22), contraponiéndose a nuestra investigación donde consta de 63 participantes y de estos 37 pertenecen al sexo femenino. La investigación en primera instancia llevo a cabo una observación de los 63 participantes, donde afirmaron su participación dentro de esta problemática. Este grupo de trabajadores reportó cambios positivos en diversos aspectos de su vida diaria, incluyendo una mayor conciencia sobre la importancia de mantener hábitos alimenticios saludables y la práctica regular de ejercicio físico, una vez identificado el inicio de las futuras patologías crónicas y son los hábitos no saludables, la sobre carga laborar y el manejo de estrés que se corroboran con los resultados

obtenidos en Bogotá-Colombia 2018 donde mencionan que el estrés laboral es el factor principal que genera las ECNT en sus colaboradores (23). Es así que se implementa un programa en la institución aplicando mejoras fundamentales para que estos individuos pudieran identificar y aplicar prácticas más saludables en su rutina diaria.

En Ecuador, así como en países sub desarrollados se ha identificado que las enfermedades crónicas no transmisibles son el auge y están en aumento siendo estas a edades muy tempranas tal como los datos obtenidos en la investigación donde la población de mayor porcentaje comprende en edades de 20 a 35 años corroborando los datos de un estudio comparativo realizado en Cali-Colombia 2024 (24) donde menciona al igual que la población con mayor riesgo son de edades tempranas, además se ha podido identificar que se han generado ECNT a edades tempranas pues esto se debe a desviación en los hábitos saludables recomendados a toda la población.

Es por ello para evaluar el impacto del programa, se realizó una comparación exhaustiva entre las mediciones de presión arterial y las medidas antropométricas de los participantes en tres momentos clave: antes, durante y después de la implementación del programa. Este enfoque permitió observar cambios cuantificables en la salud de los trabajadores, proporcionando datos concretos sobre la efectividad de las intervenciones realizadas. Los resultados mostraron que, en promedio, los niveles de presión arterial disminuyeron en un 15%, lo que es un indicador positivo de la mejora en la salud cardiovascular de los participantes. Asimismo, las mediciones antropométricas revelaron reducciones significativas en el (IMC) índice de masa corporal y en la circunferencia de la abdominal, lo que sugiere una mejora en el control del peso y la composición corporal de los trabajadores.

En España 2020 (25) al realiza el estudio de los factores de riesgo implementaron una tarifa de impuesto añadido a los participantes evitando el consumo de comida empaquetada obteniendo mejores resultados no solo en la contextura sino también en la economía, ratificando los nuestros resultados en la que destaca que alrededor del 35% de los trabajadores manifestó mejoras parciales en su estilo de vida contextura y manejo de estrés, sin embargo seria de mayor productividad al implementar el impuesto añadido al consumo de alimentos chatarra o snacks, frituras entre.

Por ello los hallazgos obtenidos son de gran importancia, pero preocupante, ya que indica que, a pesar de la información y las herramientas proporcionadas, muchos no lograron implementar de manera efectiva los cambios necesarios en su rutina. Entre los factores que contribuyen a esta situación, el estrés emerge como uno de los más significativos. La evaluación cualitativa revela que varios participantes identificaron el estrés como un obstáculo importante que afecta su capacidad para adherirse a los cambios propuestos. Esta presión, tanto en el ámbito laboral como personal, parece limitar la motivación y el compromiso hacia un estilo de vida más saludable, lo que a su vez puede resultar en una resistencia a modificar hábitos arraigados.

Los testimonios recopilados durante la evaluación cualitativa subrayan la complejidad de la situación. Muchos trabajadores expresaron que, aunque estaban conscientes de la necesidad de adoptar hábitos más saludables, la carga de trabajo y las exigencias diarias dificultan la

implementación de estos cambios. Algunos mencionaron que el tiempo limitado para preparar comidas saludables o para realizar actividad física era una barrera significativa. Además, el estrés asociado a la presión laboral y a las responsabilidades personales generó un ciclo en el que la falta de tiempo y la ansiedad se retroalimentan, impidiendo la adopción de un estilo de vida más equilibrado.

La evaluación de satisfacción también arrojó resultados mixtos. Aunque aproximadamente el 80% de los participantes expresaron un alto nivel de satisfacción con el contenido del curso y su utilidad, un 20% señaló que, a pesar de comprender la importancia de adoptar hábitos saludables, la implementación de estos cambios se vio obstaculizada por la carga de estrés y la falta de tiempo. Este grupo de trabajadores manifestó que, aunque valoraban la información recibida, sentían que no contaban con las herramientas necesarias para gestionar el estrés de manera efectiva, lo que limitaba su capacidad para realizar cambios significativos en su estilo de vida, estos datos concuerdan con estudio realizado en un instituto universitario en Lima-Perú 2022 (26) donde mencionan que los problemas de los beneficiarios son los factores anexos al trabajo como el estrés, la mala alimentación y la falta de actividad física concordando con nuestra investigación (27).

Además, se identificó que la modalidad virtual de la capacitación presentó desafíos adicionales. Muchos participantes mencionaron que los distractores en su entorno doméstico dificultaron su concentración y compromiso durante las sesiones. Se sugiere que, si el programa se implementará de manera presencial, podría facilitar una mayor interacción, mayor motivación y un ambiente más propicio para el aprendizaje (28). Esto podría resultar en mejores resultados, ya que la interacción cara a cara permitiría un enfoque más personalizado y la creación de un espacio donde los trabajadores se sientan apoyados y menos propensos a las distracciones. Por lo tanto, se recomienda considerar la modalidad presencial para futuras intervenciones, lo que podría mejorar la efectividad del programa y la capacidad de los participantes para adoptar hábitos saludables de manera más consistente.

Esto sugiere que, para fomentar una transformación más efectiva en los estilos de vida, es crucial no solo proporcionar educación sobre salud, sino también abordar la gestión del estrés. Integrar técnicas de manejo del estrés en el programa podría ser una estrategia valiosa. Por ejemplo, se podrían ofrecer talleres sobre mindfulness (8), técnicas de respiración y ejercicios de relajación, así como la promoción de pausas activas durante la jornada laboral. Estas intervenciones podrían ayudar a los trabajadores a desarrollar habilidades que les permitan manejar mejor el estrés y, a su vez, facilitar la adopción de hábitos saludables (29).

Por lo tanto, se recomienda que futuras intervenciones incluyen estrategias específicas para ayudar a los trabajadores a manejar el estrés y promover un entorno laboral más saludable. Esto podría incluir la creación de espacios de trabajo que fomenten el bienestar, la implementación de programas de apoyo psicológico y la promoción de una cultura organizacional que valore el bienestar integral de sus empleados (30). En resumen, aunque el programa ha demostrado ser eficaz para un grupo de trabajadores, es fundamental reconocer y abordar las barreras que impiden que otros logren mejoras significativas en su salud y calidad de vida. Solo a través de un

enfoque integral que considere tanto la educación en salud como la gestión del estrés se podrá lograr un impacto duradero y positivo en la vida de los trabajadores (31).

CONCLUSIONES

El programa de promoción de la salud implementado en la institución beneficiaria ha tenido un impacto considerable en la mejora de la salud y el bienestar de los trabajadores. Un 64% de los participantes mostró mejoras significativas en su estilo de vida, lo que resalta la efectividad de la educación recibida sobre hábitos alimentarios y actividad física. Sin embargo, a pesar de estos avances, un 35% no logró realizar cambios sustanciales, lo que evidencia la complejidad del proceso.

La evaluación de las mediciones antes y después de la intervención mostró una reducción del 15% en los niveles de presión arterial, así como disminuciones en el índice de masa corporal (IMC) y la circunferencia abdominal. Estos resultados cuantificables reflejan mejoras significativas en la salud del corazón y el control del peso corporal de los empleados, respaldando la efectividad de las intervenciones realizadas.

Sin embargo, el estrés continuo sigue siendo un obstáculo importante para la integración de hábitos saludables en la vida diaria. Las declaraciones de los participantes revelan que la carga de trabajo y las exigencias diarias limitan su capacidad para implementar cambios, lo que subraya la necesidad de abordar no solo la educación en salud, sino también la gestión del estrés. La falta de tiempo y el estrés laboral parecen generar un ciclo que dificulta la aceptación de un estilo de vida equilibrado.

El análisis de la satisfacción del programa mostró resultados mixtos. Aunque un 80% de los involucrados se sintieron satisfechos con el contenido del curso, el 20% expresó que la implementación de cambios se vio obstaculizada por el estrés y la falta de tiempo. Esto indica que, aunque la información recibida fue valiosa, se requiere un enfoque más integral que incluya herramientas prácticas para gestionar el estrés. Asimismo, la modalidad virtual del programa presentó desafíos, como la distracción en el entorno doméstico. Se sugiere la combinación con la modalidad presencial ya que esta podría mejorar el compromiso y la efectividad del aprendizaje, fomentando una interacción más personalizada y un ambiente propicio para el cambio.

En base a estos hallazgos, se recomienda que futuras intervenciones integren estrategias para la gestión del estrés, tales como talleres de mindfulness y técnicas de relajación. Además, es fundamental construir un clima laboral que promueva la salud y el bienestar, con programas de apoyo psicológico y una filosofía empresarial que ponga en primer plano la salud de los empleados.

Aunque el programa ha tenido éxito en mejorar la salud de una parte significativa de los trabajadores, es esencial abordar las barreras que limitan la implementación de cambios en todos los participantes y continuar con la implementación del programa para obtener mejores resultados a largo plazo. Sólo mediante el trabajo continuo y personalizado, se obtendrá una repercusión positiva y duradera en el bienestar de los trabajadores

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alves D, Cirera Y, Giuliani A. VIDA CON CALIDAD Y CALIDAD DE VIDA EN EL TRABAJO. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. 2023 May; 16(30).
2. Organización Mundial de Salud. Enfermedades crónicas. [Online].; 2023 [cited 2024 09 12. Available from: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases.
3. Bastián P, César F, Nadia C, José D. Estilos de vida de adultos en cuarentena total y cuarentena parcial, durante la pandemia por COVID-19. Federación Española de Asociaciones de Docentes de Educación Física. 2023 Oct; 48(494).
4. Organización mundial de la salud. Enfermedades no trasmisibles. [Online].; 2023 [cited 2024 10 3. Available from: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases.
5. Ministerio de Salud Pública del Ecuador. Política Nacional para la Atención Integral de Enfermedades no Transmisibles 2023- 2027. [Online].; 2023 [cited 2024 11 01. Available from: https://intranet.msp.gob.ec/images/Documentos/Ley_de_Transparencia/2023_1/AGOSTO/Enlaces/21.%20Pol%C3%ADticas%20p%C3%BAblicas%20o%20informaci%C3%B3n%20grupo%20espec%C3%ADfico/Politica%20ENT%20para%20validar%20.pdf.
6. Cámara de Comercio de Quito. nfermedades no transmisibles: ¿Qué son y cuáles son las más comunes? [Online].; 2023 [cited 2024 11 2. Available from: https://ccq.ec/enfermedades-no-transmisibles-que-son-y-cuales-son-las-mas-comunes/.
7. Ministerio de Salud Pública. MSP promueve acciones para prevenir enfermedades crónicas en la población. [Online].; 2020 [cited 2024 11 03. Available from: https://www.salud.gob.ec/msp-promueve-acciones-para-prevenir-enfermedades-cronicas-en-la-poblacion/.
8. María M, Ortega G, Azúa M. Enfermedades crónicas no transmisibles y la calidad de vida en el Ecuador. Journal Scientific MQRInvestigar. 2023 Marzo; 7(1).
9. Posligua A, Llimaixo M, Espinoza F, Mullo P. Diseño y validación de los instrumentos para determinar la incidencia de los estilos de vidas modificables en estudiantes de enfermería. MÁS VIDA. 2022 Septiembre ; 4(4).
10. María M, Ortega G, Azúa M. Enfermedades crónicas no transmisibles y la calidad de vida en el Ecuador. Journal Scientific MQRInvestigar. 2023 Marzo; 7(1).
11. Ministerio de Salud Pública. "Política Nacional de Salud en el Trabajo 2019-2025" Pública MdS, editor. Quito; 2017.
12. Organización Mundial de la Salud. Protección de la salud de los trabajadores. [Online].; 2017 [cited 2024 096 02. Available from: https://n9.cl/hcafx
13. Videla A, Flores S, Barraza M, Carsalade N. Alpha de cronbach y su intervalo de confianza. Nutrición Hospitalaria. 2024 Marzo ; 41(1).
14. Ministerio de Salud Pública del Ecuador. Hipertensión Arterial Quito: Dirección Nacional de Normatización; 2019.
15. Ministerio de Salud Pública del Ecuador. Diabetes Mellitus tipo 2 Quito: Dirección Nacional de Normatización; 2017.

16. Ramos C. Diseños de investigación experimental. CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica. 2021 junio; 10(12): p. 10-11.
17. Martín S. APLICACIÓN DE LOS PRINCIPIOS ÉTICOS A LA METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN. Enfermería en Cardiología. 2013;: p. 58-59.
18. Rojas M, Jaimes L, Valencia M. Efectividad, eficacia y eficiencia en equipo de trabajo. Espacios. 2018;: p. 11.
19. Arias S. C,RCMC,GEA,CMdlPS,LTM,&MMM. EFECTOS DEL ESTRÉS EN EL DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE TRABAJADOR. Experiencias, Reflexiones y Resultados para el desarrollo de la Ciencia, Tecnología e Innovación. 2023 Sep; 3(Esp).
20. Laín S, Viñas B. Actividad física y deporte en los trastornos de la conducta alimentaria. Universidad de Castilla-La Mancha. C/ Cardenal Lorenzana. 2022 octubre ; 39(2).
21. Navarrete M, Galarraga N, Araujo I, Carmona C, Morocho E. Clima organizacional y rendimiento laboral del personal del ITCA. Ciencia Latina Internacional. 2023 Marzo - Abril ; 7(2).
22. Madero-Angarita LRRAyVBJ. Características Sociodemográficas y Factores de Riesgo Asociados a Enfermedades no Transmisibles en una Empresa de Cerámica. Universidad de Santander. 2023 Julio ; 28(14): p. 128.
23. Luisa B, Daissy Q, Ximena V, Héctor R. Factores determinantes psicosociales asociados a patologías de stress laboral en funcionarios administrativos en una EPS de Bogotá. Revista Salud Pública. 2018 Julio ; 20(5).
24. Eduardo Z, Guillermo R, Natalia Y, Ernesto B. Políticas públicas de promoción de la actividad física para prevenir enfermedades no transmisibles:estudio comparativo. bero-American Journal of Health Science Research. 2024 Sep; 4(2).
25. Miguel R, Fernando R, Maira R, Carlos F, Carlos G. Políticas alimentarias para prevenir la obesidad y las principales enfermedades no transmisibles en España: querer es poder. Elsevier España. 2019 Octubre ; 33(6).
26. Ochoa K, Alvarado CMM, Lesly R. Factores asociados con enfermedades no transmisibles en el personal docente y administrativo de una institución universitaria. Revista Medica Herediana. 2022 Enero; 32(4).
27. Mirón J, Alonso M, Iglesias H. Metodología de investigación en Salud Laboral. Medicina y Seguridad del trabajo. 2020 May; 10(203).
28. Wlaker S, Sechrist N, Pender N. Cuestionario de Estilo de vida II. 1995.
29. Solano K, Brito C, Peréz A, Bolivar J, Salas C. CALIDAD DE VIDA COMO AGENTE DINAMIZADOR DEL DESEMPEÑO LABORAL EN UNIVERSIDADES PÚBLICAS. AGLALA ISNN 2215-7360. 2019 Noviembre; 2(10).
30. Ramos C. Diseño de investigacion experiemntal. Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica. 2021 Nov; 10(12021).
31. Green A, Kinchen E. Los efectos de la meditación consciente sobre el estrés y el agotamiento en enfermeras. Journal of Holistic Nursing. 2021 Diciembre; 39(4).

InvestiGO
Revista Científica Multidisciplinaria
ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Diciembre 2024
Vol. 5, No.13, PP.105-118
https://doi.org/10.56519/q7jbbh36

OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE SECADO DE MADERA DE CIPRÉS (*CUPRESSUS SEMPERVIRENS*) PARA SU APLICACIÓN EN CONSTRUCCIÓN MEDIANTE MODELOS PREDICTIVOS

OPTIMIZATION OF THE DRYING PROCESS OF CYPRESS WOOD (*CUPRESSUS SEMPERVIRENS*) FOR ITS APPLICATION IN CONSTRUCTION THROUGH PREDICTIVE MODELS

Estefani Catherine Rojas Vallejo[1], María Isabel Uvidia Fassler[2], María Fernanda Rojas Vallejo[3], Michelle Caroline Bonilla Coca[4]

{erojval@upv.edu.es[1], muvidia@unach.edu.ec[2], mfrojas@unach.edu.ec[3], michelle.bonilla@unach.edu.ec[4]}

Fecha de recepción: 11/11/2024 / Fecha de aceptación: 30/11/2024 / Fecha de publicación: 2/12/2024

RESUMEN: Este estudio investigó el proceso de secado de la madera de *Cupressus sempervirens* mediante convección con aire caliente, un material importante en la construcción. El propósito fue analizar cómo varía el Porcentaje de Humedad Remanente (PHR) durante el proceso de secado, bajo tres temperaturas distintas (70, 80 y 90 °C) y con una velocidad de aire constante de 2 m/s. Se emplearon los modelos matemáticos de Newton-Lewis y Midilli para ajustar y prever el comportamiento del PHR. Los resultados indicaron que los valores del PHR se ajustaron correctamente a ambos modelos, lo que permitió controlar el proceso de secado de manera efectiva, preservando las propiedades físicas y estructurales de la madera. Estos modelos demostraron ser útiles para evitar un secado excesivo, manteniendo las características originales de la madera. Además, su simplicidad facilitó la gestión del proceso, lo cual es crucial para optimizar la calidad de la madera destinada a la construcción. El estudio también identifico que al utilizar estos modelos matemáticos no fue necesario realizar numerosos experimentos físicos, lo que redujo considerablemente el tiempo y los costos asociados al proceso. Esto resultó en una mayor eficiencia y sostenibilidad en la industria del secado de madera, al mismo tiempo que se mejoró la calidad del material. Los resultados sugieren que los modelos matemáticos de Newton-Lewis y Midilli son herramientas altamente efectivas y económicas para controlar el proceso de secado de la madera de *Cupressus sempervirens*. Estos modelos permiten predecir de manera precisa el comportamiento de la humedad durante el secado, lo que facilita la optimización de este proceso. Al aplicar estos modelos, se puede regular el secado de forma eficiente, evitando el deterioro de la madera debido a un secado excesivo o insuficiente, garantizando que la madera cumpla con los altos

[1]Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Riobamba-Ecuador, https://orcid.org/0009-0002-7818-9184.
[2]Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Riobamba-Ecuador, https://orcid.org/0000-0001-7862-4460.
[3]Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Riobamba-Ecuador, https://orcid.org/0000-0002-7105-5530.
[4]Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Riobamba-Ecuador, https://orcid.org/0000-0002-3247-8995.

estándares de calidad requeridos en la industria de la construcción, reduciendo los costos asociados a procesos de secado ineficientes y mejorando la sostenibilidad en el uso de recursos.

Palabras clave: Cinética de secado, Cupressus Sempervirens, modelo de secado de Newton-Lewis, modelo matemático Midilli

ABSTRACT: This study investigated the drying process of Cupressus sempervirens wood using hot air convection, a material important in construction. The aim was to analyze how the Remaining Moisture Percentage (RMP) varies during the drying process, under three different temperatures (70, 80, and 90 °C) and with a constant air velocity of 2 m/s. The Newton-Lewis and Midilli mathematical models were used to adjust and predict the behavior of the RMP. The results indicated that the RMP values fit both models accurately, allowing effective control of the drying process while preserving the physical and structural properties of the wood. These models proved useful in preventing excessive drying, maintaining the original characteristics of the wood. Additionally, their simplicity facilitated process management, which is crucial for optimizing the quality of wood intended for construction. The study also identified that using these mathematical models eliminated the need for numerous physical experiments, significantly reducing the time and costs associated with the process. This resulted in greater efficiency and sustainability in the wood drying industry, while also improving the quality of the material. The results suggest that the Newton-Lewis and Midilli mathematical models are highly effective and cost-efficient tools for controlling the drying process of Cupressus sempervirens wood. These models allow for precise prediction of moisture behavior during drying, facilitating the optimization of the process. By applying these models, the drying process can be regulated efficiently, preventing wood deterioration due to over- or under-drying, ensuring the wood meets the high-quality standards required in the construction industry, reducing costs associated with inefficient drying processes, and improving sustainability in resource usage.

Keywords: Drying kinetics, Cupressus Sempervirens, Newton-Lewis drying model, Midilli mathematical model

INTRODUCCIÓN

El secado de madera es un proceso fundamental en la industria forestal, especialmente en especies como el ciprés, que se utiliza en distintos ambitos, desde la construcción hasta la fabricación de muebles y elementos decorativos (1). Sin embargo, el proceso de secado de madera, particularmente el de especies con características particulares como el ciprés, puede ser complejo debido a la variabilidad en sus propiedades físicas y la influencia de factores ambientales (2).

El comportamiento de la madera principalmente está condicionado por su contenido de humedad (3), motivo por el cual es importante reducir el contenido de agua antes de ser usada en la construcción, llevándolo a un nivel adecuado según las condiciones del lugar de uso (4). Factor

que es esencial para asegurar que el producto final sea estable y funcione correctamente. En general, las industrias de la madera reciben la materia prima en su estado húmedo, lo que requiere procesos de secado previos para su posterior uso (5). Un manejo adecuado de este proceso es crucial para evitar defectos en la madera, como grietas o deformaciones, que puedan comprometer la calidad del producto final (6).

En este contexto, el diseño de modelos predictivos en el secado de ciprés se presenta como una herramienta clave para optimizar el proceso (7), proporcionando predicciones más precisas sobre el comportamiento de la madera durante el secado, en función de variables como temperatura, humedad relativa, tiempo y grosor de las piezas (8). Estos modelos, desarrollados a partir de técnicas estadísticas y de aprendizaje automático, pueden ayudar a mejorar la eficiencia del secado de madera, reducir pérdidas económicas y minimizar el impacto ambiental al reducir el consumo energético (9).

El presente artículo se basa en la aplicación de modelos predictivos para el secado de ciprés, explorando sus fundamentos, metodologías y resultados obtenidos en estudios recientes. Se pretende resaltar la importancia de estos modelos en la mejora del proceso industrial y su potencial para innovar en el sector forestal, con una visión integral permitiendo así la mejora de la calidad final producto (10).

El proceso de secado de plantas está influenciado por factores como la temperatura, el método, la humedad ambiental y la velocidad de secado, que afectan la conservación de sus propiedades y apariencia (11). La calidad del secado de madera se relaciona a la eficacia en la reducción o eliminación de humedad, lo cual varía según el tipo de material y las necesidades específicas de humedad residual (12). Para controlar este proceso, es esencial monitorear la cinética de secado mediante modelos matemáticos que predicen el comportamiento de las plantas durante la deshidratación.

Esta investigación tiene como objetivo optimizar el proceso para el secado de la madera de ciprés *(Cupressus Sempervirens)* para su uso en la construcción, a través de la implementación de modelos predictivos que simulen el comportamiento de la madera durante el proceso de secado. Mediante estos modelos, se busca ajustar las condiciones de secado para mejorar la eficiencia del proceso, reducir defectos como grietas y deformaciones, y garantizar la estabilidad dimensional y la calidad del producto final. Además, se pretende aumentar la sostenibilidad al optimizar los parámetros de secado y reducir el consumo energético. Para este estudio se aplicó el modelo de Newton-Lewis y Midilli.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio utiliza un enfoque experimental para examinar la cinética del secado, enfocándose en el análisis detallado del comportamiento del *Cupressus Sempervirens* a lo largo del proceso de secado, considerando variables clave como la temperatura y el tiempo. En esta investigación para obtener datos más eficientes y exactos se empleó el modelamiento de secado

bajo las teorías que establece Newton- Lewis y Midilli, lo que permitió ajustar modelos matemáticos cinéticos y visualizar los resultados de manera más controlada y optimizada.

Secado en el laboratorio

Para el estudio, se utilizaron tablones de madera de 10x10cm con un espesor de 2cm, los cuales fueron recolectados en el cantón Espejo, provincia de Carchi. El secado de la madera se realizó mediante un secador eléctrico. Para mantener la calidad composicional y la turgencia de la madera, la velocidad de secado se incrementó elevando la temperatura, siempre dentro de los límites que nos afecten el producto y su calidad final. Cabe resaltar que el aumento excesivo de la temperatura podría comprometer las propiedades físicas, químicas o biológicas de la madera. El secador utilizado fue capaz de mantener un flujo de aire con una temperatura controlada en un rango de 70 a 90˚C, y una velocidad de 0,1 a 3,0m/s ±0,05, medida mediante un anemómetro. Las muestras fueron pesadas mediante una balanza electrónica de alta precisión con una exactitud de 0,01g.

Determinación de la de humedad remanente

La proporción de humedad remanente se refiere a la cantidad de humedad que queda en el *Cupressus Sempervirens* después del proceso de secado o deshidratación. Esta proporción es esencial en diversas industrias, ya que la presencia de humedad residual puede afectar las propiedades del producto final. La determinación de la humedad remanente se expresa generalmente como un porcentaje del peso del material.

$$Humedad\ Remanente\ (\%) = (Peso\ Inicial\ Peso\ Inicial - Peso\ Seco) \times 100 \quad (1).$$

Peso Inicial: Es el peso en gramos del Cupressus Sempervirens antes del proceso de secado, Peso Seco: Es el peso en gramos del Cupressus Sempervirens después de completar el proceso de secado.

En la Figura 1 se ilustran los pasos seguidos para determinar la PHR. Los tablones de madera de *Cupressus Sempervirens* fueron secados mediante aire caliente con una velocidad de 2 m/s, a temperaturas de 70, 80 y 90 °C. Durante el proceso, se realizaron pesajes tanto al inicio como al final, en determinados intervalos de tiempo, para monitorear la pérdida de humedad.

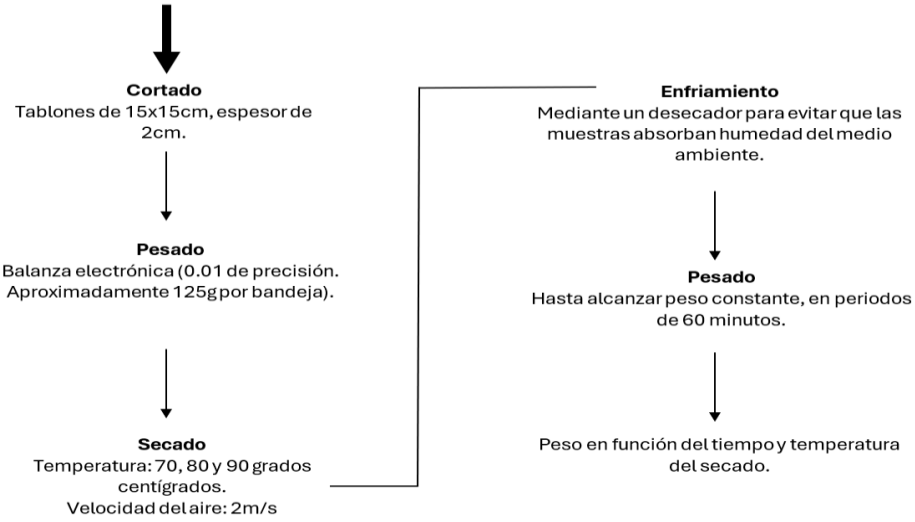


Figura 1. Secuencia de eventos ejecutados para obtener la proporción de humedad remanente.

La determinación de la humedad remanente es fundamental para asegurar que el *Cupressus Sempervirens* se encuentre dentro de los rangos aceptables para su uso específico. Un contenido de humedad excesivo puede ocasionar problemas como deterioro del producto, la pérdida de estabilidad y el crecimiento de microorganismos. Mientras que un secado excesivo podría resultar en la pérdida de propiedades esenciales del *Cupressus Sempervirens*.

Para obtener mediciones precisas de la humedad remanente, se emplean técnicas modernas como los analizadores de humedad, que proporcionan resultados más rápidos y exactos en relación con métodos tradicionales, como por ejemplo el secado en estufa y el pesaje continuo. El crucial ajustar el proceso de secado de madera en función de las necesidades del material y su aplicación final, con la finalidad de garantizar que se alcance la humedad remanente óptica.

Velocidad de secado

La velocidad de secado hace referencia a la rapidez con la que se elimina la humedad del *Cupressus Sempervirens* durante el proceso de secado o deshidratación. Este parámetro es crucial en diversas industrias, debido a que directamente influye en la eficiencia del proceso, además puede afectar la calidad final del producto. Factores como el tipo de *Cupressus Sempervirens*, temperatura, humedad relativa, espesor del material, flujo de aire y propiedades del agua generan un papel importante para determinar la velocidad de secado. Es fundamental gestionar este proceso con cuidado para evitar problemas como la formación de grietas, pérdida de propiedades del material o la variabilidad en la calidad. Lograr un equilibrio adecuado entre la velocidad de secado y la conservación de las características del material es clave para obtener resultados satisfactorios.

La velocidad o rapidez del secado puede determinarse aplicando la siguiente ecuación:

$$Velocidad\ de\ Secado\left[\frac{gramos\ de\ agua}{unidad\ de\ yiempo}\right] = \frac{dh(t)}{dt} \approx \frac{h(t+\Delta t) - h(t)}{\Delta t} \quad (2)$$

dh: proporción remanente de agua; t: tiempo; k: constante; h: humedad

Modelado del secado

El modelado del proceso de secado consiste en desarrollar ecuaciones matemáticas que describen como la humedad de un material disminuye a medida que transcurre el tiempo durante el secado. Estos modelos son herramientas esenciales para comprender y optimizar dicho proceso. Es fundamental validar los modelos con datos experimentales para garantizar su precisión y aplicabilidad. Los parámetros del modelo se ajustan con base obtenidos durante el secado real del material. La selección del modelo adecuado corresponde a las características del material y de las condiciones específicas del proceso de secado o deshidratación. Es común utilizar modelos combinados o adaptados para abordar las particularidades tanto del material como del sistema de secado. Así, los modelos se convierten en herramientas clave para la optimización y diseño de procesos de secado en diferentes sectores industriales.

Diversos estudios han demostrado la efectividad de modelos matemáticos ajustados a datos experimentales del porcentaje de humedad restante en el secado de maderas. En esta investigación, se empleó el modelo de Newton, derivado teóricamente bajo ciertas suposiciones que simplifican las soluciones de la segunda Ley de Fick. Este modelo asume que existen una relación directa entre el contenido promedio de agua y el tiempo de secado.

RESULTADOS

La determinación de la proporción de humedad remanente en relación con el tiempo fue realizada experimentalmente bajo tres condiciones de temperatura de secado: 70 °C, 80 °C y 90 °C. Para realizar este análisis, se pesaron las muestras de *Cupressus sempervirens* antes de iniciar el proceso de secado, con el fin de obtener un peso inicial de referencia. Posteriormente, se procedió a secar las muestras en las mencionadas temperaturas, realizando mediciones periódicas del peso hasta que este alcanzó un valor constante, lo que indica que el proceso de evaporación de la humedad había finalizado de manera efectiva.

El proceso de secado se consideró concluido cuando el peso de las muestras se estabilizó y no mostró cambios significativos en varias mediciones sucesivas. Este comportamiento de estabilidad del peso sugiere que la cantidad de humedad remanente en las muestras había llegado a un equilibrio con las condiciones ambientales de secado (13). Los datos obtenidos durante estos ensayos han sido utilizados para el modelado del proceso de secado, permitiendo el análisis de la relación entre el tiempo de secado y las diferentes temperaturas aplicadas.

La tabla 1 presenta los registros experimentales de los valores de la PHR (Porcentaje de Humedad Remanente) durante el proceso de secado de una muestra a una temperatura constante de 70 °C. A lo largo de 20 horas de secado, se observa cómo el peso de la humedad disminuye progresivamente, lo que provoca una reducción en el porcentaje de humedad remanente. Al

inicio (0 horas), el material tiene una humedad del 100%, y después de 20 horas de secado, la humedad remanente es del 21,99%. Esto indica que el proceso de secado es eficaz, eliminando gradualmente la humedad del material

Tabla 1. Registros experimentales de los valores de la PHR durante el secado a temperaturas de 70 °C.

Temperatura (°c)	Tiempo (horas)	Peso de la humedad (gramos)	Humedad (gramos)	Humedad (%) phr
70	0	500,73	0,00	100,00
	1	459,12	41,61	91,69
	2	407,73	93,00	81,43
	3	383,39	117,34	76,57
	4	359,62	141,11	71,82
	5	325,17	175,56	64,94
	6	309,25	191,48	61,76
	7	293,64	207,09	58,64
	8	258,19	242,54	51,56
	9	233,79	266,95	46,69
	10	217,56	283,17	43,45
	11	196,57	304,16	39,26
	12	171,80	328,93	34,31
	13	150,52	350,21	30,06
	14	133,33	367,40	26,63
	15	125,43	375,30	25,05
	16	118,77	381,96	23,72
	17	115,54	385,19	23,07
	18	110,43	390,31	22,05
	19	110,21	390,52	22,01
	20	110,12	390,62	21,99

La Tabla 2 presenta los registros experimentales de los valores de la Pérdida de Humedad Relativa (PHR) durante el secado de ciprés a 80 °C**.** Los datos incluyen el tiempo de secado en horas, el peso total del material, el peso de la humedad, la cantidad de humedad en gramos y el porcentaje de humedad restante. A lo largo del proceso de secado, el porcentaje de humedad disminuye progresivamente, comenzando en un 100% al inicio del secado (0 horas) y bajando gradualmente hasta estabilizarse alrededor del 21.9% al final del proceso (18 horas). Este comportamiento refleja la reducción de la humedad en el material conforme avanza el tiempo de exposición a la temperatura de 80 °C.

Tabla 2. Registros experimentales de los valores de la PHR durante el secado a temperaturas de 80 °C.

Temperatura (°c)	Tiempo (horas)	Peso de la humedad (gramos)	Humedad (gramos)	Humedad (%) phr
	0	500,90	0,00	100,00
	1	451,87	49,03	90,21
	2	401,16	99,75	80,09
	3	383,39	117,51	76,54
	4	342,80	158,11	68,44
	5	322,23	178,67	64,33
	6	295,99	204,91	59,09
	7	276,32	224,58	55,16
	8	232,59	268,32	46,43
80	9	216,14	284,77	43,15
	10	190,97	309,93	38,13
	11	160,27	340,64	32,00
	12	146,18	354,72	29,18
	13	129,68	371,23	25,89
	14	116,80	384,10	23,32
	15	113,23	387,68	22,60
	16	109,85	391,06	21,93
	17	110,03	390,87	21,97
	18	109,73	391,18	21,91

La Tabla 3 muestra los registros del Porcentaje de Humedad Remanente (PHR) durante el secado de un material a 90°C. En la tabla se presentan valores de tiempo, peso de la humedad, humedad (en gramos) y el porcentaje de humedad (%). Al inicio del experimento, cuando el tiempo es 0 horas, la humedad es del 100%. A medida que transcurre el tiempo de secado (de 1 a 16 horas), el peso de la humedad disminuye y, consecuentemente, la humedad (%) también se reduce al 21,32% al final del proceso de secado. Este comportamiento refleja la reducción progresiva de la humedad en el material a medida que aumenta el tiempo de exposición a la temperatura de 90°C.

Tabla 3. Registros experimentales de los valores de la PHR durante el secado a temperaturas de 90 °C.

Temperatura (°c)	Tiempo (horas)	Peso de la humedad (gramos)	Humedad (gramos)	Humedad (%) phr
90	0	501,09	0,00	100,00
	1	343,89	157,20	68,63
	2	411,88	89,21	82,20
	3	370,47	130,62	73,93
	4	345,45	155,64	68,94
	5	312,89	188,20	62,44
	6	287,21	213,88	57,32
	7	248,87	252,22	49,67
	8	210,31	290,78	41,97
	9	179,42	321,67	35,81
	10	161,66	339,43	32,26
	11	133,12	367,97	26,57
	12	121,94	379,15	24,34
	13	113,41	387,68	22,63
	14	111,29	389,80	22,21
	15	110,42	390,67	22,04
	16	106,83	394,26	21,32

Modelamiento de Secado: A continuación, se muestran los distinto modelamientos de secado.

Modelamiento de secado Newton- Lewis

El proceso de modelamiento del secado consistió en la formulación de ecuaciones matemáticas que describen cómo varía la humedad contenida en un material a lo largo del tiempo durante el proceso de secado. Esta tares se realizó mediante el modelo matemático de Newton- Lewis, el cual es ampliamente estudiado por su capacidad para representar la cinética de secado en materiales porosos. Este modelo asume que la tasa de pérdida de humedad está directamente relacionada con la diferencia de concentración de la humedad entre la superficie del material de estudio y su interior, lo que permite describir el traspaso de masa durante el proceso de secado de manera precisa (14).

El modelo de Newton- Lewis considera los cambios en la humedad en función del tiempo y de las condiciones del proceso de secado, tales como la velocidad del aire circundante y la temperatura (15). Para validar y ajustar el modelo, se emplearon los datos analizados obtenidos durante el proceso de secado realizados a diferentes temperaturas, como se mencionó previamente. La aplicación del modelo permitió predecir la evolución de la humedad a lo largo del tiempo, facilitando la comprensión del comportamiento del material durante el secado bajo distintas condiciones térmicas. Los resultados que se obtuvieron del modelado se evidencia en la Tabla 4, donde se detallan las ecuaciones formuladas y los parámetros utilizados para describir el proceso de secado.

Tabla 4. Modelamiento de secado Newton- Lewis

MODELO	TEMPERATURA	K	N	R2	RMS
Newton-Lewis	70	0,08624		0,99338	1,98896
	80	0,09403		0,99202	2,21626
	90	0,07973		0,94972	5,39847

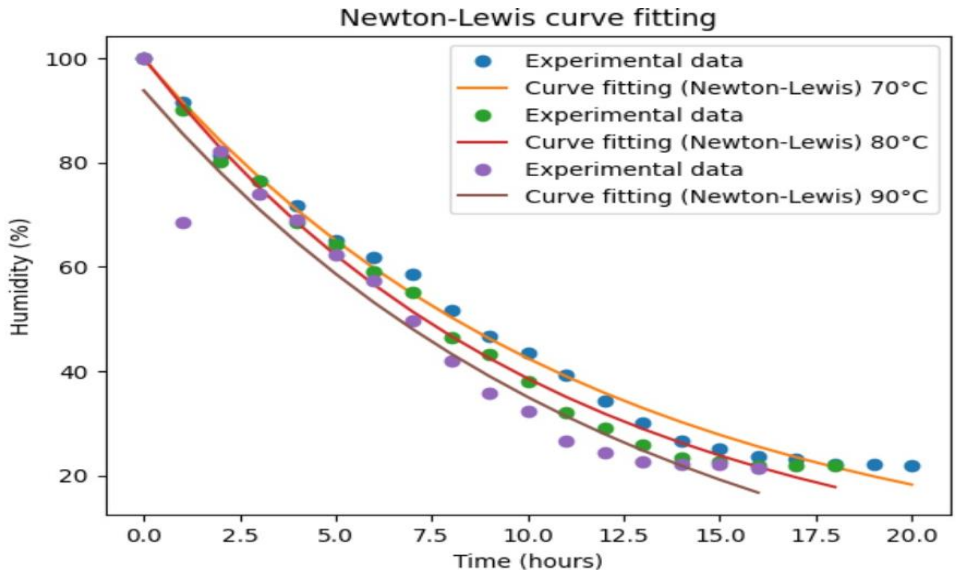


Figura 2. Modelamiento de secado Newton- Lewis

Temperaturas de secado 70, 80 y 90° C

Modelamiento de secado Midilli

El proceso de modelado del secado consistió en desarrollar un conjunto de ecuaciones matemáticas que describen cómo cambia la humedad de un material a lo largo del tiempo durante su secado bajo condiciones específicas. Para ello, se empleó el modelo matemático de Midilli, que hace referencia a la idea de que la velocidad de pérdida de humedad depende directamente de la diferencia de la concentración de humedad entre la superficie del material y el interior del material, lo cual favorece la transferencia de masa desde el interior hacia la superficie y facilita la evaporación del agua (16). Una de las ventanas principales del modelo de Midilli es la capacidad de considerar tanto los cambios en la humedad del material a lo largo del tiempo como las condiciones externas, tales como la velocidad del aire y la temperatura, que influyen en el proceso de secado (17). Estos factores son determinantes para una representación precisa del fenómeno, ya que la temperatura afecta la tasa de evaporación y la circulación del aire incide en la rapidez con la que la humedad es eliminada de la superficie.

Para validar y ajustar el modelo a las condiciones experimentales específicas, se utilizaron datos obtenidos en ensayos de secado realizados a distintas temperaturas y con diferentes flujos de aire. Estos datos, que incluyeron mediciones de la humedad residual del material en diversos momentos, fueron esenciales para calibrar el modelo y garantizar su fiabilidad. A partir de esta

información, se pudieron determinar los parámetros que mejor describen el comportamiento del material durante el proceso de secado.

Gracias a la aplicación del modelo de Midilli, fue posible predecir con mayor precisión la variación de la humedad con el tiempo, lo que facilitó una mejor comprensión del comportamiento del material bajo distintas condiciones térmicas y de secado. Este enfoque no solo ofrece información valiosa sobre la eficiencia del proceso, sino que también contribuye a optimizar las condiciones operativas para lograr un secado más eficiente y controlado. Los resultados obtenidos mediante el modelado se presentan en la Tabla 5, en la que se detallan las ecuaciones formuladas y los parámetros utilizados en las simulaciones del proceso de secado. Estos resultados proporcionan una visión más clara de las interacciones entre las variables clave involucradas y sirven como base para futuras investigaciones y aplicaciones industriales en el ámbito del secado de materiales.

Tabla 3. Modelamiento de secado Midilli

Modelo	Temperatura	K	N	R2	RMS
Midilli	70	0,07349	1,12418	0,99385	1,91598
	80	0,07466	1,18665	0,99304	2,07079
	90	0,02952	1,70663	0,95228	5,25907

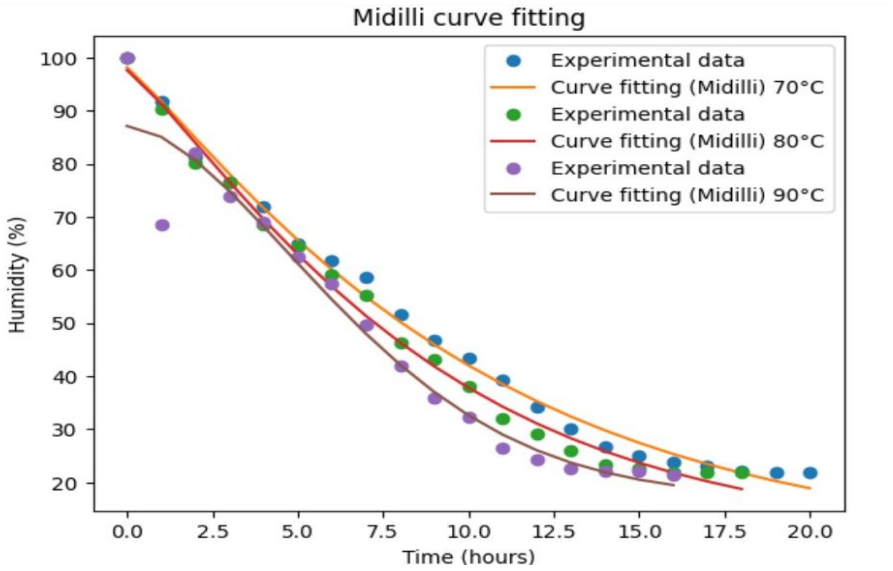


Figura 3. Modelamiento de secado Midilli

Temperaturas de secado 70, 80 y 90° C

DISCUSIÓN

La presente investigación presenta un estudio sobre el proceso de secado de muestras de *Cupressus sempervirens* a distintas temperaturas (70 °C, 80 °C y 90 °C) para determinar la proporción de humedad remanente en relación con el tiempo. El análisis experimental muestra

cómo la humedad disminuye a medida que el tiempo de secado avanza, alcanzando una estabilización que indica la finalización del proceso. Los resultados obtenidos de las mediciones de peso a lo largo del tiempo fueron utilizados para modelar el proceso de secado a través de dos enfoques matemáticos: el modelo de Newton-Lewis y el modelo de Midilli. Ambos modelos permiten comprender la cinética de secado bajo distintas condiciones térmicas, facilitando la predicción de la evolución de la humedad durante el proceso (18).

Uno de los aspectos más relevantes del estudio es la comparación entre los dos modelos de secado. El modelo de Newton-Lewis, conocido por su simplicidad y eficacia en materiales porosos, mostró buenos resultados al predecir la pérdida de humedad en función del tiempo, con un alto valor de R^2 (19). Este modelo, sin embargo, tiene limitaciones al no considerar ciertos factores complejos, como los cambios en las propiedades internas del material durante el secado (20). En contraste, el modelo de Midilli, que integra más variables como la velocidad del aire y la temperatura, ofrece una representación más detallada del proceso de secado (21). No obstante, el ajuste de este modelo fue algo menos preciso, especialmente a temperaturas más altas, lo que sugiere que su capacidad predictiva puede verse afectada en condiciones extremas.

A través de la comparación de los datos experimentales con las predicciones de ambos modelos, se observa que la temperatura juega un papel crucial en la velocidad de secado. A medida que la temperatura aumenta, el proceso de evaporación de la humedad se acelera, reduciendo el tiempo necesario para alcanzar la humedad residual deseada (22). Sin embargo, este aumento de temperatura también podría generar riesgos de deterioro del material, un factor que debe ser considerado al implementar estos modelos en aplicaciones industriales (23). Así, el estudio subraya la importancia de optimizar las condiciones de secado para mejorar la eficiencia sin comprometer la calidad del material.

Este tipo de investigaciones resulta fundamental para la industria del secado de materiales, ya que permite predecir y controlar el proceso de manera más eficiente (24). Si bien los modelos utilizados muestran un buen ajuste en la mayoría de los casos, es necesario seguir investigando para mejorar su precisión y aplicabilidad, especialmente bajo condiciones operativas variables o con materiales de características diferentes (25). El trabajo demuestra cómo la combinación de experimentación y modelado matemático puede ofrecer soluciones valiosas para optimizar procesos industriales.

CONCLUSIONES

Este estudio analizó el comportamiento de la madera de *Cupressus sempervirens* durante su secado por convección con aire caliente, un proceso crucial para preparar materiales utilizados en la construcción. Se evaluaron tres temperaturas de secado (70, 80 y 90 °C) con una velocidad constante de circulación de aire de 2 m/s. Los resultados obtenidos utilizando los modelos matemáticos de Newton-Lewis y Midilli para determinar el Porcentaje de Humedad Remanente (PHR) mostraron una excelente concordancia con los datos experimentales, lo que valida la aplicabilidad de estos modelos para describir el proceso de secado de esta madera.

La aplicación de estos modelos ha permitido establecer una relación matemática precisa entre el PHR, el tiempo de secado y la temperatura, lo cual es de gran utilidad para la industria de la construcción. Estos modelos facilitan la predicción de cómo la humedad evoluciona bajo distintas condiciones operativas, lo que optimiza los procesos industriales de secado de maderas. Esto resulta fundamental para mejorar la calidad de la madera y garantizar su adecuación para su uso en la construcción.

Además, los resultados obtenidos permiten establecer condiciones de secado controladas que aseguran la conservación de las propiedades mecánicas y estéticas de la madera. Un secado adecuado es esencial para preservar las características estructurales y la durabilidad de la madera, impactando directamente en la seguridad y longevidad de las edificaciones. En conjunto, el uso de modelos matemáticos como Newton-Lewis y Midilli contribuye a un proceso de secado eficiente y controlado, mejorando la calidad de los materiales para la industria maderera y la construcción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Pallardy, S. G. (2008). *Physiology of Woody Plants*. Academic Press.
2. Moya, R., & Lema, P. (2017). *Maderas y su Aplicación en la Construcción: Propiedades y Procesamiento*. Editorial Universitaria
3. Pallardy, S. G. (2008). *Physiology of Woody Plants*. Academic Press.
4. Carter, P. A. (2005). *Drying of Lumber: A Practical Guide for Forest Products Professionals*. Forest Products Society.
5. Foglia, R. C. (2005). Conceptos básicos sobre el secado de la madera. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, *2*(5), 88-92. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5123396
6. Iglesias, G. (2009). *Tecnología de la Madera y sus Aplicaciones*. Ediciones Mundi-Prensa.
7. Zhang, S. Y., & Zhang, W. (2010). *Wood Properties and Their Implications for Wood Processing*. Wood Science and Technology, 44(6), 601-612.
8. Cohen, D., & Diaz, M. (2011). *Tecnología de Secado de Madera: Métodos y Defectos*. Ediciones Técnicas Forestales.
9. Kumar, P., & Murugan, S. (2017). *Application of Machine Learning Techniques in Wood Drying Process Optimization*. *Journal of Wood Science*, 63(6), 532-543.
10. Jia, Y., & Sun, Y. (2017). *Predictive Models in Wood Drying Process Optimization*. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 115, 708-717.
11. Hassan, M. M., & Shama, L. M. (2021). *The role of environmental conditions in the preservation of plant quality during drying. International Journal of Food Science*, 56(7), 3451-3460.
12. Yang, W., & Zhang, H. (2017). *Modeling and optimization of drying processes for food products: The effect of moisture content on drying efficiency. Food Bioprocess Technology*, 10(4), 586-596.

13. Chauhan, S., & Sah, S. (2015). "Wood Drying and its Effect on Wood Properties"**.** *International Journal of Forestry Research*, 2015, 1-11.
14. Díaz, M. S., & González, M. F. (2011). "Tecnología de Secado de Madera: Métodos y Defectos"**.** Ediciones Técnicas Forestales.
15. McDonald, D. R. (2010). "Wood and Wood Products: Measurement and Testing Methods"**.** *Wood Science and Technology.*
16. Cai, L., & Zhang, Z. (2012). "Moisture Content Determination in Wood". *Forest Products Journal*, 62(4), 292-299.
17. Torelli, N., & Gallo, M. (2016). "Moisture Measurement and Control in Wood Processing". *Wood Science and Technology*, 50(1), 47-60.
18. Gordón, A., & Prieto, J. (2016). *Control del proceso de secado de madera y sus efectos sobre la calidad del producto*. *Revista de Tecnología de Maderas*, 23(4), 321-335.
19. García, M., & Martínez, L. (2018). *Estudio de la cinética de secado en maderas tropicales y su relación con las propiedades finales*. *Forests*, 9(7), 398-410.
20. Kucuk, A., & Dincer, I. (2010). *Mathematical modeling of the drying process of wood: A review*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(8), 2421-2433.
21. Alavi, S. M., & Smith, R. S. (2009). *Modeling of drying process for various materials: A review*. *Drying Technology*, 27(7), 822-832.
22. Liu, Z., & Zhou, G. (2017). *Mathematical models for drying kinetics of agricultural products*. *Food Engineering Reviews*, 9(2), 70-85.
23. Papadakis, V. (2004). *Mathematical modeling of drying and transport of moisture in wood and other porous materials*. *Drying Technology*, 22(6), 1525-1539.
24. Jang, S., & Lee, S. (2007). *Mathematical modeling of drying behavior of wood and its application to the drying of wood products*. *Wood Science and Technology*, 41(1), 33-46.
25. Hernández, L. F., & Torres, A. P. (2010). *Modelos de secado y su aplicación en materiales porosos: Un enfoque basado en la ley de Fick y el modelo de Newton*. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 9(3), 137-145.

InvestiGO
Revista Científica Multidisciplinaria
ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Diciembre 2024
Vol. 5, No.13, PP.119-140
https://doi.org/10.56519/g7544y89

IMPACTO ECONÓMICO Y PSICOSOCIAL DE LA ELIMINACIÓN DEL SUBSIDIO A LOS COMBUSTIBLES EN LOS CONDUCTORES DE TAXI

ECONOMIC AND PSYCHOSOCIAL IMPACT OF THE ELIMINATION OF THE FUEL SUBSIDY ON CAB DRIVERS

Yesenia Vallejo[1], Rodrigo Baquero[2], Johana Alvarado[3], María Arteaga[4], María Mendoza[5]

{y.vallejo@sangabrielriobamba.edu.ec[1], r.baquero@sangabrielriobamba.edu.ec[2], jg.joha@hotmail.com[3], mariaelenaarteaga@hotmail.com[4], carmitamen72@gmail.com[5]}

Fecha de recepción: 30/10/2024 / Fecha de aceptación: 30/11/2024 / Fecha de publicación: 2/12/2024

RESUMEN: El pasado 26 de junio del 2024 el gobierno ecuatoriano tomó la decisión eliminar el subsidio a las gasolinas Extra y Ecopaís, mediante el Decreto Ejecutivo No. 308, buscando reducir el gasto público y fomentar el consumo eficiente de los recursos energéticos. Esta investigación analiza el impacto de dicha medida en los conductores de taxi de Riobamba, quienes dependen del combustible para su trabajo diario. Para ello se aplicó una investigación de tipo mixto combinando enfoques cuantitativos y cualitativos, asimismo se examinaron las repercusiones psicosociales generadas por las dificultades económicas asociadas a esta decisión, con este fin se ocupó una muestra de 100 miembros de una cooperativa de taxis de Riobamba, la recolección de datos se realizó mediante una encuesta de 27 preguntas, logrando recabar información como edad, género, situación socioeconómica, nivel educativo y percepciones personales de los efectos psicosociales. Los resultados muestran que el 89% de los encuestados ha experimentado una disminución en sus ingresos y, como consecuencia, el 71% ha optado por aumentar su jornada laboral entre una y cinco horas diarias. Esta carga adicional ha provocado que el 49% de los participantes exprese insatisfacción con su labor diaria y que el 51% considere moderadamente difícil mantener un equilibrio entre el trabajo y la vida familiar, viéndose obligados a sacrificar tiempo de calidad con sus seres queridos. En conclusión, los resultados revelan una clara vulnerabilidad económica en los conductores de taxi de Riobamba, quienes enfrentan mayores jornadas y menos tiempo familiar para compensar la pérdida de ingresos, además se demostró un incremento en el estrés y la aparición de problemas de salud mental.

[1]Tecnología Superior en Contabilidad, Instituto Superior Tecnológico San Gabriel - Ecuador; https://orcid.org/0009-0007-9797-0706; +5930994622539

[2]Tecnología Superior en Contabilidad, Instituto Superior Tecnológico San Gabriel - Ecuador; https://orcid.org/0009-0002-7371-7419; +5930987326097.

[3]Tecnología Superior en Contabilidad, Instituto Superior Tecnológico San Gabriel - Ecuador; https://orcid.org/0009-0007-4339-6606; +5930982790944.

[4]Tecnología Superior en Contabilidad, Instituto Superior Tecnológico San Gabriel - Ecuador; https://orcid.org/0009-0001-5944-2888; +5930985579361.

[5]Tecnología Superior en Contabilidad, Instituto Superior Tecnológico San Gabriel - Ecuador; https://orcid.org/0009-0002-8762-3915; +5930984246862.

Palabras clave: Subsidio, impacto económico, impacto psicosocial, costos de operación, condiciones laborales, estrés

ABSTRACT: On June 26, 2024, the Ecuadorian government made the decision to eliminate the subsidy on Extra and Ecopaís gasoline, through Executive Decree No. 308, seeking to reduce public spending and promote the efficient consumption of energy resources. This research analyzes the impact of this measure on taxi drivers in Riobamba, who depend on fuel for their daily work. To this end, a mixed-type research was applied combining quantitative and qualitative approaches, and the psychosocial repercussions generated by the economic difficulties associated with this decision were examined. For this purpose, a sample of 100 members of a taxi cooperative in Riobamba was used. Data was collected through a 27-question survey, collecting information such as age, gender, socioeconomic status, educational level, and personal perceptions of psychosocial effects. The results show that 89% of respondents have experienced a decrease in their income and, as a result, 71% have chosen to increase their working hours by between one and five hours a day. This additional burden has caused 49% of participants to express dissatisfaction with their daily work and 51% to consider it moderately difficult to maintain a balance between work and family life, forcing them to sacrifice quality time with their loved ones. In conclusion, the results reveal a clear economic vulnerability in taxi drivers in Riobamba, who face longer hours and less family time to compensate for the loss of income. In addition, an increase in stress and the appearance of mental health problems was demonstrated.

Keywords*: *Subsidy, economic impact, psychosocial impact, operating costs, working conditions, stress

INTRODUCCIÓN

En Ecuador los subsidios corresponden a incentivos que entrega el gobierno, con el objetivo de promover políticas económicas (1), conforme lo establece el Art. 285 de la Constitución de la República del Ecuador uno de objetivos de la política fiscal es promover redistribución del ingreso por medio de transferencias, tributos y subsidios que permitan mejorar el bienestar social de la población, especialmente de los sectores más vulnerables (2).

De esta manera, en Ecuador, existe gran cantidad de subsidios, tanto en términos monetarios como en variedad de tipos; sin embargo, el que esta investigación enfocará es el subsidio a los combustibles. Esto se debe no solo a su gran impacto en la economía, sino también a que, con el tiempo, sus objetivos originales cambiaron, convirtiéndose en un subsidio regresivo (1). Es decir, se trata una subvención en la cual los principales beneficiarios son las personas o grupos que generan mayor ingreso, en lugar de aquellos con vulnerabilidad, lo que aumenta la desigualdad económica.

Tomando en cuenta que un subsidio debe caracterizarse por ser temporal, estar adecuadamente focalizado a los sectores vulnerables, y ser eficaces, de modo que tanto el Estado como los

beneficiarios obtengan ventajas (1). Se puede observar que, tras 50 años de consumir combustibles subsidiados, es común percibirlos como un derecho, dejando de lado su propósito original, En este contexto las justificaciones para la eliminación del subsidio a los combustibles fundamentan en la espera de reducir el gasto público, combatir el contrabando, corregir la focalización de dichos subsidios y fomentar un consumo eficiente de los recursos energéticos (3).

De esta forma en un esfuerzo por reducir el gasto público y promover la sostenibilidad ambiental, el gobierno ecuatoriano ha implementado una política de eliminación de los subsidios a la gasolina extra y ecopaís. Así, Con fecha 26 de junio de 2024 el Gobierno oficializó la eliminación del subsidio a las gasolinas Extra y Ecopaís, mediante Decreto Ejecutivo 308 (4).

Esta medida ha generado un amplio debate debido a sus posibles repercusiones en distintos sectores de la sociedad, especialmente en aquellos que dependen directamente del uso de combustibles, como es el caso de los conductores de taxi. Se cree que esta decisión del gobierno tiene un impacto directo en los costos operativos de este gremio, quienes dependen del combustible para realizar su trabajo diario. Este aumento puede reducir sus ingresos netos, afectando la capacidad para mantener operativos sus vehículos, pagar sus gastos personales y familiares, e incluso a causa de la incertidumbre financiera y la reducción de ingresos pueden aumentar sus niveles de estrés y ansiedad (5).

Por otro lado, el Reglamento Codificado de Regulación de Precios de Derivados de Hidrocarburos establece, en su Art 2. Los precios de venta de derivados de hidrocarburos para el segmento automotriz. Especifica que; para la gasolina extra y ecopaís, a partir de agosto de 2024, el gobierno establecerá un sistema de bandas de estabilización para prevenir grandes variaciones en los precios de los combustibles (6). Este sistema permitirá que los precios se ajusten mensualmente de acuerdo con los cambios en los precios internacionales del petróleo, con un límite de aumento del 5% y una reducción mínima del 10% (7).

En este contexto, la eliminación de los subsidios ha generado controversia, ya que busca corregir desequilibrios económicos, pero podría impactar a diferentes sectores de la población (8). Con el fin de anticipar posibles oposiciones, el Gobierno ha anunciado que ofrecerá compensaciones a 84.000 propietarios de taxis, tricimotos y camionetas de alquiler (9), esta medida esta reglamentada mediante el Decreto ejecutivo 306 (10), con el objetivo de evitar el alza de tarifas que el ciudadano paga por el uso de transporte público.

Finalmente, para ilustrar la afectación que enfrenta este gremio, se tomó como referencia la Canasta Familiar Básica (CFB), la cual representa un grupo de bienes y servicios esenciales para cubrir necesidades básicas de un hogar, compuesto por cuatro miembros con 1,6 personas generadoras de ingresos, que ganan un salario básico unificado, lo que equivale un valor de 858.67 (11).

En boletín técnico de Índice de Precios al Consumidor, emitido por el INEC (12), se establece que la Canasta Básica familiar en septiembre de 2024 costó USD 803.32, Por su parte la Canasta Vital

tuvo un costo de USD 561,58. Sin embargo, quienes hacen estos cálculos basan sus estimaciones en un tamaño familiar promedio y en ingresos aproximados, sin considerar que cada familia es única y tiene necesidades diferentes. Por ello, no es posible garantizar que todas las familias vean satisfechas sus necesidades de la misma manera (13).

Además, es importante considerar que dicha canasta se calcula en función del Salario Básico Unificado (SBU) para los trabajadores en general que a partir del 1° de enero de 2024, según Acuerdo del Ministerio del Trabajo Nro. MDT-2023-175 del 15 de diciembre de 2023; publicado en Registro Oficial Suplemento Nro. 466 de fecha 28 de diciembre de 2023, se fijó en 460.00 (14).

El objetivo de este estudio pretende analizar el impacto económico que enfrenta el sector de taxis en la ciudad de Riobamba, así como examinar las consecuencias psicosociales que dicho impacto genera en los propietarios de los vehículos, comprendiendo tanto el grado de afectación en la sostenibilidad económica de los taxistas como las repercusiones emocionales, sociales y familiares que esta situación provoca en ellos. De este modo, el estudio proporcionará una visión integral de los retos que enfrentan los conductores de taxis frente a las condiciones actuales del mercado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se benefició de una combinación de métodos cualitativos y cuantitativos, lo que permitió un enfoque integral sobre el impacto económico y psicosocial. Con un alcance explicativo, se buscó identificar los factores que aumentaron o mitigaron los efectos psicosociales negativos, analizando cómo la presión financiera influyó en el bienestar emocional de los conductores. Asimismo, se adoptó un enfoque descriptivo que reflejó cómo la eliminación del subsidio afectó a los conductores de taxi en términos de sus finanzas personales, costos operativos, ingresos diarios y calidad de vida (15).

La metodología seleccionada para este proyecto de investigación fue diseñada para proporcionar una comprensión integral y precisa del impacto de la eliminación del subsidio a los combustibles en los conductores de taxi en Riobamba. La muestra se seleccionó de una cooperativa de taxis de la ciudad, la cual fue elegida por ser una de las más sólidas en cuanto a cantidad de socios, con alrededor de 100 miembros, así también, por la diversidad de características demográficas que posee; entre ellas se puedo diferenciar, tanto hombres como mujeres, de distintos rangos de edad, nivel académico y el número de cargas familiares que posee, se utilizaron cuestionarios estructurados, que resultaron ser herramientas efectivas para recopilar datos de una muestra representativa de conductores de taxi, mismas que incluían 27 preguntas diseñadas para recabar la mayor parte de información para el proceso investigativo.

El cuestionario fue dividido en tres secciones. En la primera, se abordó preguntas relacionadas con el perfil demográfico de los participantes lo cual permitió recopilar información sobre las características básicas de los conductores de taxi con el fin de contextualizar los resultados y realizar análisis más detallados. La segunda sección permitió analizar el impacto económico que tuvo la eliminación del subsidio en este grupo recolectando datos sobre los cambios en los ingresos, gastos y condiciones laborales de los conductores de taxi tras la eliminación del subsidio. La tercera sección se centró en aspectos psicosociales, como los niveles de estrés, ansiedad, satisfacción con la vida, percepción de bienestar y relaciones familiares, con el objetivo de evaluar el impacto psicosocial en la investigación (16).

Finalmente, los datos fueron analizados estadísticamente a través de la codificación y tabulación, además de la creación de gráficos y diagramas. Se llevó a cabo un análisis estadístico descriptivo que permitió establecer tablas de intervalos y frecuencias, así como calcular medidas como la media, la mediana, los porcentajes y las desviaciones estándar, lo que ayudó a describir la situación económica de los taxistas. Esto facilitó el análisis del promedio de ingresos y gastos mensuales antes y después de la eliminación del subsidio, permitiendo así comparar estos valores y observar las variaciones.

RESULTADOS

En el contexto de la investigación, los resultados obtenidos reflejan de manera clara cómo esta medida ha afectado tanto las finanzas personales como el bienestar emocional de este grupo. A través del análisis de variables como el nivel educativo, la antigüedad laboral, las horas trabajadas, el consumo de combustible y la percepción de los ingresos mensuales, se observa un panorama en el que la eliminación del subsidio ha generado una considerable presión económica sobre los conductores de taxi. Estos resultados nos permiten comprender con mayor profundidad los desafíos que enfrentan en su día a día, no solo en términos financieros, sino también en el ámbito psicosocial, proporcionando una visión integral de las consecuencias de este cambio en la política de subsidios.

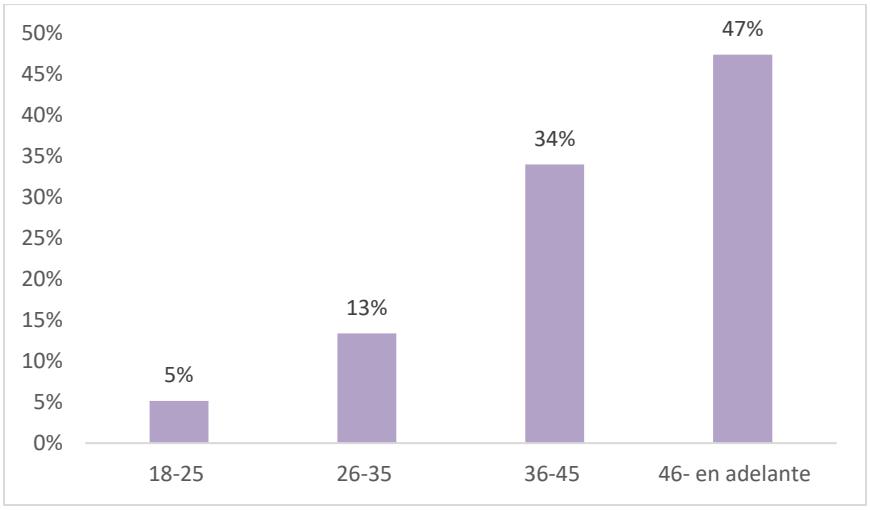


Figura 1. Rangos de edad de los participantes.

La Figura 1 muestra que el 5% de los conductores de taxi se encuentra en el rango de 18 a 25 años, mientras que el 13% pertenece al rango de 26 a 35 años, lo que indica un incremento moderado en la participación. A su vez, el grupo de 36 a 45 años representa el 34% de los conductores. Finalmente, el grupo de 46 años en adelante es el más representativo, con un 47%.

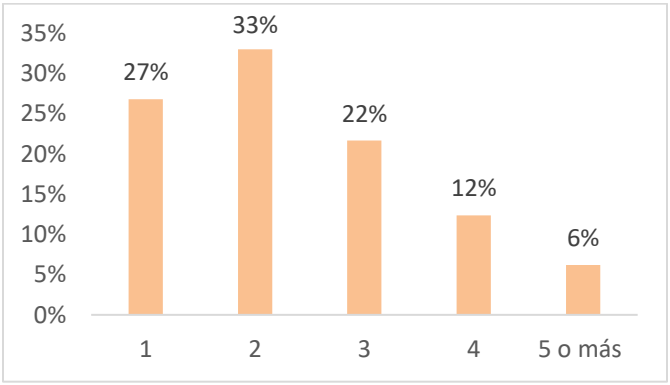


Figura 2. Distribución de cargas familiares.

La Figura 2 revela que el 27% tiene una única carga familiar, mientras que el 33% tiene dos. Además, el 22% de los conductores tiene tres cargas, y el 12% tiene cuatro, por otro lado, solo el 6% tiene cinco o más cargas familiares.

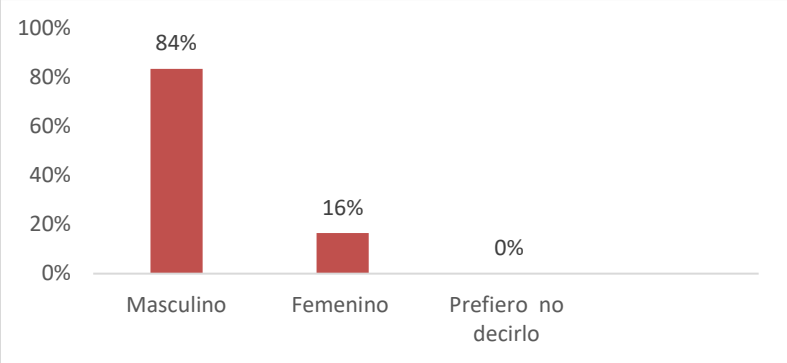


Figura 3. Género de los participantes.

La Figura 3 muestra que un 84% de los conductores de taxi se identifica como masculino, lo que sugiere una clara predominancia de hombres en este sector, en contraste, solo un 16% se identifica como femenino, lo que indica una baja representación de mujeres en esta ocupación.

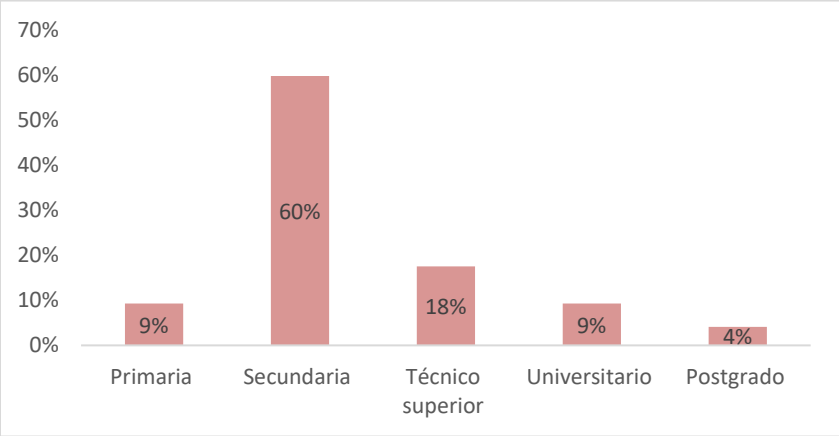


Figura 4. Nivel educativo alcanzado en los participantes.

Al observar la Figura 4 se revela que el 9% solo alcanzó educación primaria, un 60%, completó la educación secundaria, un 18% posee educación técnica superior. Sin embargo, solo el 9% alcanzó estudios universitarios y el 4% tienen estudios de posgrado.

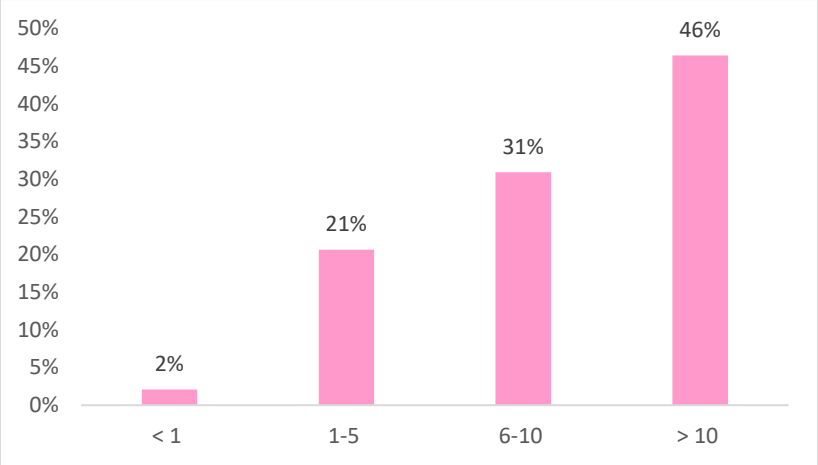


Figura 5. Antigüedad laboral.

En los datos de la Figura 5 se refleja que un 2% ha trabajado como conductores de taxi por menos de un año. Un 21% ha estado en el oficio entre 1 y 5 años, sin embargo, un 31% tiene entre 6 y 10 años de experiencia, y un notable 46% lleva más de 10 años en la profesión.

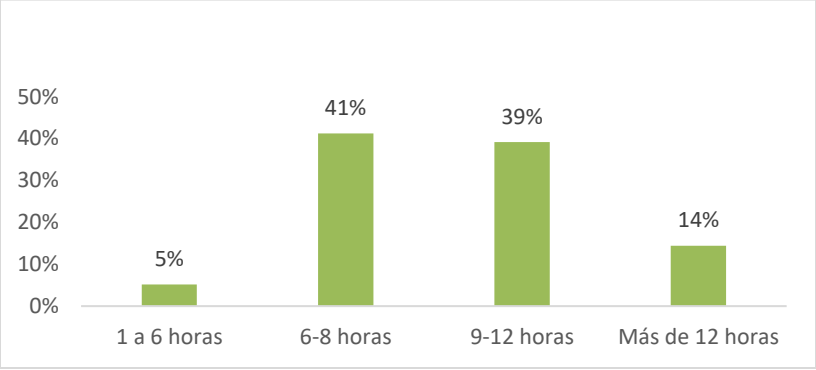


Figura 6. Horas de trabajo antes de la eliminación del subsidio a los combustibles.

Los datos de la Figura 6 indican que solo un 5% laboraba entre 1 y 6 horas diarias. Un 41% trabajaba entre 6 y 8 horas, mientras que un 39% lo hacía entre 9 y 12 horas. Además, el 14% de los conductores trabajaba más de 12 horas al día.

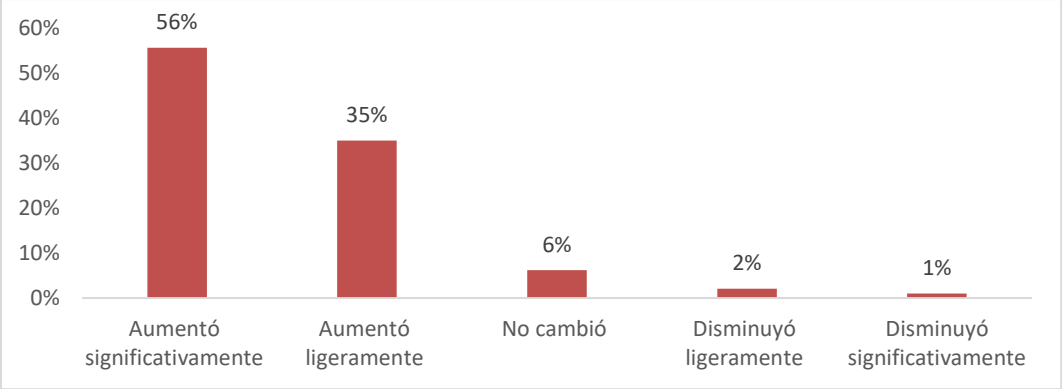


Figura 7. Cantidad de combustible consumido después del subsidio.

Los datos de la Figura 7 reflejan un cambio notable en los patrones de consumo. Un 56% reportó que su consumo aumentó significativamente. Un 35% indicó que su consumo aumentó ligeramente y solo un 6% mencionó que su consumo no cambió, mientras que un 2% reportó una disminución ligera y un mínimo 1% una disminución significativa.

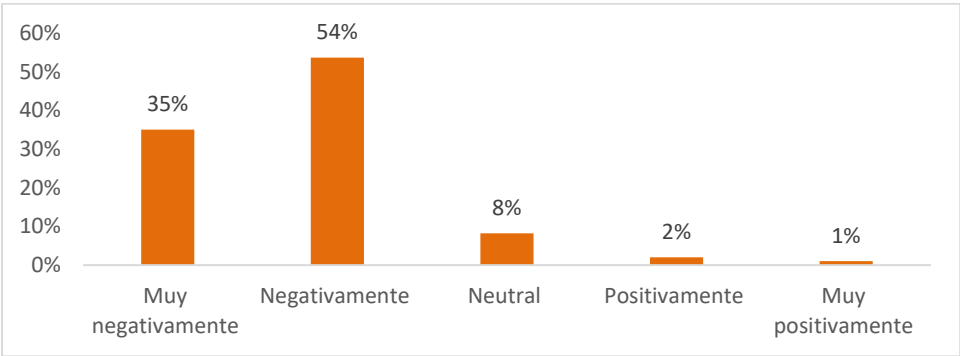


Figura 8. Impacto del aumento en el gasto de combustible en los ingresos de los participantes.

El análisis de la Figura 8 refleja un impacto abrumadoramente negativo. Un 35% de los conductores afirmó que este aumento les ha afectado "muy negativamente", mientras que un 54% indicó que ha tenido un efecto "negativo". Juntas, estas cifras reflejan que más del 89% de los taxistas perciben una disminución significativa en sus ingresos debido al incremento de los costos del combustible, finalmente, solo un 8% consideró que la situación es "neutral", y un mínimo 3% opinó que ha tenido un impacto positivo.

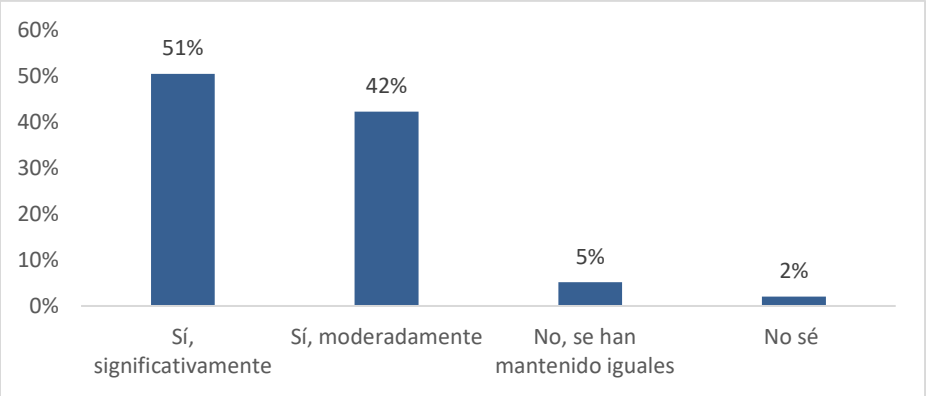


Figura 9. Percepción del incremento en costos operativos.

Los datos de la Figura 9 revelan que la mayoría de los conductores de taxi ha percibido un aumento en otros costos operativos además del gasto en combustible. Un 51% reportó que estos costos han aumentado significativamente, mientras que un 42% indicó un aumento moderado y solo un 5% afirmó que sus costos operativos se han mantenido iguales, y un 2% no tenía certeza al respecto.

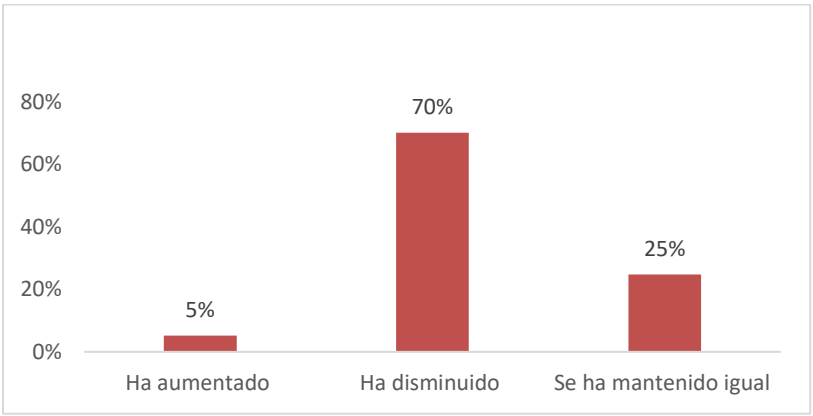


Figura 10. Percepción del cambio en el volumen de pasajeros después de la eliminación del subsidio.

Los datos de la Figura 10 muestran un escenario desfavorable para los conductores. Un 70% indicó que el volumen de pasajeros ha disminuido, solo un 5% reportó un aumento en los pasajeros, mientras que un 25% afirmó que el volumen se ha mantenido igual.

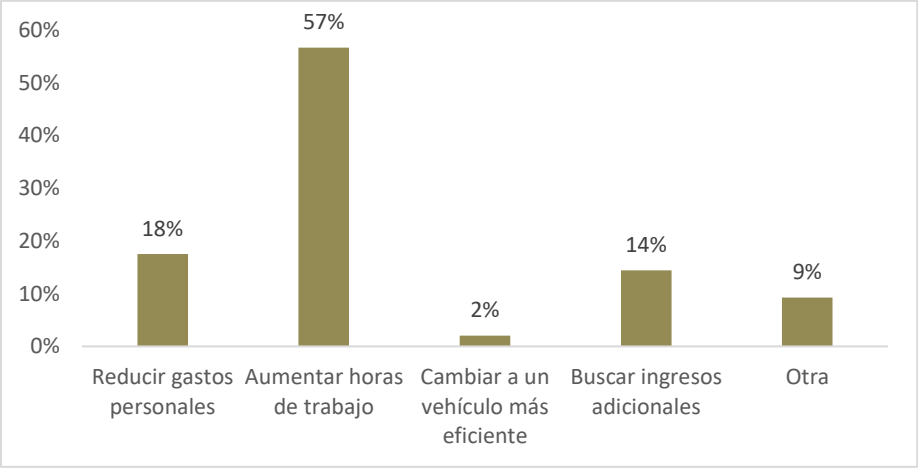


Figura 11. Estrategias para mitigar el impacto de la eliminación del subsidio.

Los datos de la Figura 11 muestran que la estrategia más común adoptada por los conductores para mitigar el impacto ha sido aumentar sus horas de trabajo, medida seleccionada por un 57%. Un 18% ha reducido sus gastos personales, mientras que solo un 2% ha cambiado a un vehículo más eficiente, finalmente un 14% ha buscado ingresos adicionales.

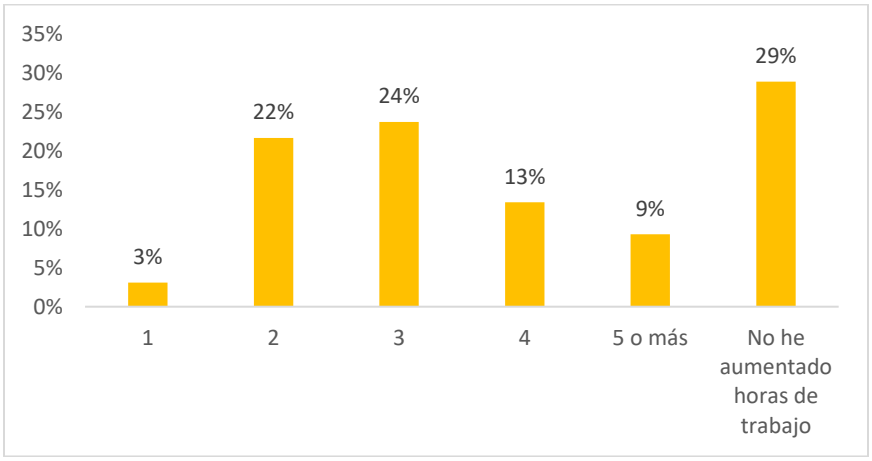


Figura 12. Incremento de horas de trabajo diarias.

Al analizar los datos de la Figura 12 se evidencia que un porcentaje significativo de conductores de taxi ha aumentado su jornada de trabajo para hacer frente a las dificultades económicas. Solo un 3% ha añadido una hora diaria, mientras que un 22% ha incrementado dos horas, y un 24% ha trabajado tres horas adicionales, además un 13% ha sumado cuatro horas diarias y un 9% ha incrementado cinco o más horas, Sin embargo, un 29% no ha aumentado sus horas de trabajo.

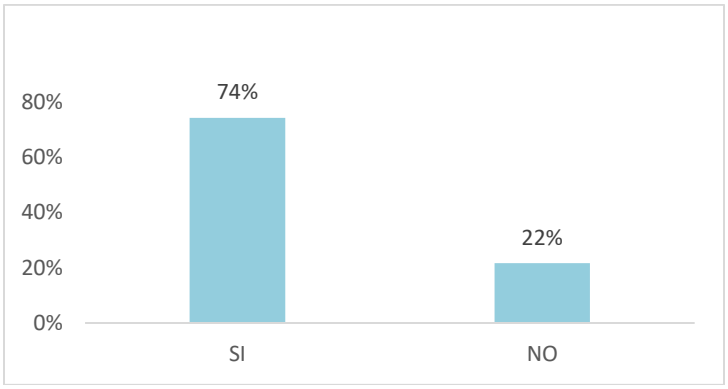


Figura 13. Apoyo gubernamental.

Los datos de la Figura 13 indican que una gran mayoría, con un 74%, ha recibido la compensación económica del gobierno para enfrentar las consecuencias de esta medida, sin embargo, un 22% de conductores de taxi informó que no ha recibido ningún apoyo.

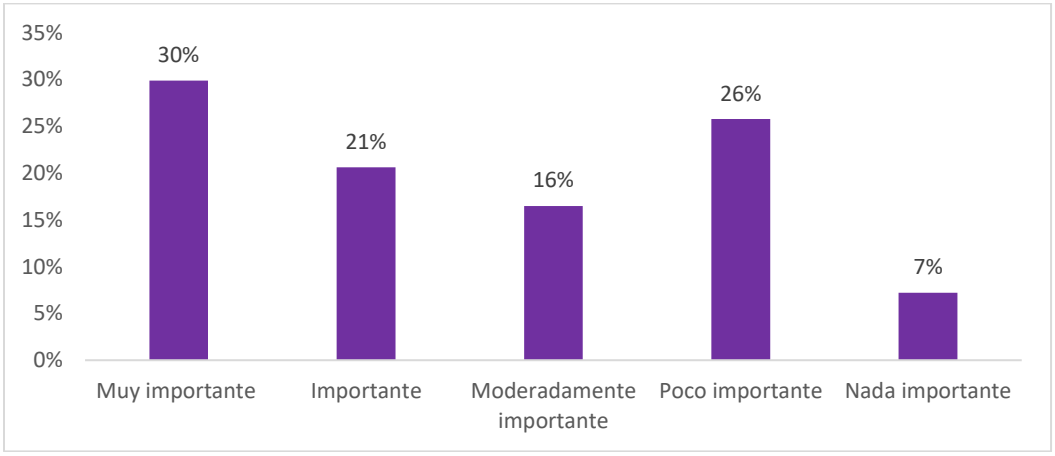


Figura 14. Percepción del apoyo gubernamental.

Al analizar los datos de la Figura 14 se identifica una variabilidad en la percepción del apoyo gubernamental con respecto a la compensación económica, aunque existe una tendencia general a considerar este apoyo como significativo. Un 30% lo considera "muy importante", así también un 21% lo clasifica como "importante" y un 16% como "moderadamente importante", sin embargo, un 26% lo considera "poco importante" y un 7% lo ve como "nada importante".

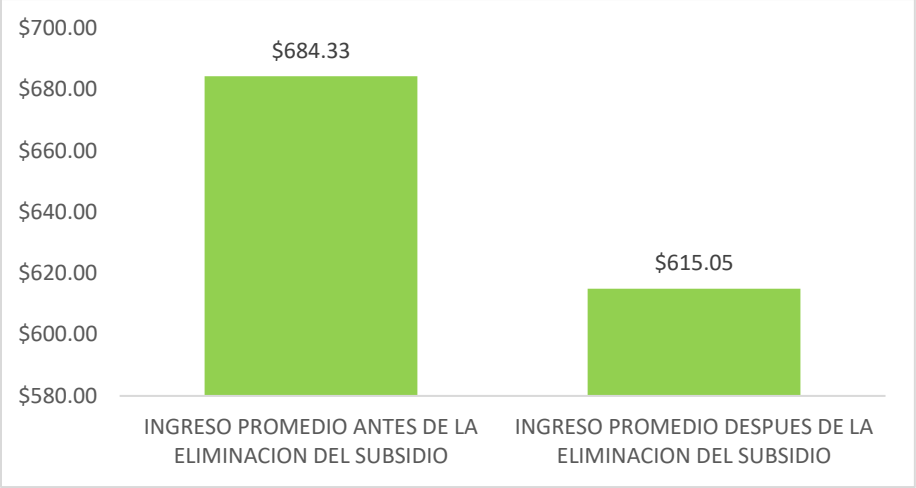


Figura 15. Comparación de Ingreso promedio antes y después de la eliminación del subsidio.

La Figura 15 muestra el cambio en el ingreso promedio de los conductores de taxi antes y después de la eliminación del subsidio. lo que representa una disminución de $69,28 unidades monetarias. Esto equivale a una variación negativa del 10,13%.

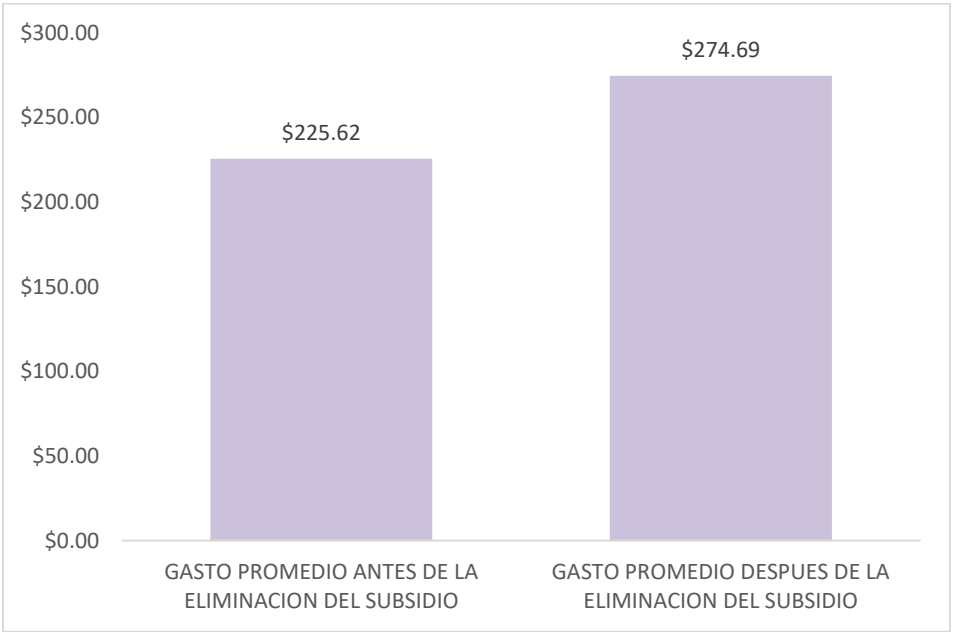


Figura 16. Comparación del gasto promedio antes y después de la eliminación del subsidio.

La Figura 16 muestra el aumento en el gasto promedio de los conductores de taxi después de la eliminación del subsidio. Antes de la eliminación, el gasto promedio era de $225,62, mientras que después aumentó a $274,69, lo que implica una diferencia de $49,07 unidades monetarias. Esto representa una variación porcentual del 22,06%.

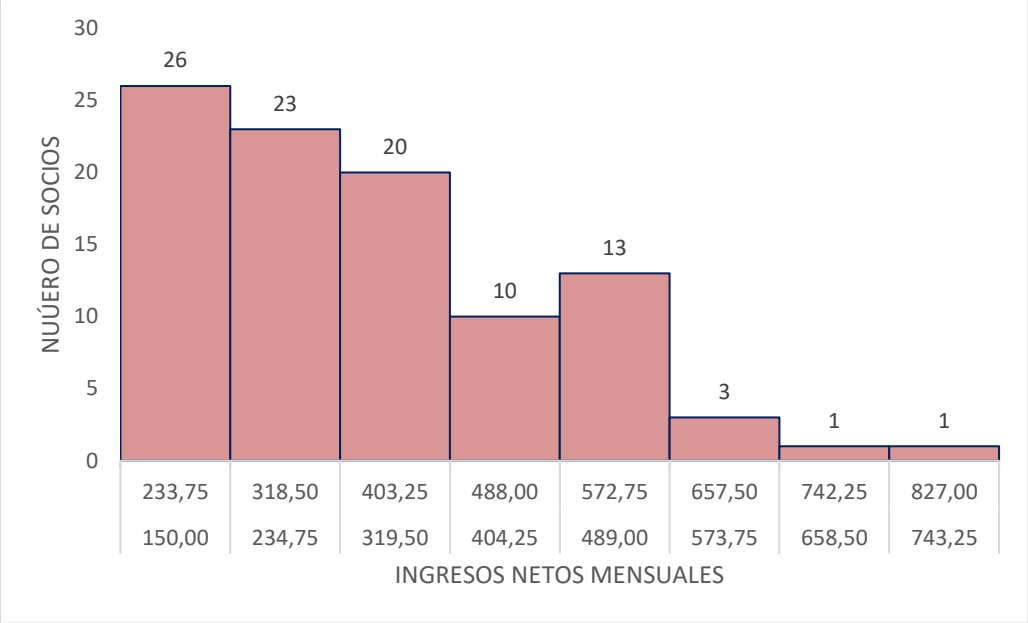


Figura 17. Rangos de ingresos netos mensuales de los participantes.

La Figura 17 representa la distribución de los ingresos mensuales netos de los conductores de taxi después de la eliminación del subsidio, agrupados en rangos específicos, la tendencia general muestra que la mayor cantidad de conductores se encuentra en los rangos de ingresos más bajos, observándose una disminución notable en el número de conductores a medida que los ingresos incrementan, de modo que aquellos con mayores ingresos constituyen una minoría.

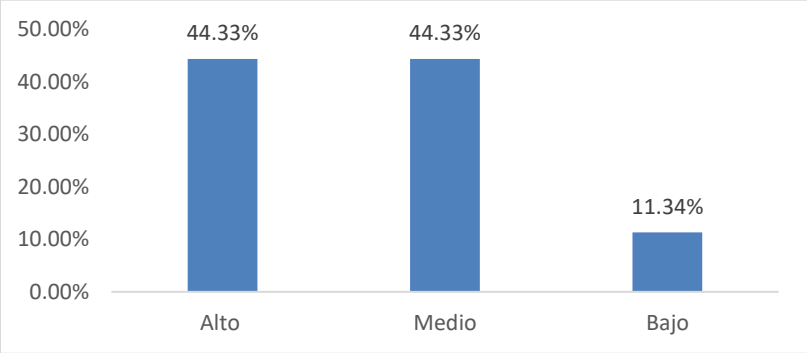


Figura 18. nivel de estrés provocado por la eliminación del subsidio.

La Figura 18 muestra el impacto de la eliminación del subsidio en el nivel de estrés de los participantes. Un 44% percibe un alto nivel de estrés, mientras que otro 44% considera que la influencia ha sido moderada. Solo una pequeña proporción, el 11%, siente que la eliminación del subsidio ha tenido un impacto mínimo en su nivel de estrés.

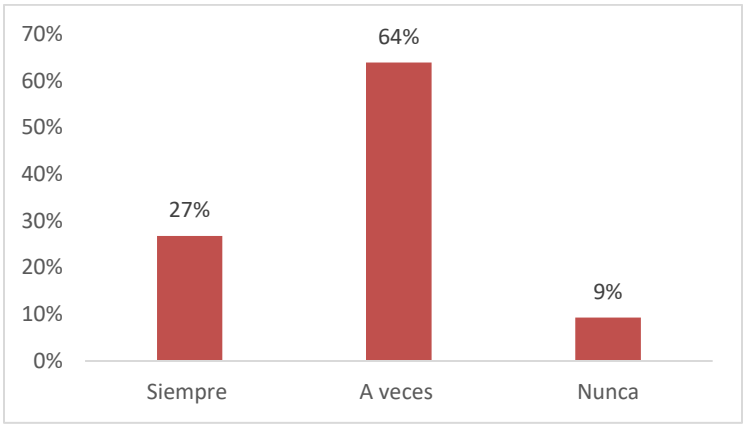


Figura 19. Sensaciones de impotencia o desesperanza relacionada con la eliminación del subsidio.

La Figura 19 refleja que un 27% de los conductores de taxi reporta sentir estas emociones de forma constante. La mayoría, un 64%, las experimenta de manera ocasional, mientras que una pequeña fracción, el 9%, no experimenta ninguna sensación de impotencia o desesperanza en relación con este tema.

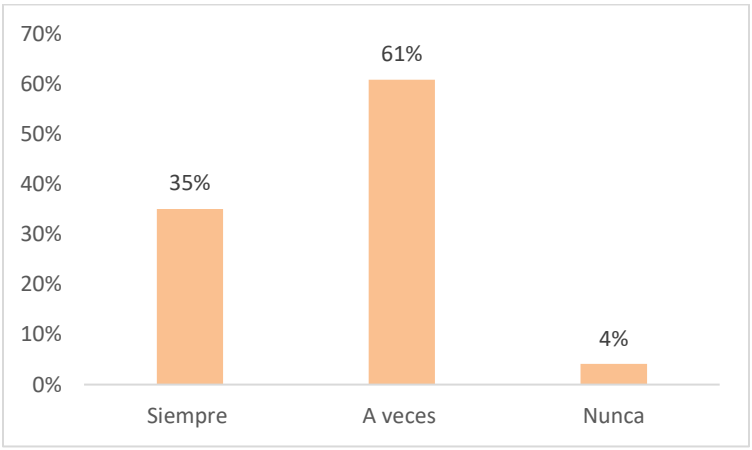


Figura 20. Cambios en el estado de ánimo o bienestar emocional ocasionados por la eliminación del subsidio.

Los datos de la Figura 20 ponen en evidencia que el 35% de los conductores reporta cambios constantes en su estado de ánimo o bienestar emocional. La mayoría 61% experimenta cambios en ocasiones. Solo un 4% no ha notado ningún cambio.

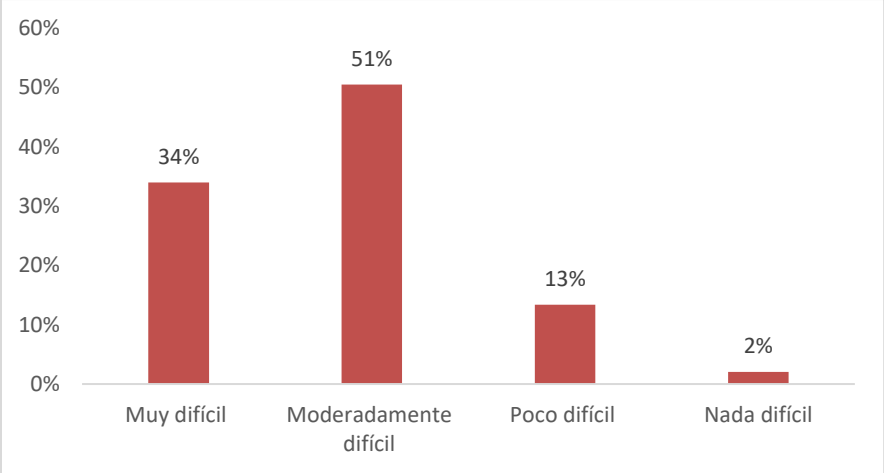


Figura 21. Equilibrio entre el trabajo y la familia a causa de la eliminación del subsidio.

La Figura 21 indica que el 34% de los taxistas considera muy difícil equilibrar trabajo y familia, mientras que el 51% lo percibe como moderadamente difícil. Un 13% afirma que esta tarea le resulta poco difícil, y solo un 2% señala no tener dificultades en este aspecto.

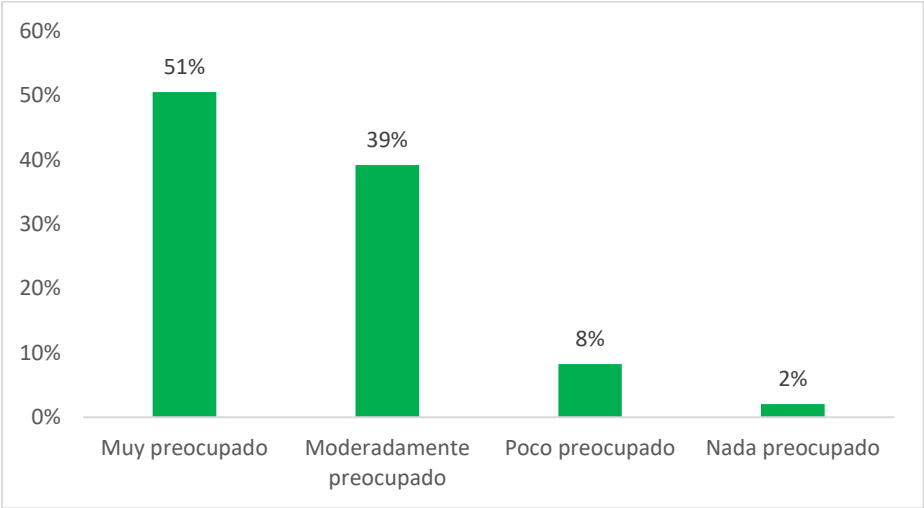


Figura 22. Preocupación por el futuro familiar y financiero de los participantes.

La Figura 22 muestra que más de la mitad de los participantes, representados por el 51%, expresa una fuerte preocupación por su futuro financiero. Un 39% manifiesta una preocupación moderada, mientras que solo el 8% se siente poco preocupado. Apenas un 2% indica no tener ninguna preocupación al respecto.

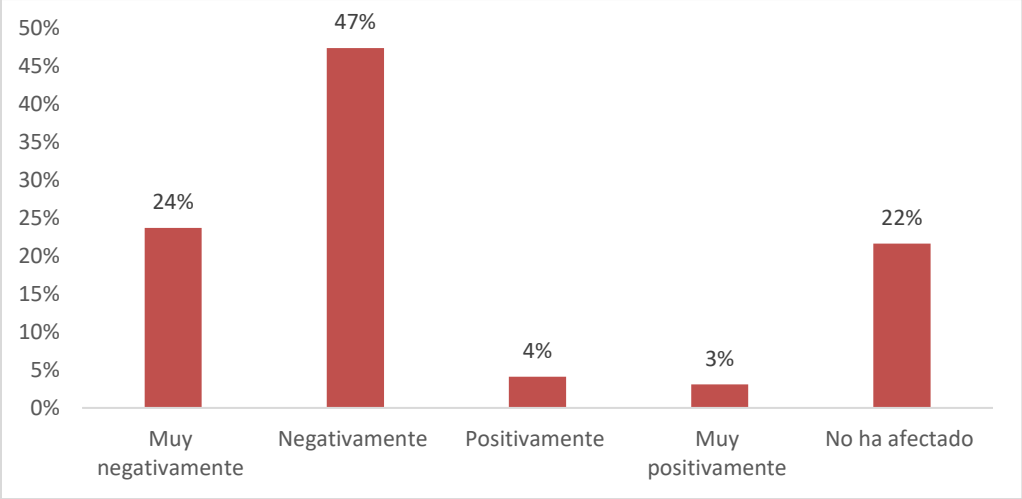


Figura 23. Interacción con amigos y seres queridos desde la eliminación del subsidio.

La Figura 23 muestra que un 24% de taxistas señala que su interacción con amigos y seres queridos se ha visto muy afectada de manera negativa. Casi la mitad 47% reporta un impacto negativo. Solo un 4% menciona un impacto positivo en sus interacciones. Un 3% indica un impacto muy positivo. Un 22% siente que la eliminación del subsidio no ha tenido ningún efecto en su vida social.

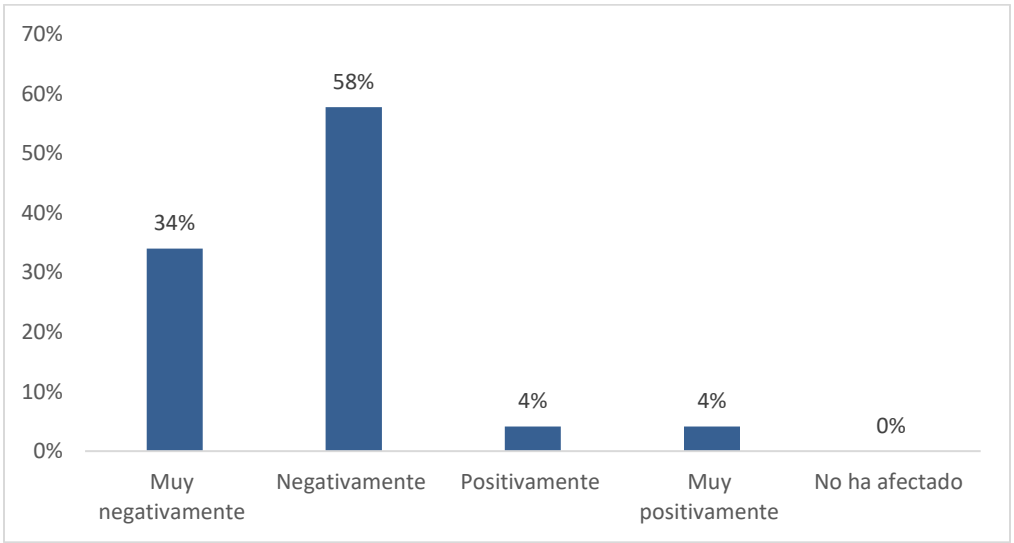


Figura 24. Bienestar personal y familiar de los participantes.

Los datos de la Figura 24 muestran que un 34% de los participantes reporta un impacto muy negativo en su bienestar y el de su familia. El 58% menciona un impacto negativo. Solo un 4% siente que ha habido un impacto positivo. Un 4% también indica un impacto muy positivo.

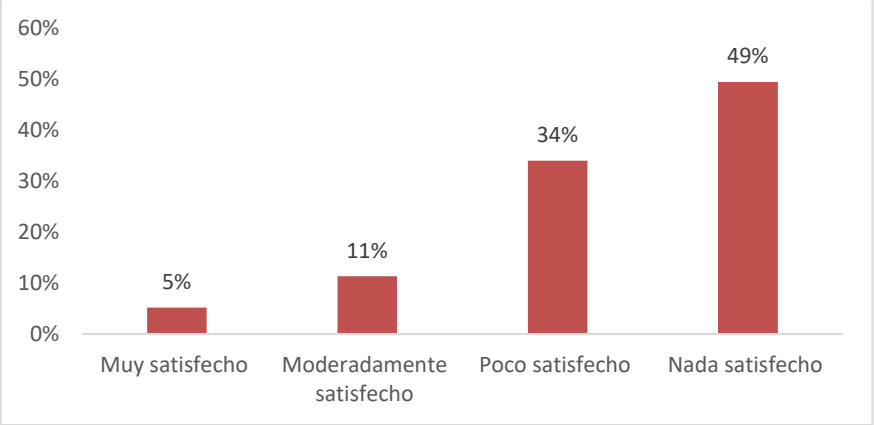


Figura 25. Satisfacción de los participantes respecto a su ocupación.

La Figura 25 refleja que solo un 5% de conductores de taxi indica que se siente muy satisfecho con su trabajo. Un 11% reporta una satisfacción moderada. Otro grupo considerable del 34% se siente poco satisfecho. Casi la mitad 49% afirma que no están satisfechos en absoluto con su trabajo.

DISCUSIÓN

Los resultados evidencian que esta medida adoptada por el gobierno ha tenido un impacto económico considerablemente negativo en los conductores de taxi, generando una disminución del 10,13% en sus ingresos promedio, al tiempo que ha aumentado sus gastos operativos en un 22,06%, principalmente por el incremento en el costo del combustible. Esta situación impone una fuerte presión financiera sobre los conductores, afectando directamente su estabilidad económica y reduciendo su capacidad adquisitiva. Como consecuencia, se ven limitados en su posibilidad de cubrir necesidades básicas, lo que los coloca en peligro de enfrentar una situación de pobreza relativa o absoluta.

En relación con este criterio la CEPAL señala que la pobreza se caracteriza por la insuficiencia de ingresos para adquirir un conjunto mínimo de bienes y servicios esenciales (17). En este contexto, los conductores de taxi enfrentan dificultades para cubrir los costos necesarios para mantener un estándar de vida apropiado, lo que podría considerarse una vulneración de derechos humanos como el derecho a una vida digna.

Así también haciendo una comparación entre el SBU, establecido para el 2024 (14), muestra que la mayoría de los conductores de taxi perciben ingresos inferiores al SBU, lo que refuerza la idea de que están experimentando una notable precariedad económica. Esta situación, agravada por el aumento de los costos operativos debido a la eliminación del subsidio al combustible, los coloca en una situación vulnerable en términos de estabilidad financiera y bienestar económico.

La situación económica de los conductores de taxi se ve significativamente afectada por el aumento en los costos operativos, que promedia 49,07 dólares al mes. Este incremento representa un desafío financiero considerable, especialmente en el contexto de la compensación económica recibida del gobierno. A pesar de que un 74% de los conductores ha recibido algún tipo de apoyo gubernamental, el 26% restante no ha sido beneficiado. Además, de los que sí han recibido ayuda, un 26% la considera poco importante o irrelevante.

Con respecto a este punto (18), menciona que el apoyo económico otorgado a los taxistas se basa en el consumo de combustible, con un total estimado de 156 galones por mes para cada conductor. Esto se traduce en un bono máximo de USD 40,56 al mes, que es significativamente menor que el aumento promedio en los costos operativos. Esta discrepancia pone de manifiesto que, incluso con la compensación, los conductores pueden estar enfrentando una carga financiera que agrava su situación económica.

En consecuencia, un 71% de los conductores de taxi ha decidido aumentar sus horas de trabajo como una estrategia para compensar los mayores costos operativos que enfrentan. Esta decisión refleja una búsqueda de soluciones ante la pérdida de ingresos, lo que demuestra la resiliencia de estos trabajadores en un contexto económico adverso. Sin embargo, esta estrategia también conlleva riesgos significativos, ya que el incremento en las horas laboradas puede resultar en una sobrecarga laboral que afecte su bienestar general.

En concordancia con el estudio realizado por (19) mismo que destaca que el estrés y el Síndrome de Burnout (SBO) son problemas de salud mental comunes entre los conductores de taxi. En el caso de aquellos que trabajan más horas para enfrentar la crisis financiera, la carga emocional y física puede intensificarse, exacerbando las condiciones laborales ya difíciles. Esta situación es preocupante, dado que el estrés crónico puede resultar en problemas de salud más graves, así como a una disminución en la calidad del servicio que ofrecen los conductores.

Un 70% de los conductores reporta una reducción en el volumen de pasajeros, de acuerdo con (19) la diversificación del servicio de taxis, donde los taxis convencionales, identificados por su color amarillo, han perdido la exclusividad frente a la creciente popularidad de aplicaciones móviles, tiene un impacto directo en el porcentaje de disminución de pasajeros que utilizan este tipo de transporte. La competencia introducida por las aplicaciones ha cambiado las preferencias de los usuarios, quienes ahora optan por opciones más accesibles y convenientes que ofrecen estas plataformas.

Esta variación en el comportamiento de los consumidores ha ocasionado una notable disminución en la cantidad de pasajeros que utilizan taxis convencionales, afectando directamente los ingresos de los conductores. Con menos pasajeros disponibles, los taxistas enfrentan un entorno económico cada vez más complicado, lo que exacerba su vulnerabilidad financiera y reduce su capacidad para mantener la estabilidad económica en un contexto donde también enfrentan el aumento de los costos operativos.

Como resultado de esta presión económica, la mayoría de los conductores de taxi con una representación del 44%, reporta niveles altos de estrés, lo que sugiere que esta medida ha

contribuido a un aumento en la percepción del estrés diario. Este hallazgo está en línea con estudios que indican que la presión económica puede exacerbar el estrés y la ansiedad en las personas (20). Además, la paridad entre quienes reportan altos niveles de estrés y aquellos con niveles medios indica que, aunque no todos se sienten abrumados, la situación ha generado tensiones significativas que afectan negativamente la calidad de vida de muchos conductores de taxi (21).

En cuanto a las sensaciones de impotencia y desesperanza, un 27% de conductores indica que siempre experimenta estas emociones. Este hecho puede estar vinculado a la sensación de falta de control sobre la situación económica, lo que ha sido documentado en la literatura psicológica como un factor que contribuye a la desmotivación y a la disminución del bienestar (22). Por otro lado, la mayoría un 64% reporta experimentar estas emociones a veces, lo que sugiere que el impacto de esta medida gubernamental, aunque intermitente, afecta a un gran número de personas.

El análisis sobre el bienestar emocional revela que un 35% de personas nota cambios constantes en su estado de ánimo, lo que refuerza la idea de que la incertidumbre económica tiene efectos profundos y duraderos en la salud mental. Este hallazgo se alinea con investigaciones que muestran que las crisis económicas pueden provocar fluctuaciones emocionales en la población (23). La baja proporción (4%) de quienes no han notado cambios sugiere que la mayoría de la población está sintiendo el impacto de la eliminación del subsidio de manera evidente.

La dificultad para equilibrar las responsabilidades laborales y familiares se refleja en las respuestas de un 34% que indica que esto es muy difícil y un 51% que lo encuentra moderadamente difícil. Este hallazgo resalta un tema recurrente en la investigación sobre el impacto de factores económicos en la vida familiar, donde el estrés financiero puede interrumpir la dinámica familiar y laboral (24).

La preocupación por el futuro financiero también es notable, ya que un 51% de personas se sienten muy preocupados. Esto puede correlacionarse con la inestabilidad económica y el aumento de costos de vida, generando un clima de incertidumbre que afecta no solo a la economía individual, sino también a la cohesión social (25). Respecto a las interacciones sociales, un 71% reporta impactos negativos en sus relaciones interpersonales, lo que puede sugerir que la presión financiera limita las actividades sociales y, por ende, el apoyo social, un factor crucial para el bienestar psicológico (26). Sin embargo, un pequeño porcentaje (7%) reporta impactos positivos, lo que podría indicar que algunas personas encuentran apoyo en sus redes sociales durante estos tiempos difíciles.

Finalmente, el bienestar general y la satisfacción laboral de los propietarios de taxis presentan resultados alarmantes. Un 83% se siente insatisfecho con su trabajo, lo que refleja no solo la presión económica, sino también el efecto adverso de esta situación en su calidad de vida. Este fenómeno resuena con estudios que han demostrado que la insatisfacción laboral puede aumentar en contextos de crisis económica, alterando tanto la salud mental como el desempeño laboral (22).

CONCLUSIONES

La eliminación del subsidio a los combustibles ha llevado a una disminución notable del 10,13% en los ingresos mensuales de los conductores de taxi. Este cambio resalta la vulnerabilidad económica a la que están expuestos, evidenciando que las políticas de subsidios son fundamentales para la sostenibilidad de su trabajo. La reducción de ingresos, en un contexto donde los gastos operativos han aumentado, plantea un panorama preocupante para la estabilidad financiera de los taxistas.

El incremento en los gastos operativos, particularmente en combustible, ha sido significativo, con un aumento del 22,06% que ha dejado a los conductores en una situación financiera precaria. A pesar de que se les ofrece una compensación económica, esta no cubre adecuadamente el costo adicional del combustible. Como resultado, los conductores se enfrentan a una presión financiera creciente, perturbando su facultad para satisfacer sus necesidades esenciales.

Ante la crisis económica provocada por la eliminación del subsidio, el 71% de los conductores de taxi ha decidido aumentar entre una a cinco horas de trabajo diarios. Esta estrategia evidencia la resiliencia de los taxistas, quienes se esfuerzan por mantener sus ingresos en un contexto desafiante. Sin embargo, esta respuesta también conlleva riesgos significativos, como el aumento del estrés y el agotamiento, que podrían agravar aún más su situación. Este escenario resalta la tensión entre la necesidad económica y la capacidad de los conductores para alcanzar un equilibrio saludable entre el trabajo y la vida personal.

La compensación económica proporcionada por el gobierno, basada en el consumo de combustible, ha resultado insuficiente para contrarrestar la carga financiera que enfrentan los taxistas. A pesar de que el 74% ha recibido alguna forma de apoyo, muchos lo consideran irrelevante frente a la realidad de sus costos operativos. Esto indica que las medidas temporales adoptadas por el gobierno no son adecuadas para mitigar las consecuencias adversas de la eliminación del subsidio, dejando a los conductores en una situación de incertidumbre económica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ministerio de Economía y Finanzas. Subsidios Proforma Presupuestaria; 2023. Disponible en: https://n9.cl/e4yft; 2023. p. 1-20
2. Constitución de la Republica del Ecuador. Art 285; 2021.
3. Salazar Y. Diario Primicias. 2024 Jun 12. Disponible en: https://www.primicias.ec/noticias/firmas/eliminacion-subsidio-gasolina-ecuador-extra-ecopais/
4. Secretaría General de Comunicación de la Presidencia. 2024 Jun 26. Disponible en: https://n9.cl/pcz34
5. Limones AJ, Gino Cornejo M, García Regalado JO, Medina Zambrano D. Subsidio de combustible en la estructura de costos del sector de transportación pública masiva en Ecuador. Revista de Ciencias Sociales (RCS). 2023; 29(7): p. 405-4019. Disponible en:

https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023
6. Reglamento Codificado de Regulación de Precios de Derivados de Hidrocarburos.2024.
7. Fiduvalor. La eliminación de subsidios y la evolución del precio de la gasolina en Ecuador. 2024 Jun 24. Disponible en: https://n9.cl/cp4ynt
8. Lexis. Lexis Noticias. [Online]; 2024 May 31. Disponible en: https://acortar.link/5aHqZa
9. Salazar Y. Diario Primicias. 19 Jun 2024. Disponible en: https://www.primicias.ec/noticias/firmas/eliminacion-subsidios-gasolina-extra-ecopais-compensacion-taxis-bono/
10. Decreto ejecutivo 306.2024.
11. INEC. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. [Online]; 2024. Disponible en: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/canasta/
12. INEC. Índice de Precios al Consumidor;2024.
13. Peñaherrera M, Jurado L, Acosta M, Oviedo J. Coeficiente de Correlación de Pearson entre la Canasta y el Salario Básico en el. Polo del conocimiento. 2021; 6(10): p. 946-957. Disponible en: https://doi.org/10.23857/pc.v6i10.3548
14. Ministerio de Trabajo. [Online]; 2023. Disponible en: https://acortar.link/WJ0n9T
15. Ramos C. Los alcances de una investigación. CienciAmérica. Rev Divul Científic Univ Tecnol Indoamérica. 2020;9(3):1-6. Disponible en: https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023
16. Penalva C, Alaminos A, Francés F, Santacreu Ó. La Investigación cualitativa: Técnicas de investigación y análisis con Atlas.ti: Pydlos Ediciones; 2015. Disponible en: https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023
17. Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL. Panorama Social de América Latina y el Caribe. Santiago; 2023. Disponible en: https://doi.org/(LC/PUB.2023/18-P/Rev.1)
18. Beltrán J. Diario Primicias. 19 Jun 2024. Disponible en: https://acortar.link/MrZ2qW
19. Chunga Trigozo L, Duarte González ES, Magallanes Cabrera JM, Torres Chavez KJ, Verde Gutierrez k, Rodriguez DD, et al. Relación entre estrés laboral y Síndrome de Burnout en conductores de taxi de la ciudad de Trujillo. Perú 2019. Revista Médica Vallejiana. 2020; 9(1). Disponible en: https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023
20. Diario La Hora. Taxis convencionales versus aplicaciones móviles. Diario La Hora. 2018 Dec 23. Disponible en: https://acortar.link/jYLuq7
21. Kessler RC. Prevalencia a lo largo de la vida y distribución por edad de aparición de los trastornos del DSM-IV en la réplica de la Encuesta Nacional de Comorbilidad. Arch Psiquiatría Gen. 2005;62(6):593-602.
22. Salud OM. Organización Mundial de la Salud. 2022 Jun 17. Disponible en: https://acortar.link/6alpn3
23. Rosenberg MM. La influencia del control percibido sobre el malestar emocional durante las crisis económicas. Rev Salud Comp Soc. 2021;62(2):196-210.
24. Choi YK. Recesiones económicas y salud mental: una revisión sistemática. Rev Int Salud Pública. 2019;64(3):391-401.
25. González MA. Estrés financiero y dinámica familiar: los costos ocultos de las crisis económicas. Relac Fam. 2021;70(1):118-33.
26. Baker CW. El estrés económico y su impacto en la salud mental y el bienestar. Rev Psicol Económica. 2020;75.

InvestiGO
Revista Científica Multidisciplinaria

ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Diciembre 2024
Vol. 5, No.13, PP.141-160
https://doi.org/10.56519/r4b5bk05

LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE EGOVERNMENT. DESAFÍOS Y MEJORES PRÁCTICAS EN LA SATISFACCIÓN AL CIUDADANO

EGOVERNMENT PROJECT MANAGEMENT. CHALLENGES AND BEST PRACTICES IN CITIZEN SATISFACTION

Valeria Estefanía Faican Bermeo[1], Patricia Alexandra Chiriboga Zamora[2]

{valeria.faican@unach.edu.ec[1], pchiriboga@unach.edu.ec[2]}

Fecha de recepción: 20/11/2024 / Fecha de aceptación: 30/11/2024 / Fecha de publicación: 2/12/2024

RESUMEN: En el mundo la demanda de servicios públicos eGovernment es cada vez creciente y exigente, ante ello la investigación busca determinar ¿cómo la gestión de proyectos de eGovernment influye en los desafíos y mejores prácticas que afectan la satisfacción del ciudadano? Para ello se plantea como objetivo evaluar la influencia de la gestión de proyectos de eGovernment en la satisfacción del ciudadano, identificando los desafíos y mejores prácticas en este contexto. Se utilizó un enfoque metodológico mixto con un diseño descriptivo que incorpora información cualitativa como cuantitativa. Bajo un diseño no experimental, un análisis bibliográfico y comparativo. La población de estudio incluyó a la PEA de la ciudad de Riobamba, con una muestra de 385 participantes, además de 6 funcionarios y empleados de instituciones que ofrecen servicios de eGovernment. Se aplicaron 385 encuestas de forma presencial y en línea, y se realizaron entrevistas para la recolección de datos. Los cuestionarios fueron validados con un índice de alfa de Cronbach superior a 0.9. Para el análisis de los datos, se utilizó el coeficiente Tau-b de Kendall y la prueba de Chi cuadrado. Los resultados mostraron que las correlaciones obtenidas con el coeficiente Tau-b de Kendall fueron superiores a 0.70, indicando una fuerte correlación entre la gestión de proyectos de eGovernment y la satisfacción del ciudadano. Los valores de Chi cuadrado oscilaron entre 793.425 y 882.816, sugiriendo que la percepción de los usuarios sobre los servicios no es independiente. Además, los valores p de 0.00 confirmaron la hipótesis de que una gestión efectiva tiene un efecto positivo en la percepción y satisfacción con respecto a los servicios ofrecidos. Se concluye que los servicios de eGovernment son herramientas esenciales para mejorar la interacción entre los gobiernos y sus ciudadanos, así también se establece mejores prácticas que pueden ser replicadas en otros contextos.

Palabras clave: Gestión de proyectos, eGovernment, satisfacción, ciudadano

[1]Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, https://orcid.org/0000-0002-1706-6861, +593 96 718 8287.
[2]Carrera de Administración de Empresas, Universidad Nacional de Chimborazo, https://orcid.org/0000-0002-5408-1200, +593 998169380.

ABSTRACT: In the world, the demand for eGovernment public services is growing and demanding, and in light of this, the research seeks to determine how eGovernment project management influences the challenges and best practices that affect citizen satisfaction. To do so, the objective is to: Evaluate the influence of eGovernment project management on citizen satisfaction, identifying the challenges and best practices in this context. A mixed methodological approach was used with a descriptive design that incorporates qualitative and quantitative information. Under a non-experimental design, a bibliographic and comparative analysis. The study population included the EAP of the city of Riobamba, with a sample of 385 participants, in addition to 6 officials and employees of institutions that offer eGovernment services. 385 surveys were applied in person and online, and interviews were conducted to collect data. The questionnaires were validated with a Cronbach's alpha index greater than 0.9. For data analysis, Kendall's Tau-b coefficient and the Chi-square test were used. The results showed that the correlations obtained with Kendall's Tau-b coefficient were greater than 0.70, indicating a strong correlation between eGovernment project management and citizen satisfaction. The Chi-square values ranged from 793.425 to 882.816, suggesting that user perceptions of services are not independent. Furthermore, p-values of 0.00 confirmed the hypothesis that effective management has a positive effect on perception and satisfaction with respect to the services offered. It is concluded that eGovernment services are essential tools to improve the interaction between governments and their citizens, and that best practices are established that can be replicated in other contexts.

Keywords: Project management, eGovernment, satisfaction, citizen

INTRODUCCIÓN

La administración pública exhibe un panorama evolutivo en el cual la gestión de proyectos de gobierno electrónico (eGovernment) se ha convertido en factor decisivo para la complacencia de los ciudadanos. Ante ello se desarrolla la investigación que busca probar cómo las iniciativas digitales de gobiernos mejoran la accesibilidad, eficiencia y transparencia de los servicios públicos, y de qué manera impactan en la satisfacción de necesidades de los habitantes; enfocándose en la población económicamente activa de Riobamba – Chimborazo – Ecuador, como fuente de información durante el año 2024.

Análisis que sirve para identificar estrategias óptimas en la implementación de soluciones efectivas de eGovernment; pues existe la necesidad de atención hacia los ciudadanos, en tal sentido que los gobiernos presten atención en línea y con ello garanticen la accesibilidad, usabilidad, de servicios, enfatizando la importancia de optimizar recursos para maximizar los beneficio (1).

La problemática identificada gira alrededor de varios antecedentes: el Banco Mundial, (2020) (2) señala que la demanda de servicios públicos aumenta en todo el mundo, conllevando a que más del 60% de la población prefiera servicios en línea en los diferentes países y estima que el 70%

del nuevo valor económico para la próxima década se atenderá en plataformas digitales, incitando a que los gobiernos hayan acelerado sus planes de implementación de eGovernment.

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], (2024) (3), destaca que la región aumentó el consumo de servicios públicos en esta década. Sin embargo, solo el 86% de los países ha implementado una estrategia de eGovernment, de los cuales el 58 % posee medidas efectivas, lo que resalta la necesidad urgente de precipitar la transformación digital dentro del sector público.

Mientras que en Ecuador el Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, (2018) (4), en su "Plan de Gobierno Electrónico 2021-2018", se reporta que la petición de servicios públicos en línea creció a un 73%; en el país existen cerca de 4679 trámites de los cuales solamente el 21,4 % de estos se puede empezar en línea, 11 % se pueden completar (4). En promedio 6 % de Ecuatorianos usan adecuadamente servicios eGovernment, denotando una brecha significativa entre demanda y oferta.

Así también, el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Provincia de Chimborazo 2019-2023 señala que la demanda de servicios públicos en la provincia aumenta a medida que crece la población y los trámites que giran alrededor de estos no pueden ser cubiertos eficientemente, por ello se considera un objetivo estratégico a nivel de todos los ejes, el implementar soluciones de eGovernment, con los cuales pudieran atender al 48.84% de los hogares (5). En Riobamba, se reconoce el aumento en la demanda de servicios municipales que no puede ser atendida; para abordar tal problema, propone fomentar una gestión institucional apoyada en tecnologías de información, buscando incrementar el acceso a servicios públicos y fortalecer las capacidades del Gobierno en la atención ciudadana (6).

Es así que el eGovernment pudiera abordar los desafíos relacionados a prácticas en la satisfacción al ciudadano, pues utiliza tecnologías de información y comunicación para optimizar la administración pública, aumentar la transparencia y mejorar la interacción entre gobierno y habitantes (7). Facilitando la comunicación, simplificando el acceso a servicios y promoviendo la participación ciudadana (8).

La digitalización de servicios públicos agiliza procesos burocráticos, acelera decisiones y fomenta el compromiso cívico (9).En esencia, el gobierno electrónico moderniza la gobernanza, fortalece estándares democráticos y reduce la distancia entre el régimen y sus interesados (10). El entorno del eGovernment desde la gobernabilidad tiene como objetivo crear un entorno digital holístico e infraestructura para la participación todos los implicados (2).

La importancia del estudio se debe a que el concepto eGovernment va más allá de la mera digitalización de servicios públicos, pues reconoce el derecho fundamental de las personas a la transparencia, acceso a información e intervención activa en el desarrollo de políticas públicas (11). Enfoque empoderador de la ciudadanía, permitiéndoles ser actores clave en la toma de decisiones, pues el eGovernment facilita la observación de procesos administrativos, el acceso a datos públicos y la contribución ciudadana en la formulación de políticas; fomentando una relación más estrecha y colaborativa entre el gobierno y la población (1), (12).

Con la tecnología de la información (TI) se ha convertido la forma en que gobiernos y ciudadanos interactúan; los regímenes han reconocido la importancia de la web para difundir información y ofrecer numerosos servicios de alta calidad, pero no es tarea fácil sobre todo en satisfacer las necesidades reales de usuarios, recurriendo a que exista una gestión gubernamental desde las tecnologías como base en política pública para cumplir este cometido (9).

La política pública como un resultado del proceso de gobernanza, se describe como un curso de acción propuesto para alcanzar objetivos en un entorno dado; su implementación se entiende como la práctica de una norma aprobada, utilizando los medios necesarios (11). Es aquí en dónde el uso del eGovernment contribuye a la política pública, la cual es reconocida en el régimen ecuatoriano, con direccionamiento hacia satisfacer las necesidades de la población (4).

La satisfacción del usuario en servicios de gobierno electrónico es un área de investigación crucial; comprender sus percepciones y niveles permite a los responsables de políticas tomar decisiones informadas para optimizar la eficiencia de los sistemas y sobre los servicios que brindan en base a la experiencia de este (13). Así La satisfacción del usuario en gobierno electrónico es fundamental para el desarrollo continuo, buscando subsanar expectativas y mejorar la calidad del servicio.

Varios estudios evalúan las dimensiones de la satisfacción del usuario impactadas significativamente desde el eGovernment tales como: contenido de información, precisión, formato, facilidad de uso y puntualidad (13). Otras abordan cuestiones de seguridad, accesibilidad y confianza (9). Y otros el contexto digital, cantidad de servicios en línea, conectividad TIC y capacidades humanas (10). Todas buscan el fin de proporcionar mejores servicios y satisfacer a los usuarios de mejor manera.

Se identificaron siete determinantes distintos: accesibilidad, confianza, conocimiento de los servicios electrónicos, calidad de servicios electrónicos, ansiedad informática, expectativas del cliente y seguridad/privacidad (14). Los desafíos para una implementación efectiva del eGovernment incluyeron la falta de apoyo financiero, problemas de coordinación entre los gobiernos central y local, la baja calidad de los recursos humanos, frecuentes cambios organizacionales y de políticas (11).

En Ecuador; el acceso a internet, la minúscula oferta de trámites en línea, alfabetización digital, bancarización reducida, mala experiencia ciudadana de uso de servicios en línea y el favoritismo por canales presenciales son limitantes para el correcto desenvolvimiento del eGovernment (4). Su implementación implica desafíos significativos de transformación gubernamental más allá de una "fábrica de servicios" (15).

En este sentido se propone como objetivo: Determinar la influencia de la gestión de proyectos de eGovernment en los desafíos y mejores prácticas en la satisfacción al ciudadano. A través de documentar información, identificar los desafíos comunes, evaluar la influencia de la gestión sobre la satisfacción al ciudadano.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio adopta un enfoque mixto con diseño descriptivo, en el cual se considera información cualitativa y cuantitativa de dos variables que presentan relación y con ello se ha planteado la hipótesis de que si: ¿La gestión de proyectos de eGovernment influye en los desafíos y mejores prácticas en la satisfacción al ciudadano? Para lo cual se han planteado dimensiones.

En el caso de la variable independiente la gestión de proyectos de eGovernment se plantearon dimensiones como la frecuencia de uso de estos servicios y alrededor de esta, otras como los tipos de servicios utilizados, los beneficios recibidos, los desafíos que se presentan en la demanda y los requerimientos de mejora que la población mantiene.

En la variable dependiente: desafíos y mejores prácticas en la satisfacción al ciudadano, se plantearon dimensiones de satisfacción de Servicios de eGovernment, como: facilidad de uso, rapidez, acceso a tramites, satisfacción, interacción con gobiernos, problemas, seguridad, preferencia, ahorro de recursos, atención al cliente, intuición, transparencia, beneficios para la comunidad, cumplimiento de expectativas, información y calidad.

De aquí que se recurrió a tipos investigación como la descriptiva para explicar las principales características de la población en relación a uso de servicios eGovernment; una no experimental que se limita a observar el comportamiento tal cual ocurre en su contexto natural; un tipo bibliográfico cual posibilita recoger conceptos y resultados para generar un sustento teórico y el análisis comparativo para reflexionar puntos de vista en similitud y diferencia de otras investigaciones.

La información cualitativa procede de las percepciones de los ciudadanos sobre la gestión de proyectos de eGovernment. Los hallazgos revelan extensiones de estudio como la facilidad de uso de los servicios electrónicos, las experiencias personales de los ciudadanos, los desafíos específicos enfrentados y las sugerencias para mejorar dichos servicios. También se examinaron las opiniones de los funcionarios sobre los retos y estrategias, y cómo estas iniciativas han afectado la interacción entre ciudadanos y gobierno.

La información cuantitativa se presenta en varios indicadores clave: porcentajes y frecuencias de uso de servicios de eGovernment, niveles de satisfacción, los cuales se abordan a partir de datos obtenidos de la población a través de una encuesta aplicada, los cuales son tabulados y expuestos a métodos estadísticos descriptivos e inferenciales. Estos se reflejan en los resultados a través de tablas y gráficas.

El método estadístico no paramétrico aplicado es el cálculo del coeficiente de correlación Tau – b de Kendall adecuado para relaciones monotónicas entre variables ordinales procedentes de datos cualitativos expresados en escalas de Likert como el caso de esta investigación, con lo cual se miden la relación entre las respuestas en dos variables. Al respecto esta Tau-b Kendall es utilizado en estudios de mercado para analizar la satisfacción al cliente para evaluar la fiabilidad y la asociación entre variables (16).

La Población Económicamente Activa (PEA) de Riobamba mayores a 18 años constituyeron el grupo de estudio, pues son los principales usuarios de los sistemas eGovernment sumando un total de 188.428 personas, de ellas se tomó una muestra aleatoria estratificada proporcional; estimando una representación adecuada de todos los subgrupos de la PEA.

El tamaño de la muestra fue de 385 calculado con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%; misma que se distribuyó por porcentajes representativos a la edad pues resulta la dimensión más influyente de consumo de servicios eGovernment considerando para ello datos informados por el INEC; luego del cálculo 83 personas correspondieron a edades entre 18 a 29 años; 155 entre 30 a 64 años y 40 ciudadanos de 65 años y más (17).

Al recolectar datos, se usaron dos instrumentos: un cuestionario con 10 preguntas de opción múltiple estructurado para aplicar una encuesta y recoger datos sobre la percepción ciudadana, y entrevistas semiestructuradas para obtener información detallada de funcionarios clave. Las técnicas de recolección incluyeron encuestas en línea y presenciales.

El estudio se desarrolló en cuatro fases: preparatoria, de campo, analítica e informativa. La fase preparatoria incluyó la revisión de bibliografía, definición de objetivos e hipótesis, y diseño de instrumentos. La fase de campo abarcó la aplicación de encuestas y realización de entrevistas. En la fase analítica, se procesaron los datos cuantitativos mediante software estadístico y los cualitativos a través de análisis de contenido, realizando una triangulación para obtener una visión holística. La fase informativa comprende la interpretación de resultados, discusión de contenidos, elaboración de conclusiones y redacción del informe final.

Se garantizaron aspectos éticos mediante el consentimiento informado de participantes y la confidencialidad de los datos. La validez y confiabilidad de instrumentos se realizó a través de la validación de instrumentos mediante el cálculo del alfa de Cronbach para el cuestionario con un resultado de Alfa de Cronbach de 0,977 muy significativo que muestra la consistencia de la aplicación del instrumento.

RESULTADOS

Análisis descriptivo y exploratorio de los datos.

Tabla 1. Frecuencia de uso de servicios eGovernment distribuida por datos demográficos

Datos demográficos	Frecuencia de uso		Porcentaje total
	No	Si	
Edad			
18-28	2%	19%	21%
29-39	4%	18%	23%
40-50	6%	16%	22%
51-61	6%	13%	19%
62-más	7%	9%	16%
Género			
Masculino	12%	37%	49%

Femenino	13%	38%	51%
Residencia			
Rural	14%	39%	52%
Urbana	11%	36%	48%
Nivel de educación			
Primaria	3%	11%	15%
Secundaria	12%	36%	49%
Tercer nivel	8%	24%	32%
Cuarto nivel	2%	3%	4%
Total	**25%**	**75%**	**100%**

En la Tabla 1 se observa que la población se distribuye por edades en un 21% para personas entre (18-28) años; 23% entre (29-39) años; 22% entre (40-50) años; 19% entre (51-60) años y 16% de 62 años a mayor edad. El 49% de todos son de género masculino y 51% femenino; 52% radican en la ruralidad y 48% en la zona urbana; 15% mantienen un nivel de educación primaria, 49% secundaria; 32% posee tercer nivel; 4% maestría.

25% de la población estudiada no conservan costumbres de uso de servicios de eGovernment dentro de la ciudad de Riobamba; ello se observa entre la aceptación a respuestas entre nunca y casi nunca; mientras que el 75% si lo hacen en frecuencias entre a menudo y siempre, de tal modo se establece que existe un alto nivel de consumo de servicios gubernamentales en plataformas e internet.

La dimensión principal que explica el uso es la edad, categorizada por un 23% de población entre los 29 a 39 años; entre 18-28 años está el 21%, entre 40-50 años el 22%, entre 51-61 el 19% y la menor parte de 62 años en adelante con el 16%. El análisis denota que a mayor edad la utilización de estos servicios disminuye, por lo que existe una tendencia de uso de servicios eGovernment principalmente entre los 18 a 50 años.

En cuanto a la frecuencia de uso de los servicios por género no se observan diferencias significativas ya que 37% de la población que son hombres y 38% mujeres utilizan los servicios frente al 12% y 13% respectivamente que no los usa. Por otra parte, existe una pequeña diferencia del 3% entre la población rural y urbana siendo la primera la que con el 39% utilizan estos servicios frente al 36% de la población urbana; mientras que el 14% y 13% de estas poblaciones no utilizan. Observando que el consumo de servicios eGovernment es creciente especialmente por personas que residen a distancias considerables de oficinas físicas de los gobiernos autónomos en los cuales prestan estos servicios.

El nivel educativo expresa que 11% de personas con nivel de primaria utilizan estos servicios; 36% que poseen secundaria, 24% título de tercer nivel y 3% cuarto nivel, no han respondido el cuestionario personas sin ningún nivel de educación y profesionales con doctorado o especializaciones. La información de la tabla muestra que a mayor educación de la población existe un crecimiento positivo del uso de servicios eGovernment.

Tabla 2. Tipos de servicios eGovernment utilizados, beneficios recibidos, desafíos y requerimientos

Servicios de eGoverment usados		Beneficios recibidos	
Consultas de información público	16%	Aumentar transparencia	25%
Pago de multas	16%	Facilitar la obtención de documentos	24%
Registro civil	19%	Mejorar comunicación	23%
Renovación de documentos	16%	Reducir el tiempo de espera	28%
Solicitud de certificados	16%		
Trámites tributarios	16%		
Todo	100%	Todo	100%
Desafíos de los servicios		**Requerimientos de mejora**	
Dificultad para navegar	22%	Capacitar personal	20%
Falta de información	22%	Implementar sistemas seguros	19%
Falta de soporte	19%	Mejorar interfaz	22%
Largos tiempos de espera	18%	Proveer más información	18%
Problemas técnicos	19%	Reducir tiempos de espera	21%
Todo	100%	Todo	100%

En la Tabla 2 se evidencia De los tipos de servicios más utilizado por la población son aquellos relacionados con el registro civil, como partidas de nacimiento, cedulación; luego comparten el mismo porcentaje del 16% aquellos de consulta de información pública, pagos de multas, renovación de documentos municipales, solicitud de certificados y tramites tributarios del Sistema de Rentas Internas.

Los beneficios recibidos en un 28% son reducción del tiempo en trámites comparados con servicios presenciales, 25% mayor transparencia; 24% facilidad para obtener documentos y 23% mejor comunicación. Aunque existen varios desafíos para este tipo de servicios, los usuarios se manifiestan en 22% la dificultad de navegar y de información que muestran ciertas plataformas de algunas instituciones; 19% el soporte informático y los problemas técnicos que en ciertas etapas o tiempos requieren de actualización de sistemas informáticos o las páginas de internet están caídas y 18% demanda mayor eficiencia en los tiempos.

Los requerimientos se resumen en un 22% mejorar las interfaces, 21% mejorar el tiempo de respuesta, 20% capacitar a las personas en el uso de estos servicios, 19% se inquietan por la seguridad de su información; 18% ampliar los servicios y la información.

Del análisis descriptivo de datos de la encuesta aplicada a la muestra de 385 personas se observa una distribución equitativa por edades, por género y por residencia; estos datos presentan similitud con la información demográfica otorgada por el INEC en el último censo, ello involucra que la muestra es representativa; de tal manera no existe sesgos en la información proveniente de los informantes, influyendo positivamente en los resultados y el análisis.

La tendencia de la población sugiere un incremento en el consumo de servicios eGovernment por la población en análisis, puesto que a menor edad el consumo es mayoritario, en tal sentido las generaciones futuras que se encuentran en la era digital accederán mayoritariamente a este tipo de servicios; así también no existe un sesgo de demanda entre personas de las ruralidades y de las zonas urbanas, por lo que se asume que los servicios eGovernment disminuyen la brecha de

desigualdad en acceso a información; finalmente las personas con mayor educación, interaccionan constantemente con plataformas digitales para servicios eGovernment.

Análisis correlacional de los datos

En de la metodología de investigación se han establecido dos variables que presentan relación y con ello se ha planteado la hipótesis cual se corrobora si existen índices de correlación Tau-b y un índice $p < 0.05$. Las hipótesis planteadas son:

a) **H0:** La gestión de proyectos de eGovernment no influye positivamente en la satisfacción del ciudadano.

b) **H1:** La gestión de proyectos de eGovernment influye positivamente en la satisfacción del ciudadano.

Para el tratamiento estadístico se consideran datos tomados de 385 personas en preguntas clave para la variable dependiente e independiente, de tal manera la satisfacción del uso de servicios eGovernment se refleja en la frecuencia de uso de estos; para lo cual se planteó la pregunta dos en el instrumento de recolección de información y ello depende de varios indicadores que se muestran en 15 ítems planteadas en la pregunta 8.

Los resultados extraídos del modelo Tau-b de Kendall expresan coeficientes de correlación con un valor positivo entre moderado y fuerte, de tal manera que, si a manera que la gestión de servicios eGovernment es percibida como mejor, la satisfacción de los usuarios crese y el consumo de estos servicios incrementa, los valores se observan en la Tabla 3.

Tabla 3. Valores de correlación entre la frecuencia de uso de servicios eGovernment y dimensiones de la satisfacción de usuarios.

Coeficiente de correlación					
Correlación positiva fuerte			Correlación moderada		
Variable	**Tau-b Kendall**	**p**	**Variable**	**Tau-b Kendall**	**p**
Facilidad	,722**	0,000	Expectativas	,672**	0,000
Reducción de tiempos	,714**	0,000	Problemas técnicos	,666**	0,000
Interacción con Gobierno	,710**	0,000	Transparencia	,692**	0,000
Seguridad	,706**	0,000	Información	,680**	0,000
Preferencia	,748**	0,000			
Accesibilidad	,709**	0,000			
Ahorro recursos económicos	,707**	0,000			
Atención al cliente	,703**	0,000			
Intuición en el uso	,761**	0,000			
Beneficio comunidad	,707**	0,000			
Calidad	,719**	0,000			

Nota: **. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral). Datos elaborados en SPSS.

Los resultados mencionan que es procedente rechazar la hipótesis nula y aceptar la alternativa con un nivel de confianza superior al 95%, de tal modo: La gestión de proyectos de eGovernment influye positivamente en la satisfacción del ciudadano.

Se observa también que la gestión de servicios eGovernment genera efectos bilaterales entre sus variables, pues estas crecen en la misma dirección, ya sea las expectativas de los usuarios crecen a mayor facilidad, reducción de tiempos, interacción con, resolución de problemas técnicos, seguridad, preferencia, ahorros en recursos, atención al cliente, intuición, transparencia, beneficios comunitarios, información y calidad. Dichas relaciones son dependientes entre todas, las unas afectan a las otras, los resultados se muestran en la Tabla 4.

InvestiGO
Revista Científica Multidisciplinaria
ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com
Diciembre 2024
Vol. 5, No.13, PP.141-160
https://doi.org/10.56519/r4b5bk05

Tabla 4. Valores de correlación entre dimensiones de la gestión de servicios eGovernment para la satisfacción de usuarios.

	Expectativas	Facilidad	Reducción de tiempos	Interacción con Gobierno	Problemas técnicos	Seguridad	Preferencia	Accesibilidad	Ahorro recursos económicos	Atención al cliente	Intuición en el uso	Transparencia	Beneficio comunidad	Información	Calidad
Expectativas	1,000	,708**	,702**	,691**	,697**	,651*	,672**	,765**	,691**	,698*	,684**	,674**	,722**	,743**	,687*
Facilidad	,708**	1,000	,655**	,736**	,682**	,709*	,690**	,725**	,743**	,752*	,741**	,704**	,732**	,751**	,700*
Reducción de tiempos	,702**	,655**	1,000	,746**	,724**	,750*	,723**	,716**	,681**	,714*	,712**	,707**	,681**	,685**	,735*
Interacción con Gobierno	,691**	,736**	,746**	1,000	,696**	,713*	,739**	,784**	,723**	,719*	,718**	,735**	,691**	,753**	,701*
Problemas técnicos	,697**	,682**	,724**	,696**	1,000	,701*	,677**	,753**	,683**	,750*	,724**	,711**	,705**	,725**	,729*
Seguridad	,651**	,709**	,750**	,713**	,701**	1,000	,749**	,640**	,688**	,726*	,706**	,728**	,725**	,714**	,744*
Preferencia	,672**	,690**	,723**	,739**	,677**	,749*	1,000	,668**	,683**	,664*	,726**	,739**	,658**	,711**	,727*
Accesibilidad	,765**	,725**	,716**	,784**	,753**	,640*	,668**	1,000	,754**	,688*	,694**	,698**	,705**	,734**	,708*
Ahorro recursos económicos	,691**	,743**	,681**	,723**	,683**	,688*	,683**	,754**	1,000	,732*	,701**	,694**	,753**	,770**	,662*
Atención al cliente	,698**	,752**	,714**	,719**	,750**	,726*	,664**	,688**	,732**	1,000	,733**	,699**	,697**	,709**	,684*
Intuición en el uso	,684**	,741**	,712**	,718**	,724**	,706*	,726**	,694**	,701**	,733*	1,000	,750**	,728**	,706**	,712*
Transparencia	,674**	,704**	,707**	,735**	,711**	,728*	,739**	,698**	,694**	,699*	,750**	1,000	,745**	,698**	,760*
Beneficio comunidad	,722**	,732**	,681**	,691**	,705**	,725*	,658**	,705**	,753**	,697*	,728**	,745**	1,000	,765**	,701*
Información	,743**	,751**	,685**	,753**	,725**	,714*	,711**	,734**	,770**	,709*	,706**	,698**	,765**	1,000	,692*
Calidad	,687**	,700**	,735**	,701**	,729**	,744*	,727**	,708**	,662**	,684*	,712**	,760**	,701**	,692**	1,000

Nota: La tabla presenta índices de correlación Tau-b de Kendall positivos con un valor de significancia entre moderado y fuerte.

InvestiGO
Revista Científica Multidisciplinaria
ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com
Diciembre 2024
Vol. 5, No.13, PP.141-160
https://doi.org/10.56519/r4b5bk05

Por lo tanto, en la Tabla 4 se evidencia, la gestión de servicios eGovernment incide en la satisfacción de usuarios en direccionalidad positiva, sugiere una base sólida para tomar decisiones orientadas a fortalecer mecanismos electrónicos para satisfacer las necesidades de la población estudiada. Para realizar un análisis más consistente se ha procedido a evaluar los resultados de chi-cuadrado cuales proporcionan información sobre la asociación entre dos variables; en este contexto la frecuencia de uso y aspectos de satisfacción con los servicios de gobierno electrónico.

Tabla 5. Valores de asociación estadística Chi-cuadrado entre la variable frecuencia de uso de servicios eGovernment y la satisfacción de usuarios.

Dimensiones	Chi-cuadrado de Pearson	df	El recuento mínimo esperado	p
Expectativas	802,276a	16	1,73	,000
Facilidad	863,903a	16	1,4	,000
Reducción de tiempos	821,591a	16	1,31	,000
Interacción con Gobierno	823,913a	16	1,5	,000
Problemas técnicos	793,425a	16	1,5	,000
Seguridad	870,507a	16	1,59	,000
Preferencia	882,816a	16	1,5	,000
Accesibilidad	829,570a	16	1,73	,000
Ahorro recursos económicos	837,623a	16	1,59	,000
Atención al cliente	819,967a	16	1,31	,000
Intuición en el uso	871,004a	16	1,5	,000
Transparencia	815,580a	16	1,59	,000
Beneficio comunidad	819,699a	16	1,59	,000
Información	800,774a	16	1,68	,000
Calidad	818,275a	16	1,68	,000

Los valores de chi-cuadrado entre la relación de dimensiones de satisfacción de usuarios de servicios eGovernment y frecuencia de uso oscilan entre 793.425 y 882.816 valores altos que sugieren una gran diferencia entre las frecuencias vistas y las esperadas, implica que la frecuencia de uso de los servicios no es independiente de cómo los usuarios perciben cada aspecto del servicio. Utilizando una misma estructura de categorías de análisis con 16 df (grados de libertad). Para cada dimensión, el recuento mínimo esperado oscila entre 1,31 y 1,73 con una muestra general de 385 casos muy robusta, que permite una interpretación confiable de los resultados.

Análisis descriptivo del nivel de satisfacción en el uso de servicios eGovernment

Tabla 6. Nivel de satisfacción en el uso de servicios eGovernment por parte de los usuarios.

Dimensiones	Insatisfecho	Satisfechos	No lo usan
Espectativas	8%	67%	25%
Facilidad	6%	69%	25%
Reducción de tiempos	5%	70%	25%
Interacción con Gobierno	6%	69%	25%
Problemas técnicos	7%	68%	25%
Seguridad	7%	68%	25%
Preferencia	4%	71%	25%
Accesibilidad	7%	68%	25%
Ahorro recursos económicos	7%	68%	25%
Atención al cliente	6%	69%	25%
Intuición en el uso	5%	70%	25%
Transparencia	8%	67%	25%
Beneficio comunidad	7%	68%	25%
Información	8%	67%	25%
Calidad	5%	70%	25%
Promedio	7%	69%	

En la Tabla 6 se muestra que el 25% de personas manifestaron nunca o casi nunca utilizar servicios de eGovernment; frente al 75% que mencionan utilizar entre a menudo, casi siempre y siempre. Un 7% de la población presentarían insatisfacción en promedio de todos los tipos de servicios utilizados y un 69% están satisfechos; así también existen requerimientos tales como: un 8% tiene mayores expectativas principalmente transparencia e información; un 7% han experimentado problemas técnicos, inseguridad, accesibilidad, reducción de recursos económicos y mayores beneficios a la comunidad; 6% requiere mayor facilidad, interacción con gobiernos, atención al cliente; un 5% reducir los tiempos, mejorar la intuición e incrementar la calidad, un 4% aún prefiere servicios personales.

En general se observa una gestión dentro de los servicios eGovernment de mejoramiento que mantiene satisfecho a la gran parte de la población, frente altos niveles de demanda y exigencias, aunque todavía se deben perfeccionar en varias áreas.

A nivel de resultados de investigaciones que presentan similitud al objetivo de este estudio se obtiene que. Los servicios de gobierno electrónico evolucionan rápidamente y constituirán en el mundo, el medio masivo de oferta, ya que existe un desarrollo tecnológico amplio y acelerado, centrado en la facilidad de uso para satisfacer necesidades de la ciudadanía en diferentes condiciones (12).

Ello conlleva a entender aspectos de la población estudiada en la cual existe una propensión creciente de consumo de estos servicios por personas que provienen de diferentes realidades, ya sea zona de residencia rural o urbana, por género, por edad, o nivel educativo. Situación que marca una tendencia para la realidad ecuatoriana pues el resultado citado concuerda con las entrevistas en las cuales se expresan que la utilidad y el fin de este tipo de servicios es el beneficio

común para los ciudadanos y los gobiernos, con la intención de disminuir las brechas de desigualdad.

Es así que en la actualidad la mayoría de países, han establecido servicios electrónicos obligatorios para las poblaciones, casos como Arabia Saudita (12) o Noruega (18) en los cuales los servicios de gobierno electrónico son más inclusivos y presentan menos disparidad en su uso entre los distintos grupos sociales buscando garantizar un acceso amplio y una mayor seguridad en el uso de las herramientas digitales contrario a países en los cuales prima factores socioeconómicos, la educación y los ingresos, acceso a Internet y habilidades digitales.

De una u otra manera los servicios de eGovernment en el 69% de la población de estudio son vistos como beneficiosos, a lo largo de diferentes requerimientos, principalmente por la reducción del tiempo que significan, por la intuición de uso y la calidad; lo que lleva a que dentro de la ciudad de Riobamba exista una frecuencia de uso amplio entre a menudo y siempre. Sin embargo, no todo es color de rosa según los directivos, empleados y funcionarios de gobiernos, quienes manifiestan que existen barreras, que de una u otra manera limitan la posibilidad de brindar un mejor servicio y ello afecta a la satisfacción de usuarios.

Ya sea la infraestructura tecnológica, los requerimientos de sistemas robustos, la resistencia al cambio de parte de la población y de la administración, la falta de recursos son las principales barreras a las cuales se enfrentan los servicios de eGovernment y ello implica un cambio cultural significativo. Al respecto Bakunzibake(9) en su estudio demostraron que estas variables están asociadas con la falta de éxito y la eficacia de la implementación del gobierno electrónico, incidiendo en el cumplimiento garantizado de la oferta de servicios, a ello se suma la falta de planes de calidad e información, evaluaciones constantes e inversiones.

Otras de las causas para que los servicios electrónicos de los gobiernos no cumplan su misión se debe a la mala implementación de políticas, la falta de apoyo financiero, coordinación entre los gobiernos central y local y en un 50% principalmente por la baja calidad de los recursos humanos (11). Concordando con el criterio de encuestados quienes decían que estas son las principales barreras que atraviesan este tipo de servicios, y a más de ello se sumaban la situación cultural de la población.

Sin embargo, los esfuerzos en el tema de generar servicios de eGovernment capaces de satisfacer a los usuarios son cada vez mayores. Al respecto se busca cumplir expectativas superiores en la calidad del soporte de los sistemas de gobierno electrónico pues es el factor crítico para lograr la aceptación de los usuarios entre diversos grupos especialmente en los países en desarrollo(19). Caso propio de este estudio en los cuales las exigencias de la población son altas con un nivel de insatisfacción del 7% más un 25% que no utiliza este servicio en todas las dimensiones medidas, aseveración que mantienen los administradores de estos servicios al expresar que cada vez la población exige mayor eficiencia de parte de los gobiernos.

Algo que podría ser combatido con medidas como la concientización, información y en especial con la capacitación (20). Ello se verifica en este estudio pues se obtuvo que, a mayor nivel educativo, los índices de utilización eran ascendentes y las autoridades expresan que, para crear

un uso eficiente en la población, se instauran mecanismos de inducción y promoción para el uso de estos sistemas.

Resultados de encuestas a funcionarios y empleados en servicios de eGovernment

¿Cuáles son los retos principales que ha enfrentado en la implementación de proyectos de gobierno electrónico? La infraestructura tecnológica, por los requerimientos de sistemas robustos, algo que no siempre está disponible, especialmente en el contexto nacional y local, ya sea por falta de recursos, lo que dificulta avanzar al ritmo deseado, obligando a priorizar ciertos servicios. Otro aspecto es la resistencia al cambio de parte de la población y de la administración y ello ha resultado una barrera constante, pues implica un cambio cultural significativo.

¿Qué estrategias ha utilizado su equipo para superar estos desafíos? La principal es la capacitación y educación al personal, así como campañas de concienciación ciudadana, para contrarrestar la resistencia al cambio. Luego el trabajo estratégico en alianzas con proveedores de tecnología y expertos, para incrementar la eficiencia de trabajo técnica. Finalmente, es necesario abordar pruebas piloto.

¿Cómo ha cambiado la interacción entre ciudadanos y el gobierno desde la implementación de los servicios de eGovernment? Gradualmente hasta alcanzar grandes niveles de usuarios y tipos de servicios gubernamentales, trabajando en diferentes aspectos técnicos, con el afán de proporcionar servicios más rápidos y cómodos.

¿Qué impacto ha tenido la implementación de gobierno electrónico en la transparencia de los procesos gubernamentales? Ha mejorado la transparencia, facilitando el acceso a la información pública y promoviendo la rendición de cuentas a través de una mayor visibilidad de las actividades gubernamentales, generando confianza en los procesos y ha fortalecido la percepción de transparencia.

¿De qué manera cree que los servicios de gobierno electrónico han mejorado la eficiencia del gobierno? Principalmente en los tiempos, costos y errores humanos al automatizar procesos, para así tener una mejor administración pública.

¿Qué feedback ha recibido de los ciudadanos sobre los servicios de gobierno electrónico? Es una demanda creciente y positiva, especialmente en cuanto a la conveniencia y rapidez de los servicios. Sin embargo, existen varáis exigencias que deben ser cubiertas y mejoradas comentarios útiles para concebir ajustes continuos, centrados en mejorar la accesibilidad y simplificar los trámites.

¿Cómo maneja su equipo la seguridad y privacidad de los datos en los servicios de gobierno electrónico? Es una prioridad llevada bajo protocolos avanzados de protección de datos y autenticación de usuarios; auditorías regulares para identificar y corregir vulnerabilidades y continuos procesos de capacitación y mejora.

¿Qué mejoras adicionales cree que se necesitan para optimizar los servicios de gobierno electrónico en el futuro? Es fundamental mejorar la infraestructura para asegurar una mayor

capacidad de respuesta y acceso en todas las áreas geográficas; también se requiere invertir en tecnologías de inteligencia para optimizar los servicios, permitiendo experiencias personalizadas y automáticas. Finalmente, el fortalecimiento continuo en la capacitación del personal.

¿Cómo ha afectado la implementación de eGovernment a la carga de trabajo y al desempeño del personal administrativo? La automatización de procesos a eliminado resultados repetitivos, permitiendo que el personal se concentre en tareas de mayor valor y en la atención de casos complejos impactando en la eficiencia.

¿Cuáles son las mejores prácticas que recomendarían a otras entidades gubernamentales que están considerando implementar servicios de gobierno electrónico? Desarrollar una planificación estratégica detallada que priorice los servicios de alto impacto y escalonar la implementación para ajustar posibles fallos; involucrar a los ciudadanos desde el inicio de un proyecto, para generar verdaderos servicios que puedan satisfacer sus necesidades, como las de los gobiernos.

DISCUSIÓN

La satisfacción de ciudadanos es fundamental para el uso sostenido de los servicios de gobierno electrónico; la experiencia previa, la influencia social, la calidad de información y del servicio son predictores significativos de la participación continua (21). De una u otra manera ha facilitado la interconectividad entre las entidades estatales y la interacción con los ciudadanos. Esta transformación busca reducir brechas, potenciar la participación ciudadana y mejorar los servicios públicos a través de la integración de la tecnología (15).

La satisfacción de los ciudadanos es clave para el éxito sostenido de los servicios de gobierno electrónico (21). Los servicios de eGovernment, los resultados de este estudio subrayan dimensiones clave que influyen en la satisfacción ciudadana y la efectividad de estos servicios. Siendo expectativas, facilidad de uso, reducción de tiempos, interacción con el gobierno, problemas técnicos, seguridad, preferencia, accesibilidad, ahorro de recursos económicos, atención al cliente, intuición en el uso, transparencia, beneficio a la comunidad, información y calidad interactúan y contribuyen a la experiencia del usuario en plataformas de este tipo de servicios.

Al respecto un estudio en Pakistán identificó siete factores que impulsan la satisfacción, entre ellos la confianza, la accesibilidad, el conocimiento de los servicios, la calidad, la ansiedad informática, las expectativas y la seguridad (8). Otros resultados revelan que todas las dimensiones de los servicios electrónicos tienen un impacto positivo en la utilidad percibida y la confianza. La confianza, a su vez, fortalece la utilidad observada y mejora directamente la satisfacción de los ciudadanos (1). De tal modo es evidente que las dimensiones propuestas en el estudio permiten analizar los niveles de satisfacción de usuarios.

La alineación entre las expectativas del usuario y el desempeño del eGovernment es fundamental. Investigaciones previas, sugieren que las expectativas influyen en la satisfacción y retención del

usuario en plataformas digitales, en tal sentido encontró que una brecha entre las expectativas y la experiencia percibida puede limitar la adopción continua de los servicios de electrónicos por ello es importante adoptar investigaciones como esta, para actualizar información y mejorar los servicios (22).

Quisa el tema de discusión más generalizado es el de la seguridad, pero la aplicación del concepto de gobierno abierto reconoce el derecho del público hacer y, acceder a la información bajo políticas públicas más seguras (11). En América Latina la implementación de servicios eGovernment mejora la satisfacción de los usuarios al facilitar el acceso a servicios e información gubernamental, al mismo tiempo se asocia con una percepción reducida de corrupción (15). Problemas Técnicos y Seguridad.

Los problemas técnicos y la seguridad en eGovernment son factores críticos que pueden afectar gravemente la experiencia del usuario, la literatura sugiere que los problemas técnicos generan frustración y desconfianza, disminuyendo la satisfacción general (23). Este estudio reafirma que una experiencia segura y sin interrupciones técnicas es fundamental para mantener la confianza de los ciudadanos, especialmente en áreas sensibles como los servicios de gobierno (20). Así, la implementación de sistemas robustos y protocolos de seguridad es fundamental para la viabilidad a largo plazo de estos servicios como manifiestan los entrevistados.

El segundo requerimiento es la facilidad de uso y la intuición pues son esenciales para una experiencia de usuario satisfactoria en servicios de eGovernment. Tokovska et al. postula que la facilidad de uso percibida incrementa el uso. Este estudio coincide con estas conclusiones, destacando que los ciudadanos perciben los servicios como más útiles cuando son intuitivos y accesibles, ya que esto reduce la curva de aprendizaje y facilita la realización de trámites (18).

Lo siguiente es la reducción de tiempos y el ahorro de recursos económicos son beneficios prácticos que aumentan la eficiencia de los servicios eGovernment. Alkraiji muestra que la optimización de tiempos es una de las razones principales por las que los ciudadanos prefieren realizar sus trámites en línea (12). Las encuestas aplicadas confirmaron lo expuesto por un 68% y 70% respectivamente, quienes consienten obtener satisfacción por recursos y tiempos; sin embargo, un 5% exigen que los tiempos pudieran mejorarse y un 7% que podrían ser más baratos.

La preferencia por servicios en línea y la accesibilidad juegan un papel importante en la adopción de eGovernment. Pazmiño et al. demuestran que la preferencia ciudadana por servicios en línea se ve fortalecida cuando se asegura su accesibilidad en distintas regiones y para diversos niveles de competencia digital, enfatizando la necesidad de una infraestructura adecuada y políticas de inclusión digital(24). Finalmente, la calidad de la información y la calidad general del servicio son esenciales para una experiencia de eGovernment satisfactoria (22).

CONCLUSIONES

Se concluye que existe una relación estadística significativa entre la frecuencia de uso y las dimensiones de satisfacción de los usuarios, con valores p menores al 0.05 de tal manera la

evidencia es sólida y consistente. Estos resultados sugieren que mejorar aspectos específicos del servicio (como la facilidad de uso o la seguridad) podría aumentar la frecuencia de uso, lo cual es un hallazgo clave para estrategias de optimización y gestión de servicios de gobierno electrónico. Lo cual permite aceptar la hipótesis de determinar que: La gestión de proyectos de eGovernment influye positivamente en la satisfacción del ciudadano. Cumpliendo el objetivo de investigación planteado.

Los servicios de gobierno electrónico eGovernment han demostrado ser una herramienta esencial para optimizar la interacción entre los gobiernos y sus ciudadanos; la evidencia sugiere que factores como expectativas, facilidad de uso, reducción de tiempos, interacción con el gobierno, problemas técnicos, seguridad, preferencia, accesibilidad, ahorro de recursos económicos, atención al cliente, intuición en el uso, transparencia, beneficio a la comunidad, información y calidad son determinantes clave de la satisfacción del usuario y el uso frecuente de estos servicios. Esto se ve en la experiencia de otros países y el Ecuador, donde la implementación del gobierno electrónico ha logrado altos niveles de inclusión y satisfacción, minimizando las disparidades entre poblaciones.

Sin embargo, los servicios enfrentan desafíos importantes especialmente en América Latina y en el Ecuador, donde las barreras incluyen políticas públicas, limitaciones en infraestructura tecnológica, recursos económicos y humanos a más de paradigmas de resistencia cultural especialmente en personas de edad avanzada y con bajos niveles de educación, así también problemas técnicos y de seguridad, que generan frustración y desconfianza entre los usuarios, requieren atención prioritaria.

Ante ello se refuerza la importancia de realizar futuras investigaciones en temas de sistemas robustos informáticos bajo protocolos de seguridad, así como iniciativas de capacitación e inclusión digital. Las limitaciones del estudio se encuentran a nivel de información de estudios similares a este efectuados dentro del Ecuador o en la ciudad de Riobamba, es por ello que se toma en consideración investigaciones fuera del país, por lo que se recomienda considerar este estudio como fuente de información, pero no como un decidor de la verdad absoluta.

AGRADECIMIENTOS

A, Chiriboga Zamora Patricia Alexandra, por su contribución y tutoría, muchas gracias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Siwi T, Nawawi Z. Building Citizen Satisfaction Towards E-Government Services: A Conceptual Framework. Jurnal Manajemen Pelayanan Publik. 2023 May 14;6(2):253.
2. Banco Mundial. Digital Government Readiness Assessment (DGRA) Toolkit V.31 Guidelines for Task Teams. In: World Bank, editor. Broadband Policies for Latin America and the Caribbean [Internet]. Paris: OECD; 2020 [cited 2024 Jul 22]. p. 1–37. Available from: https://n9.cl/f0e4ht

3. Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. Panorama de la Gestión Pública en América Latina y el Caribe, 2023 [Internet]. Santiago; 2024 [cited 2024 Jul 22]. Available from: https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/6398eae9-6083-415c-be5e-5d7136f26b8d/content
4. Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información. Plan Nacional de Gobierno Electrónico 2018-2021 [Internet]. Quito; 2018 [cited 2024 Jul 22]. Report No.: 1. Available from: https://www.gobiernoelectronico.gob.ec/wp-content/uploads/2018/09/PNGE_2018_2021sv2.pdf
5. Coordinación de Planificación Territorial - Institucional de Chimborazo. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Provincia de Chimborazo 2019-2023 [Internet]. Riobamba; 2020 [cited 2024 Jul 22]. Report No.: 1. Available from: http://chimborazo.gob.ec/principal/wp-content/uploads/2022/06/PDOT.pdf
6. Dirección de Ordenamiento Territorial de Riobamba. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2020 - 2030 [Internet]. Riobamba; 2021 [cited 2024 Jul 22]. Available from: https://www.gadmriobamba.gob.ec/index.php/ordenamiento-territorial/plan-pdyot-2020-2030#
7. Utama A. The implementation of e-government in indonesia. International Journal of Research in Business and Social Science (2147- 4478). 2020 Dec 12;9(7):190–6.
8. Mensah I. Impact of Government Capacity and E-Government Performance on the Adoption of E-Government Services. International Journal of Public Administration. 2020 Mar 11;43(4):303–11.
9. Bakunzibake P, Klein G, Islam S. E-government implementation and monitoring: The case of Rwanda's 'one-stop' E-government. The electronic journal of information systems in developing countries. 2019 Sep 19;85(5).
10. Tokovska M, Ferreira V, Vallušova A, Seberíni A. E-Government—The Inclusive Way for the Future of Digital Citizenship. Societies. 2023 Jun 7;13(6):141.
11. Ariyaningsih B, Subagyov A, Suhartono B, Hadi F, Rajab R. Implementation of E-Governance to Encourage Integrated Public Services in Lebak Regency. KnE Social Sciences. 2023 Jun 21;159–80.
12. Alkraiji A. An examination of citizen satisfaction with mandatory e-government services: comparison of two information systems success models. Transforming Government: People, Process and Policy. 2021 Mar 9;15(1):36–58.
13. Dienislami A, Indrati A. User satisfaction analysis of gojek application using end-user computing satisfaction (EUCS). International Journal Science and Technology. 2023 Jul 30;2(2):76–9.
14. Malik B, Shuqin C, Mastoi A, Gul N, Gul H. Evaluating Citizen e-Satisfaction from e-Government Services: A Case of Pakistan. European Scientific Journal, ESJ. 2016 Feb 28;12(5):346.
15. Díaz R. Satisfacción de la implementación de gobierno electrónico. Revista Nor@ndina. 2021 Dec 27;4(2):61–9.
16. Delgado F, Malca A, Rivera S, Rodriguez V, Espinoza J, Ramírez F, et al. Effects of Marketing Strategies on the Brand Positioning of a Tourist Hotel, Bagua – Peru. Journal of Law and Sustainable Development. 2023 Sep 25;11(7):e491.

17. INEC. censoecuador. 2023 [cited 2024 Jul 22]. Perfil territorial: Riobamba Censo 2022. Available from: https://censoecuador.ecudatanalytics.com/
18. Tokovska M, Ferreira V, Vallušova A, Seberíni A. E-Government—The Inclusive Way for the Future of Digital Citizenship. Societies. 2023 Jun 7;13(6):141.
19. Khatib H, Lee H, Suh C, Weerakkody V. e-Government Systems Success and User Acceptance in Developing Countries: The Role of Perceived Support Quality. Asia Pacific Journal of Information Systems. 2019 Mar 31;29(1):1–34.
20. Alruwaie M, El-Haddadeh R, Weerakkody V. Citizens' continuous use of eGovernment services: The role of self-efficacy, outcome expectations and satisfaction. Gov Inf Q. 2020 Jul;37(3):101485.
21. Scott M, DeLone W, Golden W. Measuring eGovernment success: a public value approach. European Journal of Information Systems. 2016 May 19;25(3):187–208.
22. Le X. Charting sustained usage toward mobile social media application: the criticality of expected benefits and emotional motivations. Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics. 2022 Feb 14;34(3):576–93.
23. Flores D. An authentication and auditing architecture for enhancing security on egovernment services. In: 2014 First International Conference on eDemocracy & eGovernment (ICEDEG). IEEE; 2014. p. 73–6.
24. Pazmiño M, Naranjo M, Cruz F. Assessing the drivers of the regional digital divide and their impact on eGovernment services: evidence from a South American country. Information Technology & People. 2022 Dec 7;35(7):2002–25.

InvestiGO
Revista Científica Multidisciplinaria

ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Diciembre 2024
Vol. 5, No.13, PP.161-180
https://doi.org/10.56519/c15sn758

LOS PROCESOS DE CONTRATACIÓN PÚBLICA Y EL DESARROLLO INSTITUCIONAL DE GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DEL CANTÓN GUANO: ESTRATEGIAS PARA MAXIMIZAR EL IMPACTO ECONÓMICO Y SOCIAL

PUBLIC PROCUREMENT PROCESSES AND INSTITUTIONAL DEVELOPMENT OF THE DECENTRALIZED AUTONOMOUS GOVERNMENT OF THE GUANO CANTON: STRATEGIES TO MAXIMIZE ECONOMIC AND SOCIAL IMPACT

Patricia Azucena Soto Moreno[1], Rosalina Ivonne Balanzátegui García[2]

{patty-soto@hotmail.com[1], rbalanzategui@unach.edu.ec[2]}

Fecha de recepción: 20/11/2024 / Fecha de aceptación: 30/11/2024 / Fecha de publicación: 2/12/2024

RESUMEN: Los procesos de contratación pública son fundamentales para garantizar la transparencia y eficiencia en la gestión de recursos públicos, impactando directamente el desarrollo institucional y socioeconómico. En el caso del cantón Guano, su optimización es clave para fortalecer las capacidades administrativas del Gobierno Autónomo Descentralizado y maximizar el impacto económico y social en el cantón. Este artículo analiza el papel crítico de los procesos de gestión pública en el fortalecimiento del desarrollo institucional de los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD). El objetivo principal es identificar y evaluar estrategias para maximizar el impacto económico y social mediante una gestión adecuada de los recursos públicos. La investigación se fundamenta en un enfoque cuantitativo basado en la aplicación de encuestas a 69 funcionarios del GAD del Cantón Guano y complementado con un análisis detallado de documentos oficiales, proporcionando una base sólida para identificar las principales virtudes y debilidades en el contexto institucional del cantón. Los resultados indican que los procesos de contratación más utilizados son la Subasta Inversa Electrónica y la Ínfima Cuantía. Aunque la mayoría de los encuestados constataron la eficacia del proceso actual, aseguraron que todavía existe la necesidad de capacitación continua y revisión de manuales; así mismo, entre los hallazgos más relevantes, se resalta que un alto porcentaje de funcionarios cree que los procesos de las compras públicas influyen en el desarrollo institucional y que existen rasgos claros, aunque reconocen la necesidad de mejorar estos procesos. En conclusión se determinó que para fortalecer el proceso de contratación pública se debe implementar un plan integral que incluya diagnósticos y análisis de la situación actual, y también , la creación

[1]Unidad de Compras Públicas, Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Guano, Ecuador, https://orcid.org/0009-0000-8434-9194; +5930988521993.
[2]Docente de la Carrera de Administración de Empresas de la Facultad de Ciencias Políticas y Administrativas, Universidad Nacional de Chimborazo; https://orcid.org/0000-0002-0270-906X; +593 98 936 1719.

de un portal para la gestión de la transparencia administrativa y del organismo público; al mejorar los proceso de contratación, se pueden construir bases sólidas para un desarrollo institucional robusto, orientado a satisfacer las necesitades de la población y contribuir así al desarrollo institucional sostenible del cantón Guano.

Palabras clave: Contratación pública, licitación, recursos, estrategias, gestión, desarrollo institucional

ABSTRACT: Public procurement processes are essential to ensure transparency and efficiency in the management of public resources, directly impacting institutional and socioeconomic development. In the case of Guano Canton, their optimization is key to strengthening the administrative capacities of the Decentralized Autonomous Government and maximizing the economic and social impact in the canton. This article analyzes the critical role of public management processes in strengthening the institutional development of Decentralized Autonomous Governments (GAD). The main objective is to identify and evaluate strategies to maximize the economic and social impact through proper management of public resources. The research is based on a quantitative approach based on the application of surveys to 69 officials of the GAD of Guano Canton and complemented by a detailed analysis of official documents, providing a solid basis to identify the main virtues and weaknesses in the institutional context of the canton. The results indicate that the most used procurement processes are the Electronic Reverse Auction and the Low Amount Auction. Although most respondents noted the effectiveness of the current process, they stated that there is still a need for ongoing training and revision of manuals. Furthermore, among the most relevant findings, it is highlighted that a high percentage of officials believe that public procurement processes influence institutional development and that there are clear features, although they recognize the need to improve these processes. In conclusion, it was determined that to strengthen the public procurement process, a comprehensive plan must be implemented that includes diagnoses and analysis of the current situation, and the creation of a portal for the management of administrative and public agency transparency. By improving the procurement processes, solid foundations can be built for a robust institutional development, aimed at meeting the needs of the population and thus contributing to the sustainable institutional development of the Guano canton.

Keywords: Public procurement, bidding, resources, strategies, management, institutional development

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la eficiencia de los procesos de contratación pública ha sido reconocida como un pilar para fortalecer las instituciones y fomentar la confianza ciudadana en los gobiernos. Sin embargo, este sistema no está exento de problemas, como la falta de transparencia, las irregularidades en la adjudicación de contratos y la limitada capacitación del personal encargado de su gestión, problemas que suelen repercutir negativamente en la calidad de los servicios públicos y el desarrollo local (1).

En Ecuador, la contratación pública cumple un papel estratégico al regular la adjudicación de contratos, la ejecución de obras y la provisión de servicios esenciales, canalizando recursos hacia la satisfacción de las necesidades colectivas. No obstante, investigaciones recientes han señalado que las deficiencias en su implementación pueden convertirse en obstáculos para el cumplimiento de los objetivos institucionales y socioeconómicos.

En este sentido, el cantón Guano, reconocido por su dinámica productiva y su potencial de desarrollo regional, enfrenta retos importantes en la gestión de sus procesos de contratación pública. Aunque se han implementado mecanismos como la Subasta Inversa Electrónica y la Ínfima Cuantía para garantizar la transparencia, persisten limitaciones relacionadas con la capacitación del personal, la modernización de los procedimientos y la adopción de estándares de eficiencia.

El estudio de los procesos de contratación pública en el GADM-CG evidencia una serie de problemas que afectan su contribución al fortalecimiento del desarrollo institucional y socioeconómico. Entre estos se encuentran percepciones de ineficiencia en algunos procedimientos, lo que puede generar desconfianza por parte de la ciudadanía. Además, se observa una carencia de estrategias integrales que permitan mejorar la gestión de los recursos públicos y maximizar su impacto en las oportunidades locales. Optimizar estos procesos no solo favorece la transparencia y la equidad, sino que también fortalece los vínculos entre las instituciones gubernamentales y las comunidades, promoviendo una administración más efectiva orientada al desarrollo sostenible.

En este sentido, la transparencia en los procesos de contratación es clave para establecer una cultura de confianza en las instituciones, ya que reduce los riesgos de corrupción y asegura una adecuada rendición de cuentas (2). Adicionalmente, se ha observado que el desarrollo institucional, entendido como un proceso de modificación estructurado y planificado, se ve favorecido por prácticas de contratación pública que respeten los principios de eficiencia y equidad.

Este enfoque permite que las instituciones adapten sus prácticas a las exigencias del entorno cambiante y a las necesidades de la comunidad, mejorando así su capacidad de gestión y su impacto en el desarrollo local (3). En el caso del GADM-CG, la introducción de estrategias para fortalecer los procesos de contratación pública representa una oportunidad para optimizar el uso de recursos y fomentar el crecimiento socioeconómico en la región.

En este estudio se busca analizar los procesos de contratación pública en el GADM-CG y su influencia en el desarrollo institucional y socioeconómico local. El objetivo principal es identificar y evaluar las estrategias para maximizar el impacto económico y social a través de una gestión totalmente transparente de los recursos públicos. Este enfoque promueve una administración más eficaz y fortalece la confianza ciudadana en las instituciones creando las condiciones necesarias para un desarrollo sostenible. Este estudio plantea, como primer objetivo, analizar los métodos actuales de contratación pública empleados en el GADM-CG, con el propósito de identificar debilidades y proponer oportunidades de mejora.

En segundo lugar, se pretende desarrollar un fundamento teórico que vincule estas prácticas con el fortalecimiento institucional, basándose en un estudio detallado de casos exitosos y de los vacíos presentes en la gestión pública documentada. Finalmente, el propósito es diseñar un plan estratégico para la optimización de los procesos de contratación, incorporando lineamientos modernos que promuevan tanto la eficiencia como la transparencia administrativa, contribuyendo así al desarrollo organizacional del GADM-CG.

La hipótesis principal de esta investigación es analizar si los mecanismos de contratación pública tienen o no un impacto significativo en el fortalecimiento institucional del Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Guano. El propósito de este estudio radica en identificar aspectos clave que puedan mejorarse en los procedimientos actuales, así como proponer estrategias que refuercen la capacidad institucional para generar efectos positivos tanto a nivel social como económico en la región.

De este modo, se espera que esta investigación se convierta en un modelo aplicable a otros gobiernos locales interesados en optimizar la gestión de sus procesos de contratación. Los resultados obtenidos en este análisis enfatizan la importancia de implementar mecanismos de transparencia y eficiencia en la administración de recursos públicos como bases fundamentales para el desarrollo institucional. Además, resaltan la necesidad de una administración pública que responda de manera efectiva a las necesidades y expectativas de la ciudadanía. Este enfoque permite identificar acciones concretas y áreas de mejora que promuevan una cultura de transparencia en el uso de los recursos públicos, contribuyendo al desarrollo sostenible del GADM-CG y generando un impacto positivo tanto en el ámbito social como en el económico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El diseño metodológico de esta investigación se basa en un enfoque cuantitativo, seleccionado con el objetivo de recopilar datos que permitan evaluar los procesos de contratación pública en el GADM-CG y su repercusión en el desarrollo de esta institución. Este enfoque resulta adecuado para describir y analizar de manera detallada patrones y características del contexto estudiado, sin intervenir directamente en las variables, proporcionando así un análisis profundo y estructurado de la problemática abordada.

Para la recolección de datos, se aplicaron encuestas a un total de 69 funcionarios pertenecientes a las diversas direcciones y unidades departamentales del GADM-CG. Estos funcionarios fueron seleccionados para representar una muestra de la población total de la entidad, lo cual permitió obtener una visión completa y representativa sobre los procesos de contratación, y sus percepciones respecto a la transparencia y eficiencia de estos. La selección de los participantes fue neutral y anónima, asegurando que las respuestas reflejen de manera genuina las experiencias y opiniones de los empleados en torno a la gestión institucional sobre las contrataciones públicas.

Para garantizar la fiabilidad y validez de los datos, se implementaron medidas rigurosas de control en el proceso de recolección y análisis (4). La neutralidad en la selección de participantes y la confidencialidad en las respuestas fueron factores clave para obtener resultados objetivos y

representar adecuadamente las percepciones de los funcionarios del GADM-CG. Asimismo, la revisión documental permitió validar las respuestas de los encuestados con los datos oficiales, asegurando así una visión integral y verificada de los procesos de contratación pública en el cantón Guano.

De igual forma, las encuestas empleadas en esta investigación fueron sometidas a un proceso de validación, obteniendo un coeficiente Alfa de Cronbach de 0.859, lo que confirma una alta consistencia interna entre los ítems diseñados. Este resultado garantiza la fiabilidad del instrumento al medir aspectos clave como el conocimiento y la aplicación de los procedimientos de contratación pública en la institución. Además, se realizó una revisión documental de los registros oficiales y normativas de contratación pública en el GADM-CG.

Este análisis documental permitió identificar los tipos de contratación más frecuentes, tales como la Subasta Inversa Electrónica y la modalidad de Ínfima Cuantía, así como el número de procesos y el presupuesto asignado a cada tipo de contratación durante los periodos de 2023 y 2024. La revisión de estos documentos fue fundamental para entender dichos procesos y las prácticas actuales en la gestión de los recursos y bienes públicos, complementando así la información obtenida de las encuestas.

El análisis de los datos recopilados se llevó a cabo mediante análisis estadísticos descriptivos, a través del software IBM Statistics SPSS, los cuales permitieron interpretar los resultados de manera estructurada y comprensible. La información obtenida a partir de las encuestas fue procesada para identificar tendencias y patrones en las respuestas de los funcionarios. Esto incluyó calcular el porcentaje de participantes que reconocen la eficacia de los procesos actuales y aquellos que señalaron la necesidad de mejoras en áreas específicas, tales como la capacitación y el acceso a manuales actualizados.

RESULTADOS

Para llevar a cabo este estudio, se realizó un análisis detallado de la información relacionada con los procedimientos de contratación pública en el GADM-CG. La metodología incluyó la aplicación de encuestas a 69 funcionarios pertenecientes a diversas áreas administrativas, complementada con una revisión de documentos normativos, oficiales y académicos sobre temas vinculados a la contratación pública y al fortalecimiento institucional. Esto permitió profundizar en cada uno de los procedimientos y en el rol que desempeña la gestión administrativa y financiera dentro del GAD.

Este enfoque metodológico también contribuyó al desarrollo de una reflexión teórica basada en las experiencias obtenidas del contexto del GADM-CG, estableciendo un puente entre la teoría y la práctica. Para ello, se consideraron diferentes perspectivas teóricas presentadas por diversos autores, lo que proporcionó un marco conceptual sólido para interpretar los resultados obtenidos en el estudio.

Contratación Pública

En América Latina, la contratación pública se ha consolidado desde inicios del siglo XX, adaptándose gradualmente a los cambios de la economía global. Este proceso ha impulsado reformas que buscan armonizar los principios constitucionales y los derechos orientados al bienestar social (5).

A lo largo del tiempo, el sistema de contratación pública ha evolucionado para ajustarse tanto a las demandas del Estado como a las de los contratistas, ya sean personas naturales o jurídicas, estableciendo normativas jurídicas que aseguran la claridad y responsabilidad en la gestión de los recursos públicos. El objetivo principal de este sistema es coordinar y fortalecer los recursos públicos, promoviendo prácticas de planificación, presupuestación, control y administración que garanticen un manejo eficiente y ético de los fondos estatales.

La contratación pública permite administrar el presupuesto de manera que los costos asociados a bienes o servicios se evalúen según las necesidades de los usuarios, ya sea a nivel individual o colectivo (6).Este proceso se caracteriza por su dinamismo y flexibilidad, orientado a garantizar una gestión eficaz y con altos estándares de integridad en el manejo de los recursos del Estado. De este modo, se asegura que los recursos públicos sean empleados de manera que favorezcan tanto a la población en general como a los individuos, contribuyendo al bienestar colectivo.

Desarrollo Institucional

El desarrollo institucional se define como un proceso de transformación planificado y cuidadosamente coordinado, llevado a cabo por organizaciones públicas o privadas con el objetivo de fortalecer tanto la efectividad como la distribución eficiente de los servicios que ofrecen (7). Este proceso requiere modificaciones sustanciales en los procedimientos clave y en la estructura interna de la organización.

El desarrollo institucional presenta varias características que lo distinguen: debe ser intencionado, planificado y sistemático. La transformación de una institución no es un evento accidental; es un proceso de largo plazo que requiere planificación, organización y evaluación detalladas. Su eje central radica en las condiciones internas de la institución, como los métodos de enseñanza y aprendizaje, la cultura organizacional, la administración de los recursos, la asignación de responsabilidades, así como los mecanismos de planificación y evaluación, entre otros aspectos (8).

El desarrollo institucional es un proceso de cambio continuo y dinámico que permite a una o varias instituciones, ya sean públicas o privadas, evolucionar y adaptarse a su entorno para alcanzar sus metas (9). Esta adaptación exige un análisis situacional que identifique tanto las oportunidades como los riesgos y limitaciones que podrían afectar los resultados esperados. Es importante, además, determinar si estas limitaciones se originan en el sector en general, en las interacciones entre instituciones o en su relación con otros sectores.

Elementos del Desarrollo Institucional

Toda organización debe ajustarse a las transformaciones y modificaciones requeridas en relación con procesos fundamentales para alcanzar los objetivos establecidos. Estos ajustes deben evaluarse cuidadosamente, siempre que se identifique la necesidad de fortalecer la capacidad técnica de la institución, ya sea debido a problemas de acceso restringido y distribución desigual de los servicios, decisiones altamente centralizadas, deficiencia operativa en las unidades administrativas, ineficacia en la gestión de los servicios de salud, o la imposibilidad de cumplir las metas planificadas a causa de limitaciones financieras (10). A continuación, se detallan los componentes clave del Plan de Desarrollo Institucional (PDI):

Enfoque Sistemático: Este enfoque describe a las organizaciones como un conjunto de elementos que, organizados en ciertos patrones, interactúan para lograr objetivos definidos en la institución en cuestión (11). Este enfoque permite analizar en detalle las organizaciones y sus interrelaciones, incluso en situaciones complejas.

Programación: Es fundamental primero definir adecuadamente las actividades que se realizarán en sus respectivas fases: análisis de situación, formulación de objetivos, estrategias y prioridades, implementación, evaluación y ajustes de estas actividades, teniendo en cuenta que la temporalidad es secuencial y al mismo tiempo deberá ser establecido según el correspondiente programa realizado.

Recursos Financieros: Es necesario establecer estrategias y herramientas que aseguren la continuidad del proceso gestor de fortalecimiento institucional bajo condiciones apropiadas, incluyendo fuentes de financiamiento destinadas a implementar cambios significativos en el interior de las organizaciones (12).

Recursos Humanos: La mejora institucional demanda un compromiso importante en el desarrollo del talento humano de la organización. Esto debe realizarse de manera eficiente mediante un programa de formación que contemple un "Sistema de Formación Continua," centrado en el aprendizaje y la implementación de técnicas de restructuración organizativa (13). Estas iniciativas deberán alinearse con la planificación e implementación de un sistema integral de gestión y desarrollo del capital humano, en concordancia con el enfoque metodológico propuesto.

Recursos Legales: Antes de dar comienzo a un cambio a nivel institucional, primero se deben resolver las limitaciones de la estructura institucional del sector en el que se implementará la acción. Asimismo, se debe garantizar que las soluciones organizativas que fueron pensadas dentro del programas sean utilizadas por la institución en cuestión. Esto asegura la coherencia entre la misión, política, objetivos y funciones que están alineados con la metodología organizacional de la institución y las relaciones mutuas con otras instituciones participantes de diversos subsectores, ya sean públicos, empresariales o privados.

Metodología: El cambio de metodologías institucionales requiere del compromiso de los participantes en el proceso, porque los resultados pueden superar la resistencia natural al cambio que es necesario implementar (13). Del mismo modo, la participación y el acuerdo entre el liderazgo y los entes reguladores en todos los niveles son esenciales.

A continuación, se presenta un resumen estructural de los procesos, cadenas de valor y la estructura orgánica del GADM-CG.

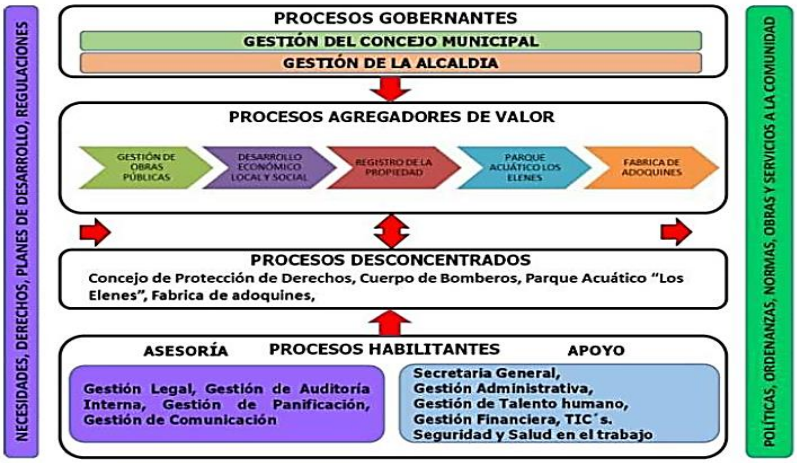


Figura 1. Resumen Estructural de los procesos

Fuente: (14)

Al organizar y estructurar cada institución, se pueden lograr de manera óptima los objetivos de desarrollo institucional y comunitario (15). La Figura 1 muestra como parte de los procesos de gestión, se entiende que unidades como la Alcaldía y el Consejo Municipal son responsables del direccionamiento estratégico y toma decisiones importantes que orientan el desarrollo del cantón. El Consejo Municipal se centra en la legislación y la supervisión, mientras que la Alcaldía es responsable de la implementación de políticas y la administración diaria de los recursos del GADM-CG. Los Procesos Agregadores de Valor contribuyen directamente al bienestar y desarrollo del cantón, estos incluyen la gestión de obras públicas, el desarrollo socioeconómico, el registro de bienes raíces y la gestión de instalaciones recreativas y de producción. Por otro lado, los Procesos Desconcentrados incluyen varias entidades y servicios autónomos pero coordinados, como el Consejo de Protección de Derechos, un organismo específico que contribuye específicamente a mejores condiciones de los ciudadanos. Finalmente, los Procesos Habilitantes y de Apoyo incluyen funciones críticas como la gestión legal, el control interno, la planificación y la comunicación, estas actividades garantizan que todas las operaciones del GADM-CG se lleven a cabo dentro de un marco legal y ético con una planificación y supervisión adecuadas (16).

Figura 2. Cadenas de valor

Fuente: (14)

Las Cadenas de Valor establecidas por el GADM-CG, demuestran como cada uno de los procesos que se muestran en la Figura 2 contribuyen directamente al desarrollo integral del cantón desde cinco puntos de vista diferentes. La gestión de obras públicas y el desarrollo socioeconómico forman parte del crecimiento y desarrollo comunitario con la infraestructura que se pueda plasmar. El registro de la propiedad proporciona lineamientos de seguridad jurídica lo cual es indispensable para la inversión y desarrollo local. El Parque Acuático Los Elenes y la posible fábrica de adoquines constituyen oportunidades económicas para la generación de empleo en la localidad. En general, todos y cada uno de estos procesos constituyen un ecosistema que impulsa el desarrollo sostenible y contribuye al bienestar y a la mejora de la calidad de vida de los habitantes del cantón Guano.

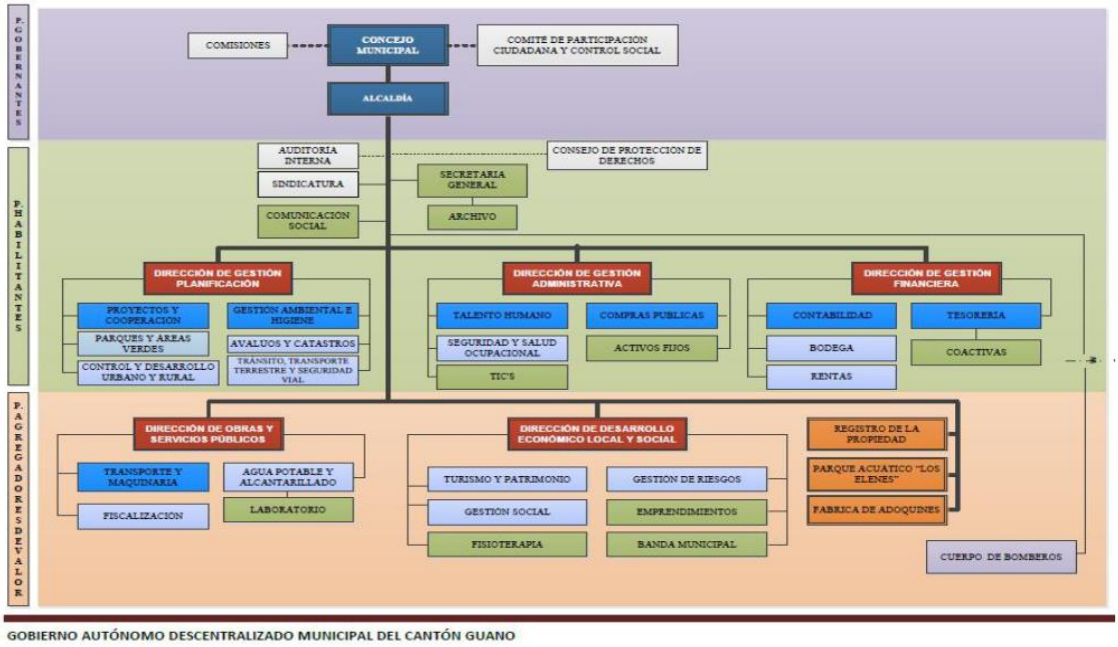


Figura 3. Estructura Orgánica

Fuente: (14)

La Figura 3 presenta la Estructura Orgánica definida por el GADM-CG, destacando el rol clave de sus diversas dependencias y direcciones en el fortalecimiento del desarrollo institucional y socioeconómico. El Consejo Municipal y la Alcaldía, mediante su liderazgo, aseguran la implementación adecuada de las políticas públicas (17). La Dirección de Gestión y Planificación coordina y supervisa la ejecución de los proyectos que benefician tanto al cantón como a sus habitantes. Por otro lado, las Direcciones de Gestión Administrativa y Financiera gestionan eficientemente los recursos disponibles, garantizando prácticas transparentes en la administración institucional. Asimismo, la Dirección de Obras y Servicios Públicos fomenta la construcción de infraestructura esencial para el cantón, mientras que la Dirección de Desarrollo Económico Local y Social promueve el crecimiento económico y mejora las condiciones de vida de la población (18).

Los procedimientos vigentes relacionados con la contratación pública en el GADM-CG se detallan a continuación:

1. Subasta Inversa Electrónica
2. Contratación Directa
3. Cotización
4. Feria Inclusiva
5. Licitación de Seguros
6. Lista Corta
7. Menor Cuantía
8. Producción Nacional
9. Régimen Especial
10. Ínfima Cuantía

Según los registros del GADM-CG, desde enero a diciembre del año 2023, se ha realizado un total de 112 procesos de contratación pública y desde enero hasta mayo del 2024 se ha realizado 61 procedimientos de gestión de recursos y bienes públicos.

Tabla 1. Procesos de Contratación en el GADM-CG

Listado de gestión de recursos y bienes públicos en el GADM-CG en el período 2023-2024						
TIPOS DE CONTRATACIÓN	**2023**		**2024**		**Subtotal**	
	N° Procesos	**UDS**	**N° Procesos**	**UDS**	**N° Procesos**	**UDS**
Subasta Inversa Electrónica	30	$1.859.037,63	7	$141.814,68	37	$2.000.852,31
Contratación Directa	2	$29.582,75	0	$0.00	2	$29.582,75
Cotización	2	$641.979,22	2	$482.456,53	4	$1.124.435,75
Feria Inclusiva	3	$236.674,82	2	$191.443,36	5	$428.118,18
Licitación de Seguros	2	$81.722,76	0	$0.00	2	$81.722,76
Lista Corta	3	$700.498,12	0	$0.00	3	$700.498,12
Menor Cuantía	9	$596.637,26	0	$0.00	9	$596.637,26
Producción Nacional	2	$0.00	0	$0.00	0	$0.00
Régimen Especial	23	$29.416,11	1	$112.192,94	24	$141.609,05
Ínfima Cuantía	36	$68.102,10	49	$85.605,91	85	$153.708,01
TOTAL	112	$4.243.650,7	61	$1.013.513,4	173	$5.257.164,1

En la Tabla 1 se aprecia que la mayoría de las contrataciones públicas se llevaron a cabo mediante la modalidad de Ínfima Cuantía, alcanzando un total de 85 procesos y un costo de $153,708.01. Asimismo, la Subasta Inversa Electrónica tuvo un papel relevante, registrando 37 procesos con un valor de $2,000,852.31. Adicionalmente, se observa que, para el año 2024, hay un incremento notable en el número total de procesos y sus costos en comparación con el año previo. Cabe destacar que algunas modalidades, como Producción Nacional, no presentaron actividad durante el periodo evaluado.

A continuación, se presentan los resultados de las encuestas realizadas a los 69 funcionarios del GADM-CG, pertenecientes a diferentes áreas administrativas.

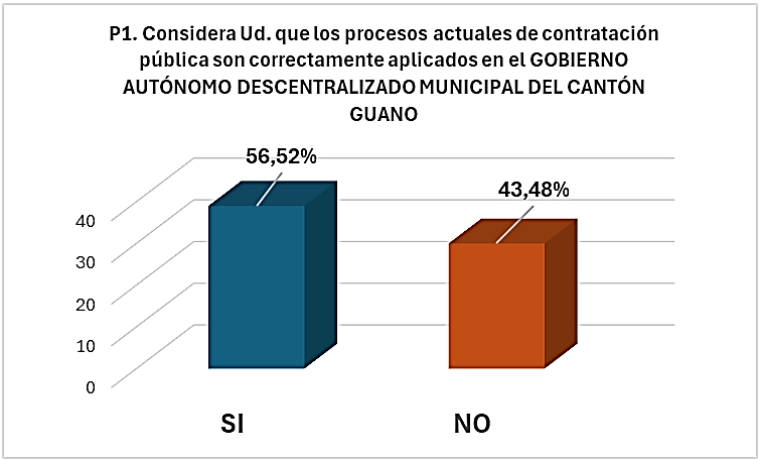


Figura 4. Aplicación de los procesos actuales de contratación.

Se observa que el 56.52% de los encuestados consideran que los procedimientos actuales de contrataciones públicas son correctamente aplicados en el GADM-CG, este resultado indica que existe una percepción generalizada de eficacia y cumplimiento en la implementación de estos procesos por parte de la administración local ver en la Figura 4.

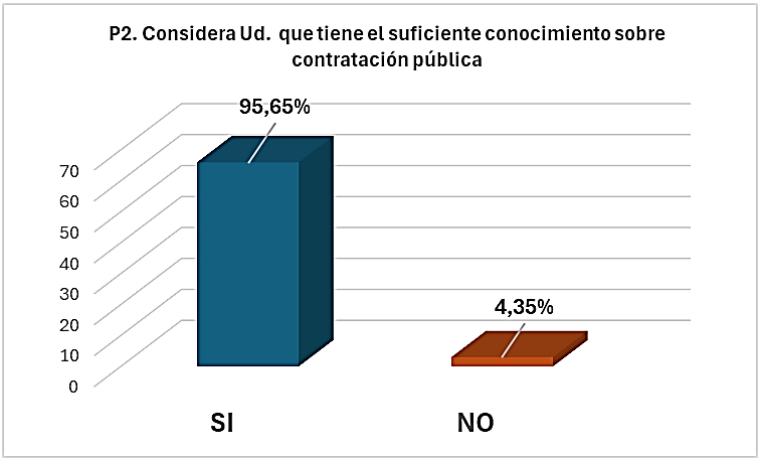


Figura 5. Conocimiento sobre la contratación.

La mayor parte de los encuestados consideran que tienen el suficiente conocimiento sobre temas relacionados contratación pública, un 95.65%. Esto sugiere que la población encuestada se siente bien informada y consciente de los procedimientos, regulaciones y prácticas asociadas a la contratación pública, ya sea en servicios o adquisición de bienes ver en la Figura 5.

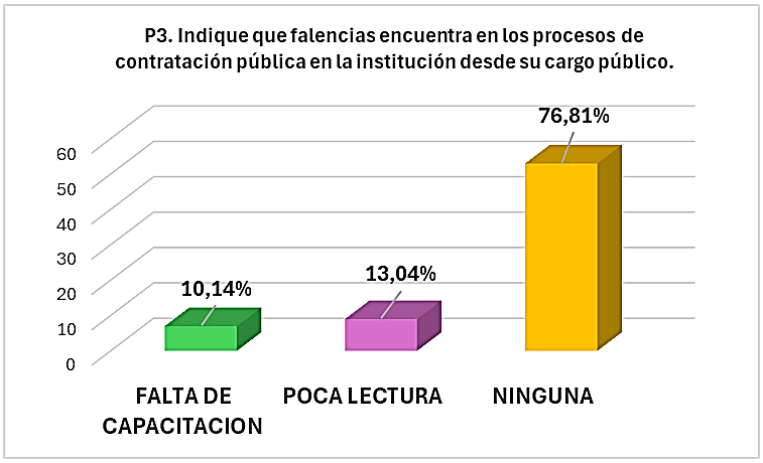


Figura 6. Falencias en los procesos de contratación.

Se observa que un 76.81% de los encuestados indicaron que no encontraron falencias entorno a los procesos de contratación púbica desde el cargo administrativo que posee, sin embargo, el 10.14% y el 13.04% consideraron que existen falencias como falta de capacitación y hábito de poca lectura del manual de procedimientos respectivamente ver en la Figura 6.

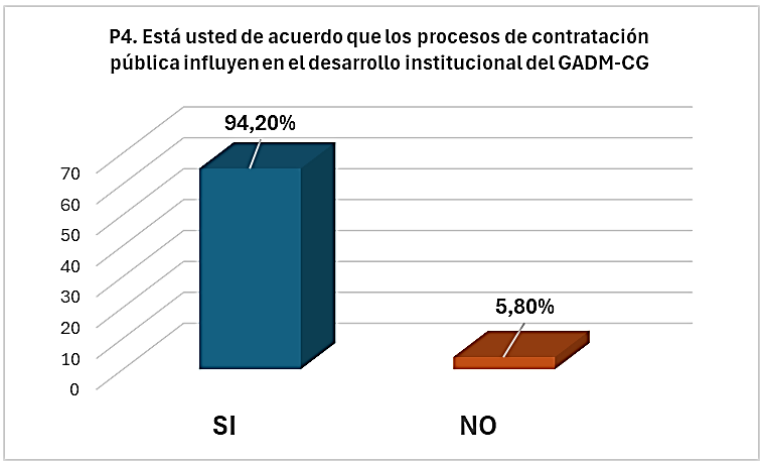


Figura 7. Conformidad con los procesos de contratación.

La mayor parte de los encuestados están de acuerdo en que los procedimientos actuales de contrataciones públicas influyen en el desarrollo institucional del GADM-CG, un 94.20%. Este hallazgo indica que existe una percepción casi total de los encuestados de que una buena y transparente gestión es de fundamental para la robustez y crecimiento dentro de la institución a nivel local ver en la Figura 7.

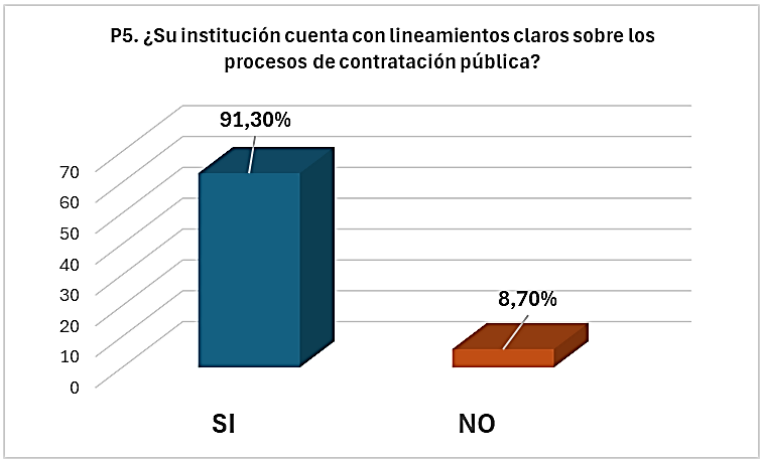


Figura 8. Lineamientos sobre los procesos de contratación.

La mayoría de los participantes en la encuesta indican que el GADM-CG dispone de directrices claras en relación con los procedimientos de contrataciones públicas, representando un 91.30% de los encuestados. Contar con lineamientos definidos favorece la claridad, la eficacia y el cumplimiento normativo en la contratación de servicios y adquisición de bienes por parte del gobierno local ver en la Figura 8.

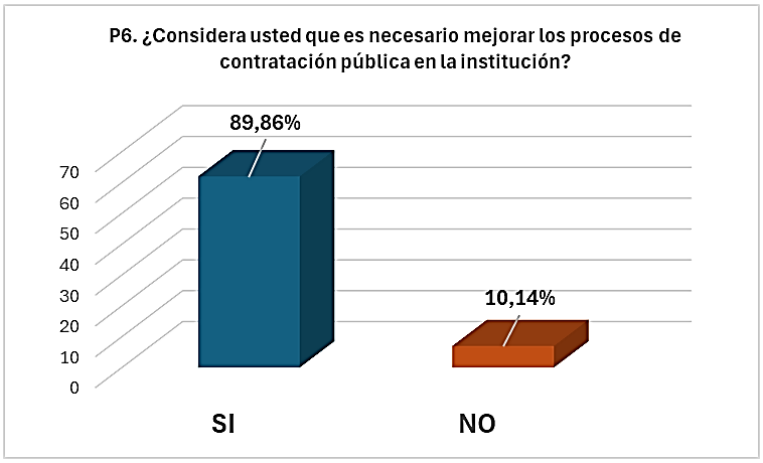


Figura 9. Mejora de los procesos de contratación.

El 89.86% de los funcionarios consideran que es necesario fortalecer los procedimientos de contratación pública en la institución. La identificación de estas áreas a mejorar contribuye a una mejor gestión y funcionamiento general de la institución ver en la Figura 9.

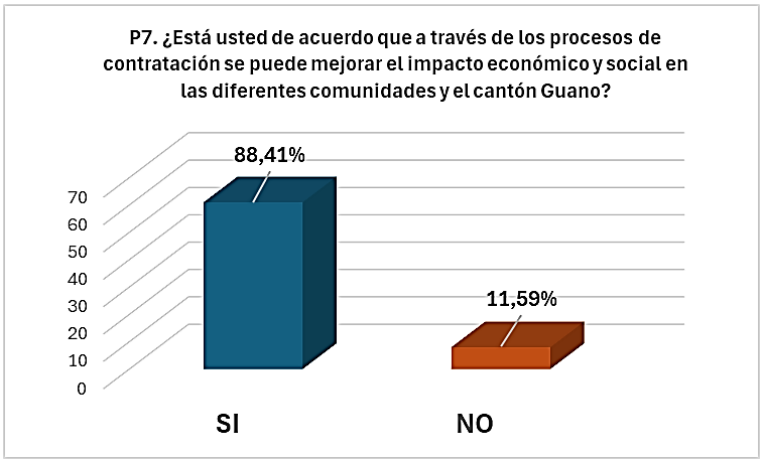


Figura 10. Mejora del impacto económico y social.

El 88.41% de los encuestados opina que mediante los procedimientos de contrataciones públicas es posible incrementar el impacto económico y social en las distintas comunidades del cantón Guano. Estos datos destacan el valor estratégico que se otorga a estos procesos como herramientas esenciales para fomentar el desarrollo y el bienestar colectivo ver en la Figura 10.

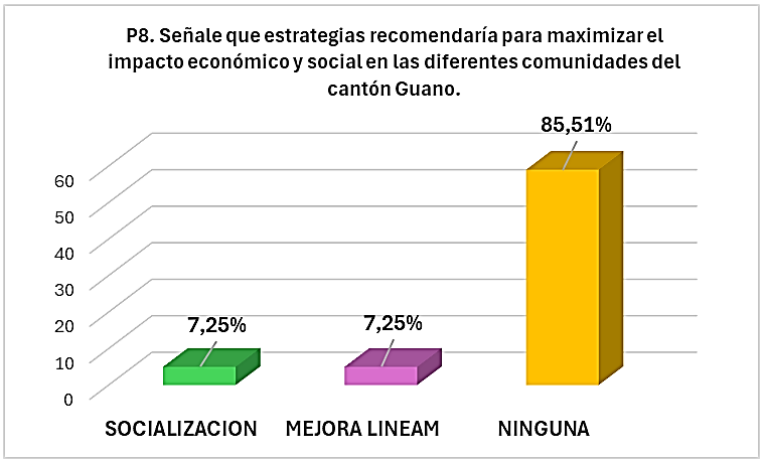


Figura 11. Maximización del impacto económico y social.

El 85.51% de los encuestados no recomiendan estrategias para maximizar el impacto económico y social en las diferentes comunidades del cantón Guano, sin embargo, el 7.25% consideran que se debe realizar socializaciones y mejora en los lineamientos ver en la Figura 11.

Considerando todos los aspectos estudiados se considera necesario y fundamental incorporar mejoras prácticas y estándares de eficiencia administrativa y de transparencia, para ello, se propone el siguiente plan integral de optimización de los procedimientos de contrataciones públicas en el GADM-CG, el cual presenta las siguientes fases:

a) Diagnóstico de la Situación Actual

Esta etapa consiste en evaluar cada uno de los procedimientos actuales de contratación, identificando ineficiencias, irregularidades y áreas a fortalecer. Así mismo, la revisión de los datos históricos de contratación para identificar tendencias en el uso de diferentes modalidades de contratación pública.

b) Definición de Objetivos

Se considera la reducción de tiempos y costos asociados a los procedimientos de contratación, aumentar la visibilidad de los procedimientos de contratación y promover un acceso equitativo y competitivo para todos los proveedores participantes.

c) Implementación de Mejoras Prácticas

En esta fase se propone estandarizar los procesos a fin de reducir errores o vacíos en las guías y manuales vigentes en los procedimientos de contratación, así mismo, digitalizar y automatizar los procesos para dar un seguimiento en tiempo real. De igual forma, promover una capacitación continua a través de programas para los funcionarios designados a esta área ya sea en el uso de nuevas herramientas o mejora de prácticas.

d) Promoción de la Transparencia

Crear o ejecutar un portal web de transparencia en línea en el que se publiquen todas y cada una de las convocatorias, adjudicaciones y contratos, accesible para toda la ciudadanía.

e) Fomento de la Competencia

Desarrollar programas para apoyo a proveedores locales y ampliar significativa, ente las modalidades de contratación a fin de que se incentive el uso de modalidades de contratación menos utilizadas pero eficientes como la licitación y cotización.

f) Control Continuo

Monitorear los criterios de desempeño para la respectiva evaluación de la eficacia y efectividad de los procesos de contratación, además, se promueve establecer canales de retroalimentación con los proveedores y usuarios internos para recoger sugerencias y ajustar los procesos según sea necesario.

g) Cronograma

Fase 1: Organización y planeación (0-3 meses)

- Diagnóstico y análisis de la situación actual
- Establecimiento de objetivos y planificación detallada

Fase 2: Ejecución Inicial (4-9 meses)

- Estandarización de procesos
- Implementación de portal de transparencia
- Inicio de talleres y seminarios

Fase 3: Involucramiento y Comunicación (10-18 meses)

- Automatización y digitalización completa de los procesos
- Realización de auditorías externas
- Monitoreo de indicadores de desempeño y ajuste de procesos.

8. Involucramiento y Comunicación

En esta etapa de debe involucrar a todas las áreas y actores clave en la implementación del plan, además de mantener una comunicación constante y clara con todos los interesados sobre los avances y cambios implementados.

DISCUSIÓN

El análisis de los procedimientos de contrataciones públicas del GADM-CG ha revelado varios puntos críticos y áreas de mejora esenciales para fortalecer el desarrollo institucional y socioeconómico de la región. En particular, el predominio de métodos como la Subasta Inversa Electrónica y la modalidad de Ínfima Cuantía, que constituyeron la mayor parte de los procesos realizados durante el período de estudio, indica que el GAD ha adoptado prácticas de contratación estándar para optimizar el uso de los recursos.

No obstante, aunque estos métodos han mostrado ser efectivos en términos operativos, la falta de capacitación continua y la actualización de manuales de procedimientos persisten como limitaciones recurrentes, según la percepción de los funcionarios (19). Esto indica que mejorar la transparencia y la eficiencia en estos procesos podría incrementar el impacto positivo en el desarrollo institucional del cantón.

En comparación con otras experiencias en América Latina, el haber aplicado la metodología de la Subasta Inversa Electrónica y modalidades similares también ha demostrado ser un método eficaz para lograr ahorros en varios países. Por ejemplo, en Paraguay y Perú, el uso de subastas inversas generó ahorros del 20% y 7.4%, respectivamente, mientras que, en Costa Rica y Chile, la implementación de convenios marco permitió ahorros del 17.1% y 15% respectivamente en los presupuestos asignados a contrataciones (20). Estos resultados cuantitativos demuestran que la adopción de métodos de contratación estructurados permite una administración de recursos más eficiente.

No obstante, en el cantón Guano, se muestra una oportunidad de mejora a través la estratificación de las diferentes metodologías de contratación, de manera que se incorporen enfoques adicionales que tomen en cuenta no solo el costo, sino también otros criterios como la calidad y sostenibilidad de los proyectos, elementos que han probado su efectividad en otros contextos.

El conocimiento y la claridad con la que se lleva las contrataciones públicas son elementos indispensables para asegurar una organización y planeación eficaz y responsable de los bienes (21). Aunque la mayor parte de los funcionarios reportaron un nivel óptimo de familiarización con los procedimientos de contratación, existe una necesidad de mejorar en aspectos específicos, como la consulta y actualización de manuales de procedimiento. Este resultado indica que una estrategia de capacitación continua permitiría mejorar el entendimiento de los procedimientos actuales y facilitar la adaptación a posibles cambios en la normativa o en las mejores prácticas, incrementando así la eficiencia y eficacia en la gestión de recursos (22).

Un aspecto relevante de este análisis es la propuesta de crear un portal de acceso público que facilite a la comunidad y otros interesados consultar información relacionada con las actividades de contrataciones públicas (23). Esta herramienta surge de la necesidad de incrementar la apertura y fomentar la confianza de la ciudadanía en la gestión institucional. La implementación del portal actuaría como un mecanismo adicional de supervisión, permitiendo una mayor participación ciudadana en el monitoreo de la gestión administrativa, lo cual contribuiría a un modelo de desarrollo más inclusivo y accesible (24). Además, la disponibilidad de información en tiempo real mejoraría la percepción pública de la integridad en la gestión del GAD, siendo un elemento clave para promover el progreso sostenible del cantón.

Los hallazgos obtenidos también reflejan que las prácticas de contratación pública influyen directamente en el fortalecimiento institucional y, por ende, en el progreso económico y social del cantón Guano. Perfeccionar estos procesos es esencial para asegurar una administración eficiente y alineada con un desarrollo equilibrado y duradero.

La puesta en marcha de iniciativas que fomenten mayor apertura y participación, junto con estrategias de capacitación continua, se identifican como elementos fundamentales para alcanzar las metas propuestas (25). Por último, la incorporación de herramientas tecnológicas que refuercen el control ciudadano sobre la gestión de los recursos económicos permitirá construir una administración más responsable y acorde a las necesidades de la comunidad.

CONCLUSIONES

Los procedimientos de contratación y compras públicas más utilizados en el GADM-CG, tales como la Subasta Inversa Electrónica y la Ínfima Cuantía, son efectivos, pero presentan oportunidades de mejora. Se identificaron áreas específicas como la diversificación de métodos de contratación y la capacitación continua de los funcionarios, destacando la necesidad de un enfoque más integral y sistemático en la formación administrativa.

El análisis teórico desarrollado en esta investigación destaca la relevancia de implementar un enfoque estructurado y organizado para el fortalecimiento institucional. Este enfoque requiere la actualización constante de los procedimientos y directrices de contrataciones y compras públicas, alineándolos con estándares actuales que promuevan la eficacia y la apertura. Estos elementos son esenciales para asegurar una gestión adecuada y responsable de los recursos disponibles. De esta manera, el progreso institucional del GAD del cantón Guano puede alinearse mejor con las demandas de transparencia y eficiencia de la comunidad. La adopción de un sistema

estructurado, basado en prácticas recomendadas, garantiza una administración confiable, efectiva y orientada a la mejora continua.

La implementación de un plan integral para la optimización, que contemple el análisis de la situación actual, el establecimiento de metas, la ejecución de mejoras y la creación de una plataforma para el acceso a la información, es fundamental para enriquecer los conocimientos sobre la gestión pública en el cantón Guano.

Estas acciones, combinadas con la digitalización de procesos administrativos, contribuirán a promover un modelo de desarrollo institucional más equitativo y sostenible. A futuro, sería relevante investigar los efectos prolongados de estas estrategias en la mejora de la eficiencia administrativa y en la percepción ciudadana respecto a la claridad y responsabilidad en la gestión gubernamental.

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento a Dios porque con el aprendí que todo es a su tiempo, a mi familia, en especial a mis hijos quienes son mi motor de inspiración para cumplir una meta más en mi vida, a, a mi tutora por su apoyo y guía en la culminación de esta publicación.

A todos muchas gracias porque este articulo también es de ustedes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. García F, Pineda D, Hidalgo K, Espinosa C. Los procesos de contratación pública en el Ecuador y su incidencia en los presupuestos del Sector Público durante los años 2020 y 2021. Revista Científico- Profesional Polo del Conocimiento. 2022; 7(3): p. 692-709.
2. Vaicilla M, Narváez , Erazo , Torres M. Transparencia y efectividad en la ejecución presupuestaria y contratación pública en los gobiernos cantonales. Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía. 2020; 5(10).
3. Cevallos W, Fuentes L, Hidalgo M, Guerrero K. La contratación pública en el Ecuador: análisis y perspectiva. Revista Universidad, Ciencia y Tecnología. 2023; 27(119): p. 127-136.
4. Borjas J. Validez y confiabilidad en la recolección y análisis de datos bajo un enfoque cualitativo. Revista Trascender, Contabilidad y Gestión. 2020; 5(15).
5. González J. La contratación pública como sistema. Primera ed. Piérola Ad, editor. Ecuador: Jefatura de Publicaciones, Universidad Andina Simón Bolivar; 2021.
6. Viscarra O. Evolución histórica de la contratación pública en el Ecuador y su vinculación con la planificación nacional. 2021..
7. González M. La UNESCO y la modernización educativa en el franquismo: Origen y desarrollo institucional del programa Education for International Understanding en España. Revista Internacional de Teoría e Investigación Educativa. 2022; 1(1): p. 1-13.
8. Saavedra O. Competencias gerenciales y desarrollo institucional en una municipalidad provincial de la región Cajamarca. 2022..

9. Dorin N. El Rol de la Administración Pública para el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible: El camino hacia Administraciones digitales e inteligentes. [Online].; 2022 [cited 2024 Agosto 12. Available from: https://clad.org/wp-content/uploads/2023/02/xxxv-2dopremio.pdf.
10. Cespedes E. Estrategias de desarrollo institucional y carga laboral en el Ministerio Público de un distrito región Piura. 2024..
11. Vílchez M, Sánchez K. Gestión por procesos e imagen institucional: en busca de mayor visibilidad municipal para los ciudadanos. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar. 2021; 5(4): p. 6444-6473.
12. Vera R, Álava D. Manejo adecuado y responsable de los recursos financieros para la sostenibilidad de las empresas. Revista E-IDEA Journal of Business Sciences. 2021; 3(9): p. 48-59.
13. Servicio Nacional de Contratación Pública. Dirección de Capacitación y Certificación. [Online].; 2022 [cited 2024 Agosto 15. Available from: https://portal.compraspublicas.gob.ec/sercop/wp-content/uploads/downloads/2022/11/Presentacion_webinar_Normas-comunes-de-los-procedimientos-de-contratacion-publica-signed-signed.pdf.
14. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Guano. Ordenanza del Orgánico de Estructura Organizacional de Gestión por Procesos. 2014..
15. Bravo D. Desarrollo local y diseño organizacional municipal. Revista UDA AKADEM. 2023; 2(11).
16. Becerra LAF. Transversalidad de la administración pública, nuevo concepto para ubicar dependencias y entidades atípicas del sector eléctrico mexicano. RICSH Revista Iberoamericana de las Ciencias Sociales y Humanísticas. 2020; 9(17): p. 1-26.
17. Morón Paredes G. Morón Paredes, G. (2023). Evaluación del modelo de valor compartido como mecanismo de seguridad jurídica en la zona de influencia de la inversión minera en el Perú. 2023.
18. Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guano. Resolución Administrativa N° 003-A-GADM-CG-2024. [Online].; 2024 [cited 2024 Septiembre 11. Available from: https://municipiodeguano.gob.ec/wpguano/wp-content/uploads/2024/01/RESOLUCION_PAC-2024-.pdf.
19. Sánchez O, Rocha Á. La percepción de eficacia de la justicia virtual en los juzgados laborales del circuito de santa marta entre los años 2019 a 2022. 2024.
20. Pane J, Scrollini F. Datos Abiertos en Contrataciones Públicas en América Latina y el Caribe. Informe Diagnóstico. , Red Interamericana de Compras Gubernamentales; 2020.
21. Servicio Nacional de Contratación Pública. Evaluación del Sistema Nacional de Contratación Pública-Ecuador. [Online].; 2021 [cited 2024 Septiembre 20. Available from: https://portal.compraspublicas.gob.ec/sercop/wp-content/uploads/2021/05/libro_evaluacion_sncp_2021-comprimido.pdf.
22. Vásquez SPF, Lira LAN. Gestión por procesos en el marco de la Modernización de la Gestión Pública en el Perú. Alpha Centauri. 2021; 2(3): p. 140-164.

23. Ferrer S, Calabuig J, Sánchez P. Gobierno abierto y acceso a la información: un estudio de caso sobre el impacto en la economía local. BiD: textos universitaris de biblioteconomia i documentació. 2020;(45): p. 1-25.
24. Coordinación General de Transparencia. Manual de uso del Portal Nacional de Transparencia. [Online].; 2024 [cited 2024 Agosto 25. Available from: https://www.dpe.gob.ec/wp-content/dpedocumentoslotaip/lotaip2024/manual-uso-portal-nacional-transparencia-v1-0.pdf.
25. Gudiño G. El principio constitucional de transparencia en la contratación pública del Ecuador. Un enfoque desde la participación ciudadana. Revista Universidad y Sociedad. 2022; 14(2).

InvestiGO
Revista Científica Multidisciplinaria
ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Diciembre 2024
Vol. 5, No.13, PP.181-193
https://doi.org/10.56519/5j0xnf29

LA EFECTIVIDAD DEL BONO DE DESARROLLO HUMANO EN LA CALIDAD DE VIDA DE LAS FAMILIAS DE LA PROVINCIA DE PASTAZA

THE EFFECTIVENESS OF THE HUMAN DEVELOPMENT BONUS ON THE QUALITY OF LIFE OF FAMILIES IN THE PROVINCE OF PASTAZA

Zimri Francela Narváez Sánchez[1], Luz América Rosero Sánchez[2], Ligia Ximena Tapia Hermina[3], Patricia Alexandra Chiriboga Zamora[4]

{zimrinarvaez01@gmail.com[1], luzrosero2019@gmail.com[2], lxtapia@unach.edu.ec[3], pchiriboga@unach.edu.ec[4]}

Fecha de recepción: 21/11/2024 / Fecha de aceptación: 30/12/2024 / Fecha de publicación: 2/12/2024

RESUMEN: El artículo examina el impacto del Bono de Desarrollo Humano en la calidad de vida de las familias de la provincia de Pastaza, enfocándose en su utilización y efectividad. Este programa tiene como objetivo principal reducir la pobreza económica, social proporcionando acceso a las necesidades básicas como alimentación, salud, educación, vivienda y servicios básicos. Está diseñado para promover la equidad y mejorar las condiciones de vida de los hogares beneficiarios, sin embargo, persiste la interrogante de si este recurso logra satisfacer plenamente dichas necesidades. El propósito de la investigación fue determinar cómo el bono incide en la calidad de vida de los beneficiarios mediante un método hipotético-deductivo. Para la recolección datos, se empleó una encuesta con un cuestionario aplicado a una muestra de 336 beneficiarios. Los resultados evidenciaron que el 71% del bono se destina a alimentación, mientras que salud, educación y vivienda también reciben beneficiarios y en menor medida a los servicios básicos. El análisis confirma que el BDH es una herramienta clave para mejorar aspectos fundamentales de la calidad de vida, como alimentación, salud y educación. Sin embargo, se concluyó que su impacto en áreas como servicios básicos y vivienda es limitado, lo que evidencia la necesidad de fortalecer su alcance para garantizar un bienestar integral a las familias beneficiarias.

Palabras clave: Bono de desarrollo humano, calidad de vida, beneficiarios, pobreza

[1]Carrera de Administración de Empresas, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, https://orcid.org/0009-0001-7001-3187, +593 983890653.
[2]Carrera de Administración de Empresas, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, https://orcid.org/0009-0001-5174-6772, +593 967565906.
[3]Carrera de Administración de Empresas, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, https://orcid.org/0000-0002-3701-3871, +593 984444142.
[4]Carrera de Administración de Empresas, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, https://orcid.org/0000-0002-5408-1200, +593 99816938.

ABSTRACT: The article examines the impact of the Human Development Bond (BHD) on the quality of life of families in the province of Pastaza, focusing on its use and effectiveness. The main objective of this program is to reduce economic and social poverty by providing access to basic needs such as food, health, education, housing, and essential services. It is designed to promote equity and improve the living conditions of beneficiary households; however, the question remains whether this resource fully meets these needs. The aim of the research was to determine how the bond affects the quality of life of beneficiaries using a hypothetical-deductive method. For data collection, a survey with a questionnaire was applied to a sample of 336 beneficiaries. The results showed that 71% of the bond is allocated to food, while health, education, and housing also benefit, though services like basic utilities receive less attention. The analysis confirms that the BHD is a key tool for improving essential aspects of quality of life, such as food, health, and education. However, it was concluded that its impact on areas such as basic services and housing is limited, highlighting the need to strengthen its scope to ensure comprehensive well-being for the beneficiary families.

Keywords: Human development bond, quality of life, beneficiaries, poverty

INTRODUCCIÓN

La pobreza es un problema mundial que afecta a millones de personas, particularmente a países de tercer mundo. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la pobreza se define como la carencia de ingresos, es decir, no pueden acceder a los medios de desarrollo económico, por lo que también incluye la fata de acceso a la atención sanitaria, a la información o a un entorno de vida saludable y a una vivienda digna (1).

Además, la pobreza ha sido desde hace mucho tiempo una de las principales preocupaciones de los diferentes gobiernos en todo el mundo, no solo países en vías de desarrollo, sino también países en progreso. Es así como, surge la idea de implementar políticas sociales que ayuden a reducir los niveles de desigualdad, los gobiernos tuvieron la idea de diseñar los programas de transferencias monetarias condicionadas para combatir la pobreza (2).

En América Latina, la pobreza es una situación en la que gran parte de la población no tiene acceso a los recursos mínimos necesarios para satisfacer sus necesidades básicas, como alimentación, salud, educación y vivienda. Aunque los indicadores de pobreza y desigualdad económica han mejorado desde la crisis del coronavirus, la pobreza sigue siendo una de las principales barreras para el desarrollo económico y social en la región, que afecta a casi el 29% de la población, lo que significa que casi tres de cada 10 personas viven por debajo del umbral de pobreza. Además, el 11,2% de la población vive en pobreza extrema, lo que significa que carece incluso de los recursos más básicos (3).

La pobreza extrema se refleja en las circunstancias críticas en las que residen numerosas familias, en particular en áreas rurales, en lugares pequeños y desfavorecidos, es habitual hallar viviendas

compartidas por ocho o diez individuos, entre los que se incluyen niños, jóvenes, adultos y personas mayores, lo que demuestra la escasez de recursos apropiados (4). En este contexto, los programas de transferencias monetarias, como el Bono de Desarrollo humano, han implementado como estrategia bordar la pobreza en Ecuador (5).

Los programas de transferencias monetarias condicionadas son una de las innovaciones más relevantes de política social en los últimos veinte años. En Ecuador, se creó el Bono de Desarrollo Humano (BDH) con fines principales de garantizar a las familias un nivel mínimo de consumo, disminuir la prevalencia de retardo en el crecimiento en niños menores de cinco años, disminuir las enfermedades, fomentar la asistencia a la escuela entre los seis y dieciséis años, proteger a los ancianos y a las personas con discapacidad (6). En este sentido, el Bono de Desarrollo Humano ha pasado por una serie de cambios desde su creación, pasando de ser inicialmente un programa de compensación monetaria a un programa con un enfoque social con propósitos de mayor extensión (7).

El Bono de Desarrollo Humano en el Ecuador tiene sus inicios en el año 1998, nace como un programa social del gobierno de Jamil Mahuad (8) el programa consistía en la selección de un grupo de personas vulnerables a los cuales les proporciona una suma fija de dinero mensual, el propósito era mitigar los efectos de la pobreza que afectaban al país en ese momento. Esta ayuda económica del gobierno se denominó bono de la pobreza o bono solidario.

Tiempo después, en el 2003, el programa pasó a llamarse "Bono de Desarrollo Humano", ampliando su cobertura y teniendo como pilares un Sistema de Focalización de Beneficiarios, condicionar la transferencia con la asistencia a controles de salud de los menores de edad por lo menos dos veces al año y, por último, el diseño e implementación de una evaluación de impacto del programa (9).

Con el paso del tiempo, el Bono de Desarrollo Humano ha aportado beneficios a millones de familias, no obstante, su eficacia continúa siendo un asunto de discusión en varios ámbitos sociales y académicos. Aunque algunas investigaciones indican avances en aspectos como la seguridad alimentaria y el acceso a servicios sanitarios, otras enfatizan restricciones en el efecto del bono, en particular en sectores como la vivienda y los servicios fundamentales (10).

La evaluación del impacto de Bono de Desarrollo Humano en la calidad de vida de los beneficiarios se ha convertido en una necesidad critica para ajustar y mejorar su implementación, es por ello por lo que la entrega del BDH está condicionada a la inversión en educación y salud dirigida a los hogares más vulnerables. Investigaciones previas recomiendan que la mayor parte de los recursos del mismo se destina a la adquisición de alimentos, lo cual es decisivo para las familias más pobres (11). Sin embargo, el BDH ha sido objeto de varias evaluaciones de impacto que brindan resultados estadísticos de sus efectos sobre las familias beneficiarias. No obstante, hay diferencias en cuanto al verdadero efecto del bono en sectores como la educación, la salud y la

vivienda, lo que genera dudas acerca de su habilidad para provocar transformaciones sostenibles en el bienestar de las familias (12).

En la provincia de Pastaza, una de las zonas más desprotegidas de Ecuador, las circunstancias socioeconómicas constituyen un reto significativo para la puesta en marcha eficaz de programas sociales. Pese a los intentos del gobierno de disminuir la desigualdad y potenciar el acceso a servicios fundamentales como la salud y la vivienda, las desigualdades persisten, impactando principalmente a los grupos más vulnerables.

Programas como el Bono Infancia Futuro, llevado a cabo en Pastaza, han facilitado que cerca de 1.000 niñas, niños y mujeres embarazadas obtengan un respaldo financiero orientado a potenciar su bienestar. No obstante, la repercusión en sectores esenciales como la vivienda y el saneamiento básico continúa siendo restringida, lo que cuestiona la eficacia de estas iniciativas para atender de manera integral las necesidades de las comunidades más desfavorecidas (13).

La finalidad de este estudio es valorar la influencia del Bono de Desarrollo Humano en la calidad de vida de las familias en la provincia de Pastaza. Mediante una metodología hipotético-deductiva, este estudio tiene como objetivo establecer si el bono está logrando su meta de mejorar las condiciones de vida de los beneficiarios. La recopilación de información se realizará a través de encuestas realizadas a un grupo representativo de 336 beneficiarios, con el objetivo de obtener una perspectiva completa sobre la eficacia del programa en aspectos fundamentales como la salud, la educación, la nutrición, la vivienda y los servicios básicos (14).

Para continuar mejorando el nivel de vida de sus habitantes, numerosos países han establecido políticas sociales y programas de asistencia para asegurar el bienestar de las personas en situación de vulnerabilidad. El Bono de Desarrollo Humano es uno de los programas más relevantes, cuyo objetivo no solo es disminuir la pobreza, sino también fomentar el crecimiento integral y sostenible de las comunidades con limitados recursos. En este marco, este estudio propone como hipótesis que el impacto del Bono de Desarrollo Humano en la calidad de vida de las familias en la provincia de Pastaza sea significativo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Método hipotético-deductivo

Este método consiste en la generación de hipótesis a partir de dos premisas, una universal y otra empírica, para llevarla a la contrastación práctica. Su propósito principal es comprender los fenómenos y explicar sus causas u orígenes. Además, busca predecir y controlar dichos fenómenos. En resumen, consiste en partir de unas proposiciones como hipótesis e intentar refutar o falsear dichas hipótesis y sacar conclusiones de ellas mismas que deben reflejar los hechos.

Tipo de investigación

Descriptiva

Este tipo de investigación tiene como objetivo detallar las características fundamentales de grupos homogéneos de fenómenos. Emplea enfoques sistemáticos que facilitan la identificación de la estructura o el comportamiento de los fenómenos analizados, ofreciendo información organizada y precisa.

Por ello, la investigación descriptiva es aquella que se centra en describir fenómenos, situaciones o acontecimientos, su objetivo principal es proporcionar un representación precisa y destallada de lo que se está estudiando.

Investigación de campo

La investigación de campo consiste en recolectar datos directamente de los sujetos o del entorno donde ocurren los hechos, sin manipular variables (15). En este estudio, se recopiló información interactuando con los beneficiarios del Bono de Desarrollo Humano en Pastaza. Esto permitió un análisis enriquecido al observar el fenómeno en su contexto real. La misma nos proporcionó una perspectiva única y detallada que no se puede obtener de fuentes secundarias.

Hipótesis

Es una idea o hipótesis que puede ser correcta o incorrecta y requiere un proceso de prueba empírica. Su valor radica en su capacidad para establecer relaciones entre conceptos al tiempo que enfatiza los hechos. En este sentido, la hipótesis supone una interesante fusión entre la teoría y el nivel empírico, conceptual y la realidad a analizar (16). En otras palabras, una hipótesis es una suposición que se realiza provisionalmente para un problema y que puede ser probada a través de una investigación.

H_i: La efectividad del Bono de Desarrollo Humano incide en la calidad de vida de las familias de la provincia de Pastaza.

H_0: La efectividad del Bono de Desarrollo Humano no incide en la calidad de vida de las familias de la provincia de Pastaza.

Técnica e instrumento

Técnica

La técnica de investigación es un método validado que permite obtener información útil para resolver problemas. Cada técnica utiliza un instrumento específico, como el cuestionario en las encuestas y la guía de tópicos en las entrevistas. Esto asegura la recolección sistemática de datos relevantes para el estudio (17). Hace referencia la técnica a los métodos y herramientas que se utilizan para recolectar, analizar e interpretar información en el proceso de investigación.

a) Encuesta

La encuesta es una herramienta flexible y fácil de aplicar que permite recolectar información sobre las conductas, actitudes y características demográficas de un grupo específico, lo que contribuye a una mejor toma de decisiones. Para llevar a cabo el análisis estadístico, se recopilaron los datos obtenidos a través de las encuestas aplicadas. Posteriormente, la información fue tabulada y organizada utilizando herramientas estadísticas, lo que permitió sistematizar las respuestas y facilitar su interpretación.

La encuesta fue dirigida a los beneficiarios del Bono de Desarrollo Humano de la provincia de Pastaza.

Instrumento

Un instrumento de recolección de datos es cualquier herramienta, medio o formato, ya sea físico o digital, empleado para obtener, registrar o almacenar información.

b) Cuestionario de encuesta

El cuestionario es un tipo de encuesta que se lleva a cabo por escrito, utilizando un formato impreso que contiene una serie de preguntas. Se conoce como cuestionario autoadministrado porque debe ser completado directamente por la persona encuestada.

El cuestionario se aplicó a los beneficiarios del Bono de Desarrollo Humano de la provincia de Pastaza.

Población y muestra

Población

La población es un grupo de elementos con características comunes. En esta investigación, se consideró como población a los beneficiarios del Bono de Desarrollo Humano en Pastaza en 2022.

Tabla 1. Total de beneficiarios de la provincia de Pastaza

Descripción	Número
Total de beneficiarios	2.643

Fuente: MIES

Muestra

La muestra es la parte de la población que se selecciona, obteniendo así la información para el desarrollo del estudio y sobre la cual se efectuarán la medición y la observación de las variables objeto de estudio (18).

Para el cálculo de la muestra se utilizó la siguiente formula:

$$\boldsymbol{n = \frac{Z^2 * p * q * N}{\left(e^2 * (N - 1)\right) + Z^2 * p * q}}$$

Donde:

n= Tamaño de la muestra.

N= Tamaño de la población (2.643 beneficiarios de la provincia de Pastaza).

Z= Nivel de confianza 95% equivalente a 1,96.

p= Probabilidad de éxito.

q= Probabilidad de fracaso.

e= Error estándar de estimación 5% (0,05)

$$\boldsymbol{n = \frac{(1,96)^2 * (0,5)(0,5) * (2.643)}{\left((0,05)^2 * (2.643 - 1)\right) + (1,96)^2 * (0,5) * (0,5)}}$$

n= 335,52 ≈ 336

La muestra para el trabajo de investigación fue de 336 beneficiaros de la provincia de Pastaza.

RESULTADOS

1. ¿Qué tan satisfecho se encuentra usted con el Bono de Desarrollo Humano?

Tabla 2. Satisfacción del Bono de Desarrollo Humano

Respuestas	Frecuencias
Muy satisfecho	152
Satisfecho	150
Ni satisfecho/ ni insatisfecho	34
Insatisfecho	0
Muy insatisfecho	0

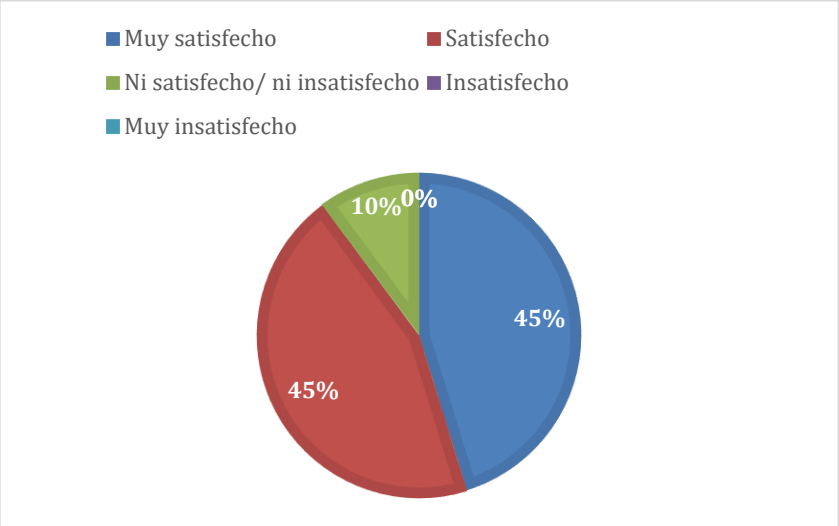


Figura 1. Satisfacción del Bono de Desarrollo Humano

Análisis: Según los resultados obtenidos en la encuesta, se puede observar en la Figura 1 que la mayoría de las personas encuestadas el 45% se encuentran muy satisfechas con el Bono de Desarrollo Humano, seguido de un 45% se encuentran satisfechas con el mismo, y solo un pequeño porcentaje del 10% indicó que no estaban ni satisfechos ni insatisfechos.

Interpretación: Acorde con los datos obtenidos en la Figura 1 se puede evidenciar que existe un porcentaje tanto de personas muy satisfechas y satisfechas lo que indica que el programa del Bono de Desarrollo Humano está siendo recibido por los beneficiarios de manera significativa.

2. ¿El Bono de Desarrollo Humano ha contribuido en la mejora de su calidad de vida?

Tabla 3. Bono de Desarrollo Humano y la calidad de vida

Respuestas	Frecuencias
Si	321
No	15
Total	336

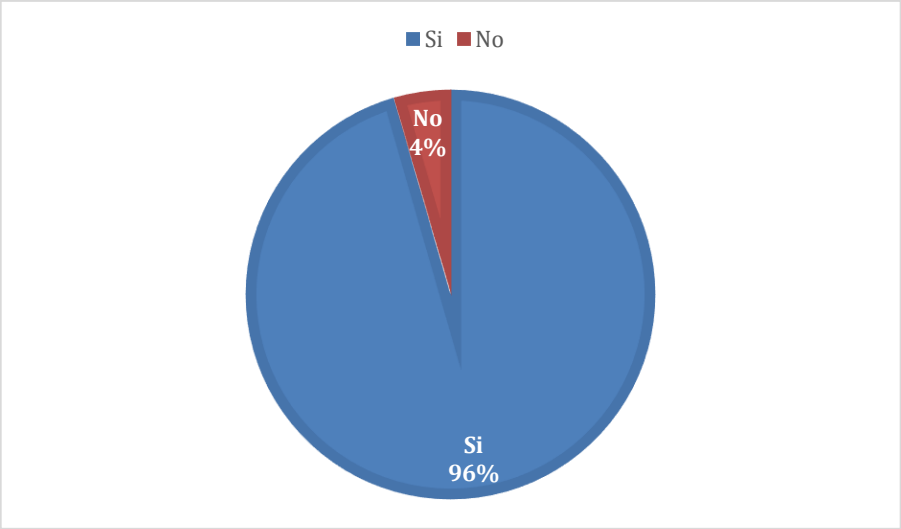


Figura 2. Bono de Desarrollo Humano y la calidad de vida

Análisis: Como se puede evidenciar en la Figura 2 el 96% de beneficiarios que reciben el Bono de Desarrollo Humano indican que, si contribuye en la mejora de la calidad de vida, mientras que solo el 4% indica que no.

Interpretación: Con los resultados obtenidos se puede evidenciar en la Figura 2 que existe un gran porcentaje donde los beneficiarios indican que, si les ha contribuido a mejorar su calidad de vida, ya que, el valor del Bono de Desarrollo Humano es asignado en su mayoría para la alimentación, la salud y la educación.

Comprobación de hipótesis

H_i: La efectividad del Bono de Desarrollo Humano incide en la calidad de vida de las familias de la provincia de Pastaza.

H_0: La efectividad del Bono de Desarrollo Humano no incide en la calidad de vida de las familias de la provincia de Pastaza.

Tabla 4. Chi Cuadrado

Pruebas de chi-cuadrado	Valor	gl	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	23,386[a]	2	,000
Razón de verosimilitud	14,682	2	0,001
Asociación lineal por lineal	13,89	1	,000
N de casos válidos	336		

a. 1 casillas (16.7%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 1.52

Fuente: Resultados propios del SPSS en base a las encuestas.

La efectividad del Bono de Desarrollo Humano y su incidencia en la calidad de vida de las familias de la provincia de Pastaza se comprobó la hipótesis por medio del programa SPSS tomando en cuenta dos preguntas base:

c) ¿El Bono de Desarrollo Humano ha contribuido en la mejora de su calidad de vida?

d) ¿Qué tan satisfecho se encuentra usted con el Bono de Desarrollo Humano?

Interpretación de resultados:

El modelo explica que el Bono de Desarrollo Humano incide en la calidad de vida de las familias de la provincia de Pastaza, es decir como el valor de sigma es inferior a 0,05 se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa que es:

H_i: La efectividad del Bono de Desarrollo Humano incide en la calidad de vida de las familias de la provincia de Pastaza.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio muestran que el Bono de Desarrollo Humano tiene un impacto positivo en la calidad de vida de las familias de la provincia de Pastaza. El 96% de los

encuestados afirmó que este subsidio contribuye significativamente a mejorar sus condiciones de vida, especialmente en áreas esenciales como alimentación, educación y acceso a la salud. Estos hallazgos coinciden con estudios previos, como el realizado por Romero, Roldán y Benítez (19), (2), quienes evidenciaron que el Bono de Desarrollo Humano en otras regiones del país ha fomentado la asistencia escolar y reducida la desnutrición infantil.

El hecho de que el 71% de los beneficiarios utilizan el Bono de Desarrollo Humano principalmente para la alimentación también respalda la investigación de Dobronsky y Moncayo (20), quienes destacaron que uno de los objetivos fundamentales del Bono de Desarrollo Humano es garantizar la seguridad alimentaria de los hogares vulnerables. Sin embargo, la mejora en otros aspectos, como el acceso a servicios básicos, es limitada, lo que sugiere la necesidad de fortalecer políticas complementarias que maximicen el impacto del bono.

Por otro lado, la alta satisfacción de los beneficiarios la cual es del 90% entre satisfechos y muy satisfechos refleja que este programa cumple con las expectativas de las familias beneficiarias, alineándose con los resultados de otras investigaciones quienes encontraron que el Bono de Desarrollo Humano no sólo reduce la pobreza, sino que también promueve un desarrollo integral en las comunidades de bajos recursos.

Estos datos subrayan la importancia de continuar con un monitoreo riguroso del programa, para asegurar que los recursos lleguen a las familias más necesarias y se utilicen de manera efectiva. Ya que, una evaluación constante es clave para mejorar la efectividad de los programas sociales y garantizar que contribuyan al bienestar sostenible de la población.

CONCLUSIONES

Actualmente en la provincia de Pastaza el Bono de Desarrollo Humano en su mayoría ha aportado a mejorar la calidad de vida de las familias ya que mediante las encuestas se determinó que los $55 USD entregados a los beneficiarios han contribuido a mejorar las condiciones de vida de la población como es el acceso a la educación de calidad, salud, alimentación y en menor medida a los servicios básicos.

En base a las fundamentaciones teóricas, el Bono de Desarrollo Humano ha sido un programa eficaz para combatir la pobreza en la provincia de Pastaza, ya que brinda apoyo económico a las poblaciones más necesitadas como son las madres solteras, adultos mayores y personas con discapacidad; fomentando el acceso a servicios básicos, alimentación, educación y salud. Además, la corresponsabilidad ha sido un enfoque clave para mejorar las condiciones de vida de los beneficiarios y sus respectivas familias.

La importancia del Bono de Desarrollo Humano radica en su capacidad para reducir la vulnerabilidad económica de las familias de la provincia de Pastaza, al proporcionar un ingreso básico que mejora el acceso a servicios esenciales como educación, salud y alimentación. Este

programa representa un instrumento clave para combatir la pobreza y promover la equidad social, siendo un apoyo fundamental en la construcción de un entorno más inclusivo y justo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Organización Mundial de la Salud. Pobreza: concepto que engloba la falta de acceso a la información y a la salud. [Online]; 2020. Acceso 23 de Noviembrede 2024. Disponible en: https://www.who.int/es/news/item/13-12-2017-world-bank-and-who-half-the-world-lacks-access-to-essential-health-services-100-million-still-pushed-into-extreme-poverty-because-of-health-expenses.
2. Romero L, Roldán L, Benítez J. Nivel de corresponsabilidad de los beneficios del Bono de Desarrollo Humano del cantón El Triunfo. Ciencia Unemi. 2015; 8(13): p. 29-37
3. Statista. Pobreza en América Latina - Datos estadísticos. [Online]; 2024. Acceso 23 de Noviembrede 2024. Disponible en: https://es.statista.com/temas/8701/pobreza-en-america-latina/#topicOverview
4. Villacis Landa VJ, Arroba Lopéz DA. LA POBREZA EXTREMA: UN ESTUDIO DESDE LA VULNERACIÓN DE LOS DERECHOS DEL BUEN VIVIR. Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas. 2022; 5: p. 13-22
5. Ministerio de Inclusión Económica y Social. MIES ejecuta el Bono de Desarrollo Humano Variable para la protección social de la población en extrema pobreza. [Online] Acceso 23 de Noviembrede 2024. Disponible en: https://www.inclusion.gob.ec/.
6. Dobronsky , Moncayo JA. Impacto del Bono de Desarrollo Humano en el Trabajo Infantil: Secretaría Técnica del Ministerio de Coordinación de Desarrollo Social del Ecuador; 2007
7. Aguirre M. Gestión económica, desarrollo y financiero del Bono de Desarrollo Humano en Ecuador, periodo 2007-2013 [Tesis de pregrado. Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. Quito, Ecuador.
8. Bustamante CF, Montesdeoca CM. Evolución del programa Bono de Desarrollo Humano a partir de los indicadores de educación. Repositorio de la Universidad Catolica de Santiago de Guayaquil. 2012;: p. 1-85
9. Banco Interamericano de Desarrollo. Reformas y desarrollo en el Ecuador contemporáneo: Javier Díaz-Cassou • Marta Ruiz Arranz; 2018
10. Narváez Z, Rosero L. La efectividad del bono de desarrollo humano en la calidad de vida de las familias de la Provincia de Pastaza (Tesis de grado). 2024
11. Guamán J, Lara E, Alvarado R. Efecto del bono de desarrollo humano en el gasto en salud y educación en Ecuador utilizando propensity score matching. Revista Economía y Política. 2019; XV(30).
12. Chiriboga Vargas V. El Bono de Desarrollo Humano: Un análisis desde el enfoque de capacidades. Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador. 2021; 314
13. Ministerio de Inclusión Económica y Social. En Pastaza, cerca de 1.000 niñas, niños y mujeres gestantes acceden al Bono Infancia Futuro. [Online]; 2024. Acceso 24 de Noviembrede 2024
14. Ministerio de Inclusión Económica y Social. Bono de Desarrollo Humano. [Online]; 2021. Acceso 24 de Noviembrede 2024

15. Arias F. El Proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica Caracas : Editorial Episteme: (6ª Edición); 2012
16. Malegarie J, Fernández P. El rode la hipótesis en la investigación: entretelones en la experiencia de enseñanza-aprendizaje. Argentina: V Encuentro Latinoamericano de Metodología de las Ciencias Sociales, Mendoza; 2016
17. Rojas Crotte IR. ELEMENTOS PARA EL DISEÑO DE TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN: UNA PROPUESTA DE. Tiempo de Educar. 2011; 12(24): p. 277-297
18. Bernal C. Metodología de la investigación Colombia: Tercera edición PEARSON EDUCACIÓN; 2010
19. Romero, L , Roldán, L , Benítez, J. Nivel de corresponsabilidad de los beneficios del Bono de Desarrollo Humano del cantón El Triunfo. Ciencia Unemi. 2015; 8(13): p. 29-37
20. Dobronsky J, Moncayo, JA. Impacto del Bono de Desarrollo Humano en el Trabajo Infantil. Quito
21. Ponce J, Bedi A. The impact of a cash transfer program on cognitive achievement: The Bono de Desarrollo Humano of Ecuador. Economics of Education Review, Elsevier. 2010; 29(1): p. 116-125

InvestiGO
Revista Científica Multidisciplinaria

ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Diciembre 2024
Vol. 5, No.13, PP.194-206
https://doi.org/10.56519/rzz5nq15

INTEGRACIÓN DEL MINDFULNESS Y TERAPIAS ALTERNATIVAS PARA MEJORAR LA SALUD EMOCIONAL EN ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

INTEGRATION OF MINDFULNESS AND ALTERNATIVE THERAPIES TO IMPROVE EMOTIONAL HEALTH IN HIGHER EDUCATION STUDENTS

Andrea Esthefania Ashqui López[1], Marjorie Alejandra Zambrano Remache[2], Tatiana Elizabeth Vallejo Espinoza[3], Pablo David Figueroa Endara[4], Rodrigo Manuel Baquero Tapia[5], Ximely Alexandra Castillo Bueno[6], Brandon Francisco Tacuri Inca[7], Deisy Katherine Guallo Andi[8]

{andreaashqui27@gmail.com[1], alejitazam0907@gmail.com[2], tacamaca2023@gamil.com[3], pablodavidfigueroa104@gmail.com[4], r.baquero@sangabrielriobamba.edu.ec[5], alexacastillob05@gmail.com[6], grekomvl13@gmail.com[7], katherine.deisy@gmail.com[8]}

Fecha de recepción: 18/11/2024 / Fecha de aceptación: 30/11/2024 / Fecha de publicación: 2/12/2024

RESUMEN: En los últimos años, el bienestar emocional en la educación superior ha cobrado importancia debido al incremento de la presión académica y personal que enfrentan los estudiantes. Un informe de la American College Health Association revela que un alto porcentaje de estudiantes universitarios experimenta niveles significativos de ansiedad y estrés. Para abordar esta problemática, el mindfulness y las terapias alternativas han surgido como enfoques complementarios para la gestión del estrés. La Organización Mundial de la Salud describe la salud como un estado integral de bienestar que abarca los aspectos físicos, mentales y sociales, lo que subraya la importancia del bienestar emocional en el contexto educativo. Este estudio investiga la eficacia de combinar terapias alternativas, como musicoterapia, aromaterapia, auriculoterapia, cromoterapia y masoterapia, con mindfulness se busca disminuir la ansiedad y el estrés en los estudiantes de educación superior. Se adoptó un enfoque cuantitativo con un diseño no experimental, utilizando cuestionarios para medir los niveles de ansiedad y estrés tanto antes como después de la intervención. Los resultados revelaron que el 94% de los participantes tenía niveles elevados de ansiedad, mientras que el 100% presentaba estrés en grados altos. Tras un programa de cuatro semanas de terapias, el grupo que recibió terapias alternativas mostró una reducción del 60% en la ansiedad y del 40% en el estrés. Por su parte, el grupo que combinó estas terapias con mindfulness presentó

[1]Técnico Superior en Enfermería, Instituto Superior Tecnológico San Gabriel, Ecuador, 0009-0002-0784-1235; +593959535878.
[2]Técnico Superior en Enfermería, Instituto Superior Tecnológico San Gabriel, Ecuador, 0009-0005-0154-8750; +593998073631.
[3]Técnico Superior en Enfermería, Instituto Superior Tecnológico San Gabriel, Ecuador, 0009-0002-9516-9046; +59398 282 2252.
[4]Técnico Superior en Enfermería, Instituto Superior Tecnológico San Gabriel, Ecuador, 0000-0001-7711-6886; +593963194822.
[5]Técnico Superior en Enfermería, Instituto Superior Tecnológico San Gabriel, Ecuador, 0009-0002-7371-7419; +593987326097.
[6]Técnico Superior en Enfermería, Instituto Superior Tecnológico San Gabriel, Ecuador, 0009-0005-9564-9893; +593968944338.
[7]Técnico Superior en Enfermería, Instituto Superior Tecnológico San Gabriel, Ecuador, 0009-0005-4263-7362; +593991166509.
[8]Técnico Superior en Enfermería, Instituto Superior Tecnológico San Gabriel, Ecuador, 0009-0002-6062-8054; +593999841518.

mejoras del 50% en ansiedad y del 75% en estrés. Estos resultados indican que combinar mindfulness con terapias alternativas podría ser una estrategia efectiva para fomentar el bienestar emocional en los estudiantes, subrayando la importancia de incorporar estas prácticas en el entorno académico.

Palabras clave: Ansiedad, estrés, terapias alternativas, auriculoterapia, cromoterapia, masoterapia, mindfulness

ABSTRACT: In recent years, emotional well-being in higher education has gained importance due to the increased academic and personal pressure faced by students. A report by the American College Health Association reveals that a high percentage of college students experience significant levels of anxiety and stress. To address this issue, mindfulness and alternative therapies have emerged as complementary approaches to stress management. The World Health Organization (WHO) defines health as a state of complete physical, mental, and social well-being, which underlines the importance of emotional well-being in the educational context. This study investigates the effectiveness of combining alternative therapies, such as music therapy, aromatherapy, auriculotherapy, chromotherapy, and massage therapy, with mindfulness in reducing anxiety and stress in higher education students. A quantitative approach with a non-experimental design was used and questionnaires were used to assess anxiety and stress levels before and after the intervention. The results showed that 94% of the participants had high levels of anxiety and 100% had high levels of stress. After a four-week therapy program, the group that received alternative therapies showed a 60% reduction in anxiety and a 40% reduction in stress. Meanwhile, the group that combined these therapies with mindfulness showed improvements of 50% in anxiety and 75% in stress. These findings suggest that integrating mindfulness and alternative therapies may be an effective strategy to improve the emotional well-being of students, highlighting the need to implement these practices in the academic field.

Keywords: Anxiety, stress, alternative therapies, auriculotherapy, chromotherapy, massage therapy, mindfulness

INTRODUCCIÓN

En años recientes, la atención hacia el bienestar emocional y psicológico en la educación superior ha aumentado significativamente debido a la presión académica y personal que enfrentan los estudiantes. Según la American College Health Association, el 66% de los estudiantes universitarios reportaron sentirse abrumados por la carga académica, y el 42% manifestó experimentar ansiedad significativa (1)**.** Además, la OMS estima que alrededor 20% de los jóvenes entre 15 y 29 años enfrenta dificultades relacionadas a su salud mental (2), lo que destaca la necesidad de abordar este tema en el ámbito educativo.

Como respuesta a esta problemática, el mindfulness y las terapias alternativas se han convertido en enfoques efectivos para la gestión del estrés y la mejora del bienestar estudiantil, especialmente en estudiantes de educación superior (3). La OMS define la salud como un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades, y considera a la medicina alternativa como un conjunto de habilidades no convencionales que pueden contribuir al bienestar general (4). El bienestar emocional es fundamental para lograr un equilibrio integral. La gestión del estrés y la ansiedad es clave en este proceso, ya que el estrés surge como una reacción corporal y emocional ante desafíos que superan los recursos personales para afrontarlos. Por su parte, la ansiedad es una respuesta emocional caracterizada por preocupación y temor que puede volverse debilitante si es excesiva (5).

El mindfulness, también conocido como atención plena, es una técnica de enfoque en el momento actual sin juicio y ha demostrado ser una herramienta positiva para la regulación emocional y la reducción de sintomatologías de ansiedad y estrés. Estudios recientes sugieren que la práctica de mindfulness puede reducir los niveles de ansiedad en un 30%, mejorando la atención y la resiliencia emocional de los estudiantes. Una publicación de la Universidad de California, Los Ángeles, reveló que los estudiantes que participaron en un programa de mindfulness experimentaron una disminución del 50% en los síntomas de ansiedad y un 70% de mejora en la regulación emocional comparado con aquellos que no participaron (6).

La meditación y la respiración consciente, componentes principales de esta práctica, ayudan a un mayor autocontrol emocional y disminuyen la reactividad ante el estrés. Un metaanálisis de Khoury et al. mostró que las intervenciones de mindfulness tienen un resultado moderado en el descenso de la ansiedad y un gran efecto en la mejora de la calidad de vida (7). Su creciente popularidad en el ámbito académico se debe a su capacidad para promover la autorregulación emocional y aumentar la satisfacción personal de los estudiantes. Según Shapiro et al., incorporar el mindfulness en el entorno universitario reduce el estrés y la ansiedad y fomenta un enfoque más consciente hacia los estudios y la vida personal, ayudando a los estudiantes a desarrollar habilidades de afrontamiento más saludables (8).

Las terapias alternativas energéticas y vibracionales, como la musicoterapia, aromaterapia, auriculoterapia y cromoterapia, junto con terapias manuales como la masoterapia, también han mostrado beneficios en la salud emocional de los estudiantes, ayudando a aliviar el estrés y la ansiedad. Un estudio de la Universidad de Minnesota reveló que la musicoterapia puede reducir la concentración de cortisol, una hormona relacionada con el estrés, en un 25%, mejorando el estado de ánimo y promoviendo la relajación (9). La aromaterapia, que utiliza aceites esenciales, ha demostrado reducir la ansiedad en un 34% en estudiantes universitarios y mejorar la calidad del sueño (10).

La cromoterapia, por su parte, ha mostrado que la exposición a ciertos colores puede disminuir los niveles de ansiedad en un 20%, promoviendo el bienestar emocional general (11). En cuanto a la auriculoterapia, un estudio realizado por Dantas et al. indicó una reducción del 30% en los niveles de estrés en estudiantes, contribuyendo a un equilibrio emocional más estable (12).

Finalmente, la masoterapia ha mostrado reducir en un 40% los niveles de ansiedad y mejorar significativamente el estado de ánimo de los estudiantes, aliviando tensiones musculares y promoviendo el bienestar general (13).

Este proyecto se propone evaluar la efectividad de estas terapias alternativas junto con el mindfulness en la reducción de los niveles de ansiedad y estrés en estudiantes de educación superior. Basándose en evidencia que muestra los efectos positivos de la musicoterapia, aromaterapia, auriculoterapia, cromoterapia y masoterapia en la disminución de estos niveles, se analizará si estas técnicas, ya sea de forma individual o combinada, son eficaces en este contexto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio utilizó un enfoque cuantitativo para analizar fenómenos observables y medibles El diseño fue no experimental, limitándose a observar los fenómenos en su contexto natural. Con un alcance descriptivo, se enfocó en recolectar datos para implementar un plan de acción. El estudio fue de corte transversal, realizado en un periodo académico específico de un Instituto de Educación Superior (IES) privado. La muestra se seleccionó mediante un muestreo no probabilístico, comenzando con 71 estudiantes, hombres y mujeres de entre 18 y 33 años, quienes participaron voluntariamente para identificar niveles de ansiedad y estrés. Tras los resultados, se seleccionaron 16 estudiantes con niveles considerablemente altos de ansiedad y estrés para el análisis.

Para identificar los niveles de ansiedad, se utilizó el Cuestionario STAI, compuesto por 40 ítems en una escala Likert con puntuaciones entre 0 y 60 por subescala. El análisis estadístico mostró una alta consistencia interna (alfa de Cronbach de 0.904 para ansiedad rasgo y 0.894 para ansiedad estado) (14). Para medir el estrés, se empleó la Escala de Estrés Percibido (EEP), adaptada al contexto latinoamericano, que mide el estrés en los últimos 30 días con 14 ítems y presentó una fiabilidad interna de 0.84 y fiabilidad test-retest de 0.85 (15).

También se utilizaron el Inventario de Ansiedad de Beck (BAI), que evalúa la gravedad de los síntomas de ansiedad (alfa de Cronbach de 0.92, test-retest de 0.75) y el cuestionario de Afrontamiento del Estrés (CAE), que evalúa estrategias de afrontamiento como solución de problemas y búsqueda de apoyo social. El CAE, con coeficientes de alfa de Cronbach entre 0.64 y 0.92, ha mostrado solidez en sus siete dimensiones y es ampliamente utilizado en poblaciones universitarias para analizar el afrontamiento del estrés (16).

La intervención duró cuatro semanas, con sesiones diarias de una hora. Para optimizar el tiempo y la privacidad, se formaron cuatro subgrupos: el primer grupo recibió solo terapias alternativas; el segundo, una combinación de terapias; el tercero, una alternancia entre ambas terapias; y el cuarto grupo no participó activamente, sirviendo como referencia comparativa. Al finalizar el periodo, se aplicó un segundo test para evaluar mejoras en los niveles de ansiedad y estrés.

Las terapias alternativas incluyeron intervenciones directas como masajes relajantes, centrados en reducir la tensión muscular y mejorar la circulación, generando relajación profunda y reduciendo la ansiedad psicológica también se empleó la auriculoterapia, en la que se colocaron pequeños imanes en puntos específicos del pabellón auricular (17), como el Shen Men, para reducir el estrés y la ansiedad. Estos imanes permanecieron en el lugar durante varios días, proporcionando una estimulación continua y promoviendo bienestar emocional de manera segura y no invasiva (18).

Entre las terapias complementarias se incluyeron la cromoterapia, en la que se utilizaron luces de colores como azul y verde para inducir relajación y equilibrio emocional, creando una atmósfera de paz en el espacio de tratamiento (19). La musicoterapia aportó un fondo auditivo relajante mediante melodías instrumentales y sonidos de la naturaleza, ayudando a los estudiantes a liberar tensiones y relajarse mentalmente (20).

Finalmente, la aromaterapia se implementó mediante la difusión de aceites esenciales de lavanda, incienso y eucalipto, conocidos por sus propiedades calmantes. La lavanda, en particular, es eficaz para la relajación, mientras que el incienso ayuda a calmar la mente. Esta combinación de aromas, junto con las demás terapias, proporcionó una experiencia multisensorial que favoreció la desconexión mental, reduciendo los niveles de ansiedad y estrés en los estudiantes (21).

RESULTADOS

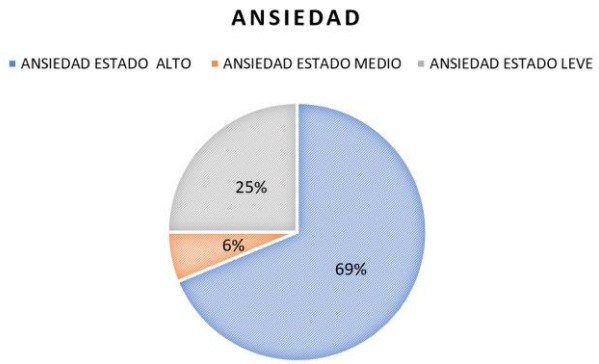


Figura 1. Resultados iniciales de los niveles de ansiedad en los 16 participantes seleccionados.

En la Figura 1 se presentan los resultados iniciales sobre los niveles de ansiedad en los 16 participantes seleccionados. El 94% de la población muestra niveles considerables de ansiedad, de los cuales el 69% corresponde a niveles altos y el 25% a niveles medios. Estos datos reflejan el impacto del criterio de selección aplicado a los participantes.

Figura 2. Resultados iniciales de los niveles de estrés en los 16 participantes seleccionados.

En la Figura 2 se presentan los resultados iniciales obtenidos sobre los niveles de estrés en los 16 participantes seleccionados para el estudio. Los datos revelan que la totalidad de los participantes (100%) muestra niveles elevados de estrés, lo que indica una prevalencia alarmante de esta condición en la muestra analizada. Este hallazgo pone de manifiesto la necesidad de investigar los factores desencadenantes y desarrollar estrategias de intervención adecuadas para abordar y mitigar el impacto del estrés en esta población. Asimismo, sugiere que la selección de los participantes pudo estar influenciada por criterios específicos que priorizaron individuos con alta susceptibilidad a esta problemática.

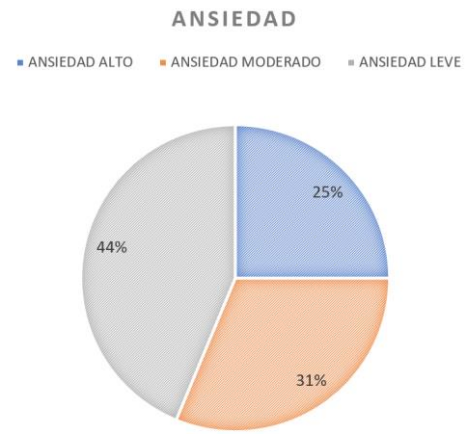


Figura 3. Valores de ansiedad posterior a las terapias Alternativas y Mindfulness en los 16 participantes seleccionados.

En la Figura 3 los niveles elevados de ansiedad se encuentran en 25% del total de los participantes, así mismo, un 31% presenta un valor moderando, para finalizar con un 44 % de participantes que alcanzan niveles leves de ansiedad, en un proceso comparativo se puede observar un decremento del 44% en los participantes con ansiedad alta, un aumento de participantes con niveles medio en un 19%, permitiendo también que los niveles leves se mantengan estables.

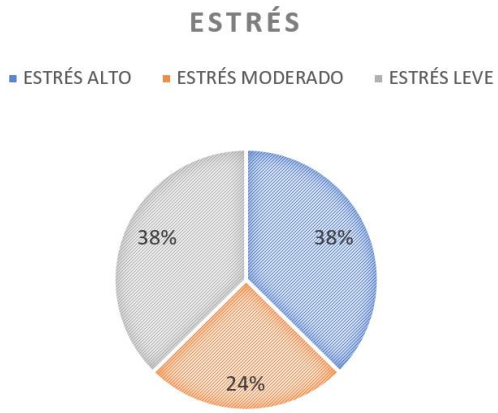


Figura 4. Valores de estrés posterior a las terapias Alternativas y Mindfulness en los 16 participantes seleccionados.

En la Figura 4 se observa una disminución del 62% en los niveles de estrés alto en la población analizada. Tras la intervención, los niveles de estrés se distribuyen de la siguiente manera: el 38% de los participantes permanecen con niveles altos, el 24% alcanzan niveles medios y el 38% presentan niveles bajos. Estos resultados reflejan una mejora significativa en la gestión del estrés, evidenciando el impacto positivo de las estrategias aplicadas.

Tabla 1. Comparación de resultados de los niveles de estrés y ansiedad iniciales y finales del grupo uno

Grupo	Resultados del Primer Test			Resultados del Segundo Test			Porcentaje de Mejoría
	ANSIEDAD			ANSIEDAD			
	Alto	Moderado	Leve	Alto	Moderado	Leve	
Primer Grupo: Terapias Alternativas	40%	40%	20%	20%		80%	60%
	ESTRÉS			ESTRÉS			
	Alto	Moderado	Leve	Alto	Moderado	Leve	40%
	100%	0%	0%	60%	40%	0%	

Se presentan los datos iniciales y finales relacionados con los niveles de ansiedad y estrés en los participantes del estudio. Al comparar los resultados iniciales con los obtenidos después de la aplicación de las terapias alternativas, se evidencia una mejora significativa en ambas variables. Los niveles de ansiedad se redujeron en un 60%, mientras que los niveles de estrés mostraron una mejora del 40%. Estos resultados destacan la efectividad de las terapias alternativas como herramienta para gestionar estas problemáticas, subrayando su potencial para promover el bienestar emocional y psicológico en los participantes.

Tabla 2. Comparación de resultados de los niveles de estrés y ansiedad iniciales y finales del segundo grupo

Grupo	Resultados del Primer Test			Resultados del Segundo Test			Porcentaje De Mejoría
Tercer grupo: Terapias Alternativas y Mindfulness (participación continua)	ANSIEDAD			ANSIEDAD			
	ALTO	MODERADO	LEVE	ALTO	MODERADO	LEVE	
	100%	0%	0%	0%	50%	50%	50%
	ESTRÉS			ESTRÉS			
	ALTO	MODERADO	LEVE	ALTO	MODERADO	LEVE	
	100%	0%	0%	25%	50%	25%	75%

En la comparación de los resultados iniciales y finales de los niveles de estrés y ansiedad en el segundo grupo, no se evidencia ningún cambio significativo. Esto puede atribuirse a la participación intermitente de los integrantes durante el período establecido para la aplicación de las terapias propuestas, lo que limitó el impacto de las intervenciones realizadas.

Tabla 3. Comparación de resultados de los niveles de estrés y ansiedad iniciales y finales del tercer grupo

Grupo	Resultados del Primer Test			Resultados del Segundo Test			Porcentaje de Mejoría
Segundo grupo: Terapias Alternativas y Mindfulness, (participación intermitente)	ANSIEDAD			ANSIEDAD			
	Alto	Moderado	Leve	Alto	Moderado	Leve	
	50%	50%	0%	50%	50%		0%
	ESTRÉS			ESTRÉS			
	Alto	Moderado	Leve	Alto	Moderado	Leve	
	100%	0%	%	100%	0%	0%	0%

En la comparación de los resultados iniciales y finales de los niveles de estrés y ansiedad del tercer grupo, se observó una mejoría significativa. Este grupo, que participó de forma constante y recibió la aplicación conjunta de terapias alternativas y mindfulness, mostró reducciones del 50% en los niveles de ansiedad y del 75% en los niveles de estrés. Estos resultados destacan el impacto positivo de un enfoque integral y sostenido en el manejo de estas condiciones.

Tabla 4. Comparación de resultados de los niveles de estrés y ansiedad iniciales y finales del cuarto grupo

Grupo	Resultados del Primer Test			Resultados del Segundo Test			Porcentaje De Mejoría
	ANSIEDAD			ANSIEDAD			
	ALTO	MODERADO	LEVE	ALTO	MODERADO	LEVE	
Cuarto Grupo: sin participación	60%		40%	40%	60%		20%
	ESTRÉS			ESTRÉS			
	ALTO	MODERADO	LEVE	ALTO	MODERADO	LEVE	
	100%	0%	0%	20%	20%	60%	40%

En el análisis de los resultados del cuarto grupo, que no participó directamente en la intervención del estudio, se observa una mejoría parcial en los niveles de estrés y ansiedad. Específicamente, se registra una disminución del 20% en los niveles elevados de ansiedad y alrededor del 40% en los niveles de estrés al comparar los datos iniciales y finales. Estos hallazgos sugieren que, a pesar de la ausencia de intervención, podrían haber influido factores externos, como el tiempo transcurrido, la adaptación natural o variables ambientales no controladas.

DISCUSIÓN

La discusión sobre el uso del mindfulness y las terapias alternativas para el bienestar emocional en estudiantes de educación superior ha generado resultados prometedores, sustentados en estudios recientes que muestran una disminución significativa en los niveles de ansiedad y estrés. Un estudio de Liu, reveló que la combinación de mindfulness y musicoterapia redujo los niveles de ansiedad en un 37% y mejoró la regulación emocional en un 45% en estudiantes universitarios, corroborando investigaciones anteriores que destacan el impacto positivo de la musicoterapia en la reducción del cortisol, una hormona relacionada con el estrés (22). La Universidad de Minnesota (2020) también reportó que la musicoterapia puede disminuir el cortisol en un 25%, mejorando el estado de ánimo.

En cuanto a la aromaterapia (20), encontraron que su combinación con mindfulness redujo los niveles de ansiedad en un 42% y mejoró la calidad del sueño en un 38% en estudiantes universitarios, resaltando la eficacia de los aceites esenciales junto a técnicas de atención plena para abordar la ansiedad y otros problemas emocionales (21). Asimismo, O'Connor et al. demostraron que la cromoterapia, al ser combinada con mindfulness, redujo los síntomas de ansiedad en un 28% y aumentó el bienestar general en un 33%, apoyando la idea de que los colores pueden influir en el estado emocional de las personas (19). Por su parte, Smith y Chen observaron una disminución del 25% en los niveles de estrés y una mejora del 30% en la

regulación emocional al integrar mindfulness con auriculoterapia, lo que ha demostrado ser efectivo para equilibrar las emociones en contextos académicos donde el estrés es elevado (18). Finalmente, Davis et al. encontraron que la combinación de masoterapia y mindfulness redujo los niveles de ansiedad en un 35% y mejoró el bienestar emocional en un 40%, destacando que la masoterapia, a través de técnicas de masaje, alivia tensiones tanto físicas como emocionales (23).

En conjunto, estos estudios sugieren que la integración del mindfulness con diversas terapias alternativas puede ser una estrategia eficaz para mejorar el bienestar emocional en estudiantes, subrayando la importancia de su implementación en el entorno académico (24), (25). No se ha encontrado evidencia bibliográfica sobre investigaciones realizadas en Ecuador acerca de la aplicación conjunta de terapias alternativas y mindfulness, o de su aplicación por separado, en estudiantes de educación superior, lo que subraya la necesidad de desarrollar estudios locales que aborden esta temática y permitan evaluar la efectividad de estas intervenciones en el contexto ecuatoriano (26), (27).

Al comparar estos hallazgos con los resultados obtenidos en diferentes grupos de estudio, se evidencian tendencias similares. Por ejemplo, en el primer grupo que participó en terapias alternativas, los niveles de ansiedad mostraron una reducción del 60%, y el estrés se redujo en un 40%, lo que respalda la eficacia de estas intervenciones. En contraste, el segundo grupo, que participó de manera intermitente en terapias alternativas y mindfulness, no evidenció cambios en los niveles de ansiedad y estrés, lo que indica que la constancia en la aplicación de las terapias es crucial para obtener resultados positivos.

El tercer grupo, que también participó en terapias alternativas y mindfulness, experimentó una mejora del 50% en ansiedad y un 75% en estrés, destacando el potencial de estas técnicas cuando se aplican de manera continua. Sin embargo, el cuarto grupo, que no realizó ninguna terapia, podría no haberlo hecho debido a que el proyecto era de aplicación voluntaria. Además, es importante mencionar que muchos de los estudiantes en este grupo se encontraban en periodo de prácticas profesionales, lo que limitó su asistencia al instituto y su posibilidad de recibir las terapias. Aun así, se observó una mejora parcial del 20% en los niveles de ansiedad y del 40% en estrés, lo que sugiere que, aunque la intervención directa fue limitada, algunos factores externos podrían haber influido en estos resultados (28), (29).

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta las características de la población y los criterios de inclusión y exclusión utilizados en la selección de los participantes, los resultados de este estudio son relevantes y alentadores. A nivel descriptivo, se observa que las terapias alternativas aplicadas conjuntamente con mindfulness alcanzaron un 50% de efectividad en la reducción de los niveles de ansiedad y un 62% en la disminución del estrés. Esta mejoría estuvo mediada por factores como el tiempo y la constancia en las terapias. Se evidenció que la participación intermitente, como en el caso del segundo grupo, no contribuyó significativamente a la reducción de la ansiedad y el estrés, mientras que el tercer grupo, con una participación continua, mostró un descenso relevante en

estas condiciones. Esto sugiere que el compromiso, la constancia y la aceptación del proceso por parte de los estudiantes son factores intangibles que también influyen positivamente en la mejoría.

Los resultados destacan que la combinación de mindfulness y terapias alternativas no solo reduce significativamente la ansiedad y el estrés en estudiantes, sino que también resalta la importancia de la participación constante para lograr un bienestar emocional más notable. Aunque el cuarto grupo no participó en las terapias, se evidenció una mejora parcial del 20% en los niveles de ansiedad y del 40% en el estrés. Esto podría explicarse por factores externos al estudio, como las prácticas preprofesionales realizadas por los estudiantes de este grupo, las cuales, aunque limitaron su asistencia a las terapias, les permitieron desarrollar habilidades de afrontamiento y adaptación en un contexto laboral real. Estas experiencias prácticas parecen haber influido en la reducción de los niveles de ansiedad y estrés a pesar de la falta de intervención directa.

Aunque los resultados de esta investigación son positivos al mejorar la percepción de ansiedad y estrés en la población de estudio, no deben ser generalizados a otras poblaciones debido a las características específicas de los participantes. Es crucial considerar que factores contextuales y demográficos podrían afectar la aplicabilidad de los hallazgos. Por ello, se requiere cautela en el análisis e interpretación de los resultados, especialmente al considerar la relación entre ansiedad, estrés y sus efectos en las esferas sociales de los estudiantes de educación superior, quienes suelen enfrentar una mayor incidencia de trastornos del estado de ánimo debido a factores psicosociales estresantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Association. ACH. National College Health Assessment. 2019.
2. OMS. Definición salud. [Online].; 2024. Available from: https://www.who.int/es/about/frequently-asked-questions#:~:text=%C2%BFC%C3%B3mo%20define%20la%20OMS%20la,ausencia%20de%20afecciones%20o%20enfermedades%C2%BB.
3. Bellido F &. Investigación Psicológica. Universidad Nacional de San Agustín; 2015.
4. Avero Delgado PBGCM. Ansiedad, estrategias auxiliares y comprensión lectora: déficit de procesamiento versus falta de confianza. [Online].; 1995 [cited 2024 Marzo 08. Available from: https://portalciencia.ull.es/documentos/5ea21be82999521f7d521316.
5. Trunce Morales Silvana Trinidad VQGdPAVJAMMSIWCKM. Niveles de depresión, ansiedad, estrés y su relación con el rendimiento académico en estudiantes universitarios. [Online].; 2020 [cited 2024 Marzo 08. Available from: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-50572020000400008
6. Castillo Pimienta C. Ansiedad y fuentes de estrés académico en estudiantes. 2016.
7. Marcia Avello EP,PF,PV,MR,PL,C,CM,BG,PI. Efectos de la Aromaterapia en el Servicio Medicina del Hospital las Higueras. [Online].; 2016 [cited 2024 Septiembre. Available from: https://www.redalyc.org/pdf/856/85650406.pdf

8. ALEMÁN PV. Procesamiento emocional ante estímulos música-color y su respuesta electrofisiológica en personas con depresión. [Online].; 2024 [cited 2024 Septiembre. Available from: http://riaa.uaem.mx/handle/20.500.12055/4449
9. Renata Dantas Jales1 FVdS,ILP,ALCG,JdAN,SAdA. La auriculoterapia en el control de la ansiedad y el estrés. [Online].; 2021 [cited 2024 Septiembre. Available from: https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S1695-61412021000200011&script=sci_arttext
10. Tania de la Caridad García Castellanos MCMTCCSJCCNIGCALC. Masoterapia como tratamiento para el estrés académico en la Clínica de Salud Intercultural. [Online].; 2024 [cited 2024 Septiembre. Available from: http://www.revistas.unjbg.edu.pe/index.php/iirce/article/view/1979
11. RF. HS. Metodología de la investigación.. McGraw-Hill Interamericana. 2018
12. A. ÁR. Clasificación de las investigaciones.. 2020
13. E. A. Epistemología de la Investigación Cuantitativa y Cualitativa: Paradigmas y Objetivos. Revista de claseshistoria. 2013;(1-27.)
14. Sotelo L S&. Propiedades psicométricas del inventario de depresión estado-rasgo (IDER) en adultos de Lima.. 2012
15. Ahumada B HCMF. Estrés estudiantil un estudio desde la mirada cualitativa. Investigación Cualitativa. 2020
16. Leydi CRY SH. Evidencias psicométricas de la escala de estrés percibido – PSS,: Universidad César Vallejo; 2023
17. Zhang L,WJ,&LY. Auriculoterapia para la reducción del estrés en estudiantes: Un ensayo controlado aleatorio.. Terapias Alternativas en Salud y Medicina.. 2019
18. Smith J,&CL. Integración de mindfulness y auriculoterapia para la reducción del estrés: Un estudio piloto. Alternative Therapies in Health and Medicine,. 2020; 26 (2), (55-64.)
19. O'Connor K,HM,&TD. Mindfulness y cromoterapia: Efectos en la ansiedad y el bienestar en estudiantes universitarios.. Journal of Psychological Research,. 2021; 34(4), (321-331.)
20. Minnesota. Ud. Efectividad de la musicoterapia para reducir los niveles de cortisol y mejorar la relajación. Journal of Music Therapy. 2020
21. Martínez S,GP,&GR. Los efectos de la combinación de mindfulness y aromaterapia en la ansiedad y la calidad del sueño: Un estudio con estudiantes universitarios.. Complementary Therapies in Clinical Practice. 2022; 48
22. Lui XWHLJ. combinacion de mindfulness y musicoterapia para la reduccion de la ansiedad en estudiantes universitarios. Un ensayo controlado aleatorizado. journal of integrative medicine. 2023; 21(3)
23. Davis MGAPN. efectos del maindfulness y la terapia de masaje en la ansiedad y el bienestar emocional entre estrudiantes universitarios. Journal of bodywork and movement therapies. 2023; 30(1).
24. Bellido F,&BV. Investigación Psicológica. Universidad Nacional de San Agustín. 2015
25. Carlos Castillo Pimienta TCdlCyGDV. Ansiedad y fuentes de estrés académico en estudiantes. [Online].; 2016 [cited 2024 Marzo 07. Available from: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=349747925004
26. M SG. Hacia un enfoque terapéutico integrado: musicoterapia y mindfulness contra el estrés y la ansiedad. [Online].; 2023 [cited 2024. Available from: https://revistas.uam.es/rim/article/view/18522

27. CD. S. IDARE: inventario de ansiedad: rasgo-estado.. Mexico: El Manual Moderno. 1975
28. RAV. E. PSICOLOGÍA CLÍNICA Y PSICOTERAPIA. [Online].; 2020 [cited 2024 febrero 29. Available from: https://psicologiacientifica.com/ansiedad-estudio/.
29. Bustamante NCL. Factors that affect the academic performance of high school students in the Sucúa-Ecuador canton. ciencia digital. 2022

InvestiGO
Revista Científica Multidisciplinaria
ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Diciembre 2024
Vol. 5, No.13, PP.207-217
https://doi.org/10.56519/a2xbxd90

INNOVANDO UNA ALIMENTACIÓN SALUDABLE Y ACTIVIDAD FÍSICA EN NIÑOS PREESCOLARES

INNOVATING HEALTHY EATING AND PHYSICAL ACTIVITY IN PRESCHOOL CHILDREN

Carolina Encalada[1], Luis Freire Sánchez[2], Natali Olivo[3], Fernanda Delgado[4], Abigail Villareal[5], Mikaela Vásquez[6]

{c.encalada@sangabrielriobamba.edu.ec[1], luis_freire@sangabrielriobamba.edu.ec[2], c.olivo@sangabrielriobamba.edu.ec[3], fernanda_delgado@sangabrielriobamba.edu.ec[4], abigail_villareal@sangabrielriobamba.edu.ec[5], mikael_vásquez@sangabrielriobamba.edu.ec[6]}

Fecha de recepción:5/11/2024 / Fecha de aceptación:31/11/2024 / Fecha de publicación: 02/12/2024

RESUMEN: Los hábitos de alimentación saludable y rutinas de actividad física son esenciales para el adecuado desarrollo de los niños en edad preescolar, permitiendo un crecimiento físico, cognitivo y emocional. Por tanto, la presente innovación se centró en promover en los infantes la selección de alimentos saludables con una mayor frecuencia de actividad física. La presente investigacion es cuasiexperimental y longitudinal, que tiene un enfoque descriptivo y transversal, para realizar un análisis de las percepciones y comportamientos de los infantes, se utilizó como población objetivo la totalidad de padres, docentes y prescolares de tres y cuatro años de edad de una institución de Cuidado y Desarrollo integral infantil en la Ciudad de Riobamba, el análisis realizó mediante fichas de observación, validación externa de datos y pictogramas diseñados con inteligencia artificial como Chatgpt. Además, se evaluaron hábitos alimenticios, actividad física y recursos educativos, logrando un enfoque integral para promover hábitos saludables en los niños. El análisis de datos reveló una mejora en la predisposición del 73% de los niños al momento de reconocer alimentos saludables, y un cambio de actitud al momento de seleccionar distintos tipos de alimentos saludable y no

[1]Carrera de Tecnología en Desarrollo Integral Infantil, Instituto Superior Tecnológico San Gabriel – Ecuador, https://orcid.org/0009-0002-2115-9945.
[2]Carrera de Tecnología en Desarrollo de Software, Instituto Superior Tecnológico San Gabriel – Ecuador, https://orcid.org/0000-0003-3849-7326.
[3]Carrera de Tecnología en Desarrollo Integral Infantil, Instituto Superior Tecnológico San Gabriel – Ecuador, https://orcid.org/0009-0008-9949-1810.
[4]Carrera de Tecnología en Desarrollo Integral Infantil, Instituto Superior Tecnológico San Gabriel – Ecuador, https://orcid.org/0009-0004-5426-4607.
[5]Carrera de Tecnología en Desarrollo Integral Infantil, Instituto Superior Tecnológico San Gabriel – Ecuador, https://orcid.org/0009-0008-6174-4077.
[6]Carrera de Tecnología en Desarrollo Integral Infantil, Instituto Superior Tecnológico San Gabriel – Ecuador, https://orcid.org/0009-0006-3990-3321.

saludables en el 80% de los niños. Como consecuencia los niños que consumieron menos cantidad de alimentos poco saludables tuvieron niveles de energía más estables.

Palabras clave: Nutrición Infantil, actividad física, hábitos saludables, desarrollo infantil, inteligencia artificial

ABSTRACT: Healthy eating habits and physical activity routines are essential for the proper development of preschool-aged children, allowing physical, cognitive and emotional growth. Therefore, the present innovation focused on promoting in infants the selection of healthy foods with a higher frequency of physical activity. The present research is quasi-experimental and longitudinal, which has a descriptive and transversal approach, to carry out an analysis of the perceptions and behaviors of infants, the target population was used to include all parents, teachers and preschoolers of three and four years of age from a comprehensive child care and development institution in the city of Riobamba, the analysis was carried out using observation sheets, external data validation and pictograms designed with artificial intelligence such as Chatgpt. In addition, eating habits, physical activity and educational resources were evaluated, achieving a comprehensive approach to promote healthy habits in children. Data analysis revealed an improvement in the willingness of 73% of children to recognize healthy foods, and a change in attitude when selecting different types of healthy and unhealthy foods in 80% of children. As a result, children who consumed less unhealthy foods had more stable energy levels.

Keywords: Child nutrition, physical activity, healthy habits, child development, artificial intelligence

INTRODUCCIÓN

El consumo de alimentos saludables y un cambio actitudinal frente al sedentarismo en los infantes son fundamentales para lograr un adecuado crecimiento (1), (2). En esta primera parte de su vida, influir en buenos hábitos de vida juega un rol determinante en el establecimiento de costumbres en el ser humano.

Este proyecto de innovación fue desarrollado con el objetivo de aplicar metodologías basadas en pictogramas para estimular una vida saludable en los niños de un Centro de Desarrollo Integral Infantil. La intervención busca no solo mejorar los hábitos alimenticios, sino también promover la actividad física mediante un enfoque integral que involucra a padres, educadores y la comunidad local. A través de esta estrategia, se espera no solo reducir los índices de sobrepeso y obesidad infantil, sino también establecer bases sólidas para un desarrollo físico y emocional saludable a largo plazo.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) subraya la importancia de proporcionar una nutrición adecuada y de fomentar el ejercicio física de forma regular durante la infancia del niño como

estrategias clave para prevenir una serie de enfermedades relacionadas con el sedentarismo (3). Por tanto, una dieta equilibrada con la realización de actividad física desde la infancia mejora el crecimiento físico y contribuyen a un mejor desarrollo cognitivo y emocional de las personas adultas (4).

Además, la infancia es un periodo crítico en el que se establecen los cimientos para hábitos de vida saludables que, en muchos casos, perdurarán en la adultez (5). Durante estos primeros años, el aprendizaje de conductas nutricionales y ejercicio física adecuados puede influir en la salud general del individuo (6). Por tanto, establecer estos hábitos saludables desde una temprana edad puede ser fundamental evitar problemas como obesidad y enfermedades metabólicas (7).

Una alimentación balanceada y rica en nutrientes esenciales es fundamental para el desarrollo óptimo de los niños. La adecuada ingesta de micronutrientes como hierro, calcio y vitaminas es crucial para el crecimiento físico y el desarrollo cognitivo. La falta de estos nutrientes puede llevar a problemas como anemia, retraso en el crecimiento y dificultades de aprendizaje, afectando tanto la salud inmediata como el potencial futuro de los niños (8), (9).

Por otro lado, el ejercicio regular también juega un papel esencial en el bienestar infantil. La actividad física frecuente contribuye a una mejor salud cardiovascular, fortalece los huesos y músculos, y apoya el desarrollo motor y cognitivo (10). Además, se ha demostrado que la actividad física tiene beneficios psicológicos notables al momento de reducir el estrés y con ello mejorar de la autoestima y el bienestar emocional de las personas (11).

En América Latina, los desafíos respecto a una buena nutrición y el desarrollo de actividad física en la primera infancia son notables. Estudios realizados por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) ha identificado una alta prevalencia de malnutrición y niveles insuficientes de ejercicio físico en varios países de la región. Factores como la urbanización, una creciente preferencia por productos ultra procesados y la falta de lugares adecuados para la realización de ejercicio al aire libre están contribuyendo al incremento de sobrepeso y obesidad infantil (12), (13).

En Ecuador, específicamente en el Centro de Desarrollo Infantil de la ciudad de Riobamba, se identifican problemáticas relacionadas con el elevado consumo de alimentos procesados, como frituras y productos de confitería, así como una marcada resistencia a la práctica de actividad física. Estudios recientes han determinado que una proporción significativa de los niños de esta región presenta desequilibrios alimenticios y bajos niveles de actividad física, los cuales se correlacionan con un incremento en los índices de sobrepeso infantil (14).

Factores como las limitaciones socioeconómicas, las características del entorno urbano y las transformaciones en los patrones de consumo alimenticio son los principales causantes de esta tendencia (15). Ante este panorama, resulta imperativo diseñar e implementar estrategias sistemáticas que integren la educación nutricional y la promoción de estilos de vida saludables en

las primeras etapas del desarrollo infantil, con el objetivo de mitigar estos riesgos y fomentar hábitos sostenibles a largo plazo.

La estimulación de conductas alimenticias saludables y el incentivo por minimizar el sedentarismo desde la infancia son estrategias clave para abordar estos problemas de manera efectiva. Intervenciones como programas educativos, políticas públicas orientadas a la salud infantil y estrategias comunitarias de apoyo pueden generar cambios actitudinales permanentes en los niños (16). En este sentido, la implementación de programas basados en evidencia que involucren tanto a las familias como a las instituciones educativas es de gran importancia para desarrollar en los niños hábitos permanentes hasta su adultez.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se enmarca en un diseño cuasiexperimental y longitudinal de carácter descriptivo, exploratorio y transversal, cuyo objetivo es analizar los cambios desarrollados al incluir educación básica sobre alimentación saludable y actividad física en un grupo de niños en edad preescolar. La población estuvo compuesta por la totalidad de los padres, docentes y niños que asisten a un Centro de Educación Inicial en la ciudad de Riobamba. Este enfoque cualitativo permite obtener una visión integral de las prácticas alimentarias y de actividad física en un contexto educativo determinado, al tiempo que explora las percepciones y comportamientos de los participantes.

El levantamiento de datos se lo realizo a través de fichas estructuradas, diseñadas de manera específica tanto para los docentes como para los niños. Estas fichas fueron elaboradas para recopilar información detallada en varias áreas clave. En primer lugar, se incluyeron ítems destinados a evaluar la percepción de los docentes y los niños sobre las sesiones de actividad física que se desarrollan en la institución educativa con el propósito de determinar el grado de conformidad y las posibles áreas de mejora en la implementación de estas actividades.

En segundo lugar, se utilizaron fichas de observación para registrar el comportamiento alimenticio de los niños, analizando la frecuencia de consumo de diferentes alimentos clasificados por tipos (frutas, verduras, alimentos procesados, dulces y la ingesta de líquidos). Estos datos son esenciales para entender el cambio comportamental de los niños y su relación con el acceso a cada tipo de alimento en el entorno escolar y familiar. Los datos obtenidos fueron registrados por investigadores, docentes y padres de familia. En el caso de los dos últimos se realizó una validación de información en conjunto con la ayuda de investigadores externos a fin de descartar datos anómalos.

En tercer lugar, se evaluó el nivel de participación de los niños en actividades deportivas dentro y fuera del ambiente educativo, con el propósito de registrar la intensidad, frecuencia y tipo de actividades realizadas (ejercicio estructurado o juego libre). Las fichas también consideraron aspectos como el tiempo dedicado a la actividad física, el acceso a recursos para la práctica de ejercicio, y las dificultades encontradas para la realización de actividades físicas de forma regular.

Por otro lado, se realizó una investigación en los docentes acerca de las actividades educativas implementadas en el centro para fomentar estilos de vida saludables durante el resto del año, así como sobre la disponibilidad de materiales, pictogramas y recursos educativos (materiales didácticos, áreas recreativas, herramientas pedagógicas) que apoyen el desarrollo de estas prácticas. Se tomó en cuenta el acceso y la calidad de estos recursos, con el propósito de asegurar la efectividad del método de enseñanza-aprendizaje empleado.

El diseño transversal de este estudio proporciona una instantánea de la situación en un momento específico, lo que facilita el análisis descriptivo de las prácticas y percepciones actuales. Sin embargo, esta metodología limita la posibilidad de establecer relaciones causales entre las variables.

La creación de los materiales educativos se realizó mediante un proceso colaborativo y digital. Se diseñan libros con pictogramas infantiles con el objetivo de facilitar el aprendizaje visual y la comprensión de conceptos básicos en los infantes. Para su elaboración, se emplearon herramientas digitales, incluidas plataformas basadas en inteligencia artificial (IA) para la generación de imágenes.

Estas plataformas permitieron obtener ilustraciones atractivas y apropiadas para la edad de los niños, asegurando la coherencia con los objetivos de aprendizaje establecidos. Posteriormente, los libros fueron maquetados con programas de diseño gráfico, integrando pictogramas y texto de manera accesible y visualmente atractiva. Todos los materiales fueron validados por educadores especializados para garantizar su adecuación al desarrollo cognitivo de los niños.

RESULTADOS

Los resultados se centran en evaluar el compromiso de los padres y maestros, así como la percepción y los cambios comportamentales de los niños de 3 a 4 años sobre una alimentación más saludable y el aumento de actividad física. Por medio de la observación y el análisis de datos, se busca medir el impacto de la metodología implementada en la comunidad intervenida. Además, se identifican fortalezas y se determinan oportunidades para fomentar hábitos saludables en los niños, fortaleciendo el enfoque preventivo y formativo en esta etapa crucial del desarrollo.

Posterior a la intervención, se pudo observar un mayor compromiso por parte de padres y docentes sobre la calidad alimenticia de los niños y su desarrollo motriz dentro y fuera del salón de clase. Se observan cambios actitudinales respecto a la concientización de ambos factores como cruciales en el crecimiento físico, cognitivo y emocional de los niños. Sin embargo, a nivel general aún existe entre los padres de familia y docentes una percepción de importancia de los hábitos alimenticios con un 67% sobre la actividad física con un 33% en el bienestar de los niños como se observa en la Figura 1.

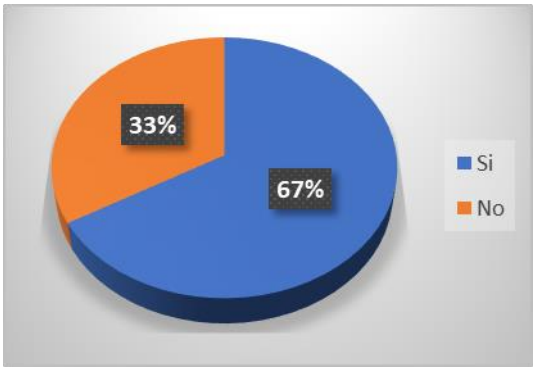


Figura 1. Percepción de importancia de la alimentación sobre el ejercicio en la salud.

Al observar el comportamiento de los niños de 3 a 4 años, se identificó una mejora significativa en su capacidad para reconocer y nombrar diferentes alimentos saludables y no saludables. En concreto, el 73% de los niños demostró avances notables al identificar correctamente alimentos dentro de estas dos categorías, ver en la Figura 2. Esta mejora puede atribuirse a la metodología empleada, que involucró el uso de materiales interactivos, pictogramas y actividades lúdicas que facilitaron el aprendizaje de conceptos de nutrición.

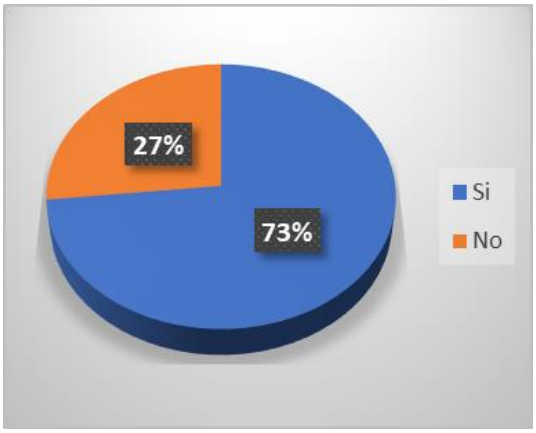


Figura 2. Capacidad para reconocer alimentos saludables y no saludables.

Se observó que un 80% de los niños mostró un leve cambio en su actitud al momento de seleccionar de manera autónoma entre distintos tipos de alimentos, tanto saludables como no saludables. Este cambio, aunque sutil, refleja una mayor conciencia y consideración por parte de los niños al momento de tomar decisiones alimentarias. El ligero cambio actitudinal sugiere que los niños comenzaron a internalizar la información proporcionada durante la intervención, lo que influyó en sus preferencias y elecciones, ver en la Figura 3.

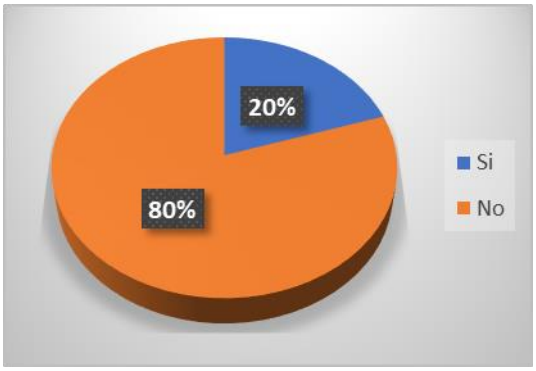


Figura 3. Cambio actitudinal en niños de 3 a 4 años.

También en la Figura 4, se pudo observar que una mala nutrición, particularmente rica en alimentos procesados o azucarados, afectaron negativamente los niveles de energía del 57% de los niños, notando pequeñas diferencias a lo largo del día respecto a su fatiga o cansancio. Los niños que consumieron menos cantidad de alimentos poco saludables tuvieron niveles de energía más estables.

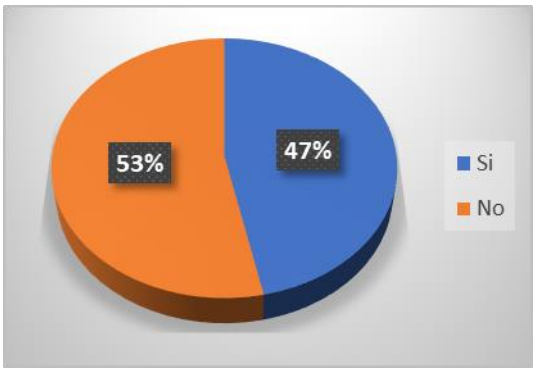


Figura 4. Efectos de una mala nutrición.

Con la intervención se pudo observar una mayor predisposición para realizar ejercicio físico por parte de los niños intervenidos. Sin embargo, aún existe un alto porcentaje de ellos que no logró cumplir con las recomendaciones mínimas de ejercicio físico. Aproximadamente, solo el 20% de los niños en general lograron el nivel recomendado de actividad física moderada a vigorosa, mientras que el 80% no alcanza esta meta, como se observa en la Figura 5.

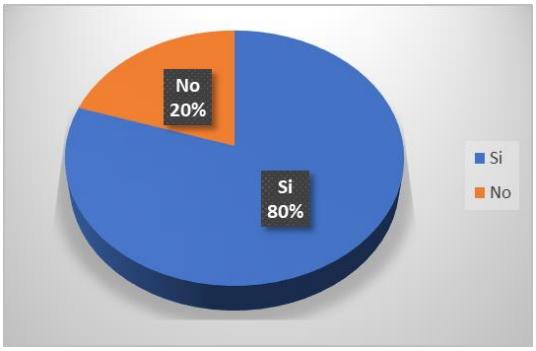


Figura 5. Predisposición para realizar ejercicio físico.

DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados, el 67% de padres de familia y docentes priorizó a la alimentación sobre la actividad física como medio para una buena salud en los niños. Estudios realizados por Flynn et al. también subrayan la tendencia de los cuidadores a focalizarse en aspectos de salud más visibles o inmediatos, como la nutrición (17). Sin embargo, es necesario señalar que tanto la alimentación como la actividad física son de igual importancia para el crecimiento y desarrollo infantil (18). Por ejemplo, la Eunice Kennedy Shriver National Institute of Child Health and Human Development en 2022 demostró que la actividad física, a más de ayudar al desarrollo motor, también tiene un impacto directo en el desarrollo emocional y cognitivo de los prescolares, mejorando aspectos como la atención y el control emocional (19).

Los materiales interactivos y el uso de pictogramas jugaron un papel esencial en estos resultados, logrando que un 73% de los niños lograran diferenciar entre los alimentos saludables y no saludables. Este resultado está en concordancia con la investigación realizada por Lo y Wang quienes subrayan que el aprendizaje visual, especialmente mediante pictogramas, facilita el entendimiento de conceptos complejos en niños pequeños, mejorando su capacidad de retención y reconocimiento de información (20).

Al ser un método lúdico y visual, los pictogramas permiten que los niños puedan asimilar la información de forma rápida y efectiva, lo que puede explicar los resultados observados en el estudio. Además, se ha demostrado que el uso de herramientas digitales y tecnología, como el software de IA para el diseño de imágenes educativas, puede mejorar en los niños su habilidad para aprender y recordar debido a los entornos de aprendizaje más atractivo y personalizado que se pueden crear con estas herramientas (21).

El leve cambio en las actitudes observado en el 80% de los niños, es un buen indicio de que la intervención fue efectiva, aunque sutil. Según Flynn et al., los programas educativos que se centran en la participación activa y el aprendizaje basado en juegos visuales pueden contribuir favorablemente en la toma de decisiones de los niños, especialmente en lo que respecta a hábitos

de salud. Aunque este cambio actitudinal no fue drástico, demuestra que los niños comenzaron a tomar en cuenta la información sobre los alimentos presentada durante la intervención, lo que es un primer paso hacia la adopción de hábitos más saludables.

Es importante resaltar que este cambio podría consolidarse con intervenciones repetidas y refuerzos adicionales. Investigaciones previas han demostrado que influir un cambio comportamental en la alimentación de niños pequeños requieren tiempo y refuerzo constante por parte de los cuidadores y educadores (23). Además, la inclusión de los padres y docentes en el proceso educativo podría contribuir a que estos cambios se mantengan y se fortalezcan a largo plazo.

La estabilidad en los niveles de energía observada en el 47% de los niños que consumieron alimentos no saludables coincide con estudios realizados por Singhal, quien sugiere que las dietas equilibradas y ricas en verduras, frutas y granos, contribuyen a un mejor rendimiento físico y mayor vitalidad a lo largo del día (23).

Y, aunque los cambios observados en la energía y el comportamiento de los niños no fueron drásticos, las mejoras graduales sugieren que un enfoque educativo basado en estilos de vida saludable puede influir positivamente en los niños al momento de elegir sus alimentos (24). La intervención temprana y la educación continua sobre la alimentación saludable son esenciales para fomentar hábitos alimenticios que puedan sostenerse a lo largo del tiempo (25), disminuyendo la incidencia de problemas relacionados con la mala nutrición en los próximos años.

CONCLUSIONES

La implementación de pictogramas educativos y actividades lúdicas logró mejorar significativamente la capacidad de los niños preescolares para identificar alimentos saludables y no saludables (73%) y fomentar cambios actitudinales positivos en su selección alimentaria (80%). Estos resultados evidencian la eficacia de estrategias visuales y participativas para promover hábitos alimenticios saludables desde una edad temprana.

La intervención destacó el papel fundamental de los padres y docentes en el éxito del programa, ya que su compromiso y sensibilización hacia la nutrición y la actividad física son determinantes en la adopción de hábitos saludables por parte de los niños. Sin embargo, se identificó una percepción desequilibrada, donde la alimentación fue priorizada (67%) sobre la actividad física (33%), lo que subraya la necesidad de reforzar el enfoque integral hacia el bienestar infantil.

Aunque la intervención resultó en mejoras evidentes, se identifican barreras como la falta de espacios adecuados para la actividad física y el acceso limitado a alimentos saludables. Estas limitaciones resaltan la importancia de establecer políticas públicas que garanticen condiciones favorables para la práctica de ejercicio y la disponibilidad de opciones alimenticias nutritivas, asegurando la sostenibilidad de los cambios logrados

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. UNICEF. La nutrición en la primera infancia [Internet]. UNICEF; 2023 [citado el 01 de noviembre del 2024]. Disponible en: https://www.unicef.org/es/nutricion-primera-infancia
2. Oberto M, Schiaroli J, Lencina R, Sosa M, Sánchez R. Alimentos consumidos por preescolares como colación y su relación con el estado nutricional. Revista De Salud Pública. 2017; 21(1). https://revistas.unc.edu.ar/index.php/RSD/article/view/15692/16624
3. DiPietro L, Al-Ansari SS, Biddle SJ. Promoting physical activity worldwide: recommendations for future research based on WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour 2020. Int J Behav Nutr Phys Act. 2020;17(143). https://doi.org/10.1186/s12966-020-01042-2
4. Chiang Salgado M, Torres Rodríguez M, Maldonado Díaz M, González Rubilar U. Propuesta de un programa de promoción sobre un estilo de vida saludable en preescolares mediante una intervención multidisciplinaria. Rev Cubana Invest Biomed. 2003; 22(4). https://n9.cl/9393db
5. Ovalle Chaparro E. Lazos de amor hábitos de vida saludables en la primera infancia. [Tesis de postgrado]. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas; 2023. https://n9.cl/wsz478
6. Nava M, Pérez A, Herrera H, Hernández R. Hábitos alimentarios, actividad física y su relación con el estado nutricional-antropométrico de preescolares. Revista chilena de nutrición. 2011; 38(3). https://www.scielo.cl/pdf/rchnut/v38n3/art06.pdf
7. Koplan J, Liverman CT, Kraak VI. Preventing childhood obesity: health in the balance. National Academies Press; 2005.
8. Onís M, Branca F. Childhood stunting: a global perspective. Matern Child Nutr. 2016;12(S1):12-6. https://doi.org/10.1111/mcn.12231.
9. Prado EL, Dewey KG. Nutrition and brain development in early life. Nutr Rev. 2014;72(4). https://doi.org/10.1111/nure.12102.
10. Timmons BW, LeBlanc AG, Carson V, Gorber SC. Systematic review of physical activity and health in early years (0-4 years). Appl Physiol Nutr Metab. 2012;103(3):22-7. https://doi.org/10.1139/h2012-070.
11. Biddle SJ, Asare M. Physical activity and mental health in children and adolescents: a review of reviews. Br J Sports Med. 2011;45(11):886-95. https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090185.
12. Organización Panamericana de la Salud (OPS). Nutritional situation and physical activity levels in preschool children [Internet]. 2019 Oct 3 [cited 2024 Aug 31]. Available from: https://n9.cl/tkle8
13. Rivera JA, Cossío TG, Pedraza LS, Aburto TC, Sánchez TG, Martorell R. Childhood and adolescent overweight and obesity in Latin America: a systematic review. Lancet Diabetes Endocrinol. 2014;2(4):321-32. https://doi.org/10.1016/S2213-8587(13)70173-6.
14. Romo ML, Abril-Ulloa V. Improving Nutrition Habits and Reducing Sedentary Time Among Preschool-Aged Children in Cuenca, Ecuador: A Trial of a School-Based Intervention. Prev Chronic Dis. 2018;15

15. Tapia E, Gozalbo M, Tapia G, Carpio V, Trelis M, Guillén M. Evaluation of the nutritional status of Ecuadorian schoolchildren through nutrimetry: proposal for an educational protocol to address the determinants of malnutrition. Nutrients. 2022;14(18). https://doi.org/10.3390/nu14183686.
16. Brown T, Moore TH, Hooper L, Gao Y, Aguas E. Intervenciones para prevenir la obesidad infantil. Cochrane Database Syst Rev. 2019;7. doi:10.1002/14651858.CD001871.
17. Flynn RJ, Pringle A, Roscoe CMP. Direct parent engagement to improve fundamental movement skills in children: A systematic review. *Children*. 2023;10(7):1247. doi:10.3390/children10071247
18. Asociación Española de Pediatría. *Manual de nutrición*. Lúa Ediciones; 2021. Disponible en: https://n9.cl/uxg55
19. Staiano AE, Newton RL, King JM. Parental engagement and implementation fidelity in a mHealth motor skills intervention for young children. *Physical Education and Sport Pedagogy*. 2022;27(3):1-15. doi:10.1080/17408989.2023.2235394
20. Lo HC, Wang TH. A study on the design of embedded visual image teaching aids to assist young children's cognitive and fine motor development. *Journal of Intelligence*. 2024;12(10):102. doi:10.3390/jintelligence12100102
21. Vedechkina M, Borgonovi F. A review of evidence on the role of digital technology in shaping attention and cognitive control in children. *Frontiers in Psychology*. 2021;12:611155. doi:10.3389/fpsyg.2021.611155
22. Flynn RJ, Pringle A, Roscoe CMP. Direct parent engagement to improve fundamental movement skills in children: A systematic review. *Children*. 2023;10(7):1247. doi:10.3390/children10071247
23. Singhal P. Teaching your children how to eat healthy food. MeetCoogle; 2017. Disponible en: https://n9.cl/djx38
24. Brown T, Summerbell C, Kelly S. Preventing obesity through dietary and physical activity interventions in preschool children: A systematic review of the evidence. *Obesity Reviews*. 2020;18(3):305-317. doi:10.1111/obr.12462
25. Matwiejczyk L, Mehta K, Scott J, Tonkin E, Coveney J. Characteristics of effective interventions promoting healthy eating for pre-schoolers in childcare settings: an umbrella review. Nutrients. 2018;10(3):293. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29494537/

InvestiGO
Revista Científica Multidisciplinaria

ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Diciembre 2024
Vol. 5, No.13, PP.218-240
https://doi.org/10.56519/ajs1xy88

MODELAMIENTO ESTADÍSTICO DEL EFECTO DEL BIO CARBONO EN LA MORFOLOGÍA Y PRODUCCIÓN DE *SOLANUM LICOPERSICUM*, L, HÍBRIDO PIETRO, BAJO CUBIERTA

STATISTICAL MODELING OF THE EFFECT OF BIOCARBON ON THE MORPHOLOGY AND PRODUCTION OF *SOLANUM LICOPERSICUM*, L, PIETRO HYBRID, UNDER COVER

Willian Francisco Carvajal Granizo[1], Daniel Antonio Chuquin Vasco[2]

{willian.carvajal@unach.edu.ec[1], daniel.chuquin@unach.edu.ec[2]}

Fecha de recepción: 22/11/2024 / Fecha de aceptación: 30/11/2024 / Fecha de publicación: 2/12/2024

RESUMEN: Este artículo muestra los resultados de la influencia del biocarbono en el desarrollo morfológico y la producción de tomates bajo condiciones controladas. Se utilizó un enfoque experimental con modelamiento estadístico para evaluar las diferencias en parámetros morfológicos y productivos de las plantas tratadas con distintas concentraciones de biocarbono. El estudio examinó la capacidad del biocarbono para mejorar la retención de agua, incrementar la disponibilidad de nutrientes y mejorar la estructura del suelo, lo que afectó directamente el crecimiento y rendimiento de las plantas. Se aplicaron varias dosis de biocarbono y se evaluaron los efectos en parámetros clave como altura de planta, número de hojas, diámetro del tallo y rendimiento de frutos. El análisis estadístico mostró diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a la morfología y producción del cultivo. Las dosis intermedias de biocarbono generaron un aumento significativo en la altura de las plantas y el número de frutos, mientras que dosis más altas mostraron un efecto decreciente en algunos parámetros. El modelo estadístico permitió identificar la dosis óptima de biocarbono para maximizar la producción sin comprometer la calidad del fruto ni la salud del cultivo. Además, se discutió el papel del biocarbono como enmienda en sistemas agrícolas sostenibles, destacando su potencial para mitigar los efectos del cambio climático debido a su capacidad de secuestrar carbono en el suelo. El artículo concluyó que el uso de biocarbono, en dosis adecuadas, puede mejorar significativamente la producción de tomate bajo condiciones de cultivo protegido, aunque se recomendó realizar más estudios a largo plazo para evaluar su impacto en la salud del suelo y la productividad en ciclos agrícolas sucesivos. El biocarbono se presentó como una alternativa prometedora para optimizar la producción agrícola, con aplicaciones potenciales en diversos sistemas de cultivo sostenibles.

[1]Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Riobamba – Ecuador, https://orcid.org/0009-0008-0874-5011.
[2]Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Riobamba – Ecuador, https://orcid.org/0000-0001-9637-3140.

Palabras clave: Bio carbono, morfología, producción, Solanum lycopersicum, modelamiento estadístico

ABSTRACT: This paper shows the results of the influence of biochar on morphological development and yield of tomato plants under controlled conditions. An experimental approach with statistical modeling was used to evaluate differences in morphological and productive parameters of plants treated with different concentrations of biochar.The study examined the ability of biochar to improve water retention, increase nutrient availability and improve soil structure, which directly affected plant growth and yield. Various doses of biochar were applied and the effects on key parameters such as plant height, number of leaves, stem diameter and fruit yield were evaluated. Statistical analysis showed significant differences between treatments in crop morphology and yield. Intermediate doses of biochar generated a significant increase in plant height and fruit number, while higher doses showed a decreasing effect on some parameters. The statistical model allowed the identification of the optimum biochar dose to maximize production without compromising fruit quality and crop health. In addition, the role of biochar as an amendment in sustainable agricultural systems was discussed, highlighting its potential to mitigate the effects of climate change due to its ability to sequester carbon in the soil. The article concluded that the use of biochar, in adequate doses, can significantly improve tomato production under protected cultivation conditions, although further long-term studies were recommended to evaluate its impact on soil health and productivity in successive agricultural cycles. Bbiocarbon was presented as a promising alternative to optimize agricultural production, with potential applications in diverse sustainable cropping systems.

Keywords: Biocarbon, morphology, production, solanum lycopersicum, statistical modeling

INTRODUCCIÓN

El tomate *(Solanum lycopersicum L.)* es una de las hortalizas más cultivadas y consumidas a nivel mundial debido a su valor nutritivo y versatilidad. La variedad híbrida Pietro, destacada por su alta productividad y resistencia a enfermedades, fue ampliamente utilizada en sistemas agrícolas. Sin embargo, la sostenibilidad de su producción en invernaderos exigía prácticas innovadoras que optimizaran la eficiencia y minimizaran el impacto ambiental (1). El biocarbono, producto derivado de la biomasa vegetal mediante pirólisis, se considera como una enmienda del suelo prometedora, para mejorar la estructura del suelo, retención de agua y nutrientes, y promoviendo un crecimiento vegetal saludable. No obstante, su aplicación en cultivos bajo invernadero y su impacto en la morfología y producción del tomate requerían una evaluación científica (2).

Este estudio modeló estadísticamente los efectos del biocarbono en la morfología y producción del tomate híbrido Pietro en condiciones controladas. Se determinó la dosis óptima de biocarbono, mejorando la calidad del tomate en el periodo postcosecha y generando datos útiles para la gestión sostenible de cultivos hortícolas (3). Los objetivos específicos incluyeron: analizar los efectos del biocarbono en la morfología del tomate postcosecha, determinar la dosis óptima

para mejorar la producción y evaluar diversos parámetros de producción bajo diferentes dosis de biocarbono. La hipótesis de que el biocarbono influía positivamente en la morfología postcosecha fue confirmada, aportando indicadores clave para la planificación de la producción.

El análisis se basó en técnicas de modelamiento estadístico avanzadas, comparando los tratamientos de biocarbono en parámetros como tamaño, peso y calidad del fruto, así como en aspectos fisiológicos y bioquímicos postcosecha.

Esta investigación subrayó la relevancia de las prácticas agrícolas sostenibles y su impacto en la salud del ecosistema. El uso de biocarbono promovió una mayor eficiencia en el uso de recursos, mejorando la calidad y el rendimiento de los cultivos. Los resultados obtenidos aportaron conocimientos relevantes sobre el uso del biocarbono en la agricultura sostenible y ofrecieron estrategias prácticas para mejorar la producción de tomate en invernaderos.

Las implicaciones de estos hallazgos resaltaron la importancia de seguir investigando innovaciones agrícolas que afronten los desafíos del cambio climático y la seguridad alimentaria. En este sentido, el estudio se centró en Determinar mediante modelamiento estadístico la influencia de la aplicación de biocarbono en la morfología de tomate hortícola (S. licopersicum L.) bajo cubierta en el periodo postcosecha.

El problema de investigación abordó la temática de que en general, las raíces en las plantas no tienen únicamente la función de otorgar soporte y anclaje al suelo, sino también la absorción de agua y la captación de nutrientes, así como un buen sistema radicular de la tomate hortícola da como buenos resultados el desarrollo, la cantidad, la calidad de las ramificaciones que se obtienen en la cosecha del cultivo por tal razón se realiza un experimento con la utilización de calcio boro, zinc para determinar y mejorar los parámetros antes mencionados que estaban en problema y así lograr obtener unos resultados excelentes y de calidad del cultivo modelando desde el punto de vista estadístico su morfología y producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Por el alcance

La investigación es explicativa, ya que buscó comprender las relaciones causales entre el biocarbono y las características biométricas del *Solanum lycopersicum* L., híbrido Pietro, bajo cubierta. Mediante análisis de regresión múltiple, se identificó la influencia del biocarbono en el sustrato, así como su interacción sinérgica o antagonista, profundizando en los mecanismos que regulan el crecimiento y desarrollo de la planta. Los resultados tuvieron implicaciones tanto para la gestión agrícola como para el avance en el conocimiento de la horticultura (4).

Por el diseño

El estudio fue experimental, manipulando los niveles de biocarbono en el sustrato para observar su efecto en la morfología y producción de *S. lycopersicum* L. Este diseño permitió establecer

relaciones de causa y efecto, además de identificar posibles interacciones entre el biocarbono y las características de las plantas. El control de otros factores garantizó la validez interna y replicabilidad de los resultados (5).

La población estuvo constituida por plantas de *S. lycopersicum* L. que cumplían con los criterios de inclusión definidos. La muestra fue probabilística y representativa, seleccionada aleatoriamente para reflejar la variabilidad poblacional y obtener conclusiones estadísticamente válidas.

El tamaño de la muestra fue adecuado para asegurar resultados manejables y significativos. Para la recopilación de datos, se realizó mediciones biométricas, como altura, número de hojas y diámetro del tallo, así como evaluaciones de la producción y morfología del fruto en postcosecha. El diseño experimental controlado incluyó niveles variables de biocarbono en el sustrato, utilizando muestreo aleatorio y controles adicionales para asegurar la validez y fiabilidad de los datos.

El análisis estadístico, empleó técnicas como ANOVA para comparar los tratamientos con distintos niveles de biocarbono, seguidas de pruebas de comparaciones múltiples y análisis de regresión para estudiar la relación entre nutrientes y características biométricas. Las pruebas estadísticas determinaron la significancia de las diferencias, presentándose los resultados con intervalos de confianza y valores de p. Se ajustaron modelos lineales múltiples para cada variable dependiente, utilizando el biocarbono como variable independiente. Se evaluó la significancia de los coeficientes, calculando el R^2 para medir el ajuste, y se realizaron diagnósticos de residuos. Cuando fue necesario, se aplicaron transformaciones de variables para mejorar la linealidad y normalidad de los residuos.

Área de cultivo

La investigación sobre el modelamiento estadístico del efecto del biocarbono en la morfología y producción de *S. licopersicum*, híbrido Pietro, se realizó en la parroquia Izamba, Tungurahua, Ecuador. El cultivo se desarrolló en 0.25 hectáreas a 2600 m.s.n.m., en suelos desgastados por la agricultura intensiva de hortalizas. El biocarbono se probó como un material emergente para reconstituir el suelo, mejorando su estructura microorgánica y promoviendo una agricultura más sostenible.

Técnicas de toma de datos

a) Área foliar (Último piso floral)

El área foliar del tomate hortícola, correspondiente al último piso floral, se determinó utilizando el software ImageJ. Se recolectó y fotografió las hojas sobre un fondo contrastante, se calibraron las imágenes con una escala conocida y se convirtió a escala de grises. Tras ajustar el umbral para seleccionar solo la hoja, se midió el área con la función "Analyze Particles", obteniendo mediciones precisas para estudios de fisiología vegetal y análisis de crecimiento (6).

b) Número de entrenudos

El número de entrenudos se midió utilizando un flexómetro. Se seleccionó la planta, se identificó los entrenudos (secciones del tallo entre dos nudos consecutivos) y se colocó el flexómetro en la base del tallo o en el primer nudo. Luego, se extendió el flexómetro hasta el nudo final requerido, manteniéndolo recto y paralelo al tallo. Se contaron los entrenudos visibles entre el primer y último nudo medido, sin medir la longitud de cada entrenudo individualmente, y se registró el número total de entrenudos (7).

c) Longitud entrenudos

Para medir la longitud de los entrenudos, se seleccionó la planta y se identificó los entrenudos (secciones del tallo entre dos nudos consecutivos). Se colocó el extremo del flexómetro en el primer nudo y se extendió a lo largo del entrenudo hasta el siguiente nudo, asegurándose de que la cinta estuviera recta y paralela al tallo para obtener una medición precisa. Se registró la longitud medida de cada entrenudo y se repitió el proceso para varios entrenudos a lo largo del tallo, obteniendo un promedio (8).

d) Altura de planta

Se seleccionó una planta de tomate hortícola para medir su altura. Se prepararon las herramientas, utilizando un flexómetro. Se estableció el punto de inicio al colocar el extremo inferior del flexómetro justo donde el tallo emerge del suelo. Luego, se extendió el flexómetro siguiendo el tallo principal de la planta hasta el punto más alto. Se anotó la altura total desde la base del tallo hasta el punto más elevado de la planta, asegurándose de que el flexómetro estuviera recto y paralelo al tallo para obtener una medición precisa. Finalmente, se registró la altura (9).

e) Días altura máxima

Se registraron los datos iniciales marcando la altura de la planta de tomate al comenzar el seguimiento. Se realizaron mediciones periódicas, registrando la altura de las plantas a intervalos regulares, cada semana. Se identificó la altura máxima observando el momento en que la planta alcanzó su valor máximo y dejó de crecer. Finalmente, se contó el número de días desde el inicio del seguimiento hasta el día en que se alcanzó la altura máxima (10).

f) Diámetro del tallo (45 días)

Se midió el diámetro del tallo del tomate hortícola utilizando un calibrador pie de rey. Se verificó que el calibrador estuviera limpio y ajustado a cero. Se seleccionó la planta y se ubicó el punto de medición en la base del tallo. Se abrieron las mandíbulas del calibrador para colocar el tallo, asegurando que estuvieran perpendiculares. Se registró la medida obtenida en un dispositivo de registro.

g) Volumen de raíces

Para medir el volumen radicular se utilizó el método de Arquímedes, se preparó un cilindro graduado grande, agua y las raíces de la planta. Se llenó el cilindro con agua, anotando el volumen inicial (V1). Luego, se sumergieron las raíces cuidadosamente, asegurando que estuvieran completamente bajo el agua sin tocar los bordes del cilindro. Se midió el desplazamiento del agua observando el nuevo nivel y registrando este volumen (V2). El volumen radicular resultó de restar el volumen inicial (V1) del volumen final (V2). Finalmente, se registró el volumen radicular obtenido (11).

h) Diámetro ecuatorial

Para medir el diámetro ecuatorial del fruto del tomate hortícola, se utilizó un calibrador vernier. Se colocó el tomate en una superficie plana y se abrieron las mordazas del calibrador lo suficiente para que el fruto pudiera caber entre ellas. Luego, se posicionó el calibrador en la parte más ancha del tomate y se cerraron las mordazas suavemente, evitando aplicar presión excesiva. Se leyó la medida en la escala principal y en la escala vernier del calibrador para garantizar precisión, y finalmente, se registró el resultado (12).

i) Diámetro polar

Para medir el diámetro polar del fruto del tomate hortícola, se utilizó un calibrador pie de rey. El tomate se colocó en una superficie plana y estable, abriendo las mordazas del calibrador lo suficiente para que el fruto pudiera caber entre ellas. Se posicionaron las mordazas a lo largo del diámetro polar, que abarca el eje del fruto desde el punto más alto hasta el más bajo. Las mordazas se cerraron suavemente, evitando presión excesiva para no dañar el tomate. Finalmente, se leyó la medida en la escala del calibrador y se registró el resultado (13).

j) Número de racimos

Se examinó cada planta de tomate hortícola cuidadosamente, los racimos formados por grupos de frutos que emergen de un solo punto de la planta, luego se contó los racimos desde la base de la planta hasta la parte superior. Los racimos suelen estar ubicados a lo largo del tallo principal y las ramas laterales. Finalmente, se registraron los datos por planta (14).

k) Número frutos racimo

En este caso, se eligió uno o varios racimos representativos de la planta para asegurar que la muestra sea representativa, se procedió a contar el número total de frutos en cada racimo seleccionado y se registró el número de frutos por racimo, para cada racimo evaluado (15).

l) Número de frutos/planta

En este caso, se seleccionaron varias plantas para obtener una muestra representativa, luego se contaron los racimos presentes en cada planta, verificando el número de frutos en cada racimo. Finalmente se conmutó el total de frutos, multiplicando el número de frutos por racimo por el número total de racimos para obtener el número total de frutos en cada planta. Finalmente, se registró el número total de frutos por planta para cada planta evaluada (16).

m) Días a la maduración

Los datos de esta variable respondieron a la selección de un grupo representativo de flores cuajadas en varias plantas, verificando que los frutos estén en la misma etapa de desarrollo inicial (ovario fecundado). Luego, se registró la fecha en que los frutos muestran signos de maduración, como el cambio de color, y se monitoreó regularmente hasta que alcancen la madurez completa mediante una ficha de maduración, con colores estandarizados para evaluar visualmente los índices de maduración. Para calcular el tiempo de maduración, se resta la fecha de inicio de la fecha de maduración completa, se obtuvo así, el número de días hasta la maduración. Finalmente, se registró los datos (17).

n) Peso del fruto

Para medir el peso del fruto del tomate hortícola a pesar, se elegirán los que estén limpios y secos para lograr mediciones precisas mediante una balanza, se coloca cada fruto individualmente en ella y, se registra el peso de cada uno por separado. Finalmente, se calcula el promedio de los pesos de las muestras (18).

o) Volumen del fruto

Para medir el volumen del fruto del tomate hortícola se utilizó el método de Arquímedes, llenando un recipiente con agua, se verifica que sea lo suficientemente grande para sumergir el fruto sin que el agua se desborde. Se registra el nivel inicial del agua y, se pesa el fruto para garantizar la precisión. Se sumerge cuidadosamente el fruto en el agua, evitando que toque las paredes del recipiente y se midió la diferencia en el nivel del agua; es decir, la diferencia entre el nivel inicial y el nivel final tras sumergir el fruto, representa su volumen en mililitros (19).

RESULTADOS

Hipótesis

Las respuestas de las variables relacionadas con los objetivos con respecto a la aceptación o rechazo de las hipótesis están reflejadas en la Tabla 1. Donde se observa por sus valores, la aceptación de las hipótesis alternativas en función de haber observado diferencias en al menos alguno de sus tratamientos.

Tabla 1. Resultado de las hipótesis por objetivos frente a la respuesta de las variables en estudio para el modelamiento estadístico del efecto del bio carbono en la morfología y producción de S. licopersicum, L, híbrido pietro, bajo cubierta

Objetivos	Hipótesis	Respuestas ($\alpha = 0.05$)	
		Rechazar	Aceptar
General: Determinar mediante modelamiento estadístico la influencia de la aplicación	**Hipótesis Nula (H_o):** La aplicación de biocarbono no influye en la morfología de tomate hortícola (S. licopersicum, L.) bajo cubierta durante el periodo postcosecha.	✓	

de biocarbono en la morfología de tomate hortícola *(S. licopersicum* L.*)* bajo cubierta en el periodo postcosecha.	Hipótesis Alternativa (H_1): La aplicación de biocarbono influye en la morfología de tomate hortícola (S. licopersicum, L.) bajo cubierta durante el periodo postcosecha.		✓
Específico 1: Analizar los efectos del biocarbono en la respuesta morfológica postcosecha del tomate hortícola variedad Pietro	Hipótesis Nula (H_o): El biocarbono no tiene efectos en la respuesta morfológica postcosecha del tomate hortícola variedad Pietro.	✓	
	Hipótesis Alternativa (H_1): El biocarbono tiene efectos en la respuesta morfológica postcosecha del tomate hortícola variedad Pietro.		✓
Específico 2: Determinar cuál fue la mejor dosis de biocarbono en la morfología y producción del tomate hortícola variedad Pietro en postcosecha.	Hipótesis Nula (H_o): No hay diferencia significativa en la morfología y producción del tomate hortícola variedad Pietro en postcosecha entre las diferentes dosis de biocarbono aplicadas.	✓	
	Hipótesis Alternativa (H_1): Existen diferencias significativas en la morfología y producción del tomate hortícola variedad Pietro en postcosecha entre las diferentes dosis de biocarbono aplicadas.		✓
Específico 3: Evaluar el efecto de diferentes dosis de biocarbono en la producción de tomate hortícola variedad Pietro, mediante la medición de diferentes parámetros.	Hipótesis Nula (H_o): No hay efecto significativo de las diferentes dosis de biocarbono en la producción de tomate hortícola variedad Pietro, medido a través de los diferentes parámetros.	✓	
	Hipótesis Alternativa (H_1): Las diferentes dosis de biocarbono tienen un efecto significativo en la producción de tomate hortícola variedad Pietro, medido a través de los diferentes parámetros.		✓

Estadísticos descriptivos

El análisis de los estadísticos descriptivos permitió resumir y describir las características esenciales del conjunto de datos utilizado. Donde las medidas como la media, mediana, moda, desviación estándar y coeficiente de variación ayudan a comprender la distribución, tendencia central y dispersión de los datos se facilitó la interpretación de la información y permitió comparar conjuntos de datos. El coeficiente de variación (CV) de este estadístico descriptivo Tabla 2, señala la baja dispersión relativa de los datos respecto a la media, de todas las variables respuesta. Está expresado como un porcentaje y se calcula dividiendo la desviación estándar entre la media, multiplicado por 100. Este CV bajo, de las variables respuesta empleadas, sugiere poca variabilidad en relación con la media.

Tabla 2. ***Estadísticos descriptivos del efecto del bio carbono en la morfología y producción de Solanum licopersicum, L, híbrido Pietro, bajo cubierta.***

Variables	N	Media	Error Estándar de la media	Desv. Est.	Coef Var	Mín.	Q1	Mediana	Q3	Máx.
Área Foliar cm^2	50	34.5	0.13	0.91	2.62	32.8	36.3	33.8	35.4	34.4
No. entrenudos	50	9.01	0.05	0.38	4.24	8.13	8.75	9.03	9.28	9.93
Long. Entrenudos cm	50	17.64	0.05	0.39	2.23	16.84	17.43	17.76	17.96	18.10
Alt. planta cm	50	188.5	0.11	0.80	0.42	187.1	187.9	188.5	189.15	190.2
Días altura máx. cm.	50	92.59	0.23	1.61	1.74	89.42	91.92	92.92	93.79	95.16
Perímetro tallo 90 días, cm.	50	9.10	0.09	0.68	7.49	7.84	8.59	8.95	9.75	10.41
Volumen raíces ml.	50	2.83	0.07	0.48	17.02	1.78	2.46	2.76	3.23	4.12
Diámetro ecuatorial cm.	50	7.65	0.06	0.45	5.91	6.58	7.39	7.64	7.96	8.52
Diámetro polar cm.	50	5.71	0.07	0.48	8.39	4.78	5.37	5.62	6.16	6.88
No. racimos	50	8.99	0.04	0.26	2.92	8.46	8.81	9.03	9.16	9.58
No. frutos/racimo	50	5.29	0.07	0.52	9.82	4.43	4.89	5.23	5.64	6.46
No. frutos/planta	50	52.24	0.17	1.19	2.27	50.59	51.06	52.11	53.34	54.61
Días maduración	50	103.63	0.09	0.71	0.68	102.57	103.09	103.56	104.22	105.11
Peso fruto (g)	50	245.34	0.08	0.56	0.23	244.27	244.85	245.32	245.90	246.49
Vol. fruto (ml)	50	2.52	0.07	0.48	18.93	1.74	2.14	2.42	3.00	3.53

Normalidad

Para este estadístico, se efectuó una prueba de normalidad con el fin de determinar si el conjunto de datos para el modelamiento estadístico del efecto del bio carbono en la morfología y producción de *S. licopersicum*, híbrido Pietro, bajo cubierta sigue una distribución normal como se observa en la Tabla 3.

Tabla 3. Prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov Test para el efecto del bio carbono en la morfología y producción de Solanum licopersicum, L, híbrido Pietro, bajo cubierta.

Variables	Media	Desv. Est.	N	KS	Valor p
Área Foliar cm^2	34.53	0.90	50	0.09	>0.150
No. entrenudos	9.02	0.38	50	0.09	>0.150
Long. Entrenudos cm	-4.19^{-14}	1.01	50	0.08	>0.150
Alt. planta cm	-5.35^{-14}	1.01	50	0.09	>0.150
Días altura Max. cm.	-1.74^{-13}	1.01	50	0.10	>0.150
Perímetro tallo 90 días, cm.	-1.45^{-14}	1.01	50	0.06	>0.150
Volumen raíces ml.	-1.07^{-15}	1.01	50	0.11	0.149
Diámetro ecuatorial cm.	-9.64^{-15}	1.01	50	0.07	>0.150
Diámetro polar cm.	-3.21^{-15}	1.01	50	0.09	>0.150
No. racimos	-6.01^{-15}	1.01	50	0.09	>0.150
No. frutos/racimo	-3.25^{-15}	1.01	50	0.09	>0.150
No. frutos/planta	-2.30^{-14}	1.01	50	0.08	>0.150
Días maduración	-2.99^{-14}	1.01	50	0.11	0.140
Peso fruto (g)	-2.37^{-13}	1.01	50	0.10	>0.150
Vol. fruto (ml)	1.02^{-15}	1.01	50	0.08	>0.150

Con respecto a las gráficas de residuos vs ajustes, los datos son homocedasticos por no tener una forma establecida. Finalmente, en la gráfica de residuos vs orden, los datos se muestran aleatorios e indicaron que existe independencia, Figura 1.

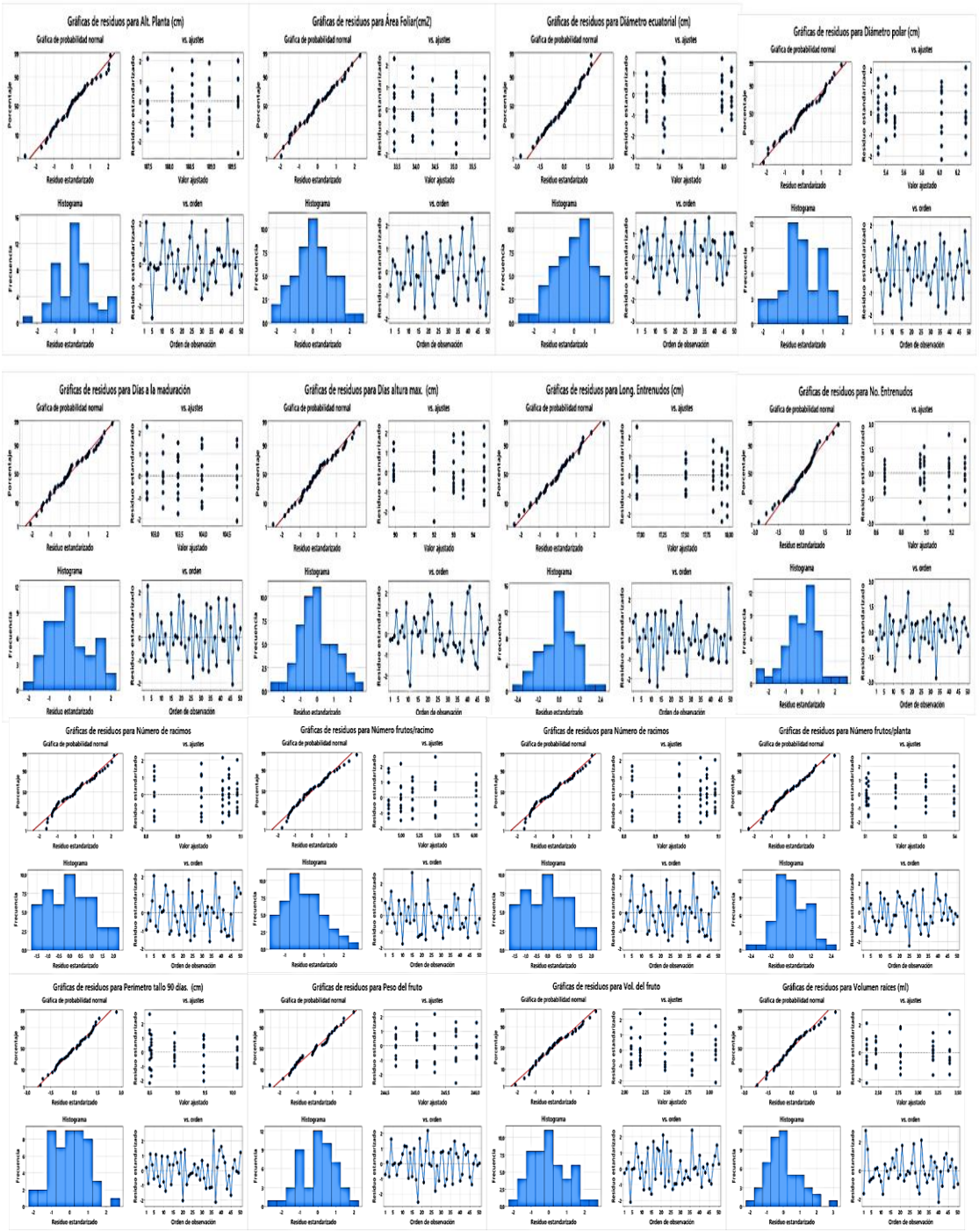


Figura 1. Gráficas cuatro en uno de probabilidad normal (Q-Q plot); residuos estandarizados vs. ajustes (Homocedasticidad); Histograma y; residuos estandarizados vs orden de observación (Independencia).

InvestiGO
Revista Científica Multidisciplinaria
ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com
Diciembre 2024
Vol. 5, No.13, PP.218-240
https://doi.org/10.56519/ajs1xy88

Este es un paso crucial en el análisis estadístico, ya que muchos métodos estadísticos asumen que los datos son normalmente distribuidos. Mediante la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov Test para comparar y verificar si los 81 datos presentan una distribución normal, con el software estadístico Minitab 21 se realizó la prueba seleccionada.

Se agregan los datos y ejecutala prueba. Se interpretan los resultados y analiza el valor p, siendo este valor p mayor que 0.150 (en la gran mayoría de los casos), el cual, por conservadurismo estadístico, al utilizar un valor p mayor (como 0.150) como umbral, es una elección conservadora, que proporciona aún más confianza en que los datos son efectivamente normales, reduciendo el riesgo de cometer un error tipo I (rechazar incorrectamente una hipótesis nula verdadera).

El valor p mayor que 0.150 indica que los datos no muestran desviaciones significativas de una distribución normal, por lo que se considera que los datos siguen una distribución normal. De este modo, quedan validados los supuestos estadísticos, con el fin de probar un estadístico paramétrico como un ANOVA, que, asume que los datos son normales.

Análisis de varianza

Con el análisis de varianza (ANOVA), se determinó que hay diferencias estadísticas. Tabla 4. Nos permitió comparar las medias de los grupos en estudio, evitando el aumento del error tipo I. Además, se evaluó la variabilidad entre estos grupos en comparación con la variabilidad dentro de los grupos. En consecuencia, se admitió la Hipótesis Alternativa (H_1) pues, al menos una de las medias es diferente. El cálculo de este F-Estadístico, fue la razón de la varianza entre los grupos (entre tratamientos) a la varianza dentro de los grupos (error). La decisión en este caso, siendo el valor p menor que el nivel de significancia, rechaza la hipótesis nula. Esto indica que hay una diferencia significativa entre las medias de los grupos.

Tabla 4. Análisis de varianza para el modelamiento estadístico del efecto del bio carbono en la morfología y producción de S. licopersicum, L, híbrido Pietro, bajo cubierta.

Variables	Fuente					Valor F	Valor p
	SC Ajust.			MC Ajust.			
	Trat.	Err.	Tot.	Trat.	Err.		
Área Foliar cm^2	35.03	5.16	40.19	8.76	0.11	76.40	0.000
No. entrenudos	2.36	4.81	7.17	0.59	0.11	5.51	0.001
Long. Entrenudos cm	6.99	0.55	7.55	1.75	0.01	142.63	0.000
Alt. planta (cm)	27.02	4.23	31.44	6.76	0.09	68.69	0.000
Días altura máx. cm.	123.54	3.59	127.13	30.89	0.08	386.89	0.000
Perímetro tallo 90 días, cm.	18.04	4.73	22.76	4.51	0.11	42.9	0.000
Volumen raíces ml.	8.01	3.41	11.42	2.00	0.08	26.42	0.000
Diámetro ecuatorial cm.	5.04	4.96	10.00	1.26	0.11	11.45	0.000
Diámetro polar cm.	7.24	4.00	11.24	1.81	0.09	20.37	0.000
No. racimos	0.45	2.95	3.39	0.11	0.07	1.71	0.165 ns
No. frutos/racimo	8.88	4.37	13.25	2.22	0.09	22.87	0.000
No. frutos/planta	63.69	5.28	68.97	15.92	0.11	135.59	0.000
Días maduración	21.37	3.06	24.43	5.34	0.07	78.57	0.000

Peso fruto (g)	11.08	4.44	15.52	2.77	0.09	28.07	0.000
Vol. fruto (ml)	6.91	4.26	11.17	1.73	0.09	18.25	0.000

Nota: Los grados de libertad, en todos los casos son: tratamientos 4, error 45 y total 49.

Prueba de Tukey

Observada la existencia de diferencias entre los tratamientos, se efectuó una prueba de Tukey (Tukey's Honestly Significant Difference o HSD test), este método *post hoc* se ejecutó posterior al análisis de varianza (ANOVA), con el que se realizan comparaciones múltiples entre pares de medias de grupos y, con el fin de identificar específicamente cuáles medias son diferentes entre sí, Tabla 5.

Además, se calculó la diferencia mínima significativa (HSD) entre las medias de los grupos, con base en el tamaño de muestra, la variabilidad de los datos y el número de comparaciones realizadas, proporcionando un valor de p para cada par de comparaciones, donde, al obtener un valor p es menor que el nivel de significancia (en este caso 0.05), se rechazó la hipótesis nula para ese par, indicando que las medias de esos dos grupos son significativamente diferentes. Excepto en la variable número de racimos que fue estadísticamente igual.

Se generó una tabla que muestra todas las comparaciones posibles entre pares de medias de grupos, junto con los valores p correspondientes y la diferencia observada entre las medias, además, la prueba proporcionó intervalos de confianza para las diferencias de medias, lo que facilitó la interpretación visual de si esas diferencias son significativas, en concordancia con esto, los pares de grupos con valores p menores que el nivel de significancia fueron considerados significativamente diferentes, mientras que, los pares con valores p mayores no se consideraron significativamente diferentes.

Tabla 5. Prueba de Tukey para las variables en estudio del efecto del bio carbono en la morfología y producción de S. licopersicum, L, híbrido Pietro, bajo cubierta.

Medias de las Variables	Tratamientos				
	t1: BC 02% TR 98%	t2: BC 04% TR 96%	t3: BC 06% TR 94%	t4: BC 08% TR 92%	t5: BC 10% TR 90%
Área foliar	35.80 a	35.06 b	34.44 c	33.91 d	33.43 e
No. Entrenudos	9.30 a	9.18 a	8.99 ab	8.95 ab	8.67 b
Long. entrenudos (cm)	17.98 a	17.92 ab	17.82 b	17.51 c	16.96 d
Altura de plantas (cm)	189.64 a	188.96 b	188.55 c	188.07 d	187.49 e
Días altura máxima (cm)	94.56 a	93.49 b	92.99 c	91.99 d	89.91 e
Perímetro tallo a 90 días	10.08 a	9.47 b	8.95 c	8.53 d	8.49 d
Volumen de raíces (ml)	3.39 a	3.19 a	2.78 b	2.47 bc	2.36 c
Diámetro ecuatorial (cm)	8.07 a	7.98 a	7.45 b	7.44 b	7.29 b
Diámetro polar (cm)	6.29 a	6.02 a	5.51 b	5.40 b	5.32 b
No. De racimos	9.09 a	9.06 a	9.04 a	8.98 a	8.83 a
No. Frutos/racimo	6.02 a	5.47 b	5.16 bc	4.99 c	4.83 c

No. Frutos/planta	53.97 a	53.03 b	52.02 c	51.10 d	51.05 d
Días a la maduración	104.70 a	103.98 b	103.48 c	103.17 c	102.84 d
Peso del fruto (g)	246.02 a	245.68 ab	245.32 bc	245.03 cd	244.68 d
Volumen del fruto (ml)	3.07 a	2.79 ab	2.48 bc	2.18 cd	2.08 d

Optimización de respuesta

Las variables en este estudio se sometieron a una prueba de optimización de respuesta, poniendo de relieve como meta los máximos, con base en valores de partida inferiores y un techo objetivo que evidenció los tratamientos más relevantes planteados como solución con su respectivo ajuste como se muestra en la Tabla 6 y Figura 2.

Tabla 6. Optimización de respuestas para las variables estudiadas en función del efecto del del biocarbono en su morfología y producción de S. licopersicum.

Respuesta	Meta	Inferior	Objetivo	Solución	Ajuste	EE del ajuste	IC de 95%	IP de 95%
Alt. Planta (cm)	Máximo	187.065	190.242	t1: BC 02% TR 98%	189.639	0.099	(189.439; 189.839)	(188.976; 190.301)
Área Foliar(cm2)	Máximo	32.842	36.269	t1: BC 02% TR 98%	35.804	0.107	(35.589; 36.020)	(35.089; 36.520)
Diámetro ecuatorial (cm)	Máximo	6.576	8.523	t1: BC 02% TR 98%	8.071	0.105	(7,860; 8,283)	(7,370; 8,773)
Diámetro polar (cm)	Máximo	4.782	6.882	t1: BC 02% TR 98%	6.290	0.094	(6,1001; 6,4800)	(5,6602; 6,9199)
Días a la maduración	Mínimo	-	102.574	t1: BC 02% TR 98%	102.837	0,082	(102,671; 103,004)	(102,287; 103,388)
Longitud entrenudos	Máximo	16.840	18.102	t1: BC 02% TR 98%	17.977	0.035	(17,9065; 18,0476)	(17,7432; 18,2110)
Número de entrenudos	Máximo	8.129	9.927	t1: BC 02% TR 98%	9.303	0,103	(9,095; 9,512)	(8,613; 9,994)
Número de racimos	Máximo	8.458	9.579	t1: BC 02% TR 98%	9.088	0.081	(8,9257; 9,2516)	(8,5482; 9,6291)
Número frutos/racimo	Máximo	4.431	6.462	t1: BC 02% TR 98%	6.025	0.098	(5,8264; 6,2233)	(5,3667; 6,6830)
Número frutos/planta	Máximo	50.595	54.614	t1: BC 02% TR 98%	53.969	0.108	(53,752; 54,188)	(53,246; 54,694)
Perímetro tallo 90 días. (cm)	Máximo	7.838	10.412	t1: BC 02% TR 98%	10.076	0.103	(9,870; 10,283)	(9,392; 10,761)
Peso del fruto	Máximo	244.272	246.498	t1: BC 02% TR 98%	246.017	0.099	(245,817; 246,217)	(245,354; 246,681)

Días altura máx. (cm)	Mínimo	-	89.422	t1: BC 02% TR 98%	89.914	0.089	(89,7336; 90,0935)	(89,3167; 90,5104)
Vol. del fruto	Máximo	1.740	3.528	t1: BC 02% TR 98%	3.074	0.097	(2,8776; 3,2694)	(2,4237; 3,7233)
Volumen raíces (ml)	Máximo	1.778	4.121	t1: BC 02% TR 98%	3.392	0.087	(3,2170; 3,5676)	(2,8109; 3,9738)

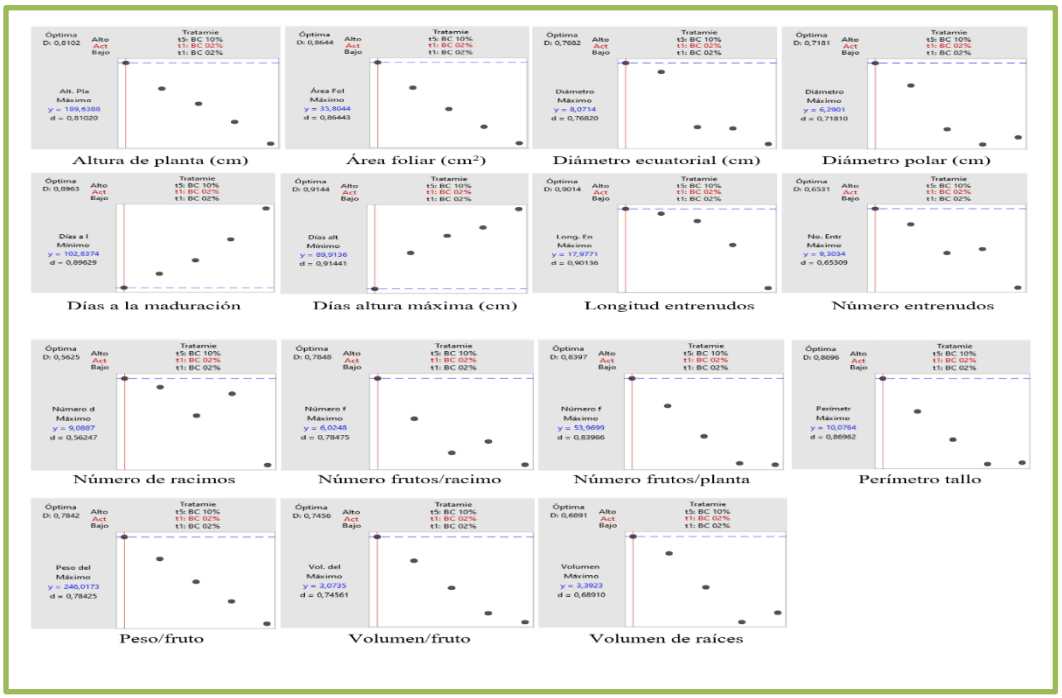


Figura 2: Gráficas para la optimización de respuestas de las variables estudiadas en función del efecto del del biocarbono en su morfología y producción de S. licopersicum.

DISCUSIÓN

Área foliar (Último piso floral): El biocarbono, en este ensayo, influyó en el área foliar. La atención se centra en los efectos de la incorporación del biocarbono en el crecimiento y rendimiento de los cultivos, así como en las posibles implicaciones para la agricultura sostenible. En este sentido, el tratamiento con menor porcentaje de biocarbono (t1: BC02%TR98%) propició por su capacidad para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo una mejor área foliar (19). Posiblemente, la mejora de la estructura del suelo, a la que influye, aumentando la porosidad y la capacidad de retención de agua del suelo, lo que pudo favorecer el crecimiento de las raíces y la absorción de nutrientes por las plantas.

Además, el aparente incremento de la fertilidad del suelo por la presencia del biocarbono, actuando como un reservorio de nutrientes esenciales, mejorando la disponibilidad de nutrientes como el nitrógeno, fósforo y potasio para él tomate (20). El área foliar, como indicador crítico del crecimiento y la salud de las plantas, está directamente relacionado con la fotosíntesis y la producción de biomasa. Estudios han demostrado que la adición de biocarbono al suelo puede aumentar significativamente el área foliar del tomate hortícola variedad Pietro (21).

El aumento del área foliar se atribuye a una mejor absorción de nutrientes, fomentando la mayor disponibilidad de nutrientes en suelos enriquecidos con biocarbono, para nuestro caso, máximo al 2%, favoreciendo el crecimiento vegetativo, resultando en un mayor desarrollo del área foliar (22). El biocarbono fomentaría un ambiente favorable para los microorganismos beneficiosos del suelo, que son esenciales para la descomposición de materia orgánica y la disponibilidad de nutrientes, impactando positivamente en el rendimiento del cultivo y, en esta oportunidad, el área foliar (23).

Los entrenudos son la distancia entre dos nudos consecutivos en el tallo de una planta. En el tomate hortícola, el número de entrenudos es un indicador importante del crecimiento vegetativo y puede influir en la productividad del cultivo. Factores como la disponibilidad de nutrientes, agua, y la salud del suelo juegan un papel crucial en la formación de entrenudos (9). El tratamiento uno y dos (t1: BC02%TR98%, t2: BC04%TR96%), influyeron positivamente en el número de entrenudos debido, posiblemente, a la mejora en la retención de nutrientes y agua, al mejorar la capacidad del suelo para retener nutrientes y agua, lo que puede resultar en un suministro constante y adecuado de estos recursos a las plantas. Un suelo que mantiene un buen balance hídrico y de nutrientes favorece un crecimiento vegetativo más saludable y uniforme, lo que puede incrementar el número de entrenudos (24).

El incremento en la actividad microbiana, debido a la estructura porosa del biocarbono proporcionó un hábitat ideal para microorganismos beneficiosos. Estos microorganismos pueden mejorar la disponibilidad de nutrientes y estimular el crecimiento de las raíces, contribuyendo a un desarrollo más vigoroso de la planta y, por ende, a un mayor número de entrenudos (25). El biocarbono puede ayudar a mitigar el estrés abiótico, como la falta de humedad o las condiciones salinas del suelo. Al crear un ambiente más favorable para el crecimiento de la planta, el biocarbono puede permitir que el tomate variedad Pietro desarrolle más entrenudos, al no tener que destinar tantos recursos a la defensa contra el estrés. (26). La adición de biocarbono puede mejorar la estructura del suelo, aumentando la aireación y facilitando el crecimiento de las raíces. Un sistema radicular más extenso y saludable puede sustentar un crecimiento vegetativo más robusto, resultando en un mayor número de entrenudos (28).

Con relación a la longitud de entrenudos, el biocarbono y su Influencia en el suelo, teniendo la capacidad de mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, tal como ocurrió con el tratamiento uno (t1: BC02%TR98%). Su alta superficie específica proporciona un hábitat favorable para microorganismos beneficiosos, lo que puede potenciar la salud general del suelo y la productividad de los cultivos (1). La longitud de los entrenudos, es decir, la distancia entre dos nodos consecutivos en el tallo de una planta es un indicador crucial del crecimiento vegetativo y el desarrollo general de las plantas de tomate. Este parámetro puede ser influenciado por

factores ambientales y de manejo agrícola, como la disponibilidad de nutrientes, la iluminación y el régimen hídrico, donde la presencia de biocarbono lo ha fomentado (17). Al mejorar en la retención de agua y nutrientes, en la proporción del tratamiento uno, al adicionar biocarbono al suelo pudo mejorar la retención de agua y nutrientes, proporcionando un suministro más constante y accesible para las plantas de tomate. Esto puede resultar en un crecimiento más uniforme y vigoroso, influenciando positivamente la longitud de los entrenudos (5).

El biocarbono pudo aumentar la actividad y diversidad microbiana en el suelo, promoviendo interacciones simbióticas que mejoran la absorción de nutrientes por las plantas. Estas mejoras en la nutrición vegetal pueden reflejarse en un crecimiento vegetativo más robusto y en la elongación de los entrenudos (10). Al mejorar la estructura del suelo, el biocarbono facilitó un mejor desarrollo radicular, lo que pudo llevar a una planta más estable y saludable. Este desarrollo radicular robusto permite a las plantas explorar un mayor volumen de suelo para la absorción de agua y nutrientes, impactando directamente en la longitud de los entrenudos (11). Diversos estudios han mostrado que la aplicación de biocarbono en suelos destinados al cultivo de tomate puede resultar en entrenudos más largos y uniformes. En la variedad Pietro, caracterizada por su vigor y producción de frutos de alta calidad, la respuesta al biocarbono ha sido positiva, con incrementos significativos en la longitud de entrenudos observados en varias pruebas controladas (3).

Con relación a la altura de planta, el uso de biocarbono en las proporciones del tratamiento uno (t1: BC02%TR98%), ha ganado interés debido a sus beneficios potenciales para el suelo y las plantas. En el cultivo de tomate hortícola, específicamente la variedad Pietro, se ha observado el impacto del biocarbono en la altura de las plantas de tomate Pietro (19). El biocarbono contribuyó a una mejor estructura del suelo al aumentar su porosidad, lo que facilita la aireación y el drenaje. Un suelo bien aireado y con buen drenaje permite que las raíces del tomate se desarrollen de manera más eficiente, promoviendo un crecimiento vigoroso y una mayor altura de las plantas. (29). La capacidad del biocarbono para retener agua y nutrientes es otra de sus características beneficiosas.

Esto es especialmente importante en condiciones de estrés hídrico, donde el biocarbono puede ayudar a mantener un suministro constante de agua y nutrientes disponibles para las plantas de tomate. Una planta bien nutrida y con acceso adecuado a agua tiende a crecer más y alcanzar una mayor altura (7). El biocarbono también pudo influir en el microbiota del suelo, creando un ambiente favorable para los microorganismos beneficiosos que ayudan en la descomposición de materia orgánica y la liberación de nutrientes. Esta simbiosis puede mejorar la salud del suelo y, en consecuencia, apoyar el crecimiento óptimo de las plantas de tomate (4).

Sobre los días de altura máxima, el biocarbono, se incorporó al suelo principalmente para mejorar su estructura y fertilidad, en el caso del tratamiento uno (t1: BC02%TR98%), algunos de los beneficios que aportarían incluyen la mejora de la retención de agua pues, posee una alta capacidad de retención, lo cual es crucial en áreas donde la disponibilidad de este recurso es limitada. Al mantener el suelo húmedo por más tiempo, se favorece un crecimiento más rápido y sostenido de las plantas de tomate (24). Además, incrementa de la capacidad de intercambio catiónico, este material aumenta la capacidad del suelo para retener nutrientes esenciales como

nitrógeno, fósforo y potasio. Un suelo más nutrido proporciona las condiciones óptimas para el desarrollo rápido y saludable de las plantas (11). Mejora la estructura del suelo, la adición de biocarbono puede mejorar la aireación y la estructura del suelo, facilitando el crecimiento de las raíces y, en consecuencia, el desarrollo vegetativo de las plantas. El biocarbono influyó directamente en el número de días necesarios para que la planta de tomate hortícola variedad Pietro alcance su altura máxima (8).

La mejora en la retención de agua y la disponibilidad de nutrientes permite que las plantas crezcan más rápidamente. En un suelo enriquecido con biocarbono, las plantas de tomate pueden alcanzar su altura máxima en menos tiempo comparado con su crecimiento en suelos sin este aditivo (13). Un sistema radicular más robusto y extenso facilita la absorción de agua y nutrientes, acelerando el crecimiento vertical de la planta. Esto se traduce en un menor número de días para alcanzar la altura máxima (12). El biocarbono puede ayudar a estabilizar el pH del suelo, creando un ambiente más favorable para el crecimiento del tomate. Un pH adecuado permite la óptima absorción de nutrientes, promoviendo un crecimiento más rápido (26).

En lo concerniente al perímetro del tallo, siendo éste un indicador importante del vigor y la estabilidad de la planta. Los mejores promedios se obtuvieron con el tratamiento uno (t1: BC02%TR98%), en este caso, un tallo más robusto no solo soporta mejor el peso de la planta y sus frutos, sino que también indica una buena absorción de nutrientes y agua (22). El biocarbono, como ya se ha mencionado aumenta la capacidad del suelo para retener agua y nutrientes esenciales. En suelos mejorados con biocarbono, las plantas de tomate pueden acceder a estos recursos de manera más eficiente, promoviendo un crecimiento más uniforme y robusto del tallo.

Posiblemente, la promoción de microorganismos beneficiosos, debido a la estructura porosa del biocarbono, proporciona un ambiente óptimo para estos, como bacterias y hongos micorrízicos, que ayudan en la descomposición de materia orgánica y en la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Esta simbiosis puede resultar en un tallo más grueso y saludable (23). Al incrementarse la absorción de nutrientes mejorando la estructura del suelo y la disponibilidad de nutrientes, el biocarbono facilita una mayor absorción de minerales esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio. Estos, nutrientes son fundamentales para el crecimiento y engrosamiento del tallo (2).

El volumen de raíces de los tratamientos uno y dos (t1: BC02%TR98%, t2: BC04%TR96%), influenciados por los efectos del biocarbono en el volumen radicular, en virtud de la aplicación de biocarbono en los suelos cultivados con tomate variedad Pietro, pudieron aumentar significativamente el volumen de raíces. Las plantas de tomate cultivadas en suelos enmendados con biocarbono, muestran un sistema radicular más extenso y denso, lo que se traduce en una mayor capacidad para absorber agua y nutrientes. Esto, a su vez, mejora el vigor de la planta, la resistencia al estrés hídrico y la eficiencia en el uso de nutrientes (20).

En este sentido, el aumento del volumen radicular tiene implicaciones directas en la producción y calidad del tomate. Un sistema radicular más desarrollado permite a las plantas soportar mejor las condiciones adversas y maximizar el rendimiento. Los agricultores pueden utilizar el

biocarbono como parte de una estrategia de manejo sostenible del suelo para mejorar la productividad y la salud del cultivo de tomate (9).

Para el diámetro ecuatorial, los mejores promedios observados en los tratamientos uno y dos (t1: BC02%TR98%, t2: BC04%TR96%), para el fruto, es una medida clave de la calidad del tomate, influenciando su apariencia, peso y atractivo comercial. Un mayor diámetro ecuatorial generalmente indica un fruto más desarrollado y potencialmente más valioso en el mercado. La aplicación de biocarbono puede afectar positivamente este parámetro debido a la mejora en las condiciones del suelo y la disponibilidad de nutrientes esenciales (4).

Es posible que la adición de biocarbono, en las proporciones de los tratamientos uno y dos, como ya se mencionó, puede aumentar significativamente el tamaño de los frutos. En el caso específico del tomate variedad Pietro, investigaciones preliminares sugieren que los frutos cultivados en suelos enmendados con biocarbono tienden a mostrar un mayor diámetro ecuatorial en comparación con aquellos cultivados en suelos sin esta enmienda.

Los frutos no solo son más grandes, sino que también muestran una mayor uniformidad y calidad general (3). Para este caso, en concreto, el biocarbono, podría inducir una mejora en la retención de agua en el suelo, lo que es crucial durante períodos de sequía o bajo riego. Esto asegura que las plantas tengan un suministro constante de agua, necesario para el crecimiento celular y el desarrollo del fruto. Además, la mejor retención de nutrientes reduce la necesidad de fertilización adicional, proporcionando un crecimiento más sostenido y equilibrado de las plantas de tomate (19).

El diámetro polar del tomate se refiere a la medida vertical del fruto, desde el extremo superior hasta el extremo inferior. Este es un parámetro importante para evaluar la calidad y tamaño del fruto, influenciado por factores como la genética de la variedad, las condiciones ambientales y las prácticas de manejo agrícola. La variedad Pietro del tomate hortícola es conocida por su productividad y calidad, pero la influencia del biocarbono en su diámetro polar, evidenciado por la respuesta a los tratamientos (t1: BC02%TR98%, t2: BC04%TR96%) como se ha observado (20).

Varios estudios sugieren que el biocarbono podría tener efectos positivos en el aumento en el tamaño del fruto. La mejora de las propiedades físicas y químicas del suelo puede favorecer una mayor disponibilidad de nutrientes esenciales y una mejor retención de agua, lo que a su vez puede promover un desarrollo más uniforme y robusto de los frutos (12). El aumento de la retención de nutrientes, proporcionaría un suministro constante de los mismos, especialmente nitrógeno, fósforo y potasio, que son cruciales para el crecimiento del fruto (13).

En el caso del *número de racimos*, no se observó significación, se infiere que, esta respuesta es propia de la genética de la planta pues, no podría ser influenciada de modo externo, en consecuencia, se trata de la respuesta propia de su genotipo (18). En cuanto al *número frutos racimo y número de frutos/planta,* el tratamiento uno (t1: BC02%TR98%) con el porcentaje más bajo de biocarbono, tuvo los mejores promedios, la aplicación de biocarbono en el suelo podría influir positivamente en el número de frutos por racimo del tomate hortícola variedad Pietro.

Al mejorar la disponibilidad de nutrientes, como el nitrógeno, fósforo y potasio, que son cruciales para la floración y fructificación del tomate. Un suelo más fértil y saludable puede resultar en un mayor número de flores que se desarrollan en frutos, incrementando así la cantidad de frutos por racimo (17).

Para los *días a la maduración,* los frutos del tratamiento uno (t1: BC02%TR98%), con el menor porcentaje de biocarbono, ha demostrado los beneficios del mismo. Nuestra investigación, sobre este cultivo, ha mostrado que la adición de biocarbono puede mejorar la productividad y la calidad del fruto. En cuanto a la variedad Pietro, de acuerdo con principios generales sobre los beneficios del biocarbono, sugieren que su uso pudo tener un impacto positivo en la reducción de los días a la maduración de los frutos (2).

El p*eso del fruto* en el tratamiento uno (t1: BC02%TR98%), destaco de los demás tratamientos, posiblemente por la influencia del biocarbono en el rendimiento del tomate. Los resultados indican que la adición de biocarbono puede tener un impacto significativo en el peso del fruto de la variedad Pietro (23). La adición de biocarbono mejora la estructura del suelo, aumentando su aireación y capacidad de retención de nutrientes. Un suelo bien estructurado facilita un mejor desarrollo radicular, permitiendo a las plantas absorber más agua y nutrientes, lo que se traduce en un mayor peso del fruto (7).

El biocarbono actúa como una esponja que retiene y libera gradualmente los nutrientes esenciales, como nitrógeno, fósforo y potasio. Esta liberación sostenida asegura que las plantas tengan un suministro constante de nutrientes, favoreciendo el crecimiento y el desarrollo de frutos más pesados y de mejor calidad. Además, el biocarbono crea un ambiente favorable para la proliferación de microorganismos beneficiosos en el suelo. Estos microorganismos pueden mejorar la disponibilidad de nutrientes y producir hormonas de crecimiento que promueven el desarrollo del fruto (10).

Con relación al *volumen del fruto,* En la variedad Pietro, se ha observado que la incorporación de biocarbono puede llevar a un aumento significativo en el volumen del fruto. Esto se debe principalmente a la mejor disponibilidad de nutrientes y agua, que son esenciales para el crecimiento celular y la expansión del fruto. Tal como ha ocurrido con el tratamiento uno (t1: BC02%TR98%) (6).

Además del aumento en el volumen, el biocarbono también puede mejorar la calidad del fruto en términos de contenido de azúcar y acidez, lo que es beneficioso para el sabor y la aceptación comercial. Esto, lleva al fruto a ser más consistente, reduciendo las variaciones en el tamaño y calidad de los frutos entre las diferentes temporadas y condiciones climáticas; por tanto, aumento de volumen (18).

CONCLUSIONES

Mediante el modelamiento estadístico, se evidenció la influencia que ejerció la aplicación de biocarbono en diferentes cantidades utilizando un substrato con base en turba rubia, los valores alcanzados en las variables que representan la morfología de tomate hortícola *(S. licopersicum L.)* estuvo en relación de la menor cantidad de biocarbono administrado, en este sentido, el mejor tratamiento fue el número uno que, en proporción llevó 02% de biocarbono sobre el 98% de turba rubia.

Analizados los efectos que el biocarbono aplicado en diversos porcentajes sobre una base de turba rubia, se observa que la respuesta morfológica en postcosecha del tomate hortícola variedad Pietro, tanto en la parte vegetativa como en los frutos, han manifestado diferencias estadísticas significativas, los valores relacionados con las variables dependientes de mejor respuesta se ajustan al tratamiento uno cuya composición obedece a 02% de biocarbono sobre el 98% partes de turba rubia.

Por los valores que dan respuesta a la influencia de cada uno de los resultados, se llega a la conclusión de que las mejores dosis, fueron las que se formularon con menores cantidades de biocarbono, en consecuencia, la menor cantidad de este insumo, la presentó el tratamiento uno compuesto por un 02% de biocarbono en un 98% de turba rubia, tal proporción, dio lugar a que la morfología y, los valores inherentes a estas características, sean superiores en calidad y cantidad en cuanto a la producción del tomate hortícola variedad Pietro en postcosecha.

Utilizando las diversas dosis de biocarbono y de turba rubia incorporados al sustrato donde se desarrolló la especie en estudio, observando que la respuesta en la producción de tomate hortícola variedad Pietro, especialmente en la medición de los diferentes parámetros productivos relacionados directamente con la cantidad y calidad del fruto, como su tamaño, peso y volumen, se concluye que el tratamiento con la menor proporción, 02% de biocarbono y, 98% de turba rubia, acondicionan el sustrato de manera que los nutrientes sean asimilados e incorporados de manera más efectiva a las plantas y, en consecuencia, influenciar efectivamente en los tejidos y órganos suministrando los recursos que incrementador fundamentalmente su peso y volumen.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Hernandez-Ochandía, D., Martínez, D. Y., Regalado, R. E., Cabrera, I. M., Delgado-Oramas, B. P., y Hernández, M. G. R. J. R. d. P. V. (2024). Solanum lycopersicum L.-nematodo agallero: efecto de biocarbono y Trichoderma asperellum Samuels, Lieckfeldt & Nirenberg sobre el patosistema. *39*. https://censa.edicionescervantes.com/index.php/RPV/article/view/1326.
2. Pérez-Cabrera, C. A., Juárez-Lopez, P., Anzaldo-Hernández, J., Alia-Tejacal, I., Salcedo-Pérez, E., y Balois-Morales, R. J. R. m. d. c. a. (2021). Beneficios potenciales del biocarbono en la productividad de cultivos agrícolas. *12*(4), 713-725. https://doi.org/10.29312/remexca.v12i4.2542

3. Soto Espinosa, P. A., Tenelanda Masache, C. R., y Amaya Rivas, A. (2023). *Análisis de factibilidad de una enmienda de suelo a base de biocarbono para banano orgánico* ESPAE-ESPOL]. http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/59158
4. Abad Carbajal, E. (2022). Aplicación de Biochar a partir de biomasa residual de Bolaina blanca (Guazuma Crinita C. martius) en el suelo agrícola para mejorar la producción del tomate regional (Costoluto Fiorentino) distrito de Yarinacocha, Ucayali 2019-2020. http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/3375
5. Darré, M., Valerga, L., Zaro, M. J., y Concellón, A. (2021). Caracterización morfológica y de calidad de las principales variedades de tomate del cinturón hortícola platense. In: Universidad Nacional del Litoral. http://hdl.handle.net/11336/193610
6. Carrión Sanchez, K. T., y Huaman Olmos, M. (2021). Uso de biocarbono para la disminución de emisiones de dióxido de carbono en la agricultura: revisión sistemática. https://hdl.handle.net/20.500.12692/84307
7. Peralta, D. E. A., y García, H. S. J. C. A. (2018). Evaluación de tres dosis de fertilizante quelatado en tres híbridos de tomate (Lycopersicum esculentum Mill). *1*(1), 11-23. https://www.centrosuragraria.com/index.php/revista/article/view/2
8. Lozano Reategui, R. M. (2023). El Biocarbono enriquecido para la producción sostenible de sistemas de cultivos en Ucayali. https://hdl.handle.net/20.500.13080/9090
9. Chávez Estrada, A. M. (2022). *Efecto del biocarbono en el cultivo de tomate riñón (Solanum lycopersicum l.), Chaltura, Antonio Ante*. http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/13069
10. Ovalle, A. P., Ordaz, A. H., Felipe, D. P. M., García, Y. H., y Alejandro, D. A. R. J. J. E. L. C. (2024). Estudio de los efectos del biocarbono. *28*. https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/4321
11. Hernández, M. G. R., Fuentes, E. G., y Hernández, N. H. (2024). Investigación e innovación relacionadas con el uso agrícola del biocarbono: dos casos de estudio cubanos: VIII Taller Internacional" Universidad, Seguridad y Soberanía Alimentaria". Congreso Universidad. https://revista.congresouniversidad.cu/congreso/article/download/1/21?inline=1
12. Armendano, A., Rouaux, J., y Salazar Martínez, A. J. A. z. m. (2018). Fauna edáfica asociada a un cultivo hortícola convencional de tomate (Lycopersicum Esculentum Mill.) en La Plata (Buenos Aires, Argentina). *34*. https://doi.org/10.21829/azm.2018.3412116
13. Ruiz Perez, K. E. (2019). El biocarbono y su uso en la recuperación de suelos áridos. https://hdl.handle.net/20.500.12805/1251
14. Supe Camino, W. W. (2023). *Introducción de tres híbridos de tomate hortícola (Lycopersicum esculentum L.) a las condiciones climáticas de Huachi Grande-Ambato.* https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/39760
15. Yucailla Masabanda, L. A. (2022). *Evaluación de sustratos con la adición de ácidos húmicos para la producción de plántulas de tomate (Solanum lycopersicum) var. pietro*. https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/36451

16. Aquije Ramos, C. A. (2019). Optimización de la agricultura sostenible mediante el uso del biocarbono en el Perú. https://doi.org/10.21142/tb.2020.1363
17. Balta Crisologo, R. A. (2019). El carbón activado y el biocarbono en la asimilación del cadmio por el tomate (Solanum lycopersicum L.) bajo el invernadero. https://hdl.handle.net/20.500.12996/3874
18. Rolleri, J., y Romero, A. M. J. R. R. d. i. a. (2022). Prospección del marchitamiento y cancro bacteriano del tomate en invernaderos del Cinturón Hortícola de La Plata. *48*(1), 104-110. https://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1669-23142022000100104&script=sci_arttext
19. Arguello, H., y Chiguachi, D. J. C. d. A. (2020). Efecto de diferentes concentraciones de biocarbon y compost en la produccion y desarrollo del cultivo de tomate (lycopersicum esculentum) bajo cubierta. *15*(2). https://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/3377
20. Salgado, J. C. H., Nely, O., Cobas, R., Hernández, A., y Valdivia, O. J. A. J. R. d. P. V. (2023). Sustratos con biocarbono y compost mejoran el desarrollo y sanidad de semilleros de Solanum lycopersicum L. en bandejas multiceldas. *38*. https://censa.edicionescervantes.com/index.php/RPV/article/view/1280
21. Tubón Tite, W. L. (2023). *Adaptación de tres híbridos de tomate hortícola (Lycopersicum esculentum) bajo cubierta plástica*. https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/39762
22. Huerta De La Cruz, A. J. (2020). Influencia del biocarbono elaborado con residuos sólidos orgánicos sobre la calidad y producción del cultivo de la papa en el centro experimental ecológico de Tuyu Ruri, noviembre 2018 a abril 2019. https://doi.org/10.32911/as.2022.v15.n1.931
23. Cabello Ponce, S. M. (2023). Eficacia de la adsorción con distintas dosis de biocarbono de gallinaza para restaurar el suelo contaminado con metales pesados del centro poblado de Chicrin, Pasco–2023. https://repositorio.udh.edu.pe/handle/20.500.14257/4683?show=full
24. Espinoza Vaca, J. S. (2024). Aplicación de biocarbono en la agricultura: Mejoramiento de la calidad de suelos mediante el uso de diferentes combinaciones de biocarbono y enmiendas orgánicas y su efecto sobre la nutrición y producción agrícola. http://hdl.handle.net/2445/212525
25. Coro Valiente, G. K. D., y Salazar Bustamante, D. E. (2023). Pirólisis de lodos residuales de acuicultura y calidad del biocarbono como enmienda de suelo, Pariamarca, Canta-Lima. https://hdl.handle.net/20.500.12952/8266
26. González, G. D. (2024). *Efecto a corto plazo del biocarbono en las características químicas de un suelo fuertemente ácido y la productividad de tomate* Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana]. https://hdl.handle.net/11036/7777
27. Guamani Quilapanta, L. G. (2022). *Efecto de la aplicación de promesol y ATP-UP en la propagación por esquejes de tomate riñón (Solanum lycopersicum) variedad Pietro en el*

cantón Pillaro en la parroquia Emilio María Terán. https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/36541

28. Ortega, J. A., Martínez, D. Y., Ochandía, D. H., de la Cruz, R. A., y Hernández, M. R. J. R. d. P. V. (2023). Efecto de biocarbones y Pochonia chlamydosporia (Goddard) Zare y Gams en el crecimiento de plantas de tomate (Solanum lycopersicum L.) y la protección frente a nematodos. *38*. https://censa.edicionescervantes.com/index.php/RPV/article/view/1297
29. Chávez Estrada, A. M. (2022). *Efecto del biocarbono en el cultivo de tomate riñón (Solanum lycopersicum l.), Chaltura, Antonio Ante*. http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/13069

InvestiGO
Revista Científica Multidisciplinaria

ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Diciembre 2024
Vol. 5, No.13, PP.241-259
https://doi.org/10.56519/mdtbxq51

MODELAMIENTO ESTADÍSTICO DE LA SINERGIA CALCIO (CA), BORO (B) Y ZINC (ZN) EN LA DETERMINACIÓN POSTCOSECHA DE LA BIOMETRÍA DE *ALLIUM FITTULOSM*

STATISTICAL MODELING OF CALCIUM (CA), BORON (B) AND ZINC (ZN) SYNERGY IN THE POST-HARVEST DETERMINATION OF *ALLIUM FITTULOSM* BIOMETRY

Marco Nestor Llangari Chucho[1], Hugo Oswaldo Moreno Aviles[2]

{marco.llangari@unach.edu.ec[1], h_moreno@espoch.edu.ec[2]}

Fecha de recepción: 22/11/2024 / Fecha de aceptación: 30/11/2024 / Fecha de publicación: 2/12/2024

RESUMEN: El presente estudio evaluó la influencia de la aplicación combinada de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en las características biométricas postcosecha de *Allium fistulosum*, L., enfocándose en variables clave como altura, diámetro del tallo y peso total. Estas variables son determinantes para la calidad del cultivo y su aceptación en el mercado. Utilizando herramientas de modelamiento estadístico, se identificaron las dosis óptimas de aplicación para maximizar el rendimiento y mejorar la calidad estructural de la planta. El calcio destacó por su papel en el fortalecimiento de las paredes celulares, aumentando la firmeza y resistencia del tejido vegetal. El boro facilitó el transporte de azúcares y la síntesis de proteínas, procesos esenciales para la formación celular, mientras que el zinc contribuyó mediante la regulación de actividades enzimáticas y hormonales, promoviendo un crecimiento saludable y una mayor resistencia a enfermedades. Los resultados revelaron una interacción sinérgica entre estos micronutrientes, optimizando la formación de biomasa y mejorando la calidad estructural del cultivo. Estas mejoras permitieron obtener un producto más firme, de mayor volumen y durabilidad, factores esenciales para su comercialización. Además, el análisis estadístico validó la importancia de un enfoque nutricional balanceado, adaptado a las condiciones locales de Huambaló, caracterizadas por desafíos climáticos y geográficos. Este trabajo no solo beneficia a los agricultores al proporcionar recomendaciones precisas para la fertilización, sino que también representa un modelo replicable en otras regiones con características edafoclimáticas similares. Al promover prácticas agrícolas sostenibles, el estudio contribuye a la seguridad alimentaria y al desarrollo económico local, demostrando cómo el uso de herramientas analíticas avanzadas en nutrición vegetal puede mejorar la calidad y productividad de los cultivos de manera sostenible y ambientalmente responsable.

[1]Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Riobamba – Ecuador, https://orcid.org/0009-0006-5363-325X.
[2]Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Riobamba – Ecuador, https://orcid.org/0000-0002-3579-0546.

Palabras clave: Modelamiento estadístico, micronutrientes (Ca, B, Zn), calidad postcosecha, Allium fistulosum, L., prácticas agrícolas sostenibles

ABSTRACT: The study assessed the influence of calcium (Ca), boron (B), and zinc (Zn) on the post-harvest biometry of *Allium fistulosum*, L, particularly focusing on plant height, stem diameter, and total weight. The application of these micronutrients demonstrated significant improvements in structural quality and overall plant growth. Calcium contributes to cellular wall strengthening, boron supports sugar transport and protein synthesis, while zinc is essential for enzymatic activity and growth regulation. Statistical modeling enabled the identification of optimal nutrient application doses, providing valuable insights for farmers in Huambaló facing challenging geographical and climatic conditions. Results highlighted a synergistic effect among these nutrients, leading to better biomass formation and enhanced post-harvest product quality. These findings underline the utility of precision agriculture techniques, allowing farmers to adopt sustainable practices tailored to local edaphoclimatic conditions. The implementation of targeted micronutrient dosages not only improved the post-harvest quality of *Allium fistulosum*, L. but also showed potential for replicability in similar agroecological settings. This research offers a sustainable solution to enhance productivity, reduce environmental impact, and promote regional agricultural development. By linking advanced statistical tools with nutrient management, the study contributes to sustainable farming practices and reinforces food security goals.

Keywords: Statistical modeling, Micronutrients (Ca, B, Zn), Post-harvest quality, Spring onion Allium fistulosum, L. Sustainable agricultural practices

INTRODUCCIÓN

La cebolla de rama *(Allium fistulosum,* L.*)* se destaca como un cultivo fundamental en la parroquia Huambaló, desempeñando un papel crucial en la seguridad alimentaria y la economía local. Para maximizar la productividad y calidad de este cultivo, es esencial comprender y optimizar la aplicación de nutrientes esenciales, como el calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn), los cuales desempeñan un papel crucial en el desarrollo vegetal y en la formación de los componentes nutricionales de la cebolla de rama (1).

El presente estudio realizó un análisis productivo detallado de la cebolla de rama, centrándose específicamente en la influencia de la aplicación de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en la especie referida. Estos nutrientes, son conocidos por su impacto en diversos procesos fisiológicos y metabólicos de las plantas, desde la división celular hasta la síntesis de compuestos fundamentales para el crecimiento y la calidad de los productos agrícolas (2).

La parroquia Huambaló, con su particular contexto geográfico y climático, presenta desafíos específicos para la producción de cebolla de rama, lo que subraya la importancia de adaptar las prácticas agrícolas a las condiciones locales. Este estudio proporciona información valiosa para

los investigadores y responsables de la toma de decisiones, contribuyendo así al desarrollo sostenible de la producción agrícola en la región (3).

A través de la implementación de ensayos y análisis exhaustivos, identificó la dosis óptima de *calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn)*, que maximizan la productividad y la calidad de la cebolla de rama en Huambaló. Además de identificar las dosis exactas de *calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn)* se determinó la influencia de estos nutrientes, con el objetivo de llegar a obtener resultados muy favorables y exitosos en las variables dependientes estudiadas, entre ellas: la altura de la planta, diámetro de la base del tallo, longitud de las hojas, longitud seudotallo, peso total y volumen realizadas en este proyecto.

Los resultados de esta investigación benefician directamente a los agricultores locales, también contribuyen al conocimiento científico sobre la nutrición de este cultivo en este contexto geográficos (4).

Actualmente, en la parroquia citada, el cultivo de cebolla de rama se encuentra limitado por la incorrecta aplicación, tanto foliar, cuanto edáfica o por la ausencia de aplicaciones de nutrientes al cultivo, uno de los factores críticos que impactan la calidad postcosecha de la cebolla de rama es la gestión de nutrientes, especialmente calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn).

Estos elementos desempeñan un papel fundamental en diversos procesos fisiológicos de las plantas, como la formación celular, el desarrollo de tejidos y la resistencia a enfermedades. La deficiencia de estos nutrientes puede resultar en productos de menor calidad, con afectaciones en su tamaño, peso, textura, y deficiente desarrollo del sistema radicular (5).

El problema de investigación abordó la temática de que; en general, las raíces en las plantas no tienen únicamente la función de otorgar soporte y anclaje al suelo, sino también la absorción de agua y la captación de nutrientes. Un vigoroso sistema radicular da como buenos resultados al desarrollo, la cantidad, la calidad de las ramificaciones que se obtienen y observan en la postcosecha, por tal razón se realiza el experimento con la utilización de calcio boro, zinc para determinar y mejorar los parámetros antes mencionados, que estaban en problema y, así obtener resultados excelentes y de calidad, aplicando para la interpretación de resultados, el modelado desde el punto de vista estadístico aplicado a los valores luego de analizar su biometría (6).

Con estos antecedentes, los objetivos que orientan el presente experimento son: Determinar mediante modelamiento estadístico la influencia de la aplicación de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en la biometría de cebolla de rama durante el periodo postcosecha, como objetivo general y, los específicos: Analizar los efectos de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en la cebolla de rama para evidenciar la respuesta en la calidad postcosecha.

Determinar cuál es la mejor dosis de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en la biometría de la cebolla de rama en postcosecha mediante la comparación de la biomasa producida bajo el efecto de los minerales propuestos. Evaluar los índices de crecimiento fisiológico mediante el procesamiento de medidas derivadas del crecimiento (7)

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación fue Explicativa sobre el modelamiento estadístico de la sinergia entre calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en postcosecha; además, se enmarca dentro del paradigma explicativo al buscar comprender las relaciones causales entre estos nutrientes y las características biométricas de las plantas.

Al emplear técnicas de análisis de regresión múltiple, se identificó la influencia relativa de cada nutriente y su posible interacción sinérgica o antagonista, con el fin de ofrecer una comprensión más profunda de los mecanismos subyacentes que regulan el crecimiento y desarrollo de *Allium fistulosum* L. Esto no solo tuvo implicaciones prácticas en la gestión agrícola y la optimización de los rendimientos, sino también contribuyó al avance del conocimiento en el campo de la agricultura y la horticultura.

La investigación fue experimental debido a que implicó la manipulación controlada de las variables independientes, es decir, los niveles de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn), con el fin de observar su efecto en la biometría de *Allium fistulosum* L. Esto permitió establecer relaciones de causa y efecto entre los nutrientes y las características de las plantas, así como determinar la presencia de interacciones sinérgicas o antagonistas entre ellos.

Además, se empleó un diseño experimental, se pudo controlar otros factores que influyeron en los resultados, garantizando la validez interna de la investigación y permitiendo la replicabilidad de los hallazgos.

Este estudio estuvo constituido por plantas de *Allium fistulosum* L. disponibles en el área de estudio o que cumplieron con los criterios de inclusión definidos para la investigación. Esto incluyó plantas cultivadas en campo abierto o en cualquier otro entorno relevante para el estudio de la sinergia entre calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en la biometría postcosecha de estas plantas.

Estuvo compuesta por un subconjunto probabilístico representativo de *Allium fistulosum* L. seleccionadas aleatoriamente de la población total. Este subconjunto fue elegido de manera que reflejó adecuadamente la variabilidad dentro de la población y permitió obtener conclusiones estadísticamente válidas sobre el efecto de los nutrientes en la biometría de las plantas. La muestra fue lo suficientemente grande como para proporcionar una cantidad significativa de la población, pero al mismo tiempo, manejable en términos de recursos y tiempo disponibles para la investigación.

La recopilación de datos se llevó a cabo mediante un diseño experimental que involucró la manipulación controlada de los niveles de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en grupos de plantas de *Allium fistulosum* L. Se registraron características biométricas relevantes, como altura, número de hojas y diámetro del tallo, tanto antes como después de la aplicación de los nutrientes.

Se empleó un método de muestreo aleatorio para seleccionar plantas representativas de la población, asegurando así la validez estadística de los resultados. Además, se implementaron controles adicionales para garantizar la fiabilidad y validez interna de la investigación.

Se tomó la altura de las plantas en cm, después de la última aplicación de los tres tratamientos y repeticiones, se midió la altura desde la base del tallo, hasta el ápice de las hojas utilizando un flexómetro (8).

Luego, se calculó el valor diametral de la base del tallo en cm, utilizando un calibrador pie de rey, teniendo en consideración todas las plantas sujetas al análisis desarrollado a los días posteriores de la fertilización foliar (9).

Para esta variable, se tomó el valor longitudinal de las hojas en cm, con un flexómetro, midiendo desde la base de la hoja hasta su ápice, considerando todas las plantas sujetas a análisis (10).

El valor calculado del peso total de la planta se tomó en kg, utilizando una balanza, de todas las plantas sujetas al análisis (11).

Para esta variable, se aplicó el método de Arquímedes; es decir, sumergiendo las muestras en un volumen de agua conocido, para seguidamente, observar el desplazamiento de la columna de agua en ml, utilizando una probeta (12).

El análisis estadístico, se llevó a cabo, utilizando técnicas apropiadas para el diseño experimental empleado. Esto incluyó un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar las diferencias entre los grupos tratados con diferentes niveles de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn). Seguido de pruebas de comparaciones múltiples para identificar las diferencias específicas entre los tratamientos.

Además, se emplearon análisis relacionados con la regresión, para explorar la relación entre los niveles de nutrientes y las características biométricas de las plantas. Se utilizaron pruebas estadísticas adecuadas para determinar la significancia de las diferencias observadas y, se realizaron análisis de *post hoc* para evaluar cualquier interacción entre los nutrientes. Los resultados se presentaron de manera clara y concisa, respaldados por medidas de precisión como intervalos de confianza y valores de p (13).

La evaluación de los modelos estadísticos se realizó utilizando métricas apropiadas según el tipo de modelo utilizado. Para modelos de regresión, se emplearon medidas como el coeficiente de determinación (R2), y técnicas de validación cruzada. En modelos de análisis de varianza (ANOVA), se evaluó la significancia global y se realizó pruebas de bondad de ajuste. Además, se utilizaron criterios de información como AIC o BIC para seleccionar el mejor modelo. En resumen, se consideró la precisión, capacidad predictiva y validez de los supuestos al evaluar los modelos (14).

El análisis de regresión consistió en ajustar modelos lineales múltiples para cada variable dependiente, utilizando los niveles de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) como variables independientes. Se evaluó la significancia de los coeficientes, se calculó el coeficiente de determinación (R^2) para medir la bondad de ajuste y se realizó un diagnóstico de residuos para verificar la validez del modelo. Se exploraron transformaciones de variables y, cuando fue necesario se mejoró la linealidad o la normalidad de los residuos (15).

RESULTADOS

Las variables respuesta relacionadas con los objetivos, al respecto de aceptación o rechazo de sus hipótesis se presentan en la Tabla 1. Donde, como puede observarse, cada uno de sus valores, sugiere y demuestra la pertinencia de rechazar la hipótesis nula y, en consecuencia, aceptando las hipótesis alternativas que, demuestran la existencia de diferencias en por lo menos alguno de sus tratamientos.

Tabla 1. Resultado de las hipótesis por objetivos frente a la respuesta de las variables dependientes para para el modelamiento estadístico de la sinergia calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en la biometría de A. fistulosm, L.

Objetivos	Hipótesis	Respuestas (α = 0.05)	
		Rechazar	Aceptar
General: Determinar mediante modelamiento estadístico la influencia de la aplicación de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en la biometría de cebolla de rama durante el periodo postcosecha en la parroquia Huambaló.	Hipótesis Nula (H_o): Mediante la aplicación de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) no se influirá en la biometría de cebolla de rama durante el periodo postcosecha.	✓	
	Hipótesis Alternativa (H_i): Mediante la aplicación de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) se influirá en la biometría de cebolla de rama durante el periodo postcosecha.		✓
Específico 1: Analizar los efectos de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en la cebolla de rama para evidenciar la respuesta en la calidad postcosecha.	Hipótesis Nula (H_o): Los efectos de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en la cebolla de rama no se evidenciarán en la calidad del producto en etapa de postcosecha.	✓	
	Hipótesis Alternativa (H_i): Los efectos de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en la cebolla de rama se evidenciarán en la calidad del producto en etapa de postcosecha.		✓
Específico 2: Determinar cuál es la mejor dosis de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en la biometría de la cebolla de rama en postcosecha mediante la comparación de la biomasa producida bajo el efecto de los minerales propuestos.	Hipótesis Nula (H_o): No se determinará cuál es la mejor dosis de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en la biometría de la cebolla de rama en postcosecha mediante la comparación de la biomasa producida bajo el efecto de los minerales propuestos.	✓	
	Hipótesis Alternativa (H_i): Se determinará cuál es la mejor dosis de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en la biometría de la cebolla de rama en postcosecha mediante la comparación de la biomasa producida bajo el efecto de los minerales propuestos.		✓
Específico 3: Evaluar los índices de crecimiento fisiológico en época postcosecha de la cebolla de rama, mediante el procesamiento de medidas derivadas del crecimiento.	Hipótesis Nula (H_o): No se evaluarán los índices de crecimiento fisiológico en época postcosecha de la cebolla de rama, mediante el procesamiento de medidas derivadas del crecimiento.	✓	
	Hipótesis Alternativa (H_1): Se evaluarán los índices de crecimiento fisiológico en época postcosecha de la cebolla de rama, mediante el procesamiento de medidas derivadas del crecimiento.		✓

Estadísticos descriptivos

Mediante un análisis de estadísticos descriptivos, se sintetizaron y analizaron las características fundamentales de los datos recopilados. Indicadores como la media, mediana, moda, desviación estándar, coeficiente de variación (CV), mínimos, máximos y cuartiles permitieron comprender la distribución, tendencia central y dispersión de las variables estudiadas, facilitando así su interpretación. En particular, el coeficiente de variación (CV), presentado en la Tabla 2, muestra una dispersión relativa aceptable en la mayoría de las variables de respuesta. Este indicador, expresado en porcentaje, se calcula dividiendo la desviación estándar entre la media y multiplicando el resultado por 100. Los valores del CV reflejan una variabilidad razonable en los datos con respecto a la media.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos para el modelamiento estadístico de la sinergia calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en la biometría de A. fistulosum, L. en postcosecha.

Variables	N	Media	Error Estándar de la media	Desv. Est.	Coef Var	Mín.	Q1	Mediana	Q3	Máx.
Altura de planta	12	79.238	1.481	5.129	6.47	67.400	78.463	80.500	81.563	85,9
Área foliar (cm^2)	12	27.948	0.876	3.035	10.86	22.080	26.460	27.885	29.860	32.650
Diámetro base del tallo (cm)	12	3.274	0.088	0.305	9.32	2.650	3.150	3.265	3.450	3.710
Longitud de la hoja (cm)	12	41.533	0.835	2.893	6.97	34.500	39.425	42.35	43.275	44.600
Longitud radicular (cm)	12	37.476	0.025	0.088	0.24	37.354	37.409	37.447	37.537	37.634
Longitud del pseudotallo (cm)	12	37.700	1.660	5.210	15.21	24.100	36.040	37.450	42.910	45.100
Peso del pseudotallo (kg)	12	0.624	0.035	0.119	19.19	0.336	0.569	0.632	0.703	0.795
Peso total (kg)	12	1.308	0.047	0.165	12.58	0.940	1.198	1.330	1.455	1.490
Volumen (ml)	12	19.714	1.837	6.488	32.91	10.76	14.300	19.780	22.421	35.200

Esta Tabla 2 resume las medidas estadísticas centrales y de dispersión para las variables evaluadas (altura, diámetro, peso y volumen). Los resultados muestran una baja variabilidad en la mayoría de las mediciones, con coeficientes de variación aceptables, indicando consistencia en los datos recopilados.

Normalidad

Se empleó la prueba de normalidad de Anderson-Darling para evaluar la distribución de los datos en el modelamiento estadístico de la sinergia entre calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en la biometría postcosecha de Allium fistulosum L. Según los resultados, presentados en la Tabla 3, se confirmó

que las variables analizadas siguen una distribución normal, ya que los valores de p obtenidos fueron superiores al nivel de significancia establecido de 0.05.

Tabla 3. Prueba de normalidad de Anderson Darling Test para el modelamiento estadístico de la sinergia calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en la determinación postcosecha de la biometría de Allium fistulosm L.

Variables	Media	Desv. Est.	N	AD	Valor p
Altura de planta (cm)	-3.553E-15	1.044	12	0.178	0.896
Área foliar (cm^2)	27.95	3.035	12	0.219	0.789
Diámetro base del tallo (cm)	-1.989E-15	1.044	12	0.567	0.112
Longitud de la hoja (cm)	41.53	2.893	12	0.687	0.054
Longitud radicular (cm)	37.48	0.088	12	0.445	0.234
Longitud del pseudotallo (cm)	37.70	5.734	12	0.456	0.218
Peso del pseudotallo (kg)	0.62	0.119	12	0.315	0.502
Peso total (kg)	1.31	0.165	12	0.377	0.350
Volumen (ml)	19.71	6.488	12	0.376	0.353

Esta Tabla 3 presenta los resultados del test de Anderson-Darling aplicado a las variables evaluadas en el modelamiento estadístico de la sinergia entre calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn). Los valores de p para todas las variables son mayores a 0.05, confirmando que los datos siguen una distribución normal, condición esencial para la validez de los análisis estadísticos posteriores.

Se realizó un análisis de los residuos de los datos transformados aplicados al modelo estadístico seleccionado para las variables altura de la planta y diámetro de la base del tallo (en el resto de las variables no fue necesario), dando como resultado que en la gráfica de probabilidad normal, los residuos estandarizados cumplen con normalidad al igual que el resto de variables, en vista de que el que el p-valor es >0.150 con una significancia del 5%, lo cual se corrobora mediante el histograma. En relación con la gráfica de residuos vs ajustes se tiene que los datos son homocedasticos; ya que, no tienen una forma establecida. Finalmente, en la gráfica de residuos vs orden, los datos están en forma aleatoria, demostrándose la existencia de independencia, que se puede observar en las Figuras 1 a 9.

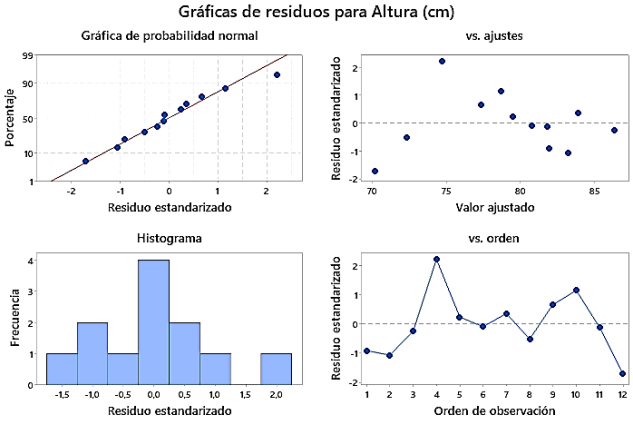


Figura 1. Gráficas de los residuos para Altura (cm), en la tabla se muestra:

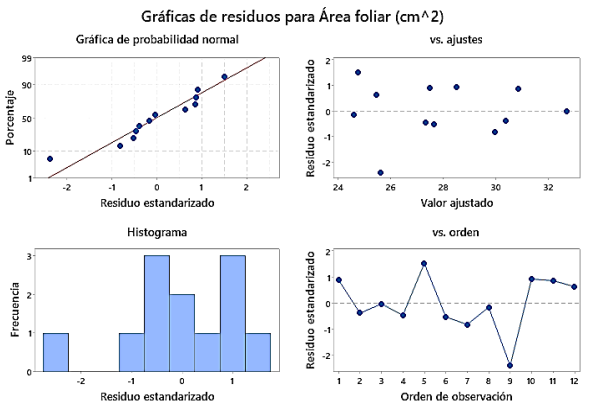


Figura 2. Gráficas de los residuos para Área foliar (cm^2), en la tabla se muestra:

gráfica de probabilidad normal (Q-Q plot); grafica de residuos estandarizados vs. ajustes (Homocedasticidad); Histograma de los residuos y; gráfica de los residuos estandarizados vs orden de observación (Independencia).

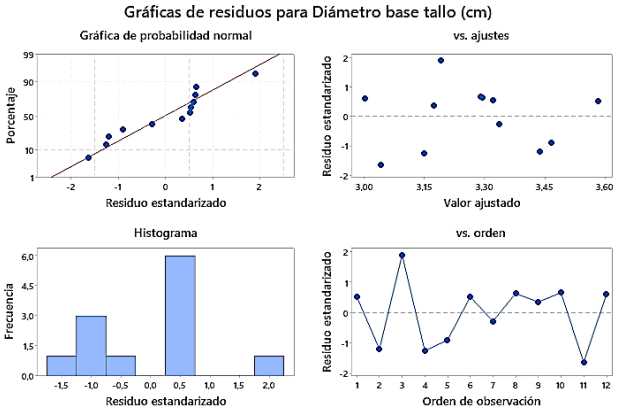


Figura 3. Gráficas de los residuos para Diámetro base del tallo (cm), en la tabla se muestra: gráfica de probabilidad normal (Q-Q plot); grafica de residuos estandarizados vs. ajustes (Homocedasticidad); Histograma de los residuos y; gráfica de los residuos estandarizados vs orden de observación (Independencia).

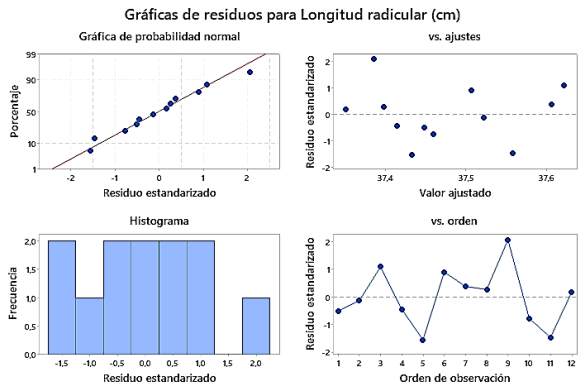


Figura 5. Gráficas de los residuos para Longitud radicular (cm), en la tabla se muestra: gráfica de probabilidad normal (Q-Q plot); grafica de residuos estandarizados vs. ajustes

gráfica de probabilidad normal (Q-Q plot); grafica de residuos estandarizados vs. ajustes (Homocedasticidad); Histograma de los residuos y; gráfica de los residuos estandarizados vs orden de observación (Independencia).

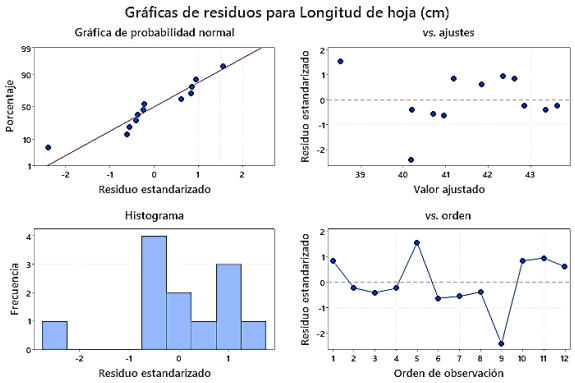


Figura 4. Gráficas de los residuos para longitud hoja (cm), en la tabla se muestra: gráfica de probabilidad normal (Q-Q plot); grafica de residuos estandarizados vs. ajustes (Homocedasticidad); Histograma de los residuos y; gráfica de los residuos estandarizados vs orden de observación (Independencia).

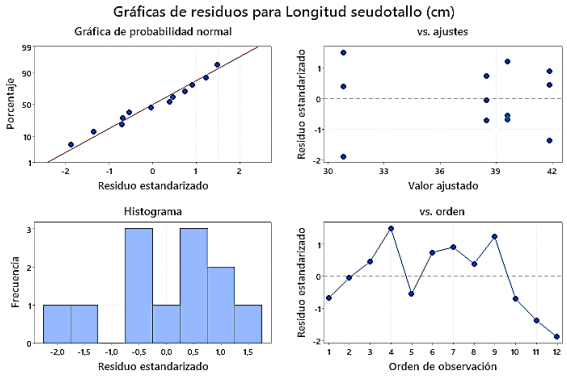


Figura 6. Gráficas de los residuos para Longitud pseudotallo (cm), en la tabla se muestra: gráfica de probabilidad normal (Q-Q plot); grafica de residuos estandarizados vs. ajustes (Homocedasticidad); Histograma

(Homocedasticidad); Histograma de los residuos y; gráfica de los residuos estandarizados vs orden de observación

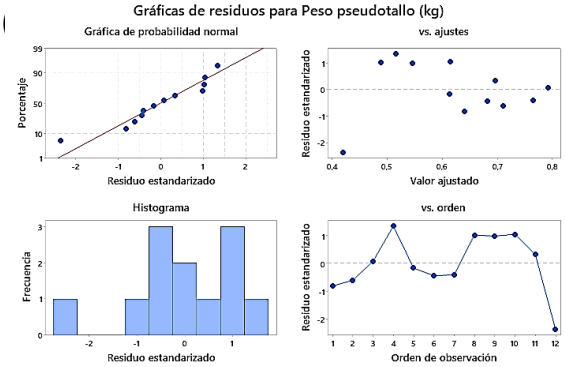


Figura 7. Gráficas de los residuos para Peso pseudotallo (kg), en la tabla se muestra: gráfica de probabilidad normal (Q-Q plot); grafica de residuos estandarizados vs. ajustes (Homocedasticidad); Histograma de los residuos y; gráfica de los residuos estandarizados vs orden de observación (Independencia).

de los residuos y; gráfica de los residuos estandarizados vs orden de observación

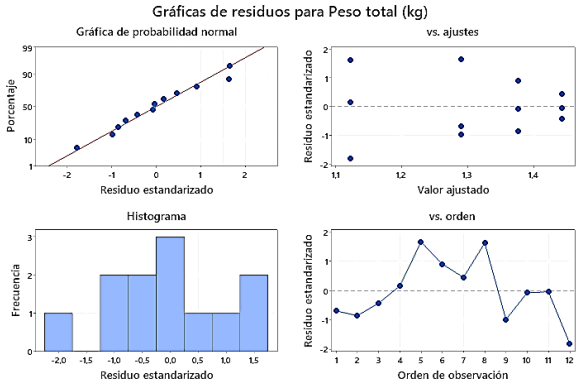


Figura 8. Gráficas de los residuos para Peso total (kg), en la tabla se muestra: gráfica de probabilidad normal (Q-Q plot); grafica de residuos estandarizados vs. ajustes (Homocedasticidad); Histograma de los residuos y; gráfica de los residuos estandarizados vs orden de observación (Independencia).

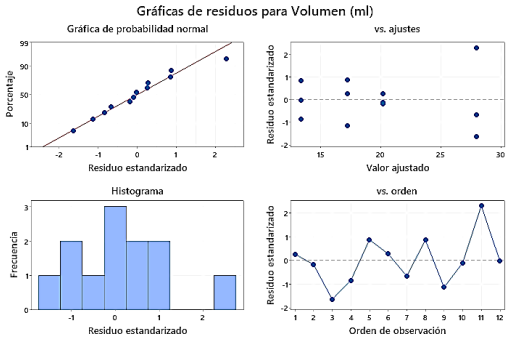


Figura 9. Gráficas de los residuos para Volumen (ml), en la tabla se muestra: gráfica de probabilidad normal (Q-Q plot); grafica de residuos estandarizados vs. ajustes (Homocedasticidad); Histograma de los residuos y; gráfica de los residuos

estandarizados vs orden de observación (Independencia).

Análisis de varianza

Mediante el análisis de varianza (ANOVA), se identificaron diferencias estadísticas significativas entre los grupos estudiados, como se detalla en la Tabla 4. Este análisis comparó las medias de los tratamientos considerando la variabilidad entre los grupos frente a la variabilidad dentro de ellos, minimizando el riesgo de error tipo I. Los resultados evidenciaron que al menos una de las medias difería significativamente, lo que llevó a confirmar la Hipótesis Alternativa (H1) y rechazar la Hipótesis Nula (H0). La aplicación del estadístico F permitió cuantificar la relación entre la varianza explicada por los tratamientos y la varianza atribuida al error aleatorio. Los valores de p obtenidos fueron menores al nivel de significancia predefinido, lo que valida la existencia de diferencias significativas. Este hallazgo subraya la efectividad del diseño experimental y la influencia de los tratamientos evaluados en las variables de respuesta, aportando evidencia estadística sólida para sustentar las conclusiones del estudio.

Tabla 4. Análisis de varianza para el modelamiento estadístico de la sinergia calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en la determinación postcosecha de la biometría de Allium fistulosm. L.

Variables	Fuente										
	SC Ajust.				MC Ajust.			F		P	
	Bloq.	Trat.	Err.	Tot.	Bloq.	Trat.	Err.	Bloq.	Trat.	Bloq.	Trat.
Altura de planta (cm)	41.010	214.940	33.410	289.360	20.506	71.647	5.568	3.68	12.87	0.090	0.005
Área foliar (cm^2)	15.500	59.160	26.670	101.330	7.749	19.720	4.445	1.74	4.44	0.253	0.057
Diámetro base del tallo (cm)	0.170	0.153	0.701	1.025	0.086	0.051	0.117	0.73	0.44	0.519	0.735
Longitud de la hoja (cm)	14.330	10.730	67.030	92.090	7.163	3.576	11.172	0.64	0.32	0.559	0.811
Longitud radicular (cm)	0.008	0.075	0.001	0.085	0.004	0.025	0.000	16.34	96.15	0.004	0.000
Longitud pseudotallo (cm)	35.520	207.360	118.780	361.660	17.76	69.120	19.800	0.90	3.49	3.490	0.090
Peso pseudotallo (kg)	0.019	0.123	0.015	0.157	0.009	0.040	0.003	3.73	15.87	0.089	0.003
Peso total (kg)	0.087	0.172	0.039	0.298	0.043	0.057	0.007	6.66	8.82	0.030	0.013
Volumen (ml)	21.140	343.990	97.970	463.110	10.570	114.660	16.330	0.65	7.02	0.556	0.022

Nota: *Los grados de libertad, en todos los casos son: Bloques2, tratamientos 3, error 6 y total 11.*

La Tabla 4 presenta los resultados del análisis de varianza para las variables evaluadas en el estudio postcosecha de Allium fistulosum L. Se analizaron fuentes de variación entre los bloques y tratamientos, destacándose los valores de F y p. Los valores de p inferiores a 0.05 indican

diferencias significativas en variables como altura de planta, peso total y volumen, lo que confirma que los tratamientos tienen un efecto notable en dichas características. Estos resultados validan la importancia de los micronutrientes evaluados en la biometría de la planta.

Prueba de tukey

Se observaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, por lo que se realizó una prueba de Tukey (Tukey's Honestly Significant Difference, HSD), un método post hoc aplicado inmediatamente después del análisis de varianza (ANOVA). Este procedimiento tuvo como objetivo identificar cuáles medias diferían significativamente entre sí, como se detalla en la Tabla 5. Para ello, se calculó la diferencia mínima significativa (HSD) considerando el tamaño de muestra, la variabilidad de los datos y el número de comparaciones realizadas. Cada comparación generó un valor de p, y cuando este valor fue menor al nivel de significancia establecido (0.05), se rechazó la hipótesis nula para ese par, indicando que las medias de esos grupos eran estadísticamente diferentes. La tabla de resultados presenta las posibles comparaciones entre pares de medias, junto con sus respectivos valores de p y las diferencias estadísticas observadas. Además, la prueba de Tukey incluyó intervalos de confianza que facilitaron la interpretación gráfica de las diferencias entre medias. Los grupos con valores de p menores a 0.05 se consideraron significativamente diferentes, mientras que aquellos con valores superiores no mostraron diferencias estadísticamente significativas. Este análisis permitió identificar con precisión los tratamientos que tuvieron efectos diferenciados, proporcionando una base sólida para interpretar los resultados y optimizar la aplicación de los nutrientes evaluados.

Tabla 5. Comparaciones por parejas de Tukey para los tratamientos del modelamiento estadístico de la sinergia calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en postcosecha de la biometría de Allium fistulosm. L.

Medias de las Variables	Tratamientos			
	t1: 2cc/L Ca, Bo, Zn	t2: 2.5 cc/L Ca, Bo, Zn	t3: 3.0 cc/L Ca, Bo, Zn	t4: 3.5 cc/L Ca, Bo, Zn
Altura de planta (cm)	79.60 a	80.90 a	84.00 a	72.45 b
Área foliar (cm^2)	25.96 a	28.85 a	31.17 a	25.81 a
Diámetro base del tallo (cm)	3.32 a	3.44 a	3.19 a	3.15 a
Longitud de la hoja (cm)	39.967 a	42.400 a	42.133 a	41.633 a
Longitud radicular (cm)	37.422 c	37.496 b	37.596 a	37.388 a
Longitud pseudotallo (cm)	39.633 a	38.500 a	41.867 a	30.817 a
Peso pseudotallo (kg)	0.600 b c	0.669 a b	0.751 a	0.475 c
Peso total (kg)	1.290 a b	1.377 a	1.443 a	1.123 b
Volumen (ml)	17.267 a b	20.220 a b	27.983 a	13.387 b

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

La Tabla 5 muestra los resultados de la prueba de Tukey aplicada tras el ANOVA para comparar las medias de las variables biométricas entre cuatro tratamientos con diferentes concentraciones de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn). Las letras asociadas a cada valor indican diferencias significativas: medias que no comparten la misma letra son estadísticamente diferentes. Por ejemplo, en la altura de planta, el tratamiento t3 (3.0 cc/L) mostró una diferencia significativa frente a t4 (3.5 cc/L). Este análisis permite identificar con precisión qué tratamientos generan los

mayores efectos en las variables evaluadas, ofreciendo información clave para optimizar la aplicación de nutrientes.

Optimización de respuesta

Se realizó una prueba de optimización de respuesta para las variables estudiadas, priorizando alcanzar valores máximos mediante un enfoque basado en valores iniciales inferiores y un techo objetivo, como se detalla en la Tabla 6 y la Figura 2. Antes de aplicar la solución, se validó el modelo lineal general evaluando su ajuste, significancia estadística y coeficiente de determinación (R^2), confirmando una buena adecuación de los datos al modelo. Los resultados óptimos dependieron del rango de factores evaluados, y se comprobó que las condiciones propuestas se encontraban dentro del rango experimental. La optimización indicó que la aplicación de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) por aspersión foliar generó respuestas óptimas en cada variable analizada. Los intervalos de confianza del 95% validaron que las respuestas estimadas están dentro de los límites definidos, y los gráficos evidenciaron una interacción positiva del fertilizante foliar, demostrando su impacto favorable en las variables respuesta.

Tabla 6. Optimización de respuestas para las variables estudiadas en función del efecto de la sinergia calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en postcosecha de Allium fistulosm. L.

Respuesta	Meta	Inferior	Objetivo	Solución	Ajuste	EE del ajuste	IC de 95%	IP de 95%
Altura de planta (cm)	Máximo	67,4	85,9	t3: 3.0 cc/L Ca, Bo, Zn	86.312	1,67	(82,23; 90,40)	(79,24; 93,38)
Área foliar (cm^2)	Máximo	22.08	32.65	t3: 3.0 cc/L Ca, Bo, Zn	32.700	1.49	(29.05; 36.35)	(26.38; 39.02)
Diámetro base del tallo (cm)	Máximo	2.65	3.71	t2: 2.5 cc/L Ca, Bo, Zn	3.583	0.242	(2.991; 4.174)	(2.558; 4.607)
Longitud de la hoja (cm)	Máximo	34.65	44.6	t2: 2.5 cc/L Ca, Bo, Zn	43.617	2.36	(37.83; 49.40)	(33.60; 53.63)
Longitud radicular (cm)	Máximo	37.353	37.634	t3: 3.0 cc/L Ca, Bo, Zn	37.621	0.001	(37.594; 37.649)	(37.573; 37,670)
Longitud pseudotallo (cm)	Máximo	24.100	45.100	t3: 3.0 cc/L Ca, Bo, Zn	43.200	3.150	(35.50; 50.90)	(29.87; 56.53)
Peso pseudotallo (kg)	Máximo	0.336	0.795	t3: 3.0 cc/L Ca, Bo, Zn	0.792	0.036	(0.705; 0.880)	(0.640; 0.094)
Peso total (kg)	Máximo	0.940	1.49	t3: 3.0 cc/L Ca, Bo, Zn	1.563	0.057	(1.4229; 1.7021)	(1.3206; 1.8044)
Volumen (ml)	Máximo	10.760	35.20	t3: 3.0 cc/L Ca, Bo, Zn	29.044	2.860	(22.05; 36.04)	(16.93; 41.15)

La Tabla 6 presenta los resultados de la optimización de respuestas de las variables biométricas estudiadas en función de la aplicación de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn). Se definieron metas máximas para cada variable, y las soluciones óptimas se obtuvieron dentro del rango experimental. Por ejemplo, la altura de planta alcanzó un valor óptimo de 86.31 cm con el

tratamiento t3 (3.0 cc/L Ca, B, Zn). Los intervalos de confianza al 95% (IC e IP) indican la precisión del modelo y validan la consistencia de los resultados. En general, el modelo lineal ajustado demostró que el efecto combinado de los nutrientes mejoró significativamente las variables estudiadas, respaldando su aplicación como estrategia eficiente en el manejo postcosecha de Allium fistulosum L.

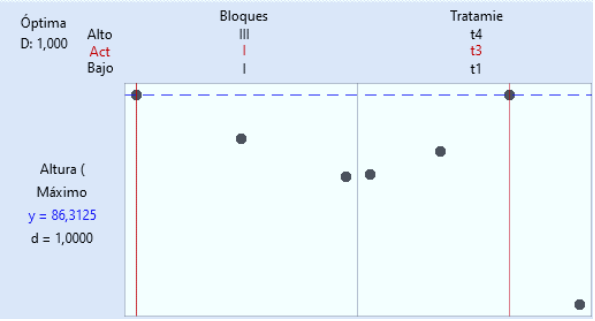


Figura 10. Gráfico de optimización de respuesta para la variable altura de planta en cm, mejor tratamiento t3: 3.0 cc/L Ca, Bo, Zn con 86.31 cm.

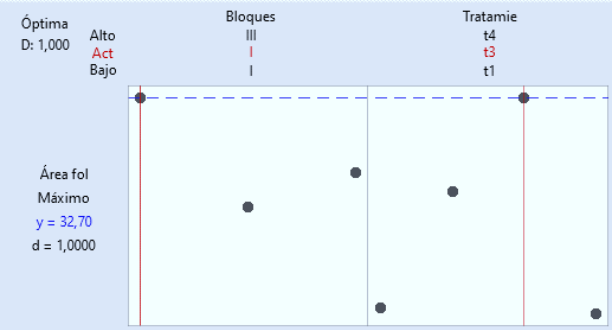


Figura 11. Gráfico de optimización de respuesta para la variable área foliar en cm^2, mejor tratamiento t3: 3.0 cc/L Ca, Bo, Zn con 32.70 cm^2.

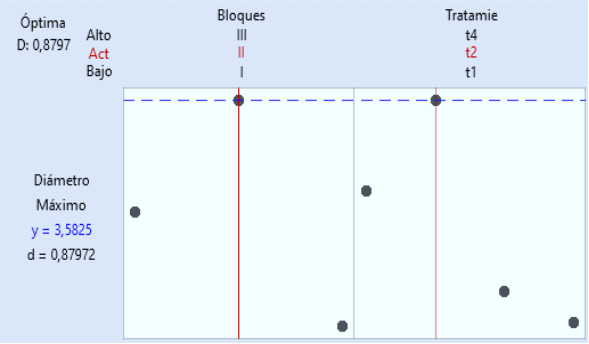


Figura 12. Gráfico de optimización de respuesta para la variable diámetro de la base del tallo en cm, mejor tratamiento t2: 2.5 cc/L Ca, Bo, Zn con 3.58 cm.

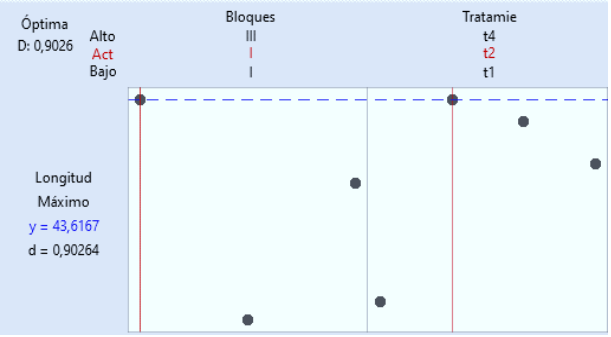
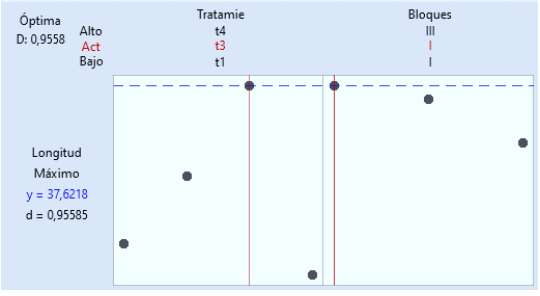


Figura 13. Gráfico de optimización de respuesta para la variable longitud de hoja en cm, mejor tratamiento t2: 2.5 cc/L Ca, Bo, Zn con 43.62 cm.



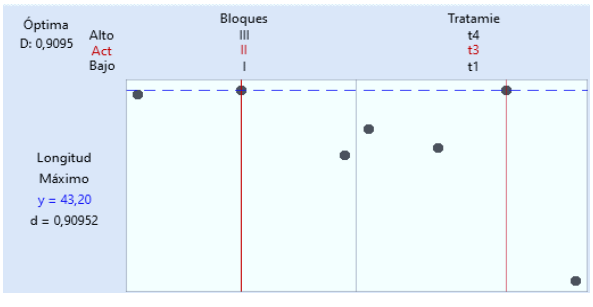


Figura 14. Gráfico de optimización de respuesta para la variable longitud radicular en cm, mejor tratamiento t3: 3.0 cc/L Ca, Bo, Zn con 37.62 cm.

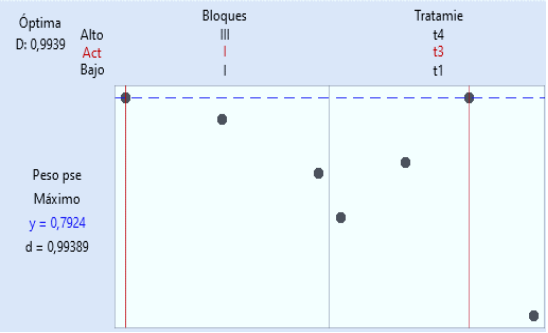


Figura 15. Gráfico de optimización de respuesta para la variable longitud del pseudotallo en cm, mejor tratamiento t3: 3.0 cc/L Ca, Bo, Zn con 42.20 cm.

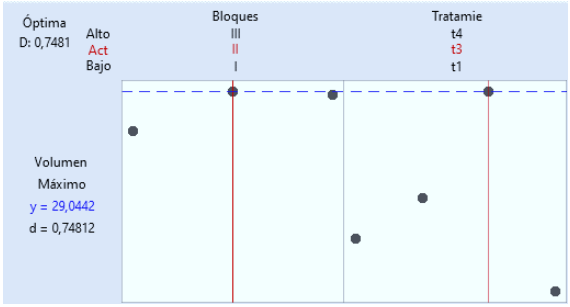


Figura 16. Gráfico de optimización de respuesta para la variable longitud del pseudo tallo en kg, mejor tratamiento t3: 3.0 cc/L Ca, Bo, Zn co

Figura 17. Gráfico de optimización de respuesta para la variable peso total del pseudotallo en kg, mejor tratamiento t3: , Zn con 1.56 kg.

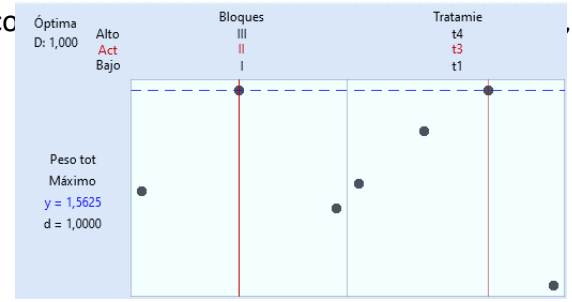


Figura 18. Gráfico de optimización de respuesta para la variable volumen en ml, mejor tratamiento t3: 3.0 cc/L Ca, Bo, Zn con 29.04 ml.

DISCUSIÓN

El estudio sobre el modelamiento estadístico en el cultivo de *Allium fistulosum* revela cómo la aplicación de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) impactó significativamente la biometría de la planta durante el periodo postcosecha, particularmente en variables como altura, diámetro del tallo, y peso total. Estos nutrientes influyen en múltiples procesos fisiológicos: el calcio fortalece las paredes celulares y optimiza la absorción de otros nutrientes, el boro facilita el transporte de azúcares y la síntesis de proteínas, y el zinc participa en la actividad enzimática esencial para el crecimiento y la resistencia a enfermedades (16).

Los resultados sugieren que la interacción sinérgica entre estos micronutrientes mejora la calidad postcosecha de la cebolla de rama, optimizando la formación de biomasa y contribuyendo a la firmeza y volumen del producto, aspectos clave para su comercialización. En estudios previos, se ha demostrado que el adecuado balance de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) es crucial para la salud estructural y metabólica de la planta (17).

El análisis estadístico permitió identificar las dosis óptimas de aplicación, lo cual es de gran utilidad para los agricultores de Huambaló, quienes enfrentan desafíos geográficos y climáticos particulares. Este estudio también destaca cómo el modelamiento estadístico es una herramienta eficaz para prever las respuestas de las plantas a la fertilización específica y para adaptar prácticas agrícolas a condiciones locales, promoviendo así una producción agrícola más sostenible y rentable (18).

La implementación de este tipo de análisis y recomendaciones de dosificación de micronutrientes no solo incrementa la productividad y calidad de la cebolla de rama en Huambaló, sino que también representa una estrategia de nutrición vegetal replicable en otras regiones con condiciones similares, contribuyendo al desarrollo agrícola regional y al fortalecimiento de la seguridad alimentaria (19)

La influencia de estos micronutrientes en la biometría de *Allium fistulosum* refleja cómo estos elementos participan en funciones fisiológicas esenciales para el desarrollo de las plantas. El calcio es fundamental en la estructura y función de las paredes celulares, donde contribuye a la estabilidad de la planta y a la resistencia al estrés mecánico y patógeno. Además, este elemento facilita la absorción de otros nutrientes al estabilizar las membranas celulares, lo que optimiza los procesos de absorción radicular (20).

Por su parte, el boro es esencial para el transporte de azúcares y la síntesis de proteínas, procesos críticos para la división y elongación celular, y es conocido por mejorar la formación de la pared celular. El zinc, otro micronutriente esencial, desempeña un papel en la síntesis de proteínas y en la actividad enzimática, apoyando la función de más de 300 enzimas que regulan el crecimiento, la resistencia a enfermedades y la síntesis de hormonas como el ácido indolacético, un importante regulador del crecimiento (21).

La interacción sinérgica entre calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en la cebolla de rama influye directamente en la formación de biomasa y en la calidad estructural del producto, aspectos clave para la comercialización. Estudios han demostrado que la combinación de estos nutrientes puede mejorar la firmeza y el volumen de los productos agrícolas, lo cual es esencial para su manipulación y durabilidad en el mercado. La calidad postcosecha también se beneficia de la resistencia celular conferida por el calcio y de la capacidad del boro y zinc para facilitar la absorción de agua y nutrientes en la fase de crecimiento activo, lo que resulta en productos de mayor calidad, peso y volumen, adecuados para el mercado y con mejor aceptación comercial. (22).

El modelamiento estadístico aplicado en este estudio permitió identificar dosis óptimas de aplicación de estos nutrientes, lo que es particularmente útil en contextos con limitaciones

geográficas y climáticas, como en Huambaló. Este enfoque es fundamental para que los agricultores puedan adaptar la fertilización a sus condiciones locales, maximizando la eficiencia de los recursos y minimizando el impacto ambiental. Estudios en agricultura de precisión destacan la importancia de usar herramientas estadísticas para predecir la respuesta de las plantas a fertilizantes específicos, contribuyendo a prácticas agrícolas sostenibles y adaptadas a las particularidades edafoclimáticas. Además, el modelamiento estadístico permite prever respuestas en biometría y calidad, ajustando la aplicación de nutrientes para lograr resultados consistentes y favorables (23).

La implementación de dosis precisas de micronutrientes no solo optimiza la producción de *Allium fistulosum* en Huambaló, sino que también representa un modelo replicable para otras regiones con condiciones similares. Al incrementar la calidad y productividad del cultivo, estas prácticas contribuyen a la seguridad alimentaria y al desarrollo agrícola local. Los estudios han demostrado que la fertilización eficiente y adaptada a las necesidades de cada cultivo en su contexto geográfico es esencial para mejorar la producción alimentaria y reducir la dependencia de insumos externos, fomentando la autosuficiencia agrícola y la sostenibilidad (24).

CONCLUSIONES

La aplicación combinada de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) mejoró significativamente la biometría postcosecha de Allium fistulosum, optimizando variables como altura, peso total y volumen. La dosis óptima de 3.0 cc/L fue identificada mediante modelamiento estadístico, demostrando su efectividad en maximizar el rendimiento y la calidad estructural del cultivo.

Los resultados evidenciaron una interacción sinérgica entre los micronutrientes, que fortaleció la resistencia celular, incrementó la biomasa y mejoró la durabilidad del producto. Este enfoque asegura una mayor adaptación del cultivo a condiciones locales, como las de Huambaló, contribuyendo al desarrollo de prácticas agrícolas más sostenibles.

Este estudio no solo valida la importancia de un manejo nutricional balanceado ajustado a las condiciones edafoclimáticas específicas, sino que también representa un modelo replicable en regiones similares, ofreciendo una herramienta práctica para aumentar la productividad agrícola, fortalecer la seguridad alimentaria y fomentar el desarrollo económico regional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. González, M., Ríos, D., Peña Rojas, K., García, E., Acevedo, M., Cartes, E., y Sánchez Olate, M. J. B. (2020). Efecto de la concentración de fósforo y calcio sobre atributos morfo-fisiológicos y potencial de crecimiento radical en plantas de Aextoxicon punctatum producidas a raíz cubierta en la etapa de endurecimiento. *41*(2), 137-146. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002020000200137
2. Horneck, D. J. I. a. (2004). Manejo de nutrientes en cebolla. https://acortar.link/7u3Jju

3. Pittaluga Rossi, A. M. (2018). Minerales en campo natural: variación estacional y por sitio geográfico del contenido de fósforo, cobre, manganeso, zinc, hierro y selenio. https://acortar.link/fdWBCV
4. Tonato Bombón, E. G. (2019). *Determinación de metales en cebolla de rama (Allium fistulosum L.), cultivada en suelos agrícolas cercanos al volcán Tungurahua* Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos …]. http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S1390-85962020000200114&script=sci_arttext
5. Angosto Sánchez, I. (2018). Didáctica de la nutrición vegetal: análisis de los principales manuales de fisiología vegetal y de las concepciones de los estudiantes del Máster Universitario en Formación del Profesorado de ESO y Bachillerato de la UCM. https://acortar.link/pF143I
6. Castillo-González, J., Ojeda-Barrios, D., Hernández-Rodríguez, A., González-Franco, A. C., Robles-Hernández, L., y López-Ochoa, G. R. J. I. (2018). Zinc metalloenzymes in plants. *43*(4), 242-248. https://www.redalyc.org/journal/339/33957240004/33957240004.pdf
7. Lutenberg, O. J. l. A. h. w. a. g. p. m. s. p. F. d. C. (2019). La Salinidad y su Influencia en suelos y plantas. *9*, 32. https://acortar.link/KwevMw
8. Lora, A. M. (2023). *Efecto de las propiedades del suelo, la materia orgánica y la actividad microbiana sobre la biodisponibilidad de zinc y otros micronutrientes y su interacción con el fósforo* Universidad de Sevilla]. https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=314613
9. Rodríguez-Robayo, K. J., Pulido-Blanco, V. C., Rojas Ramírez, D. A., y Martínez Camelo, F. E. J. A. J.-R. A. (2022). Buenas prácticas agrícolas y sostenibilidad del cultivo de cebolla de rama (Allium fistulosum L.) en la cuenca del lago de Tota (Boyacá, Colombia). *28*(54), 139-169. https://doi.org/10.22004/ag.econ.324652
10. Dueñas, R. R. V. J. R. N. (2019). Importancia del empaque para la comercialización de la cebolla en rama (allium fistulosum) en Boyacá. *5*, 20-37. https://doi.org/https://doi.org/10.23850/25004476.2750
11. Pacheco Bejarano, I. (2013). Curva de absorción de nutrimentos en cebolla Allium cepa cv. Aquarius y ajo Allium sativum cv. Criollo. https://acortar.link/cGjXzT
12. Rivera, E., Sánchez, M., y Domínguez, H. J. R. d. i. c. (2018). pH como factor de crecimiento en plantas. *4*, 101-105. https://acortar.link/ywT6Yw
13. Pérez, L. C. J. D. d. l. c. e. y. s. (2019). Concepciones sobre nutrición vegetal y relaciones tróficas en función del bagaje educativo: implicaciones para el futuro profesorado. (37), 89-106. https://doi.org/DOI: 10.7203/DCES.37.13285
14. Trujillo Melchor, J. (2022). Absorción de nutrientes en las plantas, y métodos de aplicación de fertilizantes comerciales; zinc (Zn), cobre (Cu) y fierro (Fe). https://www.sidalc.net/search/Record/KOHA-OAI-UAAAN:67519/Description
15. Vinocunga Chicaiza, M. F. (2023). *Evaluación del comportamiento de la cebolla de rama (allium fistulosum L.) en tres calibres y la desinfección con agua ozonificada con tres dosis en la poscosecha del campus Salache 2022-2023* Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)]. https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/f95fa6a4-9c29-41aa-9e4c-18b8b7c9021a/content
16. Baran, E. J. J. A. N. d. C. E., Físicas y Naturales. Serie: Publicaciones científicas. (2021). Metaloenzimas de Plantas. (17). https://ancefn.org.ar/user/FILES/Academia/Metaloenzimas%20de%20plantas.pdf
17. Mora Cerezo, B. J. (2019). *El boro como elemento multifuncional en cultivos de ciclo corto* BABAHOYO; UTB, 2019]. https://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/6686
18. Barros, J. (2020). Fertilidade do solo e Nutrição das plantas. https://acortar.link/IC1mMk
19. Huertas Carranza, B., Martínez Lemus, E. P., Hío, J. C., Galindo Pacheco, J. R., Pérez Parra, M. A., Vargas Díaz, R. E., y Polo Murcia, S. M. (2020). Cebolla de rama (Allium fistulosum L.): Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca. In: Universidad Nacional de Colombia-UNAL. http://hdl.handle.net/20.500.12324/36816

20. Bautista Peña, J. R. (2020). La cebolla de rama (Allium fistulosum L.) como alternativa de diversificación de cultivos en el corregimiento de La Granja, municipio de Sucre Santander. https://acortar.link/SNAQWB
21. Gutierrez Vilchez, P. P. (2018). Biofortificación agronómica del cultivo de papa mediante aplicación foliar y edáfica de Zinc y su interacción cn Cadmio. https://hdl.handle.net/20.500.12996/3769
22. Briceño, J., Tonato, E., Silva, M., Paredes, M., y Armado, A. J. L. G. R. d. C. d. l. V. (2020). Evaluación del contenido de metales en suelos y tejidos comestibles de Allium fistulosum L. cultivado en zonas cercanas al volcán Tungurahua. *32*(2), 114-126. https://doi.org/https://doi.org/10.17163/lgr.n32.2020.09
23. Freire Freire, K. E. (2019). *Evaluación de un residuo líquido orgánico obtenido de un biodigestor en el rendimiento del cultivo de cebolla de rama (Allium fistulosum Linnaeus)* https://acortar.link/VdTXG5
24. González, M., Ríos, D., Peña Rojas, K., García, E., Acevedo, M., Cartes, E., y Sánchez Olate, M. J. B. (2020). Efecto de la concentración de fósforo y calcio sobre atributos morfo-fisiológicos y potencial de crecimiento radical en plantas de Aextoxicon punctatum producidas a raíz cubierta en la etapa de endurecimiento. *41*(2), 137-146. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002020000200137

InvestiGO
Revista Científica Multidisciplinaria

Diciembre 2024
ISSN 2953-6367
Vol. 5, No.13, PP.260-268
http://revistainvestigo.com
https://doi.org/10.56519/n1kzym60

FLUORURO EN EL AGUA DE SUMINISTRO Y SU INCIDENCIA EN LA ALTERACIÓN DEL ESMALTE DENTAL

FLUORIDE IN THE WATER SUPPLY AND ITS IMPACT ON THE ALTERATION OF DENTAL ENAMEL

Marco Pino Vallejo[1], Ericka Sánchez[2]

{marcopinovallejo@hotmail.com[1], esanchez@istra.edu.ec[2]}

Fecha de recepción: 4/10/2024/ Fecha de aceptación: 30/11/2024 / Fecha de publicación: 2/12/2024

RESUMEN: En el cantón Guamote (Provincia de Chimborazo-Ecuador 1°56'00" S - 78°43'00" O - 3500 m.s.n.m.), se observa en la población infantil de manera generalizada desgaste marcado y manchas marrones en la superficie del esmalte de los dientes, anomalía conocida clínicamente como fluororsis dental. La parroquia urbana (Guamote, cabecera cantonal), y las parroquias rurales (Cebadas y Palmira, conformadas por comunidades indígenas), se consume agua proveniente de fuentes subterráneas. El tratamiento para potabilizar el agua tiene dos fases filtración y desinfección. La investigación pretende determinar si el consumo de agua incide en la fluorosis dental. Se tomaron de manera aleatoria muestras del agua potable del área urbana del cantón Guamote. Los resultados del análisis fisicoquímico, determinó que existe 2.70 miligramos de fluoruros por litro. La Organización Mundial para la Salud establece 1.20 mg.L^{-1} como máxima concentración para fluoruros, mientras que la norma ecuatoriana NTE INEN regula el límite en 1.50 mg.L^{-1}. Se determinó que el agua que consume la población de Guamote contiene en promedio un exceso aproximadamente del 80% de fluoruros respecto al límite permisible. Para el análisis clínico dental se aplicó el Índice de Dean a 70 estudiantes de entre 6 y 10 años de la Unidad Educativa José María Velasco Ibarra acantonada en la parroquia urbana de Guamote, determinándose que el 97.14% de población examinada padece fluorosis dental muy leve (grado 2), leve (grado 3) y moderada (grado 4).

Palabras clave: Fluor, fluorosis dental, índice de Deam, partículas minerales

ABSTRACT: In the canton of Guamote (Province of Chimborazo-Ecuador 1°56'00" S - 78°43'00" W - 3500 m.a.s.l.), marked wear and brown stains on the enamel surface of the teeth, an anomaly clinically known as dental fluorosis, are widely observed in the child population. The urban parish (Guamote, cantonal capital) and the rural parishes (Cebadas and

[1]Docente de la Carrera de Gestión Ambiental, Instituto Superior Tecnológico República Federal de Alemania - Ecuador, https://orcid.org/0000-0003-0611-9339, +5930997472676.
[2]Tecnóloga en Salubridad y Medio Ambiente, Instituto Superior Tecnológico República Federal de Alemania, Ecuador, https://orcid.org/0009-0007-2929-884X; +5930983196665.

Palmira, made up of indigenous communities) consume water from subway sources. The treatment to make the water potable has two phases: filtration and disinfection. The research aims to determine whether water consumption has an impact on dental fluorosis. Drinking water samples were taken randomly from the urban area of the Guamote canton. The results of the physical-chemical analysis determined that there are 2.70 milligrams of fluorides per liter. The World Health Organization establishes 1.20 mg.L-1 as the maximum concentration for fluorides, while Ecuador's NTE INEN standard sets the limit at 1.50 mg.L-1. It was determined that the water consumed by the population of Guamote contains an average excess of approximately 80% of fluorides with respect to the permissible limit. For the clinical dental analysis, the Dean Index was applied to 70 students between 6 and 10 years of age from the José María Velasco Ibarra Educational Unit located in the urban parish of Guamote, determining that 97.14% of the examined population suffers from very mild (grade 2), mild (grade 3) and mild (grade 4) dental fluorosis.

Keywords: Fluorine, dental fluorosis, Deam index, mineral particles

INTRODUCCIÓN

El flúor (F), es un elemento químico reconocido en la tabla periódica de elementos como halógeno y al combinarse con otros elementos puede formar sales (1). En el subsuelo, el fluor se puede encontrar presente en minerales como la sellaíta, fluorita, criolita y fluorapatita (2), la fuerza iónica del flúor se activa cuando estos minerales tienen contacto con el agua subterráneas y debido a su alta solubilidad y electronegatividad se forma el anión fluoruro (F^-) por intemperismo químico (3),(4). Se conoce que existen altas concentración de fluoruros en recursos hídricos localizados en zonas montañosas (5). En Ecuador el 77.55% del agua subterránea es captada para el consumo humano, el 8.90% se utiliza para el riego agrícola, el 6.51% sirve para abrevaderos y el 4.80% para la industria (6).

El flúor ingresa al cuerpo humano, a través del sistema digestivo, donde es absorbido y se distribuye en el organismo, especialmente en los huesos y dientes, posteriormente, es excretado por medio de la orina (7). Las concentraciones de flúor en el agua de consumo, representa un riesgo para la salud cuando este valor sobrepasa 1.20 $mg.L^{-1}$ (8). En Ecuador la norma técnica establece como límite máximo permisible 1.50 $mg.L^{-1}$ (9).

La Organización Mundial de la Salud, en conjunto con el Ministerio de Salud Pública del Ecuador, realizó en el año 1996 un estudio para conocer la presencia de flúor en el agua procedente de los páramos de la cordillera de los andes, identificándose altas concentraciones de fluoruros en el agua en: 1) Cantón Riobamba [Parroquias: Cubijíes y Licto]; 2) Cantón Guano [Parroquia: San Gerardo], y 3) Cantón Guamote [Parroquia: Matriz] (10).

El cantón Guamote (Latitud: -1.934783; Longitud: -78.711372), se encuentra ubicado en la región interandina del Ecuador-Provincia de Chimborazo, su población es de 45.153 habitantes, el 5.86% (2648 hab.), ocupan el área urbana [parroquia Guamote, cabecera cantonal] y el 94.14% (42505 hab.) se encuentran en el área rural [parroquias Cebadas y Palmira, conformadas por comunidades indígenas] (11). El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de

Guamote y las Juntas de Agua son las responsables de suministrar agua a la población que es captada de vertientes subterráneas. En las comunidades de Guamote el agua era consumida sin ningún previo tratamiento pero en la actualidad pasan por un proceso de sedimentación y cloración (12), en la cabecera cantonal el proceso de tratamiento consiste en filtrado (grava y arena) y cloración por arrastre (13).

En la población rural de Guamote, se observa que los dientes de las niñas y niños tienen hendiduras tipo estrías, coloración marrón o falta de brillo que podría tener relación con el agua que consumen. La fluorosis dental, es una anomalía que se refleja con la aparición de manchas o decoloraciones en la superficie dental (14), se origina cuando los dientes están expuestos a niveles excesivos de fluoruro durante la etapa de formación y desarrollo (15), inicialmente se presenta con manchas opacas en el esmalte de los dientes, afectando negativamente su aspecto estético (16). La coloración anómala en los dientes permanentes puede variar debido a la sensibilidad individual, a la cantidad y al tiempo que han estado expuesta la persona a niveles representativos a los fluoruros (17).

La observación clínica directa es el método aplicado para identificar si existen cambios de coloración del esmalte y determinar si la persona padece de fluorosis dental (18). El índice de Dean es el método más utilizado por los odontólogos para evaluar anomalías dentales relacionadas con la fluorosis en comunidades (19)(20).

El Índice de Dean modificado, se obtiene mediante el examen de las caras vestibulares de las piezas dentales 11,12, 13, 21, 22 y 23, y se utiliza una escala numérica que va del 0 al 4, es así que 0=normal; 1=muy leve (<1/ 3); 2=leve (=2/3); 3=moderado (>2/3); y, 4=severo (la superficie dentaria está muy afectada, el diente se presenta corroído) (21)(22)(23).

Los grados de afectación del esmalte dental y sus características se identifican bajo los siguientes criterios: Grado 0 (Normal): dientes sanos, Grado 1 (Muy leve): Pequeñas zonas opacas de color blanco distribuidas irregularmente por el diente, cubriendo menos del 25% de la superficie dental, Grado 2 (Leve): zonas opacas blancas que abarcan menos del 50% de la superficie dental, Grado 3 (Moderado): las superficies del esmalte de los dientes presentan un desgaste marcado y manchas marrones; y, Grado 4 (Severo): representa el grado más afectado de fluorosis dental, donde la hipoplasia del esmalte es muy marcada y afecta de forma general al diente presentando fosas discontinuas o confluyentes, manchas marrones extensas (24).

Por lo expuesto, la investigación está orientada a determinar la calidad del agua de suministro en Guamote y el grado de fluorosis dental en la población infantil de las comunidades del cantón Guamote.

MÉTODOS Y MATERIALES

La investigación tiene dos momentos de análisis el primero es la caracterización del agua potable de la parroquia Matriz del cantón Guamote mediante un análisis químico de laboratorio (método cuantitativo); y el segundo la identificación del grado de afectación de fluorosis dental

en las niñas y los niños de entre 6 y 10 años de edad utilizando el índice de Dean (método cualitativo).

Calidad del agua de suministro de la parroquia Matriz del cantón Guamote: En el cantón Guamote, el agua para el sector urbano se la obtiene de cinco fuentes subterráneas: Ambato Pogio, Chipo Chico, Chacaza Santa Rosa, Totorillas y Chacaza Matiapanga (25), estas fuentes conforman un caudal total de 28.20 $L.s^{-1}$, que se conducen a tanques de recepción, filtración y desinfección para posteriormente abastecer a la población del líquido vital a través de las 3 redes de distribución (26). Para determinar la calidad del agua de suministro se tomaron muestras compuestas que fueron enviadas al laboratorio del grupo de investigación para la sostenibilidad de ciencias hidrográficas (GISOCH), para el respectivo análisis físico-químico.

Identificación de fluorosis dental: Considerando que la fluorosis dental se produce en la etapa de formación de los dientes, se realizó un muestreo intencional en 70 estudiantes (33 hombres y 37 mujeres) en edades comprendidas de 6 a 10 años de edad de tercer, cuarto y quinto año de educación general básica de la Unidad Educativa José María Velasco Ibarra, ubicada en la parroquia Matriz del cantón Guamote. Previo al chequeo dental se llenó una ficha de datos a cada estudiante para conocer el lugar de procedencia (Tabla 1).

Tabla 1. Procedencia de los estudiantes

Domicilio de estudiantes	No. de estudiantes	%
*Matriz	19	27.14
**La Victoria	2	2.86
**San Antonio	1	1.43
**Marianitas	3	4.29
**Chacaso Alto	3	4.29
**Santa Cruz	4	5.71
**San Juan	1	1.43
**Palmira	1	1.43
**Jatumpamba	5	7.14
**San Francisco	1	1.43
**Santa Ana	1	1.43
**Capulispungo	2	2.86
**San Pedro	6	8.58
**Sablog San José	5	7.14
**Santa Teresita	1	1.43
**San Carlos	1	1.43
**Sacaguan	1	1.43
**San Lorenzo	1	1.43
**Chipo	1	1.43
**Mercedes Cadena	2	2.86
**Tomaloma	1	1.43
**La Concepción	3	4.29
**Santa Lucía	5	7.14
Total	**70**	**100**

* Área urbana (parroquia matriz) ** Área rural (comunidades)

El 72.86% de estudiantes proceden de comunidades y el 27.14% residen en la parroquia Matriz del cantón Guamote.

RESULTADOS

Análisis de la calidad del agua de suministro: La toma de muestras se realizó durante 7 días en distintas acometidas domiciliarias de la parroquia Matriz del cantón Guamote.

Tabla 2. Resultados del análisis químico del agua potable de Guamote, 2022

Parámetro	**Concentración promedio** $mg.L^{-1}$	**LMP** $mg.L^{-1}$
Fluoruros	2.71	1.50

LMP: Límite Máximo Permisible - NTE INEN 1108-2014

En la tabla 2, se expone los resultados de laboratorio que establecen que un litro de agua contiene un exceso de 1.21 $mg.L^{-1}$ de fluoruros, respecto al límite permisible establecido en la norma ecuatoriana del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).

Determinación del grado de fluorosis: Para identificar si exiten casos de fluorosis dental se realizó un examen clínico mediante el índice de Deam (Figura 1):

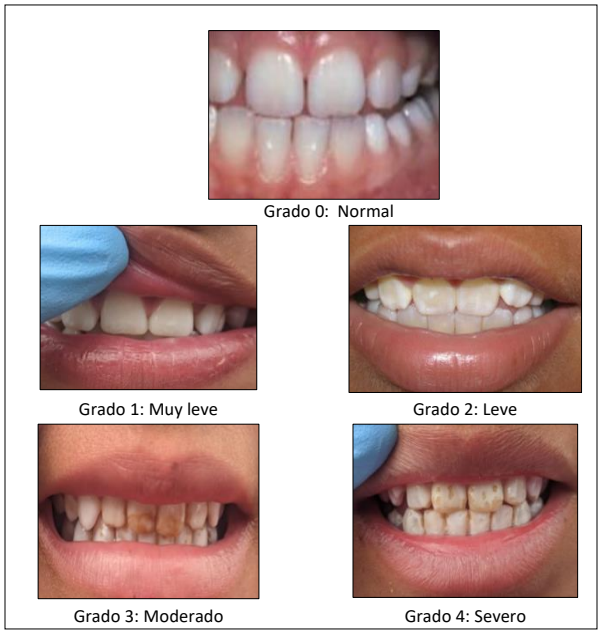


Figura 1. Grado de fluorosis dental encontrada en la población de estudio

Como se ilustra en la figura 1, la fluorosis afecta de manera significativa el esmalte dental. La anomalía no altera la parte estética, a largo plazo existe mayor predisposición a la caries y la estabilidad de las piezas dentales.

Tabla 3. Grado de fluorosis dental

Grado	Criterio	Estudiantes	%
0	Normal	2	2.86
1	Muy Leve	24	34.29
2	Leve	29	41.42
3	Moderada	13	18.57
4	Severa	2	2.86
	Total	**70**	**100**

Los datos en la tabla 4, indican que el 94.14% de la población de estudio presentan fluorosis dental entre muy leve y severa.

Los grados de fluorosis dental 2,3 y 4 observados en las niñas y niños, permiten considerar que existe relación entre esta anomalía dental y las concentraciones de fluoruro contenido en el agua potable.

DISCUSIÓN

El agua para consumo humano debe cumplir con estándares físicos como color, turbidez y temperatura. Respecto a los parámetros químicos las concentraciones de minerales deben permanecer en los rangos establecidos para prevenir patologías en ser humano (15).

En la investigación la aplicación del índice de Deam como método clínico proporcionó información relevante sobre la prevalencia de fluororsis en las y los estudiantes de entre 6 y 10 años de edad de la Unidad Educativa José María Velasco Ibarra de la ciudad de Guamote. En el estudio de fluorosis dental realizado en el año 2014 a una población compuesta por 264 niños y niñas de los cuartos, quintos, sextos y séptimos años de Educación General Básica de la Escuela Fiscal Mixta Laura Carbo de Ayora del cantón Guamote, se identificó en 138 estudiantes tres tipos de fluorosis: Leve 23%, Moderada 14% y Severa 15%, es decir 52% de los pacientes padecían de problemas de fluorosis dental, anomalía que guarda relación con las características químicas del agua que se consume en la cabecera parroquial del Cantón Guamote, identificándose concentraciones de flúor que alcanzan los 1.86 mg/L^{-1}, valor que sobrepasa los límites permitidos (27).

La incidencia de fluorosis dental, puede estar asociada con los niveles de flúor presentes en el agua de suministro evidenciándose hipomineralización dental (10). La fluorosis dental de grado 5, considerada severa, indica que la alta concentración de flúor disponible en el agua ralentiza la inhibición de los cristales de apatita, afectando la maduración y calcificación del esmalte, provoca porosidad y también hace que el esmalte sea muy quebradizo (28).

Se debe señalar que la fluorosis dental no ocurre únicamente al formarse los dientes, estudios clínicos demuestra que cuando la madre ingiere concentraciones altas de flúor durante períodos muy prolongados de su embarazo se pueden producir alteraciones del esmalte dental temporal que se conoce como fluorosis dental endémica en dientes primarios, la que se puede dar sólo en grados leves o muy leves de severidad (29), (30).

CONCLUSIONES

El agua de suministro del cantón Guamote contiene una concentración de fluoruros promedio de 2.71 $mg.L^{-1}$ que sobrepasa con el 80.67% el límite permisible establecido por la norma ecuatoriana.

El 97.14% de los estudiantes examinados de entre 6 y 10 años de edad de la Unidad Educativa José María Velasco Ibarra, tienen fluorosis dental de grado 2 (muy leve), grado 3 (leve), grado 4 (moderada) y grado 5 (severo).

El estudio determina exceso en las concentraciones de fluoruros en el agua que se suministra en la cabecera cantonal de Guamote, pero se debe considerar que el 72.86% de estudiantes examinados proceden de las parroquias rurales por lo tanto existe incertidumbre sobre la calidad de agua que consumen las comunidades pertenecientes a Cebadas y Palmira.

REFERENCIAS

1. Martínez-Herrera E, Agudelo A, Viñas Y, Duque L, Tobón M. Alcances y limitaciones del flúor dentro de la política pública en salud bucal en Colombia. Rev. Gerenc. Polit. Salud, 2007; 6 (13): 34-44.
2. Asqui, R. (2018). *Estudio de dos sitemas de remoción de fluoruros para su aplicación en zonas andinas: Alúmina activada y bentonina modificada.* [Tesis de grado, Escuela Poltécnica Nacional]. https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19217
3. Huízar, R; Carrillo, J y Juárez, F (2015). Fluoruro en el agua subterránea: niveles, origen y control natural en la región de Tenextepango, Morelos, México. Rev. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAMISSN 0188-4611, núm. 90, 2016, pp. 40-58, dx.doi.org/10.14350/rig.47374 https://www.investigacionesgeograficas.unam.mx/index.php/rig/article/view/47374/46985
4. Jiménez-Zabala, A; Santa-Marina, L; Otazua, M, Ayerdi, M; Galarza, A, Gallastegi, M; Ulibarrena, E; Molinuevo, A; Anabitarte, A y Ibarluzea, J. (2018). Ingesta de flúor a través del consumo de agua de abastecimiento público en la cohorte INMA-Gipuzkoa. *Gaceta Sanitaria*, *32*(5), 418-424. Epub 07 de diciembre de 2020. https://dx.doi.org/10.1016/j.gaceta.2017.02.008
5. Dhar, V. and Bhatnagar, M. (2009) Physiology and Toxicity of Fluoride. Indian Journal of Dental Research, 20, 350-355. http://dx.doi.org/10.4103/0970-9290.57379
6. SENAGUA. (2017). Boletín de la Estadística sectorial del Agua. Quito, Ecuador. Retrieved from https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2018/02/Boletin-Estadistico-ARCA-SENAGUA_08feb.compressed-2.pdf
7. Lara, C. (2018). *Índice de fluorosis dental y factores asociados en los nilos de la Unidad Educativa "Andoas del Socorro" Parroquia Cubijíes, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo, periodo 2015-2016.* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Chimborazo]. http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/3498/1/UNACH-EC-FCS-ODT-2017-0015.pdf

8. Organización Mundial de la Salud - OMS. (2012). Abastecimiento de agua y monitoreo del saneamiento. Informe 2012. https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/91344/9789243503363_spa.pdf;jsessionid=588083549B36DD99D6340F5C848E2EED?sequence=1
9. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2020. (2014). Agua potable requisitos. Quita versión. Quito-Ecuador.
10. Yautibug Balla E, Cruz Gallegos A, Armas Vega A. (2017). Flúor en el agua de consumo y otros factores asociados con la prevalencia de fluorosis en niños de 10 a 12 años del cantón Colta, provincia Chimborazo. KIRU. 2017; 14(2):149 – 156. doi: org/10.24265/kiru.2017.v14n2.7
11. Instituto Nacional de Estadística y Censos – INEC. (2022). Censo poblacional. Quito-Ecuador.
12. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo – PNUD. (2022). Acceso a agua segura para las comunidades indígenas de Guamote. https://www.undp.org/es/ecuador/blog/acceso-agua-segura-para-las-comunidades-indigenas-de-guamote
13. Quito, C. (2013). Identificación del mal funcionamiento y rediseño del sistema de potabilización y desinfección de agua potable regional los Galtes parroquia matriz, del cantón guamote provincia de Chimborazo. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Chimborazo]. http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/525/1/UNACH-EC-IC-2013-0009.pdf
14. Salgado, T. (2019). *Acciones odontológicas según grados de fluorosis dental presente en escolares. Cajabamba, 2019.* [Archivo PDF]. http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/6055/1/ACCIONES%20ODONTOL%C3%93GICAS%20SEG%C3%9AN%20GRADOS%20DE%20FLUOROSIS%20DENTAL%20PRESENTE%20EN%20ESCOLARES.%20CAJABAMBA%2C%202019..pdf
15. Charco, D. (2017). *Fluorosis dental en estudiantes de 12 años: estudio comparativo entre la zona rural y urbana del cantón Riobamba provincia de Chimborazo.* [Tesis de grado, Universidad Central del Ecuador]. http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/9423
16. Ruiz, M. (2020). *Prevalencia de fluorosis dental en estudiantes de la escuela secundaria Ricardo Flores Magón, del Municipio de Jala*. [Archivo PDF]. https://www.medigraphic.com/pdfs/tame/tam-2020/tam2025b.pdf
17. Aguirre, J. (2013). Calidad del agua y su relación con las patologías en la cavidad oral de los niños de 8 a 12 años, en la escuela fiscal mixta Laura Carbo Ayora de la provincia de Chimborazo, cantón Guamote, durante el periodo mayo-octubre 2013. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Chimborazo] http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/188
18. Orellana, M. (2019). Fluorosis dental: ¿Un problema estético y sitémico?. Dental fluorosis: An Aesthetic or Systemic Problem, [Archivo PDF]. https://www.researchgate.net/profile/Jose-Eduardo-Centeno/publication/334558156_Fluorosis_dental_Un_Problema_Estetico_o_Sistemico_Dental_Fluorosis_An_Aesthetic_or_Systemic_Problem/links/5d312e9e92851cf4409019bc/Fluorosis-dental-Un-Problema-Estetico-o-Sistemico-Dental-Fluorosis-An-Aesthetic-or-Systemic-Problem.pdf
19. Masabanda, J. (2020). Prevalencia de fluorosis en menores de 4 a 15 años de la parroquia

Guangaje según índice de Dean y su asociación con el nivel de flúor presente en el agua de consumo. [Tesis de grado, Universidad Central del Ecuador]. http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/20395

20. Álvarez, S. (2021). "Fluorosis Dental En Escolares Del Municipio de Santa Rosa de Lima, La Unión." Masferrer Investiga Revista de la Universidad Salvadoreña Alberto Masferrer, 3: 26-41.
21. Dean, H.T., 1934. Classification of mottled enamel diagnosis. J. Amer. Dental Assoc., 21, 1421-1426
22. WHO, 1997. Oral Health Survey. Basics Methods. 4th ed. World Health Organization, Geneva, Suisia, 93 pp. Descargado de http://new.paho.org/hq/dmdocuments/2009/OHstEsurv.pdf el 15 mayo2012
23. Harris, N.O., García-Godoy, F., 2005. Odontología preventiva primaria. 6a edición en inglés, 2ªedición español. Editorial Manual Moderno, México, p. 144-145 y 147-150.
24. Vilcarino, V. (2023). Grado de fluorosis dental según el índice de Dean en niños de 3-5 años de la I.E.I N° 539 Las Delicias Paramonga-2022. [Tesis de grado, Universidad Alas Peruanas]. https://repositorio.uap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12990/11606/Tesis_Grado%20de%20fluorosis%20dental_Seg%c3%ban%20el%20%c3%adndice%20de%20Dean%20en%20ni%c3%b1os%20de%203-5%20a%c3%b1os_I.E.I%20N%c2%b0%20539%20Las%20Delicias%20Paramonga-2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y
25. Moreno, E. (2023). *"Estudio del comportamiento de consumo horario residencial de agua potable en el cantón Guamote".* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Chimborzo]. http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/11371
26. Zúñiga, M. (2022). *Mejora de funcionamiento de un sistema de agua potable mediante gestión y modelación matemática de un sistema rural andino.* [Archivo PDF] http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/9053/3/Salazar%20Cristian%20Tesis%20%282%29.pdf
27. Aguirre, J. (2014). *"Calidad del agua y su relación con las patologías En la cavidad oral de los niños de 8 a 12 años, en la Escuela fiscal mixta laura carbo de ayora de la provincia de Chimborazo, cantón Guamote, durante el período de mayo - octubre 2013"*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Chimborzo]. http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/188/1/UNACH-EC-ODONT-2014-0012.pdf.pdf
28. Sosa Rosales, Maritza de la Caridad. (2003). Evolución de la fluoruración como medida para prevenir la caries dental. *Revista Cubana de Salud Pública*, *29*(3), 268-274. Recuperado en 27 de agosto de 2024, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662003000300011&lng=es&tlng=es
29. Boivin, G., & Cournot, G. (2002). Manifestaciones óseas y articulares de las intoxicaciones metálicas y metaloideas. *EMC-Aparato Locomotor*, *35*(1), 1-9. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1286935X02722508
30. Mar Cornelio, O., Santana Ching, I., & Gulín Gonzales, J. (2019). Algoritmo para determinar y eliminar nodos neutrales en Mapa Cognitivo Neutrosófico. *Neutrosophics Computing and Machine Learning*, 8(4). https://fs.unm.edu/NCML/AlgoritmoNodosNeutrales.pdf

InvestiGO
Revista Científica Multidisciplinaria

ISSN 2953-6367
http://revistainvestigo.com

Diciembre 2024
Vol. 5, No.13, PP.269-280
https://doi.org/10.56519/6c4w6d27

IMPLEMENTACIÓN NUMÉRICA DEL ALGORITMO DE DETECCIÓN Y CUBRIMIENTO DE FALLAS VERTICALES LATENTES EN SUPERFICIES DISCONTINUAS

NUMERICAL IMPLEMENTATION OF THE ALGORITHM FOR DETECTION AND COVERAGE OF LATENT VERTICAL FAILURES IN DISCONTINUOUS SURFACES

Marco Vinicio Parra Chávez[1], Ramón Antonio Abancin Ospina[2]

{vinicio.parra@unach.edu.ec[1], ramon.abancin@espoch.edu.ec[2]}

Fecha de recepción: 7/10/2024 / Fecha de aceptación: 30/11/2024 / Fecha de publicación: 2/12/2024

RESUMEN: La detección del conjunto de discontinuidad de funciones discontinuas definidas explícitamente, es un desafío presente en aplicaciones como el procesamiento de imágenes y la localización de fallas geológicas a partir de un conjunto de datos dispersos o regularmente distribuidos de tipo Lagrange. Dentro de este contexto, el propósito del estudio fue la implementación numérica de un algoritmo para detección y cubrimiento fallas verticales latentes en superficies discontinuas de tipo explícito. En este sentido, la investigación fue abordada bajo un enfoque cualitativo, de tipo descriptivo, con diseño de investigación documental; fundamentada en documentos de carácter científicos relacionados con los métodos de detección de superficies explícitas a partir de un conjunto de datos que presentan fuertes variaciones. Además, se realizaron pruebas numéricas al correspondiente algoritmo a partir de un conjunto de datos sintéticos y dispersos de tipo Lagrange, donde la fuente principal de datos ayuda a sintetizar la información. El principal aporte fue Los principales resultados demuestran la efectividad del algoritmo para detectar y representar gráficamente defectos latentes y la transición exitosa entre enfoques teóricos y numéricos. La visualización de nodos clasificados triangulares y curvas poligonales confirma la viabilidad de la cobertura aplicada. Sin embargo, la dependencia de datos sintéticos y Python limita la generalización de los resultados. Se concluye que el algoritmo estudiado construye aproximaciones óptimas para la detección y cubrimiento de fallas verticales latentes en superficies discontinuas.

Palabras clave: Algoritmo, modelo matemático, análisis numérico, aproximación, análisis cualitativo y cuantitativo

[1]Universidad Nacional de Chimborazo, (UNACH) Dirección de Posgrado, Programa de Maestría en Matemática aplicada con mención en Matemática Computacional, https://orcid.org/0009-0000-1252-0108.
[2]Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, (ESPOCH), Facultad de Ciencias, Carrera de Matemática, Grupo de Investigación CIDED, https://orcid.org/0000-0002-2417-6671.

ABSTRACT: The detection of the discontinuity set of explicitly defined discontinuous functions is a challenge present in applications such as image processing and geological fault location from a sparse or regularly distributed Lagrange-type data set. Within this context, the purpose of the study was the numerical implementation of an algorithm for the detection and coverage of latent vertical faults on discontinuous surfaces of explicit type. In this sense, the research was approached under a qualitative, descriptive approach, with a documentary research design; based on scientific documents related to the methods of detection of explicit surfaces from a set of data that present strong variations. In addition, numerical tests were carried out on the corresponding algorithm from a set of synthetic and sparse Lagrange-type data, where the main source of data helps to synthesize the information. The main contribution was The main results demonstrate the effectiveness of the algorithm to detect and graphically represent latent defects and the successful transition between theoretical and numerical approaches. The visualization of triangular classified nodes and polygonal curves confirms the viability of the applied coverage. However, the dependence on synthetic data and Python limits the generalization of the results. It is concluded that the studied algorithm builds optimal approximations for the detection and coverage of latent vertical faults on discontinuous surfaces.

Keywords: **Algorithm, mathematical model, numerical analysis, approximation, qualitative and quantitative analysis**

INTRODUCCIÓN

A lo largo del tiempo el detectar y aproximar discontinuidades en funciones irregulares es un desafío matemático y computacional de gran importancia, con aplicaciones en campos como la geología, el procesamiento de imágenes, el reconocimiento de patrones y la inteligencia artificial. Este problema es particularmente evidente cuando se trata de marcas delgadas o irregulares, donde la identificación precisa de las discontinuidades es fundamental para revelar las características funcionales subyacentes.

Las metodologías para la detección y aproximación del conjunto de discontinuidades en funciones no regulares tienen aplicaciones en problemas específicos, y su implementación práctica puede variar según el contexto de estudio y la distribución de los datos. Por ejemplo, en problemas de procesamiento de imágenes se utilizan datos regularmente distribuidos, correspondientes a los píxeles de la imagen, donde la detección de discontinuidades implica la extracción de contornos y perfiles (1), (2). Esto está presente en el análisis de infografías, reconocimiento de patrones, en aplicaciones satelitales y médicas, entre otras. En contraste, el procesamiento de datos dispersos es común en la localización de fallas (*e.g.*, verticales) en el campo de la geología (1).

En geología, por ejemplo, la detección de fallas verticales ocultas tiene un impacto directo en la exploración de recursos naturales y la evaluación de estructuras subterráneas. Autores como (3) Revisan métodos para el modelado de fracturas geológicas a partir de datos sísmicos, destacando

la importancia de métodos apropiados en múltiples escenarios. De manera similar, en el procesamiento de imágenes, se han utilizado métodos de detección de discontinuidades para extraer formas y bordes de imágenes médicas y de satélite, como lo demuestran (4) y (5).

Dentro de este contexto, el principal problema que se presenta es la detección óptima del conjunto de discontinuidad al procesar datos para funciones no regulares, con la finalidad de obtener información sobre su localización exacta o aproximada. Donde, la importancia de este proceso radica en que, una vez identificada, se pueden considerar las previsiones, en cuanto a técnicas o estrategias más convenientes, para una etapa de aproximación de la función regular observada, que evite la aparición del fenómeno de Gibbs.

Con respecto a este problema de investigación sobre detección, recientemente (6) presentaron una metodología teórica que, a partir del conocimiento de un conjunto de datos irregulares y dispersos de tipo Lagrange, permite la detección y aproximación del conjunto de discontinuidades asociadas a fallas verticales latentes en funciones explícitas no regulares. Además, ejecuta la construcción de un cubrimiento sobre el conjunto de discontinuidades obtenido.

Específicamente, estos autores adaptaron aspectos del método de detección de fallas verticales propuesto por (7), cuya implementación genera una curva poligonal que aproxima el conjunto de discontinuidades, inicialmente desconocido. Posteriormente, muestran una técnica de construcción de discos con radios dependientes de la ubicación de sus centros en la curva poligonal aproximante, con el fin de lograr un cubrimiento completo del conjunto de discontinuidades. Donde, este último paso se presentó solo de manera teórica.

Por tanto, el propósito de la presente investigación fue implementar numéricamente la metodología propuesta por (6) para la detección y cubrimiento de fallas verticales latentes en superficies discontinuas explícitas. Concretamente, se realizaron pruebas utilizando un conjunto de datos sintéticos y dispersos de tipo Lagrange, apoyados en la utilización del lenguaje de programación *Python*, con el objetivo de obtener y analizar resultados numéricos. Esto permitió evaluar la capacidad del método para detectar y caracterizar el conjunto de discontinuidades derivadas de fallas latentes en las superficies discontinuas mediante una curva poligonal aproximada, así como, la construcción del cubrimiento basado en dicha curva.

MATERIALES Y MÉTODOS

Enfoque metodológico

La presente investigación está enmarcada en el estudio de la temática de detección y cubrimiento de fallas verticales latentes en superficies discontinuas a partir de un conjunto de datos de tipo Lagrange. Para realizarlo, la pesquisa fue abordada bajo un enfoque cualitativo no iterativo, de tipo descriptivo, con diseño de investigación documental. Esto se debe a que, la mayoría de los estudios cualitativos ayudan a proporcionar interpretaciones descriptivas sobre algún fenómeno de interés; y en el caso específico de las modalidades no interactivas se apoyan

en el análisis de documentos autentificados como fuente principal de datos para identificar, estudiar y sintetizar la información para proporcionar conocimientos sobre la situación abordada (8).

Dentro de este enfoque, el tipo descriptivo a través de la observación indirecta a partir de documentos científicos tales como libros y artículos como sustento de la investigación, permitió indagar, describir y entender en profundidad las características del escenario planteado de forma cualitativa.

En este sentido, se modula el diseño de investigación documental, el cual se fundamenta en el estudio de documentos como: libros, anuarios, diarios, monografías, textos, videografías, etc.; donde la observación está presente en el análisis de datos, su identificación, selección y articulación con el objeto de estudio (9). Por tanto, se revisó, recopiló y organizó la información para sustentar la investigación, así mismo, para familiarizarse con los conocimientos existentes dentro del campo al que pertenece el objeto de estudio (10).

La base de datos utilizada para la recolección de datos fue, SCOPUS, LATINDEX, OJS, Google Académico, Redacly, Scielo. Para la selección de documentos se consideraron palabras claves como algoritmo, modelos matemáticos, análisis, etc.

Ruta metodológica

Específicamente, se persiguió revisar, analizar, organizar y describir dentro de un marco teórico-práctico apropiado, a partir de un conjunto de datos sintéticos y dispersos que presentan fuertes variaciones, la implementación numérica del algoritmo de detección y cubrimiento de fallas verticales latentes en superficies discontinuas, propuesto por (9). En este sentido, la investigación siguió la siguiente ruta metodológica:

E_1) Etapa de revisión documental: consistió en la indagación, identificación, recolección y selección de documentos (libros y artículos publicados en revistas científicas) disponibles en la Internet en repositorios como *Google* Académico. Específicamente, relacionados con contenidos actuales, oportunos, pertinentes, notables y lo más ajustadas al propósito del tema. Esto, con la finalidad de dar respuestas actualizadas a lo tratado en el presente artículo y que sirvan de referencia para realizar otros estudios acordes con la temática planteada. Particularmente, con detección y cubrimiento de fallas verticales latentes en superficies discontinuas de tipo explicito, es decir, $f: \Omega \subset \mathbb{R}^2 \longrightarrow \mathbb{R}$ tal que $z = f(x, y)$. Proceso que comienza a partir del conocimiento de un conjunto de datos dispersos y que presentan fuertes variaciones, definidos por $\mathfrak{D} = \{(\xi_j, f(\xi_j))_{j=1}^{N} : \text{para } \xi_j \in \Omega\}$ de $\mathbb{R}^2 \times \mathbb{R}$.

E_2) Etapa de análisis y organización de documentos: derivaron en la afirmación de dos categorías principales: Detección y aproximación del conjunto de discontinuidad D de la función observada; y el cubrimiento del conjunto del conjunto de discontinuidad. Donde se realizó una contextualización, basado en la metodología teórica de (9) en la detección y aproximación de

fallas verticales latentes en superficies discontinuas, a través de curvas poligonales Γ_p; y en el cubrimiento de estas curvas poligonales aproximantes, respectivamente.

E_3) Etapa de implementación numérica del algoritmo de detección y cubrimiento de fallas verticales latentes en superficies discontinuas propuesto por (9): la cual radicó en realizar pruebas numéricas a partir de un conjunto de datos sintéticos irregulares y dispersos de tipo Lagrange. Proceso que se articuló con la utilización del lenguaje de programación Python.

E_4) Etapa de reflexión: espacio para la discusión de los resultados obtenidos a partir de la información recabada, definiendo una postura crítica propia de los autores, contrastados con referentes teóricos. Esto con la finalidad de abrir un abanico de posibilidades que incentiven el estudio de la temática planteada, con ahínco en la búsqueda de óptimas detecciones y cubrimiento de fallas verticales latentes en superficies discontinuas.

RESULTADOS

Para la implementación numérica del algoritmo de detección y cubrimiento de fallas verticales, se utilizó *Google Colab*, una plataforma gratuita que permite escribir y ejecutar código en *Python* directamente en el navegador. En particular, el uso de bibliotecas de código abierto, como *NumPy*, *SciPy* y *Plotly*, facilitó el cálculo numérico, manipulación, graficación y visualización eficiente del conjunto de datos.

Para comenzar, como datos de entrada, se utilizaron un conjunto de datos sintéticos dispersos e irregulares de tipo Lagrange, denotado por:

$$\mathfrak{D} = \{(\xi_j, f(\xi_j)) \in \mathbb{R}^2 \times \mathbb{R} : j = 1,2,\cdots,133\}$$

con nodos $\xi_j = (x_j, y_j) \in X^{133} \subset \mathbb{R}^2$, compuesto por 133 muestras cuyas alturas varían entre 0 y 102 unidades en el eje $\boldsymbol{z}$. Este conjunto de muestras se presenta de forma gráfica en la Figura 1.

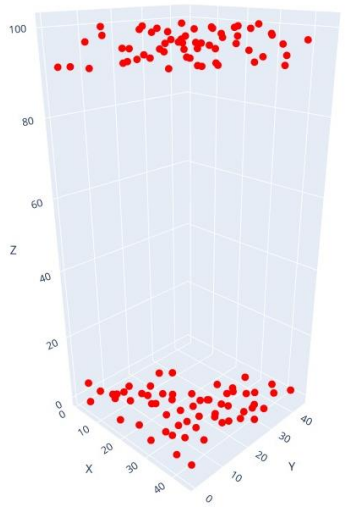


Figura 1. Conjunto $\mathfrak{D}$ de datos sintéticos dispersos e irregulares de tipo Lagrange en $\mathbb{R}^3$

Iniciando la implementación numérica del algoritmo para la detección y cubrimiento de fallas verticales, los datos $\mathfrak{D}$ ingresan en la primera etapa E_1, donde se lleva a cabo la detección y representación de la falla vertical latente en la superficie $z = f(x, y)$, construyendo una curva poligonal aproximante. Para ello, el primer paso $\mathrm{P}_{1,1}$ (localización de nodos cerca de la falla) se subdivide en tres subpasos a partir del conjunto de nodos, tal y como se muestra en la Figura 2.

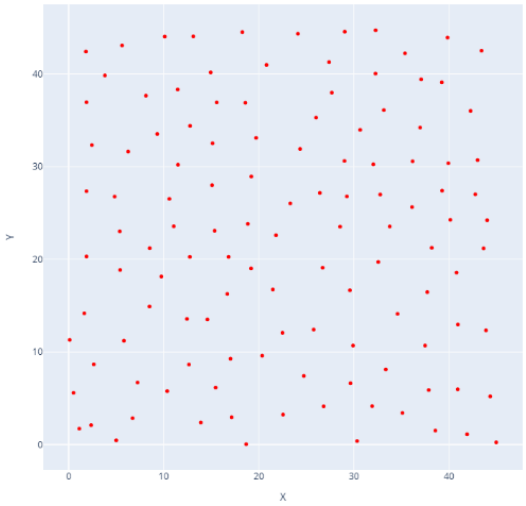


Figura 2. Conjunto X^{133} de nodos dispersos correspondientes a $\mathfrak{D}$

Inicialmente, se realiza un mallado triangular ($\mathrm{P}_{1,1,1}$) basado en el conjunto de nodos X^{133} mediante una *triangulación de Delaunay*, tal como se muestra en la Figura 3.

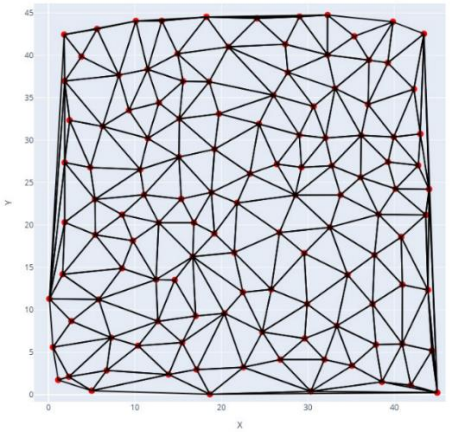


Figura 3. Triangulación $\mathcal{T}(X^{133})$ basada en el conjunto de nodos X^{133}

A continuación, se realiza el subpaso $\mathrm{P}_{1,1,2}$, en el cual se identifican los nodos interiores de la triangulación $\mathcal{T}(X^{133})$ que están cercanos a la curva de falla desconocida, con el objetivo de

recolectarlos en el conjunto $\mathcal{R}$. Posteriormente, se ejecuta el subpaso $\mathrm{P}_{1,1,3}$, que clasifica los nodos de $\mathcal{R}$ en valores altos y bajos, representados en la Figura 4 con los colores rojo y azul, respectivamente.

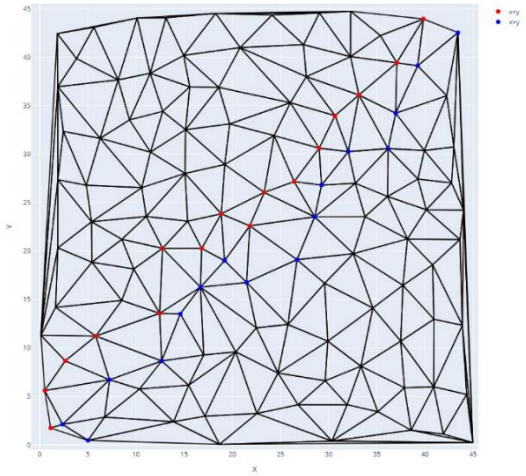


Figura 4. Localización y clasificación de nodos cerca de una curva de falla desconocida

De esta manera, a partir del conjunto $\mathcal{R}$, se procede al segundo paso $\mathrm{P}_{1,2}$, relacionado con el cálculo de la curva poligonal aproximante. En particular, al disponer de los nodos cercanos a una curva de falla vertical, $\mathcal{R}$, es posible identificar los triángulos involucrados, conocidos como triángulos separables, representados en la Figura 5 en color verde.

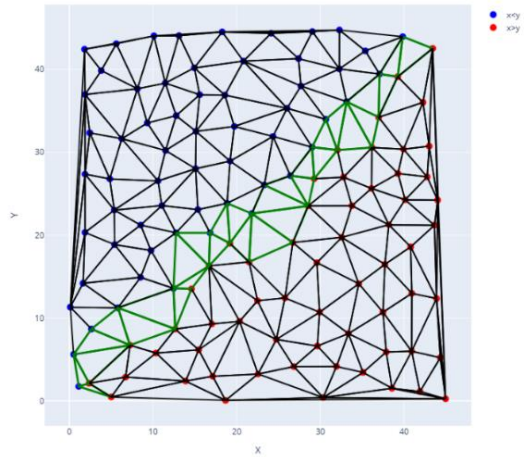


Figura 5. Selección de triángulos separables en $\mathcal{T}(\boldsymbol{X}^{133})$

Estos triángulos permiten calcular e identificar los puntos medios entre los valores altos y bajos en cada uno de ellos, como se muestra en la Figura 6.

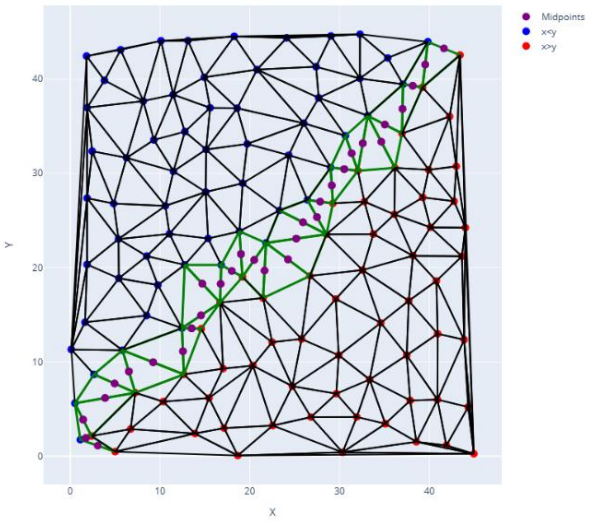


Figura 6. Determinación de los puntos medios de los triángulos divisibles

Finalmente, esta etapa concluye con la obtención de la curva poligonal aproximante Γ_p de Γ, mediante la unión consecutiva de los puntos medios de los triángulos separables, como se muestra en la Figura 7.

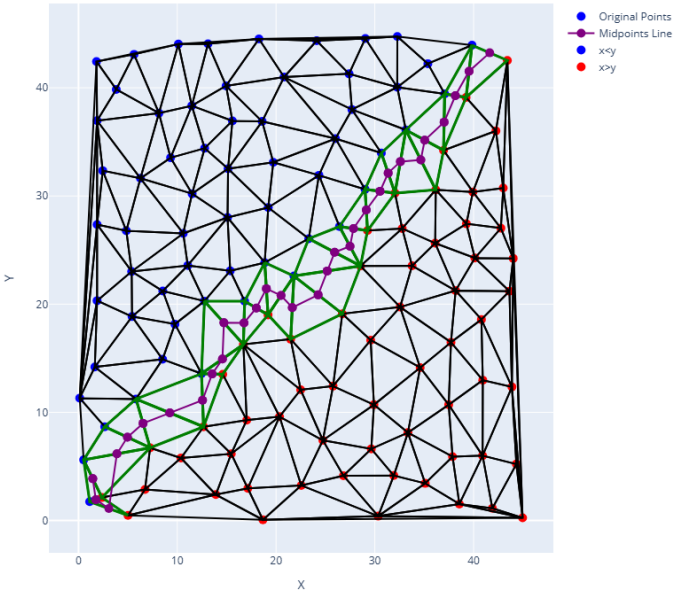


Figura 7. Curva poligonal aproximante Γ_p de la falla vertical Γ latente en la superficie discontinua

El método continúa con la segunda etapa que inicia con la curva poligonal aproximante Γ_p obtenido en la figura 7. Primero, se construyen en $\mathrm{P}_{2,1}$ el conjunto de centros de los elementos del cubrimiento. Estos puntos están formados por los vértices de la curva poligonal aproximante (puntos medios de los triángulos separables) y, un conjunto de puntos introducidos

convenientemente por el usuario sobre esta poligonal. Este conjunto se muestra en la Figura 8.

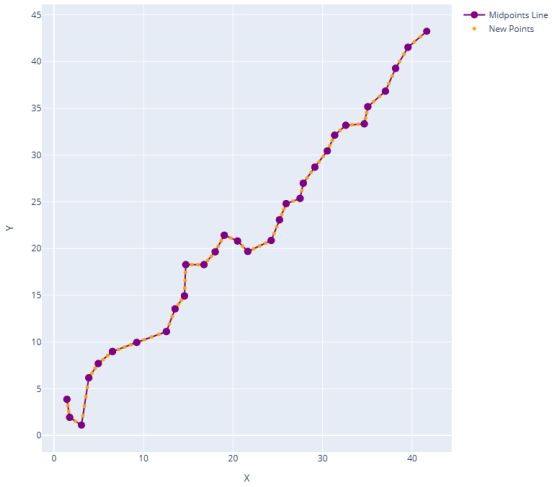


Figura 8. Introducción y distribución de los puntos nuevos en Γ_p

Así, apoyados en este conjunto de centros anterior, se procede a $\mathrm{P}_{2,2}$ que se basa en la construcción de los radios de los elementos del cubrimiento. Específicamente, dependiendo de la ubicación de puntos candidatos a centros, el algoritmo le asigna un radio conveniente que garantice el cubrimiento de la curva poligonal aproximante. El resultado de este proceso se muestra en la Figura 9.

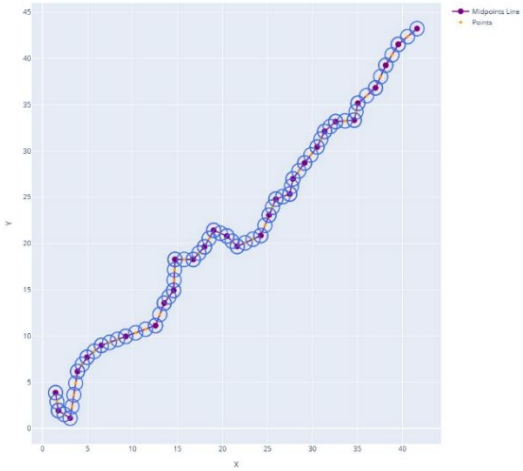


Figura 9. Cubrimiento de la curva poligonal aproximante Γ_p

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran que el algoritmo propuesto es una herramienta eficaz para detectar y fusionar huecos en superficies transparentes irregulares. La implementación en Python nos permitió generar curvas poligonales aproximadas y realizar una cobertura adaptativa utilizando datos sintéticos. Este hallazgo es consistente con estudios previos sobre análisis numérico y modelado de discontinuidades.

La triangulación de Delaunay, utilizada para identificar nodos que están cerca de un punto de interrupción, es una técnica muy popular en el análisis de datos dispersos. Por ejemplo, (11) enfatizó el poder de la triangulación en aplicaciones computacionales, especialmente en la generación de redes adaptativas para análisis numérico. De manera similar, (12) analizaron el uso de la triangulación para evaluar contornos y superficies, destacando su importancia en el procesamiento de datos geoespaciales y la detección de anomalías estructurales.

Como requisito previo para la generación de curvas poligonales, la clasificación de nodos en pesos altos y bajos sigue las reglas adaptativas descritas por (13). Estos autores desarrollaron métodos simples de reconstrucción de formas puntuales, destacando el uso de algoritmos geométricos basados en gráficos en la detección de formas complejas.

Dada la distribución de curvatura del polígono calculada, la división adaptativa del haz fue eficaz para proporcionar una distribución adecuada. Estudios sobre superficies paramétricas como el de (14) muestran la importancia de ajustar dinámicamente los parámetros de cobertura para representar con precisión las características de los datos. De manera similar, (15) aplicaron conceptos similares a la reconstrucción de superficies utilizando grupos jerárquicos que mejoran la representación de discontinuidades.

En aplicaciones prácticas, el algoritmo tendrá un impacto significativo en términos de procesamiento geográfico y de imágenes. Por ejemplo, en su estudio de distribución geográfica, (16) desarrollaron algoritmos de detección de fallas en datos sísmicos, destacando la importancia de los modelos adaptativos en escenarios con datos escasos e inconsistentes. En términos de procesamiento de imágenes, (17) exploró técnicas para la detección de contornos en imágenes, utilizando transformadas de onda que comparten principios similares con las aproximaciones poligonales empleadas en este estudio.

Aunque los resultados obtenidos son alentadores, el uso limitado de datos sintéticos limita su generalización. Estudios sobre interpolación y ajuste de datos, como los de (18), demuestran la importancia de validar algoritmos con datos reales para asegurar su aplicabilidad en entornos prácticos. De manera similar, Python para la implementación, aunque es adecuado para la creación de prototipos, puede beneficiarse de lenguajes más optimizados para la informática de alto rendimiento, como C++ o Julia, como sugieren (12) Algoritmos de numeración óptimos.

Por otro lado, las integraciones se pueden probar utilizando técnicas modernas de aprendizaje automático como (19), utilizaron redes neuronales para detectar anomalías en datos complejos. Esto abrirá nuevas oportunidades para combinar métodos clásicos con técnicas de inteligencia artificial para mejorar la solidez y versatilidad del algoritmo (20).

CONCLUSIONES

La implementación numérica de la metodología para detectar y cubrir curvas poligonales asociadas a fallas verticales latentes en superficies discontinuas explícitas, a partir de un conjunto de datos dispersos e irregulares de tipo Lagrange, se cristalizo de manera exitosa, siendo el aporte más destacado de este estudio.

En este contexto, las pruebas realizadas con datos sintéticos utilizando el lenguaje de programación *Python* generaron las siguientes conclusiones: en primer lugar, la implementación en *Python* en cada una de las etapas de la metodología fue exitosa, permitiendo una transición fluida y efectiva desde el enfoque teórico hacia el numérico. En segundo lugar, se logró observar la triangulación basada en el conjunto de nodos, la detección de triángulos divisibles y la ubicación gráfica de los nodos a lo largo de la curva poligonal aproximante, junto con la construcción de sus respectivos radios para la cristalización del cubrimiento. Todo esto se llevó a cabo en el marco de un conjunto de actividades numéricas diseñadas para un análisis matemático y crítico, lo que permitió adoptar una postura sólida respecto a la efectividad de la metodología en su implementación numérica.

Entre las limitaciones de este estudio en relación con la implementación numérica para la detección y cubrimiento de fallas verticales latentes en superficies discontinuas, se destacan el uso exclusivo de datos sintéticos y la implementación limitada al lenguaje de programación *Python*, lo que podría restringir la exploración exhaustiva del potencial del algoritmo en diferentes entornos y plataformas, se recomienda realizar pruebas con datos reales para validar la efectividad del algoritmo en situaciones del mundo real. Además, se sugiere implementar el algoritmo en otros lenguajes de programación, tales como *C++*, *Julia* o *FreeFem++*.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abancín, R.A, Dávalos, M. & Morocho, J. (2023). Detection and coverage of polygonal curves derived from vertical faults on discontinuous surfaces. Libro de Resúmenes. V Jornadas Ecuatorianas de Matemáticas (JEM). Universidad de Investigación en Tecnología Experimental Yachay (Yachay Tech). Urcuquí, 13 al 17 de noviembre de 2023.
2. Bozzini, M. & Rossini, M. (2013). The detection and recovery of discontinuity curves from scattered data. *Journal of Computational and Applied Mathematics, 240*(3), 148—162. Recuperado de: https://doi.org/10.1016/j.cam.2012.06.014
3. Cabezas, E., Naranjo, D. y Torres, J. (2018). Introducción a la metodología de la investigación científica. Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

4. Guerrero, D. y Guerreo, M. (2014). Metodología de la investigación. Serie integral de competencias. México: Grupo Editorial Patria.
5. https://www.editorialpatria.com.mx/pdffiles/9786074384086.pdf
6. [GI1997] Gutzmer, T. and Iske, A. (1997). Detection of discontinuities in scattered data approximation. *Numerical Algorithms, 16*(2), 155--170
7. McMillan, J. y Schumacher, S. (2005). Investigación educativa: una introducción conceptual. 5a Edición. Madrid, España: Pearson Educación.
8. Parra, M.C. (1999). Sobre detección de discontinuidades y aproximación de funciones no regulares. Tesis de Doctorado. España: Universidad de Zaragoza.
9. Duchon, J. (1977). Splines minimizing rotation-invariant semi-norms in Sobolev spaces. *Constructive Theory of Functions of Several Variables*, 85-100.
10. Powell, M. J. D. (1987). Radial basis functions for multivariable interpolation: A review. *Algorithms for Approximation*, 143-167.
11. Bozzini, M., Lenarduzzi, L., & Rossini, M. (2016). Surface reconstruction from scattered data using adaptive methods. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 291, 172-189.
12. Pan, Y., Li, H., & Wang, C. (2019). Fault detection using computational methods in seismic data analysis. *Journal of Applied Geophysics*, 162, 54-64.
13. Shen, Z., Liu, H., & Wang, J. (2022). Optimized algorithms for discontinuity detection in large-scale data. *Computers & Mathematics with Applications*, 107, 1-19.
14. Bezanson, J., Edelman, A., Karpinski, S., & Shah, V. B. (2017). Julia: A fresh approach to numerical computing. *SIAM Review*, *59*(1), 65-98. https://doi.org/10.1137/141000671
15. Franke, R., & Nielson, G. (1980). Smooth interpolation of large sets of scattered data. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, *15*(11), 1691-1704.
16. Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2018). *Digital image processing* (4th ed.). Pearson.
17. Shewchuk, J. R. (2002). Delaunay refinement algorithms for triangular mesh generation. *Computational Geometry*, *22*(1-3), 21-74.
18. Tarantola, A. (2005). *Inverse problem theory and methods for model parameter estimation.* Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM).
19. Wendland, H. (2005). *Scattered data approximation.* Cambridge University Press.
20. Zienkiewicz, O. C., Taylor, R. L., & Zhu, J. Z. (2013). *The finite element method: Its basis and fundamentals* (7th ed.). Butterworth-Heinemann.

📖 Revista Científica Multidisciplinaria InvestiGo
ISSN: 2953-6367
Diciembre 2024
◉ Ecuador
Código Postal 060102
✆ Contacto +593 97 911 9620 | ✉ revisinvestigo@gmail.com
✉ investigo@istra.edu.ec