



Valorización energética de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) generados en el Litoral Ecuatoriano

Energetic valorization of the Urban Solid Waste (RSU) generated on the Ecuadorian Coast


 <https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v9.n1.2025.42-50>

Recibido: 10-06-2024


Aceptado: 11-08-2024

Publicado: 25-01-2025


Rodrigo Cabrera Verdezoto^{1,5*}

 <https://orcid.org/0000-0002-9560-5795>


Jesica Cachipundo Castillo⁴

 <https://orcid.org/0000-0001-5323-5290>

Fabricio Meza Bone^{2*}

 <https://orcid.org/0000-0003-1947-6044>

Bryan Alejandro Cruz Macias⁵

 <https://orcid.org/0000-0003-3462-6928>

Jéssica Jessenia Morán Morán³

 <https://orcid.org/0000-0002-6487-1038>

1. Universidad Estatal del Sur de Manabí, Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura, Carrera de Ingeniería Ambiental; Jipijapa, Ecuador.
2. Universidad Técnica Estatal de Quevedo; Quevedo, Ecuador.
3. Universidad Estatal del Sur de Manabí, Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura, Carrera Agropecuaria; Jipijapa, Ecuador.
4. Universidad Técnica de Babahoyo; Extensión Quevedo, Ecuador.
5. Universidad Estatal del Sur de Manabí, Instituto de Posgrado; Jipijapa, Ecuador.

Volumen: 9

Número: 1

Año: 2025

Paginación: 42-50

URL: <https://revistas.unesum.edu.ec/index.php/unesumciencias/article/view/826>

***Correspondencia autor:** rodrigo.cabrera@unesum.edu.ec - fmeza@uteq.edu.ec



RESUMEN

El presente estudio, tuvo como objetivo evaluar energéticamente los residuos sólidos a través de la caracterización, determinación de la composición elemental y estimación del potencial energético del cantón el Empalme ubicado en el Litoral Ecuatoriano. Durante dos meses se recolectaron 8 muestras de 50kg a través de la NORMA NMX-AA-015-1985 PROTECCIÓN AL AMBIENTE - CONTAMINACIÓN DEL SUELO – RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES - MUESTREO - MÉTODO DE CUARTEO, para luego utilizar ecuaciones matemáticas para establecer el peso volumétrico, determinación de la composición física de los residuos; y el poder calórico por parte de modelos empíricos (Dulong, Steuer's y Scheure's Kestners). Los residuos orgánicos mostraron el 62.25% de las 15 categorías identificadas, seguido de vidrio (7.35%); plásticos (12.78%); metales (1.58%) y otros (2.78%). Así mismo, la presencia de C se encontró en mayores cantidades en residuos de alimentos (72.21%); seguido de papel cartón (66.52%); madera (60.09%). El poder calórico analizado con el estimado presenta una variabilidad significativa.

Palabras clave: Residuos sólidos urbanos, Caracterización, Poder calorífico, Valorización energética.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate solid waste energy through the characterization, determination of the elemental composition, and estimation of the energy potential of the El Empalme canton located on the Ecuadorian coast. For 2 months, 8 samples of 50 kg each were collected through the NORM NMX-AA-015-1985. ENVIRONMENT PROTECTION - SOIL POLLUTION - MUNICIPAL SOLID WASTE - SAMPLING - FOURTH METHOD, and then mathematical equations were used to establish the volumetric weight, determination of the physical composition of the waste; and the caloric power by empirical models (Dulong, Steuer's and Scheure's Kestners). Organic waste accounted for 62.25% of the 15 categories identified, followed by glass (7.35%); plastic (12.78%); metal (1.58%) and others (2.78%). Similarly, the presence of C was found in greater amounts in food waste (72.21%); followed by cardboard (66.52%); and wood (60.09%). The caloric power analyzed with the estimate shows a variability significant.

Keywords: Urban solid waste, Characterization, Calorific value, Energy recovery.



Creative Commons Attribution 4.0
International (CC BY 4.0)

Introducción

El alto desarrollo de la industria y el aumento del consumo cotidiano de desechos, con diversos efectos peligrosos, han sido materia de los municipios para seguir manteniendo la salud de la sociedad mediante técnicas adecuadas de recogida y eliminación de residuos; a pesar de que los rellenos sanitarios se siguen implementando de manera convencional en el mundo, esta técnica tiene algunos inconvenientes por parte de los gases peligrosos como el metano, generalmente es emitido desde la tierra (Singh et al., 2018).

Ante esto, se debería tomar en consideración la valoración de los residuos sólidos urbanos (RSU) generados en los vertederos, con la ayuda de técnicas o métodos para el aprovechamiento, y que puede estar situada dentro de toda esta problemática medioambiental de los residuos sólidos urbanos si se reduce el uso de combustibles fósiles, y se adopta para la generación de electricidad mediante la producción de biogás (50% de metano) (Malkow, 2004) (Vlaskin, 2018).

Para lograr estos procesos es imprescindible sentar una línea base a través de la caracterización, la determinación de la composición elemental y la gestión de los residuos sólidos domiciliarios en los vertederos. Siendo el éxito de implementación de cualquier plan de gestión de residuos, es contar con datos fiables y precisos, sobre la cantidad; y características de los residuos generados bajo las presentes condiciones de manejo. Sumado a esto la aplicación de métodos empíricos que permita ser validados para la determinación del poder calorífico, siendo estos aspectos algunos criterios fundamentales para poder ser implementado (Aslani y Taghipour, 2018).

Materiales y métodos

Para la estimación del poder calorífico se necesitó la identificación, caracterización y composición elemental de los residuos en el vertedero del cantón el Empalme - Pro-

vincia del Guayas, perteneciente al Litoral Ecuatoriano, con coordenadas geográfica UTM 651573 (X) – 9884797 (Y). La recolección de los residuos generados según Saldaña et al. (2011), consistió en la colecta de 8 muestras en el sitio de disposición final (durante 2 semanas, se escogieron los días: lunes, miércoles y viernes; con las respectivas rutas de recogida al azar) que correspondieron a las rutas de recogida de los carros recolectores del Municipio, según los procedimientos establecidos en la NORMA NMX-AA-015-1985 PROTECCIÓN AL AMBIENTE - CONTAMINACIÓN DEL SUELO – RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES - MUESTREO - MÉTODO DE CUARTEO. En cada día de muestreo se observó que el camión recolector estuviera lleno con la capacidad de 8 toneladas, para ser descargado con la ayuda de una pala cargadora al punto de poder mezclar, homogenizar y ser pesado por una báscula mecánica, a fin de obtener un peso de 50 kg.

Obtención de Densidad o Peso Específico

Para obtener una estimación de la densidad media o peso específico de los RSU, se estableció de acuerdo a la NORMA NMX-AA-19-1985: PROTECCIÓN AL AMBIENTE -CONTAMINACIÓN DEL SUELO – RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES - PESO VOLUMÉTRICO "IN SITU": procediendo a ubicar en un cilíndrico de 200 litros los residuos sólidos homogeneizados obtenidos de las partes eliminadas del primer cuarteo, golpeando el recipiente contra el suelo tres veces dejándolo caer desde una altura de 10 cm, para nuevamente agregar los RSU hasta el tope; obteniendo el peso neto de los residuos sólidos producto de la diferencia del recipiente con los RSU menos el peso del recipiente. Además, se calculó el peso volumétrico del residuo sólido mediante la siguiente fórmula (Saldaña et al., 2013):

$$PV = \frac{P}{V}$$

Dónde:

Pv = Peso volumétrico del residuo sólido, en kg/m³.

P = Peso de los residuos sólidos (peso bruto menos recipiente), en kg.

V = Volumen del recipiente, en m³.

Determinación de la composición física de los residuos Sólidos

La determinación consistió en ir clasificando en categorías sobre una superficie limpia a través de diferentes cribados, describiendo los componentes individuales en masa de los residuos, y su distribución relativa del peso en porcentajes. Los subproductos ya clasificados se pesaron por separado en la balanza y se anotó el resultado en la hoja de registro.

El porcentaje en peso de cada uno de los subproductos se calculó con la siguiente expresión (Bala et al., 2018).

$$PS = \frac{P_1}{P} * 100$$

En donde:

PS = Porcentaje del subproducto considerado.

P₁ = Peso del subproducto considerado, en Kg; descontando el peso de la bolsa empleada.

P = Peso total de la muestra (mínimo 50 Kg).

Determinación del Poder Calorífico (PC)

Para conocer el Poder Calorífico del material mezclado de los RSU con base en la caracterización física de los RSU, se utilizaron los modelos empíricos disponibles de Dulong, Steuer, y Scheurer-Kestner (Abu-qudais y Abu-qdais, 2000); para luego ser comparados con los resultados obtenidos del PC a partir del Análisis de muestras por parte del Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables.

Aplicación de las ecuaciones para la estimación del poder calorífico:

$$\text{Dulong: } CV = 80.5 * C + 338.6 * H - 42.3 * O + 22.2 * S + 5.55 * N$$

$$\text{Steuer's: } CV = 81 * (C - 3 * O/8) + 171 * O/8 + 345 * (H - O/16) + 25 * S - 6 * (9 * H + W)$$

$$\text{Scheure's -Kestners model: } CV = 81 * (C - 3 * O/4) + 342.5 H + 22.5 * S + 171 * O/4 - 6 * (9 * H + W)$$

A partir de los análisis, se determinó el PC, a través de las ecuaciones establecidas en cada uno de los modelos, en muestras de residuos de comida, papel, desechos de patio y plásticos, para luego ser multiplicado por su fracción de la muestra de RSU, de acuerdo con lo establecido con Tchobanoglous, (2002); donde se seleccionó la muestra para cada categoría (0.25 kg), las mismas que se las llevó para efectuar los respectivos análisis proximales (humedad, cenizas y sólidos fijos), así como también el análisis elemental.

Ecuación del porcentaje de humedad (Bala et al., 2018):

$$\%H = [(a - b)/a] * 100$$

Dónde:

a: Peso húmedo

b: Peso seco

Ecuación del porcentaje de ceniza

$$\%C = \frac{a}{b} * 100$$

a: Peso cenizas

b: Peso inicial 105 °C muestra seca

Para la determinación de la fórmula empírica para cada una de las categorías de los residuos sólidos urbanos se procedió en primera instancia a tomar los valores porcentuales del análisis elemental y proximal, con

los cuales se obtuvo el número de moles para cada componente, producto de dividir el porcentaje del análisis elemental para la masa molar de cada elemento (CHONS) y su respectivo redondeo; luego para la obtención de los subíndices se procedió a dividir el número de moles de cada elemento para el número de moles del Azufre y su posterior redondeo.

Resultados y discusión

Caracterización de los componentes de los RSU

La caracterización de los RSU en cuanto a porcentajes, mostró 15 categorías de los cuales los residuos orgánicos (alimentos, papel-cartón, jardín): representan mayormente el 65.25%, con respecto a los otros residuos: vidrios (7.35%); plásticos (12.78 %), metales (1.58%) y otros (2.78%). Los residuos de alimentos mostraron un número significativamente mayor (20.91 kg) con respecto a los demás residuos ($p < 0.05$; Cuadro 1 y 2). Además, los días 2, 5 y 7 registraron mayor volumen de residuos generados 240.00; 242.00; y 241.00 kg/m³ respectivamente en relación a los otros días (Cuadro 3).

Tabla 1

Promedios de las categorías

Categoría	Promedio (kg)	Promedio (%)
Residuos de Alimentos	20.91 ^a	41.82
Papel Cartón	7.73 ^b	15.48
Residuos de Jardín	3.97 ^c	7.95
Vidrio	3.67 ^c	7.35
Madera	3.50 ^c	7.01
Celulosa Sanitaria	3.37 ^{cd}	6.75
Plásticos	3.01 ^{cde}	6.03
Otros	1.38 ^{cdef}	2.78
Metales	0.78 ^{def}	1.58
Tierra-Ceniza	0.61 ^{ef}	1.23
Goma, Caucho y Cuero	0.57 ^{ef}	1.14
Textiles	0.38 ^{ef}	0.78
Cerámica	0.06 ^f	0.13
RP	0.00 ^f	0.00
Calzado	0.00 ^f	0.00
Total	50 kg	100%

a,b,c Superíndices diferentes dentro de las categorías indica diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

Tabla 2

La caracterización de los RSU en términos de porcentaje se obtuvo realizando la cuantificación, separando y pesando lo que se muestra en la tabla

Categorías	Residuos	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8
Residuos de alimentos	Alimentos	38.18	40.60	43.00	37.80	60.40	36.00	38.60	40.00
Residuos de Jardín	Residuos de jardinería	11.00	7.20	10.00	8.40	7.20	6.00	7.40	6.40
Celulosa Sanitaria	Pañales, toallas sanitarias, compresas de algodón	7.60	7.22	7.60	6.60	4.40	5.00	8.00	7.60
Papel y Cartón	Periódico, revistas, hojas, servilletas, cajas de cartón	14.00	18.00	13.80	9.20	12.60	22.00	14.20	20.00
Plásticos	Envolturas, Bolsas, Desechables, Otros plásticos	3.82	4.60	5.58	7.80	2.60	5.32	9.20	9.30

Vidrio	Transparente y de color	8.40	7.38	3.00	13.20	6.40	7.48	12.20	0.70
Calzado	En general	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Madera	Residuos de cajas, materiales	6.20	10.20	12.20	1.10	4.40	8.40	6.00	7.60
Textiles	Retazos de tela y ropa de vestir	1.60	2.40	1.80	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00
Goma, Caucho y Cuero	Guantes, globos, cuero.	6.20	0.00	0.02	0.70	0.00	1.00	0.80	0.40
Metales	Metales ferrosos, metales no ferrosos, papel de aluminio	1.00	2.00	2.40	1.20	1.00	1.40	1.60	2.00
RP	Medicamentos envases, pilas, cartuchos de tinta, radiografías	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tierra - Cenizas	Tierra y residuos de azulejo	2.00	0.40	0.60	2.00	1.00	0.40	1.40	2.00
Cerámica	En general	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Otros	Material eléctrico y electrónico	0.00	0.00	0.00	11.60	0.00	6.00	0.60	4.00
Total		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

La disponibilidad de RSU se debe al aumento considerable de la población, de actividades humanas, el desarrollo de la tecnología; y los cambios en los patrones de consumo por lo que se evidencia mayor presencia de residuos plásticos y orgánicos (Ayeleru et al., 2018), de tal manera que los porcentajes obtenidos en cada uno de las categorías han sido objetos de estudios por autores como Saldaña et al. (2011), sobre la “Viabilidad de la valorización energética de los RSU generados por el vertedero el Iztete, de Tepic-Na-

yarit”, en el cual se muestra para restos de comida pueden llegar entre el 37 y 50%, mientras que para el papel-cartón se obtuvo un 10.94% (Aslani y Taghipour, 2018). Algo similar registró Saldaña, et al. (2013) con el 37.56% correspondió a materia orgánica y el 30.81% al papel y cartón como materiales recuperables. Estas similitudes identificadas se deben probablemente al aumento considerable de la población, las actividades humanas, el desarrollo de la tecnología y los cambios en los patrones de consumo.

Tabla 3

Peso volumétrico del muestreo de los RSU

N°	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8
Peso RS (Kg)	46.80	48.00	47.70	46.80	48.50	47.40	48.20	46.50
Volumen m ³	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
PE kg/m ³	234.00	240.00	238.50	234.00	242.50	237.00	241.00	232.50

Determinación de la composición elemental de RSU

La determinación elemental por parte del Carbono fue superior en residuos alimenticios (72.21), seguido del papel cartón (66.52), madera (60.09) de jardín (53.28) y

plástico (45.87) respectivamente, pero con una variación que no es directamente proporcional en: hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, azufre, humedad y ceniza, dando como resultado la determinación de la fórmula mínima molecular (Cuadro 4 y 5).

Tabla 4

Peso volumétrico del muestreo de los RSU

N°	Categoría	C	H	O	N	S	Humedad	Cenizas
1	Residuos de Alimentos	72.218	2.67	23.732	1.00	0.38	84.25	6.25
2	Residuos de Jardín	53.28	2.67	42.84	0.83	0.38	68.66	13.85
3	Papel – Cartón	66.528	2.08	30.142	1.06	0.19	34.40	6.71
4	Plástico	45.87	3.50	49.21	1.18	0.24	1.03	3.80
5	Madera	60.09	1.23	38.37	0.08	0.23	35.47	6.22

La presencia de carbono es mayor en los residuos de alimentos, por lo tanto esto se ve reflejado en el poder calórico que va entre el 39 y 73% cuando se utiliza la carbonización hidrotérmica con temperaturas altas entre 200 y 300 °C (Saqib et al., 2018). Los porcentajes de carbono obtenidos de la investigación, concuerda con lo reportado por Manrique et al. (2010), en su estudio titulado: "Perspectiva bioenergética de los residuos sólidos urbanos en el valle de Lerma", en el cual se identificó que la compo-

sición elemental para los residuos comida y jardín, con respecto al Carbono fue del 60.00% en comparación al resto de las categorías de residuos, mientras que para el elemento Oxígeno, éste mostró un valor del 26.27% para el residuo plásticos, seguido del papel y cartón con el 4.47% (70). Lo reportado, también lo sostiene (Ayeleru et al., 2018) donde determinaron la composición elemental %: C (45); H (6.22); N (2); S (0) para ser valorado y proyectados su gestión en los siguientes años.

Tabla 5

Determinación de Formula Empírica de los RSU

Categoría	Fórmula empírica determinada
Residuos de Alimentos	C501 H221 O124 N6 S
Residuos de Jardín	C370 H221 O223 N6 S
Papel – Cartón	C923 H344 O314 N13 S
Plástico	C546 H496 O439 N12 S
Madera	C715 H174 O343 N S

Fuente: Análisis de muestras en Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables.

El contenido de humedad fue mayor para el caso de los residuos orgánicos, tales como restos de alimentos y de jardín, los cuales dieron un valor de 84.25 y 68.66% respectivamente; discrepando así con lo indicado por Manrique et al. (2010), el cual identificó que para este tipo de residuos el contenido de humedad es de alrededor del 50%; cuya diferencia significativa se debe básicamente al estado de descomposición que presenten los residuos, especialmente los procedentes de los alimentos, ya que a medida que éstos se deshidratan su humedad disminuye, pudiendo estar influenciado por

el tipo de condiciones ambientales en las que se encuentran.

Estimación del poder calorífico de los RSU

En las diferentes categorías: residuos de jardín (3911.00), papel-cartón (5238.00), plástico (3550.00) y madera (4405.00) a excepción de residuos de comida (5696.00), el modelo Scheurer- Kestner presentó el mayor PCI, seguido con ciertas excepciones Dulong, Steuer y el PCI proporcionado por el Instituto Nacional de Eficiencia y Energía Renovables (LINEEER) obtenida mediante la muestra analizada (Cuadro 6).

Tabla 6

Poder Calorífico expresado en Kcal/kg

Modelo	Residuos jardín	Residuos de comida	Papel-cartón	Plástico	Madera
Dulong	3394.00	5728.00	4795.00	2808.00	3636.00
Steuer	3381.00	5405.00	4865.00	2941.00	3927.00
Scheurer – Kestner	3911.00	5696.00	5238.00	3550.00	4405.00
INER	3551.64	4124.87	3742.72	8193.00	4258.62

Los poderes calóricos en cada una de las categorías de los residuos, están directamente relacionados con los componentes elementales, siendo estos resultados óptimos y similares a los reportados por Tchobanoglous et al. (1994), en su libro de "Gestión integral", en el cual obtuvo 4600 Kcal/Kg para los RSU secos y libres de cenizas.

El papel-cartón es una fracción residual muy variable, y puede mostrar diferencias por la presencia o ausencia de humedad, por lo que, al analizar el PC en el LINEEER, mostró la fracción residual papel-cartón de 3743 kcal/kg con un 34% de humedad, a diferencia de lo reportado por Arvisu, (2006), el cual menciona que para esta fracción residual obtuvo un poder calorífico de 4330 kcal/kg, con un porcentaje de humedad casi nulo.

Conocer los contenidos elementales de C, O, N, S, P, K, y la ceniza obtenida a partir de análisis químicos han sido utilizados, como punto de datos de entrada para predecir el poder calórico, así como lo indica Singh et al. (2018) en un estudio realizado sobre Predicción del Valor Calórico de Residuos Sólidos Urbanos donde se obtuvo para el modelo propuesto un coeficiente de correlación (0.9088) entre la observada y la predicha.

Conclusiones

La caracterización permitió la identificación de las categorías, en el cual la disponibilidad de los residuos orgánicos prevalece por encontrarse en una zona agrícola, de modo que pueden ser utilizados y valorados no solo para la gestión energética, sino también para la obtención y elaboración para el proceso de compostaje.

Bibliografía

Abu-qudais, M. y Abu-qdais, H.A. (2000). Energy Content of Municipal Solid Waste in Jordan and Its Potential Utilization. *Energy Conversion and Management*, 41, 983-991.

[https://doi.org/10.1016/S0196-8904\(99\)00155-7](https://doi.org/10.1016/S0196-8904(99)00155-7)

Aslani, H.; Taghipour, H. (2018). Seasonal characterization and quantification of municipal solid waste: energy content and statistical analysis. *J Adv. Environ Health Res*, 6, 34-43.

Ayeleru, O.; Okonta, F. N. y Ntuli, F. (2018). Municipal solid waste generation and characterization in the City of Johannesburg: A pathway for the implementation of zero waste. *Waste Management*, 79, 87-97.

Bala, R.; Gautam, V. y Mondal, M. (2018). Improved biogas yield from organic fraction of municipal solid waste as preliminary step for fuel cell technology and hydrogen generation. *International Journal of Hydrogen Energy*, 1-10.

Durán, C.; Rosales, P.; Fernández, S., y Pérez, J. (2011). Viabilidad de la valorización energética de los RSU que se generan en el vertedero el Iztete, de Tepic-Nayarit. En: Ojeda Benítez, S.; Cruz Sotelo, S.; Taboada González, P.; Aguilar Virgen, Q. (Coor.). *Hacia la sustentabilidad: los residuos sólidos como fuente de materia prima y energía*. UABC. Baja California, México. pp. 361-366.

Malkow, T. (2004). Novel and innovative pyrolysis and gasification technologies for energy efficient and environmentally sound MSW disposal. *Waste Management*, 24(1), 53-79.

Saldaña, C.; Hernández, I.; Messina, S. y Pérez, J. (2013). Caracterización física de los residuos sólidos urbanos y el valor agregado de los materiales recuperables en el vertedero el Iztete, de Tepic-Nayarit, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29(SUPPL. 3), 25-32.

Saqib, N.; Baroutian, S. y Sarmah, A. (2018). Physicochemical, structural and combustion characterization of food waste hydrochar obtained by hydrothermal carbonization. *Bioresource Technology*, 266(July), 357-363.

Singh, D.; Satija, A. y Hussain, A. (2018). Predicting the calorific value of municipal solid waste of Ghaziabad City, Uttar Pradesh, India, using artificial neural network approach. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 584, 495-503.

Vlaskin, M. S. (2018). Municipal solid waste as an alternative energy source. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy*, DOI: 10.1177/0957650918762023

Cómo citar: Cabrera Verdezoto, R., Meza Bone, F., Morán Morán, J. J., Cachipueno Castillo, J., & Cruz Macias, B. A. (2025). Valorización energética de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) generados en el Litoral Ecuatoriano. UNESUM - Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria, 9(1), 42–50. <https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v9.n1.2025.42-50>