

## MICROENCAPSULACIÓN DE UN SABORIZANTE DE JAMÓN

### DEVELOPMENT OF A MICROENCAPSULATED HAM FLAVORING

Yojhansel Araguez Fortes<sup>a,\*</sup> (000-0002-8022-1967)

Yosvani Planes<sup>a</sup> (0009-0000-8334-9272)

Jorge A. Pino<sup>a,b</sup> (0000-0002-1079-7151)

Ariel Ortega<sup>a</sup> (0009-0001-5191-2160)

Stephanie Polanco<sup>a</sup> (0009-0007-7692-4698)

<sup>a</sup> Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia, La Habana, Cuba.

<sup>b</sup> Instituto de Farmacia y Alimentos, La Habana, Cuba.

<sup>a,\*</sup> yojansel1983@gmail.com

Recibido: 28 de agosto de 2025;

Aceptado: 19 de diciembre de 2025;

#### RESUMEN

Los componentes aromáticos son sensibles a la luz, al oxígeno, al calor y a la humedad. La percepción sensorial de los aromas de los alimentos puede verse alterada como resultado de interacciones químicas, oxidación o volatilización. La estabilidad de los componentes aromáticos puede mejorarse mediante la microencapsulación, la cual, a escala industrial, se lleva a cabo principalmente mediante secado por aspersión. Se optimizaron la temperatura del aire de entrada y la velocidad del flujo de alimentación del secado por aspersión para la obtención de un saborizante microencapsulado de jamón, mediante un diseño factorial de superficie de respuesta, donde se obtuvo un óptimo con una temperatura del aire de entrada de 180 °C y una velocidad del flujo de alimentación 387 mL/h, con el uso de goma arábiga y maltodextrina (1:2 m/m) como agentes encapsulantes. De acuerdo con los modelos determinados se logró 84,7 % de rendimiento; 5,94 % de humedad; 0,3090 g/mL de densidad bruta, 0,4320 g/mL de densidad compactada, 59 s de rehidratación y 13,04 g/100 g sólidos de higroscopicidad. Se encontró que el saborizante microencapsulado de jamón, producido con los parámetros optimizados, es de una alta calidad sensorial. Esta investigación proporcionó información sobre la influencia significativa de las composiciones de sabor industriales en el proceso de secado por aspersión realizado en condiciones industriales y en las propiedades de los polvos obtenidos.

**Palabras claves:** saborizante de jamón, secado por atomización, optimización.

#### ABSTRACT

Aroma components are sensitive to light, oxygen, heat, and moisture. Sensory perception of food aromas can be changed as result of chemical interactions, oxidation or volatilization. The stability of aroma components can be improved by microencapsulation, which on the industrial scale is the most commonly conducted by spray drying. The air inlet temperature and feed flow rate of the spray drying were optimized to obtain a microencapsulated ham flavoring by means of a response surface factorial design, where an optimum was obtained with an air inlet temperature of 180 °C and a feed flow rate of 387 mL/h, with the use of gum arabic and maltodextrin (1:2 m/m) as encapsulating agents. According to the models 84.7% of yield was achieved; 5.94 % humidity; 0.3090 g/mL raw density, 0.4320 g/mL compacted density, 59 s rehydration and 13.04 g/100 g solids hygroscopicity. It was determined that the microencapsulated flavoring, produced with the optimized parameters, is of a high sensory quality. This research gave the information about the significant influence of the industrial flavor compositions on spray drying process done in industrial conditions and the properties of the obtained powders.

**Keywords:** ham flavoring, spray drying, optimization.



## INTRODUCCIÓN

La industria alimentaria se encuentra en continuo desarrollo de ingredientes, métodos de procesado y materiales de envasado, con el objetivo de conseguir una mejora de la conservación de alimentos. Entre las primeras aplicaciones prácticas de la encapsulación se destaca la industria alimentaria (Saifullah et al., 2019). Las cápsulas ayudan a que los materiales encapsulados resistan las condiciones de procesamiento y empaquetado con una mejora del aroma, sabor, estabilidad, valor nutritivo y apariencia de sus productos (Nedović et al., 2011). La estabilidad de la cubierta es una condición importante para la conservación del aroma y sabor de un alimento (Bakri et al., 2016).

El secado por aspersión es el método más común de microencapsulación de ingredientes alimenticios por ser económico, poseer fácil disponibilidad de equipamientos, costos de procesamiento bajo y buena estabilidad del producto final (Jedlińska et al., 2018). El propósito principal de este método es atrapar ingredientes sensibles, tales como los compuestos volátiles de los saborizantes, en un soporte sólido para incrementar su protección, reducir su evaporación, facilitar su manipulación y controlar su liberación durante la conservación y aplicación (Singh-Vishwakarma et al., 2016; Saikiran et al., 2018; Saifullah et al., 2019; Nguyen et al., 2021). Los materiales comúnmente usados en la microencapsulación de saborizantes pueden ser almidones o sus derivados, gomas, proteínas, lípidos, ciclodextrinas o alguna combinación (Pellicer et al., 2019). El producto microencapsulado se recupera como un polvo finamente dividido, en formas esféricas bastante uniformes o en parte esférica con propiedades físicas características (Jedlińska et al., 2018). Las técnicas de superficie de respuesta son una metodología estadística que permiten determinar, experimentalmente, aquellos niveles de los factores en investigación que producen una respuesta óptima bajo la consideración de los factores principales (temperaturas del aire) y sus interacciones. Sólo algunos autores han utilizado esta metodología para evaluar el efecto de las temperaturas del proceso en la microencapsulación (Araguez-Fortes et al., 2014; Miravet et al., 2016; Singh-Vishwakarma et al., 2018).

Un saborizante de jamón se distingue principalmente por su sabor umami, el cual surge de la interacción entre aminoácidos y nucleótidos formados durante el proceso de curado, junto con la contribución de la sal. Esta combinación da lugar a un perfil sensorial complejo, agradable y con ligeras notas ahumadas, cuya intensidad y características varían según el tipo de jamón. Algunos de los compuestos volátiles identificados son: metanol, 2-metil-propanal, 3-metil-butanal, hexanal, 2-heptanona, y 1-octen-3-ol, los cuales han sido identificados como los compuestos volátiles que constituyen el aroma a jamón curado (Parker et al., 2014).

El objetivo del presente trabajo fue obtener un saborizante microencapsulado de jamón mediante secado por aspersión, con buena aceptabilidad, para aplicar en mezclas sólidas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El saborizante líquido de jamón fue preparado a partir de un núcleo importado para uso alimentario, de acuerdo con las prácticas industriales de la Planta de Aromas del Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia. Se preparó un saborizante concentrado el cual quedó constituido por 70 % m/m del núcleo y 30 % m/m de propilenglicol. Para la microencapsulación se utilizaron goma arábiga (Ciudad de México, México) y maltodextrina DE 10 (Guadalajara, México), ambas para uso alimentario. Además, se usó agua suavizada mediante resina de intercambio iónico en ciclo sódico para preparar la emulsión.

La mezcla de soportes en base seca (goma arábiga:maltodextrina 1:2 m/m) se disolvió en agua suavizada (relación soportes/agua de 1:2 m/m) a temperatura ambiente, se mezcló vigorosamente en un vaso de precipitado con agitador mecánico, se dejó reposar durante 24 h antes del secado para garantizar una adecuada hidratación de los soportes. Posteriormente se añadió lentamente el saborizante y se agitó homogeneizador UltraTurrax T-18 Basic a 25 000 min<sup>-1</sup> durante 5 min. Esta mezcla quedó constituida por 20 % de saborizante; 53,4 % de maltodextrina y 26,6 % de goma arábiga (expresados en base seca) que representa un 30 % de sólidos en la matriz de alimentación.

Las experiencias se hicieron en un secador por aspersión, a escala de laboratorio, Buchi B-290 (Labortechnik AG, Flawil, Suiza). Los parámetros del secador fueron temperatura de alimentación de la mezcla 25 °C, aspersor con abertura de 0,5 mm, velocidad de flujo del aire de secado 601 L/h y velocidad de flujo del aspirador 35 m<sup>3</sup>/h (100 % de su máxima capacidad). Las temperaturas de salida del aire se mantuvieron entre 80 y 90 °C. Se evaluaron temperaturas del aire de entrada (TAE) entre 142 y 198 °C y flujos de alimentación entre 300 y 650 mL/h. Estos intervalos se seleccionaron de acuerdo con otros estudios de microencapsulación de saborizantes (Bringas & Pino, 2012a, 2012b; Bringas et al., 2015).

Las experiencias se hicieron al azar y en cada una se procesaron 100 g de emulsión. Los productos deshidratados se envasaron en bolsas de polietileno de alta densidad que se colocaron en una desecadora hasta su análisis (tiempo no mayor de tres días).



En los diferentes experimentos se calculó el rendimiento por un balance de masa y la humedad a partir de 2 g de muestra en un analizador de humedad Sartorius mod MA 37 (Göttingen, Alemania) Se calentó durante 2 min a 105 °C con radiación infrarroja mediante una resistencia eléctrica y se leyó automáticamente la pérdida de peso (Expósito et al., 2013).

La solubilidad se hizo a partir de 2 g de polvo con 50 mL de agua destilada a 25 °C. La mezcla se agitó en un vaso de precipitados de 100 mL con agitación magnética a 1000 min<sup>-1</sup> y con una barra cilíndrica de agitación de 20 mm. El tiempo para rehidratar completamente el polvo y obtener una solución visualmente clara fue medido y expresado en segundos (Bringas et al., 2014).

La higroscopicidad se hizo a partir de 1 g de polvo, colocado en un pesafiltro dentro de una desecadora con una solución saturada de cloruro de sodio (75,29 % humedad) por una semana a 25 °C (Bringas et al., 2015). La higroscopicidad, se expresó como agua en g/100 g sólidos. Además, se determinaron las densidades a granel y compactada a partir de 2 g de polvo colocados en una probeta de 10 mL, con algunas modificaciones. Con la relación masa/volumen se calcularon las densidades (Pino et al., 2015). Todas estas determinaciones analíticas se le realizaron al punto óptimo como variables de caracterización, se hicieron por triplicado y los resultados se expresaron como promedios.

La optimización de la temperatura de entrada del aire y la velocidad del flujo de alimentación se realizó mediante las técnicas de superficie de respuesta. Se utilizó un modelo de diseño factorial de tres niveles. Los factores fueron la temperatura del aire entrada y velocidad de flujo de alimentación, mientras que las variables de respuesta fueron el rendimiento y la humedad. El rendimiento se maximizó, mientras que la humedad se minimizó para calcular los valores óptimos.

El saborizante microencapsulado, obtenido con el proceso optimizado, se evaluó sensorialmente en una galleta salada. La composición quedó de la siguiente forma en base al 100 % de harina: 1 % levadura; 2,3 % sal, 0,2 % núcleo, 10 % grasa, 52% agua y 0,05 % de sabor jamón. Se utilizó una prueba de intensidad del sabor con siete catadores entrenados mediante una escala lineal estructurada de cinco categorías: muy marcado (10), marcado (7,5), moderado (5), ligero (2,5) y ausente (0) (ISO 13299, 2016).

La adecuación de los modelos se evaluó mediante la prueba F-Fisher. La prueba fue dirigida para comparar los valores experimentales con los valores predichos por el modelo en cuestión (Montgomery, 2013). Las experiencias se hicieron aleatoriamente y sus resultados se procesaron con el programa Design-Expert ver. 12.1.0.1 del 2019 (Stat-Ease, Inc., Minneapolis, EE. UU.).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El programa de los experimentos se presenta en la Tabla 1, mientras que las variables de respuesta aparecen en la Tabla 2. Los modelos calculados para las dos variables de respuesta fueron significativos y en todos los casos la falta de ajuste no fue significativa, por lo que estos modelos pueden ser utilizados para representar el comportamiento de las variables de respuesta.

**Tabla 1.** Matriz experimental para la microencapsulación del saborizante de jamón

Corrida	TAE (°C)	VFA (mL/h)	Rendimiento (%)	Humedad (% m/m)
1	142	475	77,3	7,81
2	170	475	84,2	6,30
3	198	475	78,9	5,80
4	170	298	84,2	6,20
5	190	350	83,8	5,86
6	190	600	80,6	6,00
7	150	600	76,7	7,50
8	170	652	79,7	6,75
9	170	475	84,2	6,30
10	150	350	79,4	7,16
11	170	475	84,7	6,30

*T<sub>AE</sub>*: temperatura del air de entrada; *V<sub>FA</sub>*: velocidad del flujo de alimentación.

En el modelo para el rendimiento resultaron significativos los términos lineales y el término cuadrático para la TAE. El coeficiente del término lineal de la TAE fue positivo, por lo que un aumento de este factor condujo a un incremento del rendimiento. Por otra parte, el término lineal para la VFA fue negativo, lo que demuestra que un aumento de este factor baja el rendimiento.



Esto puede explicarse por una evaporación más rápida debido a una mayor transferencia de calor y masa, lo que hace que el agua se evapore rápidamente con una pérdida mínima de saborizante que conduce a un mayor rendimiento (Miravet et al., 2016). La relación directa entre la temperatura del aire de entrada con el rendimiento puede ser explicada por una evaporación más rápida debido a una mayor transferencia de calor y masa, lo que hace que el agua se evapore rápidamente con una pérdida mínima de saborizante (Fariás-Cervantes et al., 2016). Por otra parte, la relación inversa entre la VFA y el rendimiento puede ser explicada de forma similar pues una mayor VFA conduce a una mayor entrada de agua a la cámara de secado, lo que conduce a reducir la transferencia de calor y masa: el aire transfiere calor por convección a la gota de líquido y la gota transfiere masa que es el agua (Aragüez-Fortes et al., 2013; Bringas et al., 2013). En el modelo para la humedad (Tabla 2), el coeficiente del término lineal de TAE, en valor absoluto, fue cuatro veces superior al de la VFA, por lo que el primer parámetro tuvo una mayor importancia en el modelo. El coeficiente del término lineal de la TAE fue negativo, por lo que un aumento de este factor condujo a una disminución del contenido de humedad. Esto puede explicarse porque una mayor diferencia de temperatura entre el aire de secado y las microgotas favorecen una mayor velocidad de transferencia de calor en el interior de la cámara de secado, lo que provee una fuerza conductora para la extracción de la humedad. Una TAE elevada aporta una mayor energía para eliminar el agua e incrementa la transferencia de calor (Tontul & Topuz, 2017).

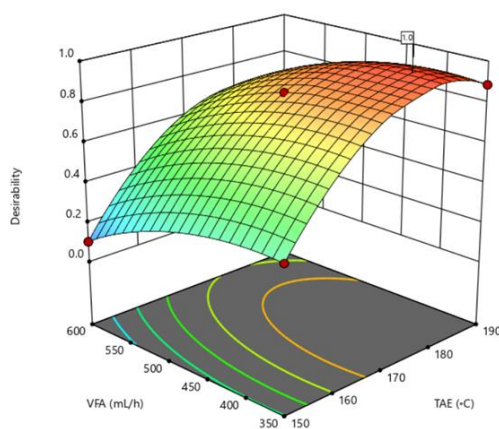
**Tabla 2. Modelos del diseño experimental**

Indicador	Rendimiento	Humedad
Intercepto	84,37	6,30
X <sub>TAE</sub>	1,32***	-0,70***
X <sub>VFA</sub>	-1,53**	0,16***
X <sub>TAE</sub> X <sub>VFA</sub>	-0,12	-0,05
X <sub>TAE</sub> <sup>2</sup>	-3,11***	0,25***
X <sub>VFA</sub> <sup>2</sup>	-1,18*	0,08***
F modelo	18,41***	394,44***
F falta de ajuste	18,41	16,45
R <sup>2</sup>	0,948	0,998

TAE: temperatura de entrada; VFA: velocidad del flujo de alimentación.  
\*Valor significativo para  $p \leq 0,05$ ; \*\*\*Valor significativo para  $p \leq 0,001$ .

Por otra parte, el término lineal para la VFA fue positivo, por lo que puede aseverarse que un aumento de este factor incrementa el contenido de humedad del producto. La relación directa entre la VFA y el contenido de humedad se puede deber a que un incremento de la masa de agua a la cámara de secado conduce a una disminución de la transferencia de calor y masa, con el aumento de la humedad del polvo (Aragüez-Fortes et al., 2014, 2020a, 2020b, 2022).

Una vez comprobados el buen ajuste y adecuación de los cuatro modelos se procedió a la optimización de las variables de respuesta, mediante la maximización del rendimiento y la minimización de la humedad. La Fig. 1 muestra la superficie de respuesta obtenida para la optimización de las variables evaluadas.



**Fig. 1. Gráfico de optimización de la microencapsulación del saborizante**

Del gráfico de contorno, el punto definido por la temperatura de entrada del aire de 180 °C y velocidad del flujo de alimentación de 387 mL/h fue sugerido como el más adecuado para la microencapsulación del saborizante de jamón. En este punto se obtuvo un valor de 0,96 para la función objetivo (*desirability function*) (de un máximo posible de uno).

Con esta combinación se lograron los mejores resultados para cada variable de respuesta. De acuerdo con los modelos fueron 84,7 % de rendimiento y 5,94 % m/m de humedad. El producto se caracterizó con 0,3090 g/mL de densidad bruta, 59 s de rehidratación y 13,04 g/100 g sólidos de rehidratación.

El resultado de la prueba sensorial indicó una media de 8,1 (S = 0,6), que caracteriza al saborizante entre marcado y muy marcado. Además, no se detectaron notas no deseadas ni rancias, que pueden ser insuficiencias de la calidad para este saborizante.

## CONCLUSIONES

Para el saborizante de jamón microencapsulado se obtuvo un óptimo con una temperatura del aire de entrada de 180 °C y velocidad del flujo de alimentación de 387 mL/h. Con esta combinación se lograron los mejores resultados para cada variable de respuesta evaluada que fueron: 84,7 % de rendimiento; 5,94 % de humedad, 0,3090 g/mL de densidad bruta, 59 s de rehidratación y 13,04 g/100 g sólidos de rehidratación. Se determinó que el saborizante microencapsulado según los parámetros optimizados es de una alta calidad sensorial para elaborar productos secos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aragüez-Fortes, Y., Bringas, M., Pino, J. A., & Roncal, E. (2013). Desarrollo de un saborizante de coco microencapsulado mediante secado por atomización. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 23(3), 21-26.
- Aragüez-Fortes, Y., Bringas, M., Pino, J. A., & Cobo, H. (2014). Efecto de la homogeneización en la microencapsulación mediante secado por atomización de un saborizante de coco. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 24(2), 22-26.
- Aragüez-Fortes, Y., Pino, J. A., & Fundora-Quijada, S. (2020a). Desarrollo de un saborizante microencapsulado de caramelo mediante secado por aspersión. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 30(1), 1-6.
- Aragüez-Fortes, Y., Pino, J. A., & Martín, M. (2020b). Microencapsulación de un saborizante de naranja-piña. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 30(3), 1-6.
- Aragüez-Fortes, Y., Cabrera, D., Pino, J.A., & Rodríguez, L.M. (2022). Microencapsulación de un saborizante de plátano. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 32(3), 1-5.
- Bakry, A. M., Abbas, S., Ali, B., Majeed, H., Abouelwafa, M. Y., Mousa, A., & Liang, L. (2016). Microencapsulation of oils: A comprehensive review of benefits, techniques, and applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15, 143-182.
- Bringas, M., & Pino, J. A. (2012a). Microencapsulación de saborizantes mediante secado por atomización. *Revisiones de la Ciencia, Tecnología e Ingeniería de los Alimentos*, 11(2), 35-68.
- Bringas, M., & Pino, J. A. (2012b). Influencia del contenido de saborizante de limón en la microencapsulación mediante secado por atomización. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 22(3), 1-4.
- Bringas, M., Expósito, I., & Pino, J. A. (2013). Influencia de las temperaturas de secado en la obtención de un saborizante microencapsulado de fresa. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 23(1), 49-54.
- Bringas, M., Valdés, D., Pino, J. A., & Aragüez-Fortes, Y. (2014). Efecto de las temperaturas de secado en la obtención de un saborizante microencapsulado de piña. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 24(1), 1-6.
- Bringas, M., Pino, J. A., Aragüez-Fortes, Y., Álvarez, M., Hernández, G., & Roncal, E. (2015). Desarrollo de un saborizante microencapsulado de queso mediante secado por atomización. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 25(1), 1-6.
- Expósito, I., Bringas, M., & Pino, J. A. (2013). Microencapsulación de aceite esencial de mandarina: Selección del contenido de aceite esencial. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 23(1), 45-48.
- Fariás-Cervantes, V. S., Delgado-Lincoln, E., Solís-Soto, A., Medrano-Roldan, H., & Andrade-González, I. (2016). Effect of spray drying temperature and agave fructans concentration as carrier agent on the quality properties of blackberry powder. *International Journal of Food Engineering*, 12, 451-459.
- ISO 13299: 2016. Sensory analysis — Methodology — General guidance for establishing a sensory profile. Second edition.
- Jedlińska, A., Samborska, K., Janiszewska-Turak, E., Witrowa-Rajchert, D., Seuvre, A.-M., & Voilley, A. (2018). Physicochemical properties of vanilla and raspberry aromas microencapsulated in the industrial



- conditions by spray drying. *Journal of Food Process Engineering*, 41(7), e12872. Disponible en <https://doi.org/10.1111/jfpe.12872>.
- Miravet, G., Alacid, M., Obón, J. M., & Fernández-López, J. A. (2016). Spray-drying of pomegranate juice with prebiotic dietary fibre. *International Journal of Food Science and Technology*, 51, 633-640.
- Montgomery, D. C. (2013). *Design and Analysis of Experiments*. Hoboken, New Jersey, U.S.: John Wiley and Sons, Inc.
- Nedovic, V., Kalusevic, A., Manojlovic, V., Levic, S., & Bugarski, B. (2011). An overview of encapsulation technologies for food applications. *Procedia Food Sciencia*, 1,1806-1815.
- Nguyen, Q. V., Bach, L. G., & Pham, D. T. N. (2021). Microencapsulation of essential oils by spray-drying and influencing factors. *Journal of Food Quality*, 2021. Disponible en <https://doi.org/10.1155/2021/5525879>
- Parker, J. K., Elmore, S., & Methven, L (2014). *Flavour Development, Analysis and Perception in Food and Beverages*. Sawston, United Kingdom: Woodhead Publishing.
- Pellicer, J. A., Forte, M. I., Trabal, J., Rodríguez- López, M. I., Gabaldón, J. A., & Núñez-Delicado, E. (2019). Stability of microencapsulated strawberry flavour by spray drying, freeze drying and fluid bed. *Powder Technology*, 347,179-185.
- Pino, J., Bringas, M., Aragüez-Fortes, Y., & Montero, L. A. (2015). Retención de compuestos volátiles en la microencapsulación mediante secado por atomización. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 25(3), 14-18.
- Saifullah, M., Shishir, M. R. I., Ferdowsi, R., Rahman, M. R. T., & Vuong, Q. V. (2019). Micro and nano encapsulation, retention and controlled release of flavor and aroma compounds: A critical review. *Trends in Food Science & Technology*, 86, 230-251.
- Saikiran, K. CH. S., Perli, M., Reddy, N. S., & Venkatachalapathy, N. (2018). Mechanical methods of microencapsulation: a review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(11), 1251-1260.
- Singh-Vishwakarma, G., Gautam, N., Nagendra-Babu, J., Mittal, S., & Jaitak, V. (2016). Polymeric encapsulates of essential oils and their constituents: a review of preparation techniques, characterization, and sustainable release mechanisms. *Polymer Reviews*, 56(4), 668-701.
- Tontul, I., & Topuz, A. (2017). Spray-drying of fruit and vegetable juices: Effect of drying conditions on the product yield and physical properties. *Trends in Food Science and Technology*, 63, 91-102.

## CONTRIBUCIÓN AUTORAL

**Yojhansel Araguez Fortes:** Autor principal. Responsable de la ejecución de las mediciones en las estructuras. Acumulación de datos, análisis formal, Redacción del artículo (revisión y edición).

**Yosvani Planes, Stephanie Polanco:** Autor principal. Responsable de la ejecución de las mediciones en las estructuras. Gestor de las estructuras para la realización del estudio. Ejecutor de las mediciones, conceptualización, elaboración de datos, análisis formal Redacción del artículo (revisión y edición).

**Jorge A. Pino, Ariel Ortega:** Autor. Ejecutor de la modelación estadística. Elaboración de tablas y gráficos. Actualización y revisión final del artículo.

*En este artículo no existen conflicto de interes entre los autores.*

