



# REVISTA AGROTECNOLÓGICA AMAZÓNICA

e-ISSN: 2710-0510

Volumen 3, Número 1, Año 2023

## Editorial:

Avances en el aprovechamiento  
de biopolímeros y productos peruanos

---



UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE SAN MARTÍN



Volumen 3 • Número 1 • Enero - Junio 2023



Fondo Editorial  
Universidad Nacional de San Martín

© **Universidad Nacional de San Martín**

Facultad de Ciencias Agrarias

Facultad de Ingeniería Agroindustrial

Jr. Maynas N° 177, Tarapoto –Perú

**Editor**

Fondo Editorial

**Editorial:**

Universidad Nacional de San Martín

Volumen 3, Número 1, Año 2023

DOI: 10.51252/raa

e-ISSN: 2710-0510

**Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2023-XXXX**

Tarapoto, San Martín, Perú, Enero 2023



Revista Agrotecnológica Amazónica

Volumen 3 • Número 1 • Enero - Junio 2023

Tarapoto, Perú

e-ISSN: 2710-0510

DOI: 10.51252/raa

**RAA.** Revista Agrotecnológica Amazónica es una revista de divulgación científica de acceso abierto editada por el Fondo Editorial de la Universidad Nacional de San Martín, en colaboración con las facultades de Ciencias agrarias e Ingeniería agroindustrial. Tiene como misión divulgar el conocimiento producido por la comunidad académica-científica en las áreas de Agricultura, Acuicultura, Ciencia del suelo, Ciencias de los Alimentos, Agronomía, Protección y nutrición de las plantas y temas afines de las Ciencias Agrarias.

#### **Editor Jefe**

Dr. Miguel Angel Valles Coral, Universidad Nacional de San Martín, Perú

#### **Editor Asociado**

Dr. Agustin Cerna Mendoza, Universidad Nacional de San Martín, Perú

Dra. Mari Medina Vivanco, Universidad Nacional de San Martín, Perú

#### **Comité editorial**

Dr. Winston Ríos Ruíz, Universidad Nacional de San Martín, Perú

Dr. Oscar Mendieta Taboada, Universidad Nacional de San Martín, Perú

Dr. Manuel Fernando Coronado Jorge, Universidad Nacional de San Martín, Perú

#### **Comité científico**

Dr. José Pasquel Reátegui, Universidad Nacional de San Martín, Perú

Ing. Danter Cachique Huansi, Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Perú

MSc. Richer Garay Montes, Universidad Nacional de San Martín, Perú

MSc. Renzo Valdez Núñez, Universidad Nacional de San Martín, Perú

MSc. José Rafael Vela Paredes, Universidad Nacional Amazonía Peruana, Perú

MSc. Mike Corazón Guivin, Universidad Nacional de San Martín, Perú

Dr. Geomar Vallejos Torres, Universidad Nacional de San Martín, Perú

MSc. Grecia Fachin Ruíz, Universidad Nacional de San Martín, Perú

Ph. D. Juan Guerreo Abad, Instituto Nacional de Investigación Agraria, Perú

Dr. Paulo Torres Mayanga, Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú

Dra. Stephanie Gallusser Jacquat, Instituto de Investigación Biológica de las Cordilleras Orientales, Perú

Dr. Thony Arce Saavedra, Universidad Nacional Autónoma de Chota, Perú

Dr. Gregorio Arone Gaspar, Universidad Nacional de Barranca, Perú

Dr. Alfonso Marzal Reynolds, Universidad de Extremadura, España

MSc. Víctor Arévalo Rojas, Universidad Nacional de Barranca, Perú

Dr. Luko Hilje, CATIE - Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica

Ing. Diana Patricia Vargas Muñoz, Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA, Colombia

Dr. Carlos Vecco Giove, Universidad Nacional de San Martín, Perú

**Gestor de la revista:** Ing. Juan Carlos Velasco Mieses

**Secretario editorial:** Ing. Lloy Pool Pinedo Tuanama | Bach. Jorge Navarro Cabrera

**Diagramadora:** Est. Kasidy Argandoña Del Aguila

**Correctora de estilo:** Bach. Itzel Garagay Mozombite





## Índice de contenidos

### Editorial

---

- Avances en el aprovechamiento de biopolímeros y productos peruanos** ..... e490  
*Advances in the use of biopolymers and Peruvian products*  
Pasquel-Reátegui, J. L. & Vélez-Eraza, E. M.

### Artículos originales

---

- Bandejas biodegradables de almidón de papa con fibra de tocón de espárrago (*Asparagus officinalis* L.)** ..... e429  
*Biodegradable potato starch trays with asparagus (*Asparagus officinalis*L.) stump fiber*  
Díaz-Díaz, E., Cabrera-Guevara, C., Díaz-Idrogo, Y., Chumacero-Acosta, J. S. & Gamboa-Alarcón, P. W.
- Aprovechamiento de lanche, hierbaluisa y stevia en la elaboración de infusiones** ..... e431  
*Use of lanche, hierbaluisa and stevia in the preparation of infusions*  
Ramírez-Tixe, E. E., Ruiz-Díaz, F., Herrera-Oblitas, J. M. Cubas-Díaz, Y. & Tocas-Burga, H. C.
- Comportamiento reológico de la pulpa de mango (*Mangifera indica* L.) liofilizada con encapsulantes** ..... e436  
*Rheological behavior of mango pulp (*Mangifera indica* L.) lyophilized with encapsulant*  
Gamboa-Alarcón, P., Enriquez-Castillo, D., Suyón-Martínez, J. & Rodríguez-Paúcar, G.
- Dominancia cromática de carga de polen corbicular y mieles colectadas por *Apis mellifera* L. en el Bajo Mayo, San Martín** ..... e432  
*Chromatic dominance of corbicular pollen load and honey collected by *Apis mellifera*L. in Bajo Mayo, San Martin*  
Ormeño-Luna, J. & Santander-Ruiz, W. E.
- Estrategias de inserción internacional de la miel de abeja en el mercado de Estados Unidos** ..... e453  
*Strategies for the international insertion of honey in the United States market*  
Dulce, E. G.



# Avances en el aprovechamiento de biopolímeros y productos peruanos

## Advances in the use of biopolymers and Peruvian products

Pasquel-Reátegui, José Luis<sup>1\*</sup>

Vélez-Eraza, Eliana Marcela<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú

**Recibido:** 12 Ene. 2023 | **Aceptado:** 18 Ene. 2023 | **Publicado:** 20 Ene. 2023

**Autor de correspondencia\*:** [jlpasquelr@unsm.edu.pe](mailto:jlpasquelr@unsm.edu.pe)

**Como citar este artículo:** Pasquel-Reátegui, J.L. & Vélez-Eraza, E. M. (2022). Avances en el aprovechamiento de biopolímeros y productos peruanos. *Revista Agrotecnológica Amazónica*, 3(1), e490. <https://doi.org/10.51252/raa.v3i1.490>

### EDITORIAL

Cuando se habla de proteínas o polisacáridos siempre se tiende a pensar en alimentación y su relación con la salud del ser humano. Sin embargo, estas moléculas, conocidas también como biopolímeros, tienen propiedades funcionales muy interesantes para la ingeniería de materiales. Es así que desde la ingeniería se han estudiado estas propiedades y las interacciones existentes para el desarrollo de bioplásticos, en aras de enfrentar el desafío de los plásticos derivados del petróleo. Por otro lado, también es posible aplicar los biopolímeros como material de pared para encapsular compuestos de valor agregado y ofrecer productos en polvo de fácil manipulación y transporte.

De esta forma en la presente edición de la Revista Agrotecnológica Amazónica se presentan avances en el campo de las biopelículas a base de almidón, ya sea reforzadas con fibra para mejorar las propiedades mecánicas, o como material capaz de asegurar en su matriz aceites con propiedades funcionales reconocidas. Adicionalmente se presenta materiales encapsulantes como material de pared para la protección de pulpas.

Teniendo en cuenta que una de las funciones es la protección de un compuesto activo, es que también se destacan trabajos donde se obtienen productos con valor agregado, especialmente a partir de productos de la región amazónica. En este sentido, se destacan trabajos a partir de materiales vegetales y mieles que pueden ser de interés para el mercado internacional.

Todas las publicaciones que se encuentran en esta edición representan un camino desde la investigación de ciencias básicas hasta el desarrollo de estrategias de mercado, pensando en la transferencia tecnológica y el posicionamiento de productos amazónicos en mercados internacionales.

### CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.





# Bandejas biodegradables de almidón de papa con fibra de tocón de espárrago (*Asparagus officinalis* L.)

Biodegradable potato starch trays with asparagus (*Asparagus officinalis* L.) stump fiber

Diaz-Diaz, Elmer<sup>1</sup>

Cabrera-Guevara, Celestino<sup>1</sup>

Diaz-Idrogo, Yorly<sup>1</sup>

Chumacero-Acosta, Julio Santiago<sup>1</sup>

Gamboa-Alarcón, Pedro Wilfredo<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de Chota, Cajamarca, Perú

**Recibido:** 31 Ago. 2022 | **Aceptado:** 02 Dic. 2022 | **Publicado:** 20 Ene. 2023

**Autor de correspondencia\*:** [pgamboa@unach.edu.pe](mailto:pgamboa@unach.edu.pe)

**Cómo citar este artículo:** Diaz-Diaz, E., Cabrera-Guevara, C., Diaz-Idrogo, Y., Chumacero-Acosta, J. S. & Gamboa-Alarcón, P. W. (2023). Bandejas biodegradables de almidón de papa con fibra de tocón de espárrago (*Asparagus officinalis* L.). *Revista Agrotecnológica Amazónica*, 3(1), e429. <https://doi.org/10.51252/raa.v3i1.429>

## RESUMEN

Los envases biodegradables a base de almidón son una alternativa para disminuir la fracción de residuos sólidos urbanos originados por el uso de bandejas de poliestireno expandido, generalmente difíciles de biodegradarse. En el presente trabajo se ha investigado la obtención de una bandeja biodegradable de almidón de papa (A), fibra de tocones de espárrago (F) y glicerina (G), en un proceso de termoformado con presión de 24 bar a 150 °C por un tiempo de 20 minutos. Se empleó el Diseño de Mezclas Simplex Centroide para determinar las cantidades de los componentes en cada tratamiento. Las bandejas fueron caracterizadas mediante pruebas físicas (espesor y densidad) y pruebas mecánicas (fracturabilidad, dureza, resistencia a la tracción y porcentaje de elongación). Finalmente, mediante el uso de la función deseabilidad, se determinó que la mezcla óptima para la obtención de bandejas biodegradables fue la relación F/A de 85/6,89 y % G de 13,11%, que maximizó los valores de dureza (19,19 kg), fracturabilidad (9,09 mm), resistencia a la tracción (0,133 MPa) y porcentaje de elongación (2,998 mm).

**Palabras clave:** diseño de mezclas; envases termoformados; propiedades mecánicas

## ABSTRACT

Starch-based biodegradable containers are an alternative to reduce the fraction of urban solid waste originated by the use of expanded polystyrene trays, which are generally difficult to biodegrade. In the present work, the obtaining of a biodegradable tray made of potato starch (A), asparagus stump fiber (F) and glycerin (G) was investigated in a thermoforming process with a pressure of 24 bar at 150 °C for a time of 20 minutes. Simplex Centroid Mixture Design was used to determine the amounts of the components in each treatment. The trays were characterized by physical tests (thickness and density) and mechanical tests (fracturability, hardness, tensile strength and elongation percentage). Finally, using the desirability function, it was determined that the optimum mixture for obtaining biodegradable trays was the F/A ratio of 85/6.89 and % G of 13.11 %, which maximized the values of hardness (19.19 kg), fracturability (9.09 mm), tensile strength (0.133 MPa) and elongation percentage (2.998 mm).

**Keywords:** mix design; thermoformed trays; mechanical properties



## 1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, el principal envase utilizado para contener productos alimenticios es el poliestireno expandido (PEE), material que tiene como principales propiedades: ser aislante térmico, resistente a la humedad, ligero, moldeable y barato. Sin embargo, al ser un producto derivado de petróleo, genera problemas medioambientales relacionados al deterioro de los paisajes por su resistencia a la biodegradabilidad, generalmente cientos de años. Esto ha originado una grave contaminación ambiental y un efecto negativo en el hábitat de los humanos y de la vida silvestre.

Diversos investigadores buscan desarrollar envases a base de polímeros biodegradables renovables, con alta biodegradabilidad y bajo coste (Ferreira et al., 2019). En el caso de las bandejas para el envasado de alimentos, se han desarrollado envases biodegradables que utilizan como la combinación de diferentes tipos de almidón reforzados con fibras lignocelulósicas (Cruz-Tirado et al., 2017; Kaisangsri et al., 2012). Para ello mediante un proceso de termoformado o prensado a temperaturas altas utilizan temperaturas que oscilan entre los 120 – 220 °C y tiempos entre los 2 a 20 minutos (Bergel et al., 2017; Cinelli et al., 2006; Cruz-Tirado et al., 2019; Espina et al., 2016). La determinación de los parámetros a emplear, depende del tipo y densidad de la mezcla, presión de prensado, entre otros factores

Entre las diversas fuentes de almidón, el obtenido de tubérculos (papa, oca, arracacha, yuca, entre otros) son los que tienen mayor empleo en la elaboración de bandejas biodegradables, principalmente por su fácil proceso de obtención en comparación con los cereales (Waterschoot et al., 2015). Tiene como características principales, tamaño granular grande, alto contenido de fósforo y baja temperatura de gelatinización (Wang et al., 2017).

El almidón de papa es un material que tiene entre sus propiedades: disolución en agua fría, elevada viscosidad, estabilidad de retrogradación y alta claridad en la pasta, las cuales han permitido su uso en la formación de películas, bandejas biodegradables, materiales de relleno y espesantes (Jiang et al., 2021). Posee un volumen de partícula elipsoidal entre 2– 66 µm; representa el 20% de los compuestos presentes en la papa, además se encuentra conformado por 14% de amilosa y 86% amilopectina (Zhang et al., 2020).

El espárrago es una hortaliza herbácea perenne, baja en calorías, de gran importancia nutricional y comercial, principalmente espárragos blancos y verdes (Sarabi et al., 2010). Es una planta diclina con una flor masculina de color verde y una flor femenina menos conspicua en una planta separada (Sinha, 2011). Desde el punto de vista de consumo, el espárrago se divide en tres partes: parte comestible, tocón y raíces. El tocón representa el 13% de toda la planta (Lee et al., 2014; Ruiz Quispe, 2018). Dentro de su composición contiene más del 90% de agua, 3,8% de Carbohidratos 2,2% de fibra, 0,12% de grasa y 2,2% proteínas. Sin embargo, este subproducto no tiene un manejo adecuado de los residuos de esta industria (Angulo Cueva, 2019).

Por todo lo mencionado, el objetivo del presente trabajo fue desarrollar una bandeja biodegradable a base de almidón de papa y fibra de tocones de espárrago que tenga las mejores propiedades mecánicas y puedan ser una alternativa de uso como envase de alimentos.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la obtención del almidón de papa variedad amarilla, primero el tubérculo se cortó en trozos de 0,5 cm por 1 cm, posterior a ello los trozos obtenidos se licuaron utilizando una licuadora industrial (Gastro Corp. Modelo: LAR – 04 de 4 litros de capacidad) obteniéndose una pasta de papa, la cual se lavó y tamizó (tamiz < 710 µm). Se dejó sedimentar a 10 °C por 24 horas para lograr obtener el almidón. Se eliminó el sobrenadante y la parte de almidón resultante se lavó 3 veces. Por último, se secó por 24 horas a 60 °C (Estufa BINDER), se molió y tamizó donde se obtuvo almidón nativo con tamaño de partícula aprox. 400 - 450 µm. La papa amarilla utilizada provino de la provincia de Chota, Cajamarca.



En el caso de las fibras vegetales fueran obtenidas de los tocones de espárragos, residuos agroindustriales. Se inició limpiando y cortando, para luego ser secados a 80°C por 6 horas, posterior a ello, se molieron por 30 minutos y tamizaron (tamiz < 1000 µm.). Los tocones fueron residuos agroindustriales provenientes de la Empresa Santa Sofía del Sur S.A.

La extracción de almidón y obtención de las fibras vegetales se realizaron en el Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Santa.

## 2.1. Elaboración de bandejas biodegradables

Para la elaboración de bandejas biodegradables se mezclaron el almidón y las fibras vegetales, posterior a ello en una Moldeadora Semi Neumática y utilizando una bandeja de acero inoxidable se dio forma rectangular a la bandeja (3cm de alto, 21,5 cm de largo de boca, 17,5 cm de largo de fondo, 14,5 cm de ancho y 2 cm de distancia entre largo de boca y largo de fondo). Este proceso se realizó a una presión de 24 bar a 150 °C por un tiempo de 20 minutos. Finalmente, las bandejas se acondicionaron a temperatura ambiente a una humedad relativa de 85% durante 5 días. En cada prueba se utilizó 5ml de suero de leche y 2,5g estearato de magnesio.

Se aplicó un diseño de mezclas Simplex Centroide en donde el almidón, la fibra y la glicerina serán los ingredientes y a cada combinación particular o mezcla se le realizará una evaluación de sus propiedades mecánicas. Luego, a partir del tratamiento óptimo se desarrollará la formulación de las bandejas biodegradables en función a la relación almidón: fibra: glicerina.

Para obtener los parámetros óptimos de las bandejas biodegradables se utilizará un Diseño de Mezclas Simplex Centroide (DMSC), a través del método lineal (ecuación 1) combinando tres componentes e incrementando las cantidades de almidón, fibra y glicerina en función a las proporciones establecidas.

$$E_{(Y)} = \beta_A x_A + \beta_B x_B + \beta_C x_C \dots \text{(ecuación 1)}$$

Dónde:

$E_{(Y)}$  = Valor óptimo de análisis sensorial.

$\beta_A, \beta_B, \beta_C$  = coeficientes que cuantifican el efecto de las mezclas puras.

$x_A, x_B, x_C$  =proporciones de los componentes (almidón, fibra, glicerina).

A = almidón; B = fibra; C= glicerina.

**Tabla 1.**

*Componentes de almidón de papa, fibras vegetales de tocones de espárrago y glicerina obtenidas del DMSC para elaborar bandejas biodegradables*

| Trat. | Diseño de Mezclas Componentes |         |     |        |     |           | Total  |
|-------|-------------------------------|---------|-----|--------|-----|-----------|--------|
|       | X1                            | Almidón | X2  | Fibra  | X3  | Glicerina |        |
| M1    | 1                             | 95,00   | 0   | 5,00   | 0   | 5,00      | 105,00 |
| M2    | 0                             | 85,00   | 1   | 15,00  | 0   | 5,00      | 105,00 |
| M3    | 0                             | 85,00   | 0   | 5,00   | 1   | 15,00     | 105,00 |
| M4    | 1/2                           | 90,00   | 1/2 | 10,00  | 0   | 5,00      | 105,00 |
| M5    | 1/2                           | 90,00   | 0   | 5,00   | 1/2 | 10,00     | 105,00 |
| M6    | 0                             | 85,00   | 1/2 | 10,00  | 1/2 | 10,00     | 105,00 |
| M7    | 1/3                           | 88,333  | 1/3 | 8,333  | 1/3 | 8,333     | 105,00 |
| M8    | 2/3                           | 91,667  | 1/6 | 6,667  | 1/6 | 6,667     | 105,00 |
| M9    | 1/6                           | 86,667  | 2/3 | 11,667 | 1/6 | 6,667     | 105,00 |
| M10   | 1/6                           | 86,667  | 1/6 | 6,667  | 2/3 | 11,667    | 105,00 |

## 2.2. Caracterización física y mecánica

### Propiedades físicas

El espesor de las bandejas biodegradables se obtuvo del promedio de 5 medidas, utilizando un vernier digital de acero inoxidable DC051 (0 - 150 mm).

A partir de la masa (g) y volumen (cm<sup>3</sup>) de las muestras se calculó la densidad de las mismas. Las muestras median 25mm de ancho y 100 mm de largo, estas se pesaron para determinar su masa y para encontrar su volumen se multiplicaron sus dimensiones.

### Propiedades mecánicas

Para el ensayo de tracción, se fijaron en la base de la máquina muestras de bandejas regulares (cortadas desde la base de la bandeja) con dimensiones de 25 x 100 mm<sup>2</sup> con una separación de agarre inicial de 80 mm y una velocidad de cruceta de 2 mm s<sup>-1</sup> a simple romper. Se registraron los valores de resistencia a la tracción (MPa) y deformación a la rotura (alargamiento, %). Los valores reportados son las medias de 3 repeticiones por cada tratamiento.

Las pruebas de compresión se realizaron utilizando muestras cuadradas de 50 mm de lado. La resistencia a la punción y la fracturabilidad de bandejas se midieron utilizando un accesorio HDP/CFS y una sonda esférica de acero inoxidable P/0,25 S (TA.HDPlus analizador de textura). Se reportaron medias de 3 repeticiones por cada tratamiento.

## 2.3. Análisis estadístico

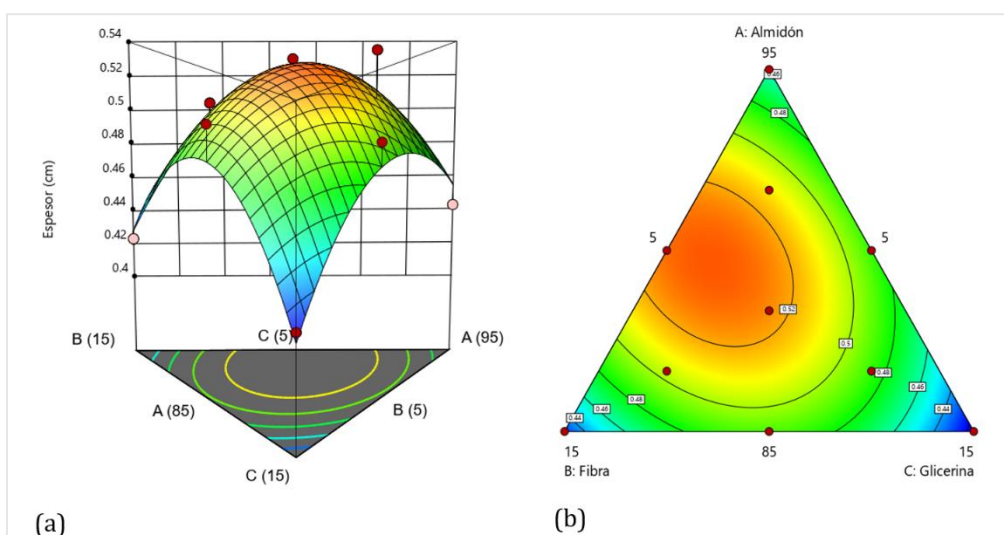
Para determinar diferencias significativas entre los tratamientos, se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) y posteriormente la prueba de Tukey con un nivel de significancia establecido en  $p < 0,05$ . Los análisis se realizaron en el software estadístico Design Expert.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Espesor y densidad

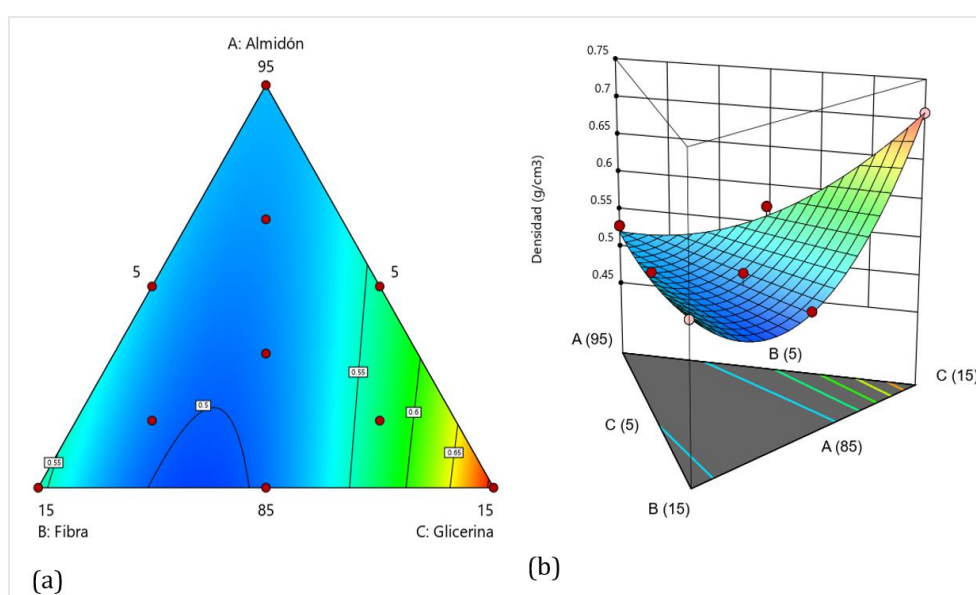
En la Figura 1 se representan el gráfico de contornos y superficie de respuesta del espesor de las bandejas biodegradables en función a la cantidad de almidón de papa, fibra de tocón de espárrago y glicerina utilizada durante su elaboración. El espesor de la bandeja de M4 (A/F de 90/10 y 5% G) y M8 (A/F de 91,67/6,67 y 6,67% G) fueron las que obtuvieron valores más altos con 0,53 y 0,523 cm, respectivamente. Las concentraciones bajas de glicerina favorecen el incremento significativo de espesor de las bandejas (diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de Tukey,  $p < 0,05$ ). La bandeja M3 producida con una relación almidón/fibra 85/15 y 5% de glicerina tuvo el menor grosor (0,42 cm).

En cuanto al efecto del contenido de fibra y almidón sobre este parámetro, se observa que los mayores espesores se obtuvieron en las mezclas intermedias de ambos componentes. Probablemente, la adición de glicerina y fibra en la matriz polimérica obstruye la capacidad de expansión del almidón durante el proceso de termoformado, generando bandejas de espuma con mayor densidad (relación inversa entre la capacidad de expansión y la densidad) (Cruz-Tirado et al., 2017). La glicerina, tiene la propiedad de absorber el agua, lo cual evitaría que las bandejas de espuma tengan una baja densidad, debiendo utilizarse concentraciones menores a 5%.



**Figura 1.** Superficie de respuesta (a) y gráfico de contornos (b) para el espesor de las bandejas biodegradables en función a la cantidad de almidón de papa, fibra de tocón de espárrago y glicerina

En la Figura 2, se observa los resultados de gráficos de contorno y superficie para la variable densidad. La densidad de las bandejas osciló entre 0,4789 y 0,7083 g/cm<sup>3</sup>, siendo la bandeja M8 producida con una relación A/F de 91,67/6,67 y 6,67% de G la de menor densidad. De acuerdo a la prueba ANOVA,  $p < 0,05$ , la adición de glicerina tiene un efecto significativo en la densidad final a (prueba de Tukey,  $p < 0,05$ ) de cada muestra, posiblemente, debido a que la glicerina tiene una influencia directa en la absorción de humedad, lo cual en concentraciones considerables evitaría la dispersión homogénea de la mezcla y capacidad de expansión (Bolt, 2005). Los valores de densidad registrados en el presente estudio fueron altos en comparación con el poliestireno expandido (0,041 – a 0,06 g/cm<sup>3</sup>) (Cabanillas et al., 2019; Vercelheze et al., 2012) y superior a la densidad lazos de espumas producidas con almidón con fibra vegetal de hojas de banana y achira (0,144–0,209 g/cm<sup>3</sup>) (Hoyos Mireles et al., 2021) y almidón de oca con fibra de piel de espárrago (0,171 – 0,272 g/cm<sup>3</sup>) (Cruz-Tirado et al., 2017) e inferiores para las bandejas elaboradas con almidón de yuca con fibras de celulosa y aislado de proteína de girasol (0,456–0,587 g/cm<sup>3</sup>) (Salgado et al., 2008).



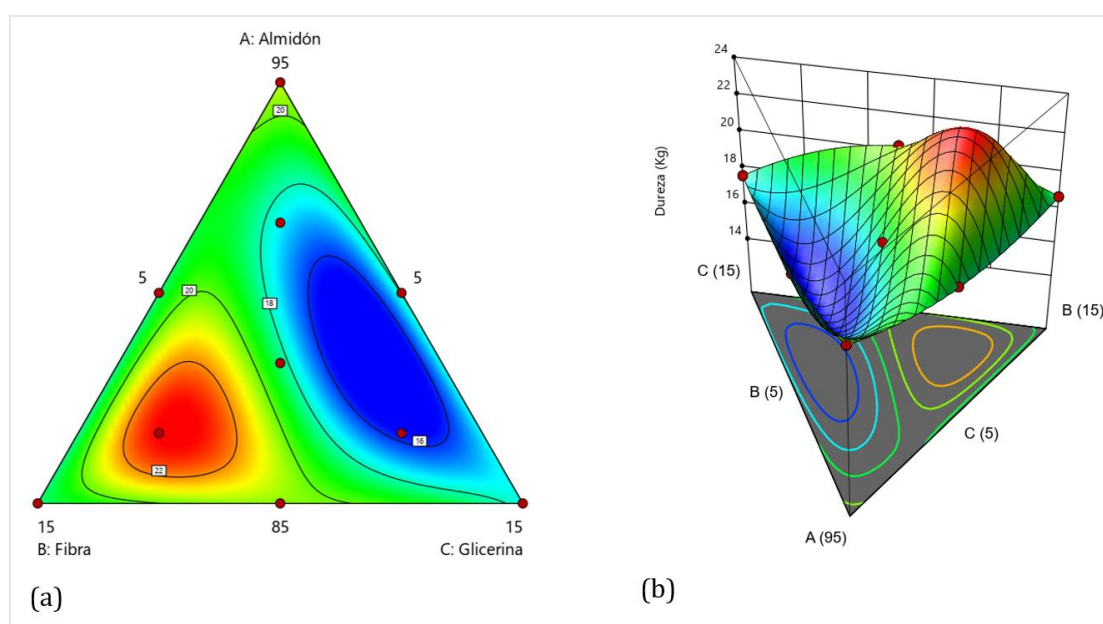
**Figura 2.** Superficie de respuesta (a) y gráfico de contornos (b) para la densidad de las bandejas biodegradables en función a la cantidad de almidón de papa, fibra de tocón de espárrago y glicerina

### 3.2. Optimización propiedades mecánicas de los envases

El análisis de las propiedades mecánicas permite determinar la resistencia del material y posibles alternativas de uso como contenedor de alguna comida.

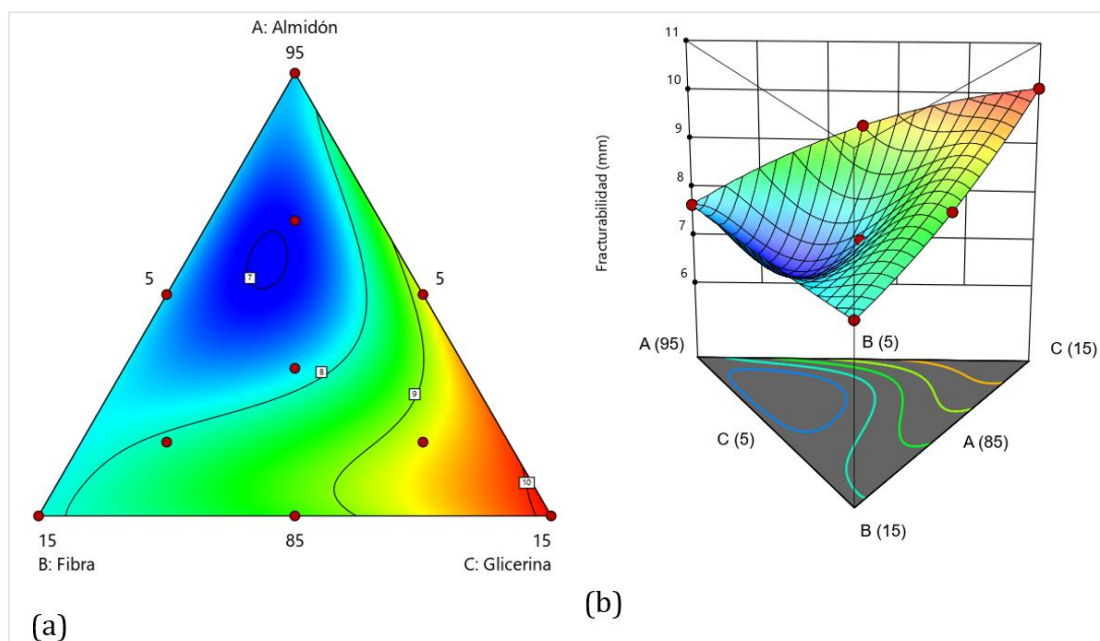
En la Figura 3, se observa el gráfico superficie de respuesta para la dureza por efecto de la interacción almidón, fibra de espárrago y glicerina, los valores de  $R^2$  (0,9984) y valor F (715,78) del modelo implican que el modelo es significativo, solo existiendo un 2,89% de posibilidades de que se produzca un valor por algún ruido. Los resultados obtenidos muestran que la interacción de los 3 factores tiene un efecto significativo sobre la dureza. Mediante el gráfico de superficie de respuesta el tratamiento con relación A/F de 86,667/11/667 y 6,667% de G obtendrá un valor deseado óptimo de 23,01 kg de fuerza.

El efecto de la fibra, almidón y glicerina tuvo un efecto diferente en la dureza de las bandejas. El incremento de la concentración de fibra de espárrago aumenta la fuerza de bandejas, además su interacción con la glicerina tiene un efecto en la resistencia de las bandejas. Los resultados indican que la mejor incorporación a la matriz de almidón se da en tratamientos con mayor contenido de fibra y concentraciones bajas de glicerina. En tal sentido, según Cruz-Tirado et al. (2019) y Miléo et al. (2016) la adición de fibras con mayor contenido de celulosa a mezclas de almidón, permiten transmitir la fuerza de tracción a las fibras de espárrago, mejorando la resistencia a la tracción e incrementando sus propiedades mecánicas. En el caso de la glicerina, su aplicación en concentraciones adecuadas permite la formación de una estructura compacta, menos porosa (Cinelli et al., 2006), que permite actuar como plastificante en las bandejas, con aumento de deformación a la rotura de estas bandejas (Kaisangsri et al., 2012).



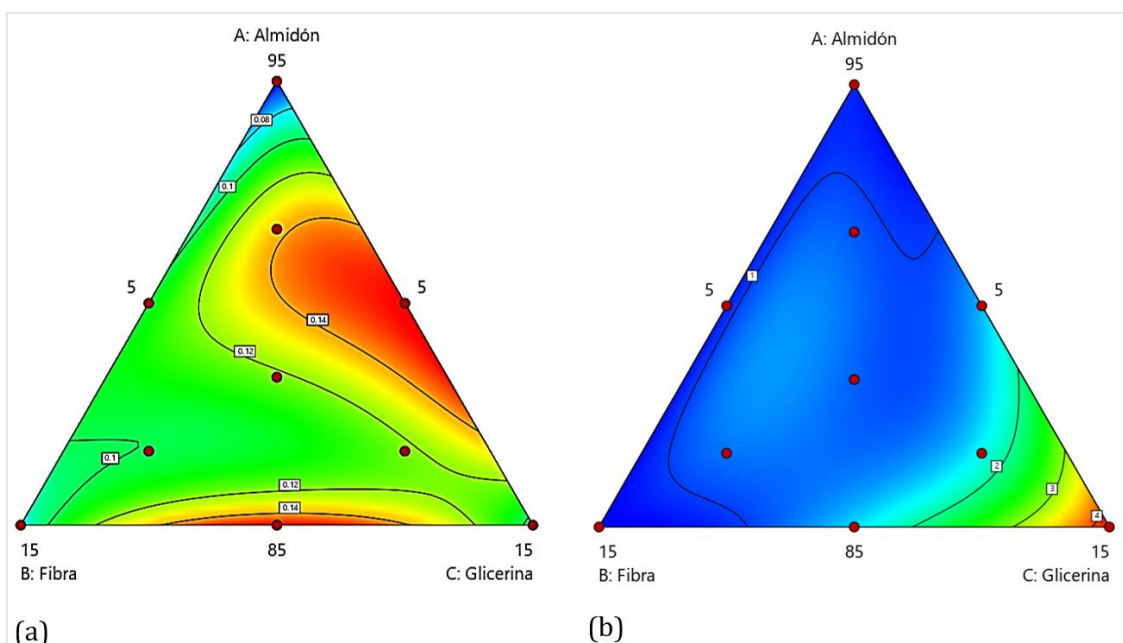
**Figura 3.** Superficie de respuesta (a) y gráfico de contornos (b) para la dureza de las bandejas biodegradables en función a la cantidad de almidón de papa, fibra de tocón de espárrago y glicerina

En la Figura 4, se observa el gráfico superficie de respuesta para la fracturabilidad por efecto de la interacción almidón, fibra de espárrago y glicerina, mediante su aplicación se evalúa la integridad de las bandejas durante el desplazamiento. De acuerdo a los resultados observados, la relación de las variables almidón y glicerina tienen un efecto significativo ( $p < 0,05$ ) en el desplazamiento, concentraciones de glicerina por encima del 7% optimizan la integridad de las bandejas. En cuanto a la interacción de las variables fibra y almidón, no existe una relación significativa de mejora en cuanto a la incorporación de fibra en reemplazo del almidón.



**Figura 4.** Superficie de respuesta (a) y gráfico de contornos (b) para la fracturabilidad de las bandejas biodegradables en función a la cantidad de almidón de papa, fibra de tocón de espárrago y glicerina

En la Figura 5 la interacción de las variables fibra, almidón y glicerina con respecto a la resistencia a la tracción (a) y elongación (b), los resultados muestran una diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos y para la interacción de las variables, lo que indica que resistencia a la tracción y % elongación dependen del nivel de concentración de fibra, almidón y glicerina.



**Figura 5.** Superficie de respuesta de resistencia a la tracción (a) y porcentaje de elongación (b) en bandejas biodegradables de almidón de papa, fibra de tocón de espárrago y glicerina

De la optimización de las variables de estudio obtuvo que el tratamiento con relación A/F de 90/5 y G 10% permite tener un valor deseado de resistencia a la tracción de 0,1548 MPa y un tratamiento de A/F de 85/5 y G 15% permite tener un valor óptimo de % elongación de 4,24%. Las bandejas biodegradables con adición de subproductos agroindustriales constituyen una alternativa emergente medioambiental promisoría para

sustituir el uso de convencional de plásticos (poliestireno expandido) (Bergel et al., 2017; Espina et al., 2016). Los resultados obtenidos muestran resistencias a la tracción y % elongación superiores a envases desarrollados de ase de almidón de yuca reforzado con fibra de cáscara de piña (RT 0,60 -0,83 MPa y E 1,16 y 1,38%) (Cabanillas et al., 2019), bandejas a base de grano de cerveza y fécula de maíz (RT 1,1 -2 MPa y E 0, 89%) (Ferreira et al., 2019).

El porcentaje de elongación de los tratamientos en su mayoría se encontraron por debajo del valor comercial del poliestireno (2,82%) (Cabanillas et al., 2019). Sin embargo, el tratamiento M3 con relación A/F de 85/5 y 10% de G obtuvo un valor óptimo 4,24% de elongación, este aumento de valor en el porcentaje de elongación se da probablemente debido al incremento de la plasticidad por la adición de glicerina y al porcentaje de fibra de espárrago que permite fortalecer la matriz e interacción fibra y almidón en bajas concentraciones que pueden probablemente atribuirse al tamaño de la fibra, obteniendo bandejas con mayor porcentaje de elongación.

En la Tabla 2 se presenta el tratamiento óptimo del diseño de deseabilidad, que permite realizar una optimización simultánea de las diferentes respuestas obtenidas y convertir cada respuesta de la variable dependiente en una función que varía entre 0 y 1, siendo 1 el valor ideal (Barrios Córdova et al. 2020; De Jesus Rahmer et al., 2019). El punto de deseabilidad máximo se obtiene con una relación A/F de 85/6,89 y % G 13,11; encontrando esta combinación de factores con una deseabilidad óptima de 0,6613.

**Tabla 2.**

*Valor óptimo de maximización de múltiples respuestas*

| Factor | Temperatura y tiempo |       |           | Concentración de ácido cítrico y tiempo |                      | Resist. Tracción (MPa) | % Elong. (mm) |
|--------|----------------------|-------|-----------|---|----------------------|------------------------|---------------|
|        | Almidón              | Fibra | Glicerina | Dureza (kg)                             | Fracturabilidad (mm) |                        |               |
| Óptimo | 85,0                 | 6,89  | 13,11     | 19,190                                  | 9,509                | 0,133                  | 2,998         |

#### 4. CONCLUSIONES

Fue posible elaborar bandejas biodegradables a base de almidón de papa y fibra de tocones de espárrago mediante un proceso de termoformado. Se determinó que la bandeja elaborada con la mezcla F/A de 85/6,89 y % G de 13,11% tendrá las propiedades mecánicas adecuadas para utilizarse en el envasado de alimentos.

Asimismo, fue posible establecer que las propiedades físicas analizadas tienen una relación inversamente proporcional a la cantidad glicerina y fibra adicionada en la matriz polimérica, que limita la capacidad de expansión de la mezcla durante el termoformado. En el caso de las propiedades mecánicas, el incremento de la concentración de fibra de espárrago aumenta la fuerza de bandejas, además su interacción con la glicerina tiene un efecto en la resistencia de las bandejas. Los resultados indican que la mejor incorporación a la matriz de almidón se da en tratamientos con mayor contenido de fibra y concentraciones bajas de glicerina.

#### FINANCIAMIENTO

Investigación financiada por la Universidad Nacional Autónoma de Chota mediante contrato de Ejecución de Proyecto de Investigación del V Concurso de Emprendimiento e Innovación Start Up N° 001-2019-UNACH.

#### CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

## CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización: Gamboa-Alarcón, P. W.

Curación de datos: Gamboa-Alarcón, P. W.

Análisis formal: Díaz-Díaz, E.

Adquisición de fondos: Díaz-Díaz, E.

Investigación: Díaz-Idrogo, Y.

Metodología: Gamboa-Alarcón, P. W. y Chumacero-Acosta, J. S.

Administración del proyecto: Cabrera-Guevara, C.

Recursos: Cabrera-Guevara, C.

Software: Díaz-Idrogo, Y.

Supervisión: Díaz-Díaz, E.

Validación: Gamboa-Alarcón, P. W. y Chumacero-Acosta, J. S.

Visualización: Díaz-Idrogo, Y.

Redacción - borrador original: Díaz-Díaz, E., Díaz-Idrogo, Y. y Cabrera-Guevara, C.

Redacción - revisión y edición: Díaz-Díaz, E., Díaz-Idrogo, Y. y Cabrera-Guevara, C.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angulo Cueva, R. C. (2019). *Potencial alimentario de productos obtenidos a partir de residuos industriales de espárrago* [Universidad Nacional de Trujillo].  
<http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/14875>
- Barrios Córdova, A., Vaquera Huerta, H., Romero Padilla, J. M., Crossa, J., & Burguete Hernández, E. (2020). Estudio comparativo de técnicas de optimización multirespuesta en diseños experimentales. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 21(2), 1–12.  
<https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2020.21n2.016>
- Bergel, B. F., da Luz, L. M., & Santana, R. M. C. (2017). Comparative study of the influence of chitosan as coating of thermoplastic starch foam from potato, cassava and corn starch. *Progress in Organic Coatings*, 106, 27–32. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2017.02.010>
- Bolt, H. M. (2005). Vinyl Chloride—A Classical Industrial Toxicant of New Interest. *Critical Reviews in Toxicology*, 35(4), 307–323. <https://doi.org/10.1080/10408440490915975>
- Cabanillas, A., Nuñez, J., Cruz-Tirado, J., Vejarano, R., Tapia-Blácido, D. R., Arteaga, H., & Siche, R. (2019). Pineapple shell fiber as reinforcement in cassava starch foam trays. *Polymers and Polymer Composites*, 27(8), 496–506. <https://doi.org/10.1177/0967391119848187>
- Cinelli, P., Chiellini, E., Lawton, J. W., & Imam, S. H. (2006). Foamed articles based on potato starch, corn fibers and poly(vinyl alcohol). *Polymer Degradation and Stability*, 91(5), 1147–1155.  
<https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2005.07.001>
- Cruz-Tirado, J. P., Siche, R., Cabanillas, A., Díaz-Sánchez, L., Vejarano, R., & Tapia-Blácido, D. R. (2017). Properties of baked foams from oca ( *Oxalis tuberosa* ) starch reinforced with sugarcane bagasse and asparagus peel fiber. *Procedia Engineering*, 200, 178–185.  
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.07.026>
- Cruz-Tirado, J. P., Vejarano, R., Tapia-Blácido, D. R., Barraza-Jáuregui, G., & Siche, R. (2019). Biodegradable foam tray based on starches isolated from different Peruvian species. *International Journal of Biological Macromolecules*, 125, 800–807. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.12.111>
- De Jesus Rahmer, B., Garzón Saénz, H., & Solana Garzón, J. (2019). Uso de la función de deseabilidad para la optimización de un proceso de producción de poliestireno. *Revista Ingeniería Industrial*, 18(1), 27–

42. <https://revistas.ubiobio.cl/index.php/RI/article/view/4132>
- Espina, M., Cruz-Tirado, J. P., & Siche, R. (2016). Mechanical properties of trays based on starch of native plant species and fiber of agroindustrial wastes. *Scientia Agropecuaria*, *07*(02), 133–143. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.02.06>
- Ferreira, A. M., Martins, J., Carvalho, L. H., & Magalhães, F. D. (2019). Biosourced Disposable Trays Made of Brewer's Spent Grain and Potato Starch. *Polymers*, *11*(5), 923. <https://doi.org/10.3390/polym11050923>
- Hoyos Mireles, B. J., Cieza Díaz, E. del R., & Castro Medina, R. S. (2021). Ecological trays based on banana (*Musa paradisiaca*) and achira (*Canna indica*) leaf blades: Physical, mechanical and chemical characteristics. *Agroindustrial Science*, *11*(1), 87–96. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2021.01.11>
- Jiang, J., Gao, H., Zeng, J., Zhang, L., Wang, F., Su, T., & Li, G. (2021). Determination of subfreezing temperature and gel retrogradation characteristics of potato starch gel. *LWT*, *149*, 112037. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112037>
- Kaisangsri, N., Kerchoechuen, O., & Laohakunjit, N. (2012). Biodegradable foam tray from cassava starch blended with natural fiber and chitosan. *Industrial Crops and Products*, *37*(1), 542–546. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.07.034>
- Lee, J. W., Lee, J. H., Yu, I. H., Gorinstein, S., Bae, J. H., & Ku, Y. G. (2014). Bioactive Compounds, Antioxidant and Binding Activities and Spear Yield of Asparagus officinalis L. *Plant Foods for Human Nutrition*, *69*(2), 175–181. <https://doi.org/10.1007/s11130-014-0418-9>
- Miléo, P. C., Oliveira, M. F., Luz, S. M., Rocha, G. J. M., & Gonçalves, A. R. (2016). Thermal and chemical characterization of sugarcane bagasse cellulose/lignin-reinforced composites. *Polymer Bulletin*, *73*(11), 3163–3174. <https://doi.org/10.1007/s00289-016-1647-x>
- Ruiz Quispe, G. F. (2018). *Propuesta de mejora de métodos de trabajo en el proceso de producción de espárrago verde fresco para incrementar la productividad de la asociación agrícola Compositan Alto* [Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/13349>
- Salgado, P. R., Schmidt, V. C., Molina Ortiz, S. E., Mauri, A. N., & Laurindo, J. B. (2008). Biodegradable foams based on cassava starch, sunflower proteins and cellulose fibers obtained by a baking process. *Journal of Food Engineering*, *85*(3), 435–443. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.08.005>
- Sarabi, B., Hasandokht, M., Hassani, M., & Masoomi, T. (2010). Evaluation of Morphological Characteristics of Iranian Edible Wild Asparagus (*Asparagus officinalis* L.). *Iranian Journal of Horticultural Science*, *41*(3), 372312. [https://ijhs.ut.ac.ir/article\\_21914.html?lang=en](https://ijhs.ut.ac.ir/article_21914.html?lang=en)
- Sinha, N. K. (2011). *Handbook of Vegetables and Vegetable Processing* (5th ed.). Blackwell Publishing Ltd.
- Vercelheze, A. E. S., Fakhouri, F. M., Dall'Antônia, L. H., Urbano, A., Youssef, E. Y., Yamashita, F., & Mali, S. (2012). Properties of baked foams based on cassava starch, sugarcane bagasse fibers and montmorillonite. *Carbohydrate Polymers*, *87*(2), 1302–1310. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.09.016>
- Wang, W., Chen, W., Yang, H., & Cui, M. (2017). Textural and rheological properties of potato starch as affected by amino acids. *International Journal of Food Properties*, *20*(sup3), S3123–S3134. <https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1396475>
- Waterschoot, J., Gomand, S. V., Fierens, E., & Delcour, J. A. (2015). Production, structure, physicochemical and functional properties of maize, cassava, wheat, potato and rice starches. *Starch - Stärke*, *67*(1–2), 14–29. <https://doi.org/10.1002/star.201300238>



Zhang, Z., Yao, Y., Shi, Q., Zhao, J., Fu, H., & Wang, Y. (2020). Effects of radio-frequency-assisted blanching on the polyphenol oxidase, microstructure, physical characteristics, and starch content of potato. *LWT*, 125, 109357. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109357>



# Aprovechamiento de lanche, hierbaluisa y stevia en la elaboración de infusiones

Use of lanche, hierbaluisa and stevia in the preparation of infusions

Ramirez-Tixe, Edson Elvis<sup>1\*</sup>

Ruiz-Díaz, Faustino<sup>1</sup>

Herrera-Oblitas, Josué Miler<sup>1</sup>

Cubas-Díaz, Yaneth<sup>1</sup>

Tocas-Burga, Hugo César<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de Chota, Cajamarca, Perú

**Recibido:** 05 Set. 2022 | **Aceptado:** 05 Nov. 2022 | **Publicado:** 20 Ene. 2023

**Autor de correspondencia\*:** [eeramirez@unach.edu.pe](mailto:eeramirez@unach.edu.pe)

**Cómo citar este artículo:** Ramirez-Tixe, E. E., Ruiz-Díaz, F., Herrera-Oblitas, J. M., Cubas-Díaz, Y. & Tocas-Burga, H. C. (2023). Aprovechamiento de lanche, hierbaluisa y stevia en la elaboración de infusiones. *Revista Agrotecnológica Amazónica*, 3(1), e431. <https://doi.org/10.51252/raa.v3i1.431>

## RESUMEN

Muchas enfermedades como el cáncer, la diabetes, el colesterol, entre otras; requieren ser prevenidas y/o controladas, por ello, las plantas y hierbas son una alternativa debido a sus compuestos bioactivos. El objetivo fue aprovechar la hierbaluisa, lanche y stevia producida en la provincia de Chota para la formulación de infusiones. Las hojas fueron lavadas, desinfectadas, secadas a 50 °C y molidas; se realizaron 40 tratamientos, consistente en diez formulaciones con hierbaluisa, lanche y stevia (85:0:15; 80:5:15; 70:15:15; 60:25:15; 50:35:15; 40:45:15; 30:55:15; 20:65:15; 10:75:15 y 0:85:15), con cuatro tiempos de infusión (244, 265, 300 y 344 s.), se evaluó pH, sólidos solubles totales y color ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ). Se seleccionó cuatro tratamientos con mejores propiedades fisicoquímicas para realizar la evaluación sensorial de los atributos de olor, color, sabor y dulzor con 80 panelistas no entrenados. Se encontró asociación ( $R^2 = 0,72$ ) entre tiempo de infusión y sólidos solubles totales, porcentaje de hierbaluisa y parámetro  $b^*$  ( $R^2 = 0,77$ ). El tratamiento T7 (30% de hierbaluisa, 55% de lanche y 15% de stevia, tiempo de infusión 244 s.) tuvo la mayor aceptabilidad sensorial en los atributos de olor, color, sabor y dulzor.

**Palabras clave:** aceptabilidad sensorial; propiedades fisicoquímicas; *Cymbopogon citratus*; *Myrcianthes rhopaloides*; *Stevia rebaudiana Bertoni*

## ABSTRACT

Many diseases such as cancer, diabetes, cholesterol, among others, need to be prevented and/or controlled, therefore, plants and herbs are an alternative due to their bioactive compounds. The objective was to take advantage of lemon verbena, lanche and stevia produced in the province of Chota for the formulation of infusions. The leaves were washed, disinfected, dried at 50 °C and ground; 40 treatments were carried out consisting of ten formulations with lemon verbena, lanche and stevia (85:0:15; 80:5:15; 70:15:15; 60:25:15; 50:35:15; 40:45:15; 30:55:15; 20:65:15; 10:75:15 and 0:85:15), with four infusion times (244, 265, 300 and 344 s.), pH, total soluble solids and color ( $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$ ). Four treatments with the best physicochemical properties were selected and sensory evaluations of the odor, color, flavor and sweetness attributes were carried out with 80 non-disruptive panelists. An association ( $R^2 = 0.72$ ) was found between infusion time and total soluble solids, percentage of lemon verbena and parameter  $b^*$  ( $R^2 = 0.77$ ), percentage of lanche and parameter  $b^*$  ( $R^2 = -0.77$ ); treatment T7 (30% lemon verbena, 55% lanche and 15% stevia, infusion time 244 s.) had the highest sensory acceptability in the attributes of smell, color, flavor and sweetness.

**Keywords:** sensory acceptability; physicochemical properties; *Cymbopogon citratus*; *Myrcianthes rhopaloides*; *Stevia rebaudiana Bertoni*



## 1. INTRODUCCIÓN

La tendencia a un estilo de vida más sano ha ocasionado reanudar el cultivo de especies aromáticas y medicinales olvidadas (Ramírez de León et al., 2013), estas plantas son utilizadas con fines medicinales, como antimicrobianas, antiinflamatorias, antimutagénicas y anticancerígenas (Pereira et al., 2015), las partes más utilizadas son la corteza, flores, frutos, raíces, bayas y hojas; se pueden utilizar en estado fresco, seco, picado o molidas (Suhaj, 2006), por su agradable aroma y sabor son utilizadas como infusiones en diferentes partes del mundo. Muchas de estas plantas poseen compuestos fenólicos y capacidad antioxidante (Clavijo López et al., 2016), pudiéndose usar en la prevención de diversas enfermedades cardiovasculares, neurológicas y cancerígenas (Ren-You et al., 2010).

En el Perú se cultivan el 10% de toda la flora mundial, de los cuales el 30% son especies endémicas (Vásquez-Ocmín et al., 2018), en la región de Cajamarca se cultiva la hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*) es usada en infusión por sus propiedades aromáticas (Pino et al., 2018); además, presentan efecto citoprotectora, antioxidante y antiinflamatoria (Tiwari et al., 2010), su consumo en casi todo el mundo es de manera tradicional en infusiones a partir de hojas frescas o secas (Negrelle & Gomes, 2003); otra especie vegetal cultivada en la región es lanche (*Myrcianthes rhopaloides*), presenta propiedades antisépticas, ansiolíticas, antifúngicas, anti-inflamatorias, antioxidante, antimicrobianas (Bueno-Duarte & Mendez-Sanchez, 2015; Sales et al., 2020; Gasmalla et al., 2014), el efecto se atribuye a sus compuestos principales como el Linalol, Eucaliptol, D-Limoneno y Terpeneol (Maldonado & Dacarro, 2007); también se cultiva stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) considerada como potencial edulcorante que pueden sustituir al azúcar, es 300 veces más dulce y no contiene calorías (Salvador-Reyes et al., 2014), su uso podría contribuir a la prevención de caries, obesidad, diabetes tipo 2 y otras enfermedades (Marcinek & Krejpcio, 2016).

A pesar de que las plantas y hierbas aromáticas sean prometedoras, siguen siendo desconocidos en gran parte en el mundo (Retta et al., 2012). Por lo expuesto, el presente trabajo tuvo por objetivo aprovechar la hierbaluisa, lanche y stevia producida en la provincia de Chota para la formulación de infusiones.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en los laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería agroindustrial de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, ubicado a los 2388 m.s.n.m. Las muestras de hierbaluisa, lanche y stevia fueron adquiridas en la provincia de Chota -Cajamarca; las cuales, fueron lavadas, desinfectadas con 5% de hipoclorito de sodio y secadas a temperatura de 50 °C por 16 horas, posteriormente fueron molidas y almacenadas en bolsas de papel kraft hasta su formulación. En la figura 1 se muestra los procesos realizados para obtener y evaluar las infusiones.



**Figura 1.** Proceso de elaboración y evaluación de las infusiones a base de hierbaluisa y lanche edulcoradas con stevia

## 2.1. Formulación

Se realizó según la Tabla 1, cada formulación se pesó en una balanza de precisión modelo ES-300; el peso de la mezcla fue de 1 g contenida en papel termosellable color blanco-Ref-746. Una vez colocadas las muestras secas en las bolsitas, se procedió a sellar los laterales luego de incorporar el hilo sostén se selló la parte superior. Los filtrantes fueron empacados en envases de papel y almacenados en cajas de 25 unidades hasta su análisis fisicoquímico y evaluación sensorial.

**Tabla 1.**

*Formulación de infusiones con hierba luisa (Cymbopogon citratus), lanche (Myrcianthes rhopaloides) y stevia (Stevia rebaudiana Bertoni)*

| Formulación | Hierbaluisa (%) | Lanche (%) | Stevia (%) |
|-------------|-----------------|------------|------------|
| F1          | 85              | 0          | 15         |
| F2          | 80              | 5          | 15         |
| F3          | 70              | 15         | 15         |
| F4          | 60              | 25         | 15         |
| F5          | 50              | 35         | 15         |
| F6          | 40              | 45         | 15         |
| F7          | 30              | 55         | 15         |
| F8          | 20              | 65         | 15         |
| F9          | 10              | 75         | 15         |
| F10         | 0               | 85         | 15         |

## 2.2. Análisis fisicoquímico

Las muestras de lanche, hierba luisa y stevia, fueron analizadas según la metodología: AOAC 930.09 para carbohidratos, AOAC 930.04 para grasa, AOAC 930.04 para humedad, AOAC 930.04 para proteína, AOAC 930.05 para ceniza y la AOAC 930.10 para fibra cruda. En cuanto a la evaluación de los sólidos solubles totales de la infusión se realizó con un refractómetro (Hanna HI96801) aplicando el método de refractómetro AOC 932.12; el pH fue evaluado con el potenciómetro (Hanna, USA) previamente calibrado aplicando el método AOAC 918.12.

Los parámetros de color CIE-LAB de la infusión se midieron usando el croma Minolta (CR-300; Minolta Co., Osaka, Japón). El procedimiento se llevó a cabo de acuerdo con Liu et al. (2017). Los análisis se realizaron por triplicado por tratamiento, los parámetros de color; L\* (L\*= 100 significa blanco, L\* = 0 significa negro), a\*[rojo (+) y verdoso (-)], y b\* [amarilleo (+) y azulado (-)] se determinaron en el CIE L\*a\*b\* espacio bajo el iluminante D65/10°. Las diferencias de color total ( $\Delta E$ ) se calculó utilizando la ecuación 1:

$$\Delta E = \sqrt{(L_0^* - L^*)^2 + (a_0^* - a^*)^2 + (b_0^* - b^*)^2} \dots \text{(ecuación 1)}$$

## 2.3. Infusión

Las infusiones fueron preparadas según la Tabla 2. Se aplicaron cuatro tiempos de infusión (244 s, 265 s, 300 s y 344 s), empleando 1g de mezcla formulada, cada una de ellas fueron colocada en un vaso de precipitación de 150 mL, se agregó 100 mL de agua hirviendo (97 °C) y se controló el tiempo de infusión. Culminado este proceso, las muestras se dejaron enfriar a temperatura de 20 °C para evaluar los sólidos solubles totales (SST), pH y color.

**Tabla 2.**

*Tratamiento de las infusiones a base de hierba luisa (Cymbopogon citratus), lanche (Myrcianthes rhopaloides) y stevia (Stevia rebaudiana Bertoni)*

| Tiempo de infusión (segundos) |   | Formulación |   |   |   |   |   |   |   |    |  |
|-------------------------------|---|-------------|---|---|---|---|---|---|---|----|--|
| 244                           | 1 | 2           | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |  |
| 265                           | 1 | 2           | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |  |
| 300                           | 1 | 2           | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |  |
| 344                           | 1 | 2           | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |  |

## 2.4. Evaluación sensorial

Se realizó a los cuatro tratamientos con mejores propiedades de sólidos solubles totales, pH y color de la infusión. La evaluación se efectuó con un panel de 80 panelistas no entrenados las que se encontraban entre las edades de 18 a 40 años. Las cuatro muestras se presentaron simultáneamente, se les solicitó evaluar los atributos de olor, color, sabor y dulzor de cada muestra e indicar su calificativo según su agrado, teniendo como referencia la escala de evaluación presentada en la ficha (Figura 2), que fue desde “me disgusta demasiado” hasta “me gusta mucho”, además, se les indicó que podrían utilizar una misma evaluación para varias muestras.

**FICHA DE EVALUACIÓN DE INFUSIONES**

Edad: \_\_\_\_\_ Sexo: \_\_\_\_\_

Instrucciones: A continuación, se les presenta cuatro muestras codificadas con 156; 632; 425 y 970, en el orden de su preferencia evalúe los atributos de olor, color, sabor y dulzor, califíquelas por cada atributo según 5 (me gusta mucho), 4 (me gusta), 3 (no me gusta ni me disgusta), 2 (Me disgusta), 1 (Me disgusta demasiado) las respuestas colócalas en el cuadro de respuestas.

**Cuadro de respuestas**

| Infusión | Atributos |       |       |        |
|----------|-----------|-------|-------|--------|
|          | Olor      | Color | Sabor | Dulzor |
| 156      |           |       |       |        |
| 632      |           |       |       |        |
| 425      |           |       |       |        |
| 970      |           |       |       |        |

**Figura 2.** Ficha de evaluación para la prueba de preferencia de la infusión

## 2.5. Análisis de datos

Para evaluar la formulación y el tiempo de infusión en las propiedades de SST, pH y color de las infusiones, se empleó un experimento bifactorial 10A x 4B bajo un Diseño Completamente al Azar, factor A: formulación y factor B: tiempo de infusión. El análisis de la evaluación sensorial se realizó mediante el test no paramétrico de Friedman. Para el procesamiento de los datos se empleó el software R.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 3, se muestra los resultados del análisis químico proximal realizados a polvos de hierbaluisa, lanche y stevia. Se encontró una mayor concentración de cenizas y proteínas en muestras de stevia, la concentración de ceniza puede estar relacionado con el contenido de K y N que la planta absorbe y acumula durante su desarrollo (Pedraza & Henao, 2008); la concentración de proteínas es similar a lo reportado por Gasmalla et al. (2014) quienes encontraron que en base húmeda presenta 12,44%. La humedad de las muestras presentó valores  $\leq 9\%$ , las que se encontraban dentro del recomendado por la Norma Técnica Peruana NTP 209.244:2021.

**Tabla 3.**

*Análisis químico proximal en 100 g de polvo de muestras de hierbaluisa, lanche y stevia*

| Compuestos        | Hierba luisa |       | Lanche     |       | Stevia     |       |
|-------------------|--------------|-------|------------|-------|------------|-------|
|                   | B.H          | BS    | B.H        | BS    | B.H        | BS    |
| Carbohidratos (%) | 73,9±0,53b   | 81,21 | 77,7±0,45a | 85,30 | 68,6±0,47c | 73,68 |
| Grasa (%)         | 3,0±0,21a    | 3,30  | 1,7±0,23b  | 1,87  | 1,9±0,43b  | 2,04  |
| Humedad (%)       | 9,0±0,32a    | ----- | 8,9±0,25a  | ----- | 6,9±0,46b  | ----- |
| Proteína (%)      | 6,5±0,43b    | 7,14  | 5,8±0,27c  | 6,37  | 12,6±0,33a | 13,53 |
| Cenizas(%)        | 7,6±0,23b    | 8,35  | 5,9±0,43c  | 6,48  | 10,0±0,62a | 10,74 |
| Fibra cruda (%)   | 23,3±0,44a   | 25,60 | 23,3±0,51a | 25,58 | 8,6±0,73b  | 9,44  |

*Nota:* Base Húmeda (BH) y Base Seca (BS), letras diferentes muestras diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre muestras.

La evaluación de las propiedades físicas como sólidos solubles totales, pH y color de las infusiones se muestran en la Tabla 4. La formulación y el tiempo de infusión influyeron ( $p < 0,05$ ) en las propiedades físicas, estos valores pueden estar relacionadas con la forma de preparación a diferentes tiempos y temperaturas (Mora et al., 2013). El agua pura presentó pH de  $7,01 \pm 0,021$  posteriormente estos presentaron en su mayoría un ligero descenso siendo el tratamiento 29 con mayor descenso (10% de hierbaluisa, 75% de lanché y 15% de stevia, con 300 segundos), este comportamiento puede relacionarse con la capacidad de solubilidad de los compuestos fenólicos, los cuáles son responsables del carácter ácido en las infusiones (Carrillo Inungaray et al., 2017); los valores mostrados se encuentran muy cercanos a los encontrados para infusiones de marcas comerciales como manzanilla Herbi (pH de 7,14), manzanilla Mc Collins (pH de 6,92); anís Herbi (7,13) y anís Mc Collins (pH de 7,09) (Millones et al., 2014).

La mayor concentración de SST se presentó a tiempos de infusión de 344 s y 265 s cuyos tratamientos son 31 (85% de hierbaluisa, 0% de lanche y 15% de stevia, con 344 segundos) y 11 (85% de hierbaluisa, 0% de lanche y 15% de stevia, con 265 segundos), este mismo comportamiento reportó Nguyen & Chuyen (2020) durante la preparación del té de hierbas de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) tiempos más altos presentaron mayor concentración de SST, esto debido al proceso de lixiviación que se desarrolla al momento que las muestras son sumergidas en el agua (Rodríguez Arzuaga et al., 2016), otro factor es el proceso de difusión de sólidos, cuanto mayor es el tamaño de partícula mayor es el tiempo de difusión (Sishi et al., 2019). Las marcas comerciales de infusión recomiendan tiempos de 242 y 245 segundos (Millones et al., 2014).

**Tabla 4.**

*Evaluación de pH y sólidos solubles totales de infusiones con hierba luisa (Cymbopogon citratus) y lanche (Myrcianthes rhopaloides) edulcorado stevia (Stevia rebaudiana Bertoni)*

| Formulación | Tiempo (Segundos) |             |              |             |
|-------------|-------------------|-------------|--------------|-------------|
|             | 244               |             | 265          |             |
|             | pH                | SST         | pH           | SST (%)     |
| 1           | 6,81±0,05Ca       | 0,15±0,07Ab | 6,69±0,01Eb  | 0,30±0,00Aa |
| 2           | 6,91±0,03BCa      | 0,00±0,00Bb | 6,55±0,01Fb  | 0,05±0,07Bb |
| 3           | 6,97±0,04Ba       | 0,00±0,00Bc | 6,83±0,02Dc  | 0,10±0,00Bb |
| 4           | 6,87±0,01Cb       | 0,00±0,00Bc | 6,89±0,05CDb | 0,10±0,00Bb |
| 5           | 6,88±0,02Cab      | 0,00±0,00Bb | 6,86±0,01Db  | 0,10±0,00Ba |
| 6           | 7,04±0,02Aa       | 0,00±0,00Bb | 6,98±0,01Ab  | 0,05±0,07Bb |
| 7           | 7,06±0,01Aac      | 0,00±0,00Bb | 6,80±0,03Dc  | 0,05±0,07Ba |
| 8           | 6,94±0,06Bb       | 0,00±0,00Bb | 6,95±0,02BCb | 0,00±0,00Bb |
| 9           | 6,97±0,01Ba       | 0,00±0,00Bb | 6,95±0,00Bb  | 0,00±0,00Bb |
| 10          | 6,67±0,01Dc       | 0,00±0,00Bb | 6,82±0,06CDb | 0,00±0,00Bb |

| Formulación | Tiempo (Segundos) |              |             |             |
|-------------|-------------------|--------------|-------------|-------------|
|             | 300               |              | 344         |             |
|             | pH                | SST          | pH          | SST         |
| 1           | 6,88±0,08BCa      | 0,25±0,07Aab | 6,88±0,01Ca | 0,30±0,00Aa |

|    |                           |                          |                           |                         |
|----|---------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|
| 2  | 6,98±0,04AB <sup>a</sup>  | 0,20±0,00A <sup>a</sup>  | 6,88±0,02C <sup>a</sup>   | 0,20±0,00B <sup>a</sup> |
| 3  | 6,95±0,03AB <sup>a</sup>  | 0,15±0,07A <sup>ab</sup> | 6,87±0,00C <sup>b</sup>   | 0,20±0,00B <sup>a</sup> |
| 4  | 7,02±0,06A <sup>a</sup>   | 0,15±0,07A <sup>a</sup>  | 6,94±0,02B <sup>a</sup>   | 0,15±0,07C <sup>a</sup> |
| 5  | 6,94±0,04A <sup>a</sup>   | 0,15±0,07A <sup>a</sup>  | 6,86±0,01C <sup>b</sup>   | 0,15±0,07C <sup>a</sup> |
| 6  | 6,92±0,08ABC <sup>b</sup> | 0,15±0,07A <sup>a</sup>  | 6,99±0,04A <sup>ab</sup>  | 0,15±0,07C <sup>a</sup> |
| 7  | 6,98±0,01A <sup>a</sup>   | 0,15±0,07A <sup>a</sup>  | 6,90±0,03BC <sup>bc</sup> | 0,20±0,00B <sup>a</sup> |
| 8  | 7,00±0,01A <sup>a</sup>   | 0,20±0,00A <sup>a</sup>  | 6,92±0,06A <sup>b</sup>   | 0,20±0,00B <sup>a</sup> |
| 9  | 6,75±0,14C <sup>d</sup>   | 0,15±0,07A <sup>a</sup>  | 6,91±0,01B <sup>c</sup>   | 0,20±0,00B <sup>a</sup> |
| 10 | 6,95±0,01B <sup>a</sup>   | 0,15±0,07A <sup>a</sup>  | 6,98±0,04AB <sup>a</sup>  | 0,20±0,00B <sup>a</sup> |

Nota: SST (sólidos solubles totales). Diferentes letras mayúsculas indican diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) para formulación. Superíndices diferentes indican diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) para tiempo de infusión.

La evaluación del color de las infusiones se muestra en la Tabla 5, no se encontró diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) entre los valores  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ , se encontró valores de  $L^*$  entre 50,98 a 64,89 pertenecientes al tratamiento 34 (60% de hierbaluisa, 25% de lanché y 15% de stevia, tiempo de infusión 300 segundos) y 19 (10% de hierbaluisa, 75% de lanché y 15% de stevia, tiempo de infusión 265 segundos), valores altos de  $L^*$  se relaciona con una muestra más clara debido a la capacidad para reflejar la luz. Valores de  $a^*$  se encontró entre valores de -5,37 a -1,62 correspondiente al tratamiento 13 (60% de hierbaluisa, 25% de lanché y 15% de stevia, tiempo de infusión 265 segundos) y tratamiento 19 (0% de hierbaluisa, 85% de lanché y 15% de stevia, tiempo de infusión 265 segundos) estos valores están relacionados con el color verde que son las clorofilas presentes en las hierbas aromáticas y valores de  $b^*$  se encontró entre 9,31 a 20,11 para tratamiento 9 (10% de hierbaluisa, 75% de lanché y 15% de stevia, tiempo de infusión 244 segundos) y tratamiento 24 (60% de hierbaluisa, 25% de lanché y 15% de stevia, tiempo de infusión 300 segundos), estos valores representan al color amarillo que se relaciona a los carotenoides y flavonoides presentes en las hierbas y plantas aromáticas (Cartaya, 2001).

**Tabla 5.**

Evaluación de color de infusiones con hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) y lanche (*Myrcianthes rhopaloides*) edulcorado stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni)

| Formulación | Tiempo (Segundos)          |                           |                          |                           |                           |                          |
|-------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
|             | 244                        |                           |                          | 265                       |                           |                          |
|             | L                          | A                         | b                        | L                         | a                         | b                        |
| 1           | 57,77±0,51B <sup>b</sup>   | -3,34±0,12C <sup>c</sup>  | 16,40±0,50B <sup>d</sup> | 61,15±0,06B <sup>a</sup>  | -1,64±0,20A <sup>a</sup>  | 17,22±0,16B <sup>c</sup> |
| 2           | 58,91±0,37B <sup>b</sup>   | -4,18±0,35D <sup>c</sup>  | 17,49±0,39A <sup>b</sup> | 62,22±0,05B <sup>a</sup>  | -2,17±0,31B <sup>a</sup>  | 18,41±0,10A <sup>a</sup> |
| 3           | 55,71±0,27C <sup>c</sup>   | -3,30±0,24BC <sup>c</sup> | 17,12±0,21A <sup>a</sup> | 64,32±0,19AB <sup>a</sup> | -5,16±0,21D <sup>d</sup>  | 16,27±0,08C <sup>b</sup> |
| 4           | 58,79±0,79AB <sup>b</sup>  | -3,43±0,17BC <sup>b</sup> | 15,34±0,52B <sup>d</sup> | 62,58±0,10A <sup>a</sup>  | -5,37±0,10D <sup>c</sup>  | 17,98±0,39A <sup>b</sup> |
| 5           | 57,11±0,91B <sup>b</sup>   | -3,13±0,05B <sup>b</sup>  | 12,76±0,96C <sup>b</sup> | 58,94±0,58B <sup>a</sup>  | -2,79±0,13C <sup>a</sup>  | 15,22±1,03C <sup>a</sup> |
| 6           | 59,78±0,64B <sup>a</sup>   | -2,57±0,68A <sup>b</sup>  | 12,32±0,41C <sup>c</sup> | 58,99±0,50B <sup>a</sup>  | -2,77±0,09C <sup>b</sup>  | 14,16±0,47C <sup>b</sup> |
| 7           | 57,71±0,37B <sup>a</sup>   | -3,13±0,03B <sup>d</sup>  | 12,48±0,23C <sup>c</sup> | 58,40±0,08C <sup>a</sup>  | -2,91±0,03C <sup>c</sup>  | 14,19±0,15C <sup>a</sup> |
| 8           | 57,96±0,21B <sup>b</sup>   | -2,95±0,37BC <sup>c</sup> | 12,38±0,16C <sup>c</sup> | 60,12±0,04B <sup>a</sup>  | -3,01±0,03C <sup>d</sup>  | 13,06±0,19D <sup>b</sup> |
| 9           | 60,37±0,79A <sup>b</sup>   | -1,80±0,22A <sup>a</sup>  | 9,31±0,11D <sup>d</sup>  | 64,89±0,12A <sup>a</sup>  | -2,65±0,40BC <sup>b</sup> | 9,87±0,38E <sup>c</sup>  |
| 10          | 58,98±0,75AB <sup>ab</sup> | -2,87±0,29B <sup>c</sup>  | 12,19±0,95C <sup>b</sup> | 58,97±0,09B <sup>a</sup>  | -1,62±0,07A <sup>a</sup>  | 9,39±0,16E <sup>c</sup>  |

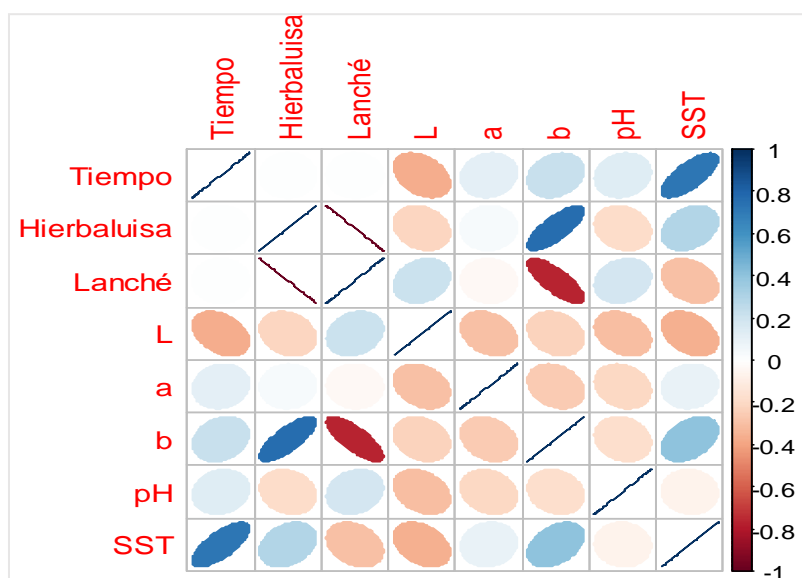
  

| Formulación | Tiempo (Segundo)         |                            |                          |                           |                            |                           |
|-------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
|             | 300                      |                            |                          | 344                       |                            |                           |
|             | L                        | a                          | b                        | L                         | a                          | b                         |
| 1           | 52,86±0,19E <sup>d</sup> | -3,11±0,09C <sup>c</sup>   | 20,03±0,33A <sup>a</sup> | 56,58±0,10AB <sup>c</sup> | -2,80±0,11AB <sup>b</sup>  | 18,99±0,02A <sup>b</sup>  |
| 2           | 52,49±0,17F <sup>c</sup> | -2,11±0,17A <sup>a</sup>   | 16,64±0,25B <sup>c</sup> | 52,69±0,47C <sup>c</sup>  | -3,10±0,45ABC <sup>b</sup> | 15,56±0,22CD <sup>d</sup> |
| 3           | 56,55±0,22C <sup>b</sup> | -2,70±0,48ABC <sup>a</sup> | 15,07±0,52C <sup>c</sup> | 56,95±0,46AB <sup>b</sup> | -3,62±0,05C <sup>b</sup>   | 17,20±0,41B <sup>a</sup>  |
| 4           | 50,98±0,15G <sup>d</sup> | -2,37±0,04A <sup>a</sup>   | 20,11±0,31A <sup>a</sup> | 57,73±0,07A <sup>c</sup>  | -3,38±0,40AC <sup>b</sup>  | 17,35±0,08B <sup>c</sup>  |
| 5           | 57,72±0,33A <sup>b</sup> | -2,83±0,19B <sup>a</sup>   | 13,31±0,37D <sup>b</sup> | 57,69±0,89A <sup>b</sup>  | -3,34±0,57A <sup>b</sup>   | 15,23±0,21D <sup>a</sup>  |
| 6           | 54,54±0,16D <sup>c</sup> | -2,01±0,46A <sup>a</sup>   | 12,40±0,46E <sup>c</sup> | 57,57±0,32A <sup>b</sup>  | -3,54±0,12C <sup>c</sup>   | 15,80±0,05C <sup>a</sup>  |
| 7           | 56,82±0,13B <sup>b</sup> | -2,50±0,14AB <sup>a</sup>  | 13,61±0,20D <sup>b</sup> | 57,87±0,10A <sup>b</sup>  | -2,88±0,02B <sup>b</sup>   | 14,51±0,49E <sup>a</sup>  |
| 8           | 56,57±0,01C <sup>c</sup> | -2,07±0,41A <sup>a</sup>   | 11,87±0,26E <sup>d</sup> | 57,95±0,05A <sup>b</sup>  | -2,45±0,11A <sup>b</sup>   | 14,23±0,37E <sup>a</sup>  |
| 9           | 57,46±0,11A <sup>d</sup> | -2,47±0,28AB <sup>b</sup>  | 12,42±0,41E <sup>b</sup> | 58,33±0,18A <sup>c</sup>  | -2,51±0,24A <sup>b</sup>   | 13,17±0,08F <sup>a</sup>  |
| 10          | 57,16±0,09B <sup>c</sup> | -2,35±0,35A <sup>b</sup>   | 12,37±0,47E <sup>b</sup> | 58,11±0,12A <sup>b</sup>  | -2,70±0,27AB <sup>b</sup>  | 14,26±0,44E <sup>a</sup>  |

Nota: Diferentes letras mayúsculas indican diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) para formulación. Superíndices diferentes indican diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) para tiempo de infusión.

### 3.1. Análisis de componentes principales

La correlación de las variables en estudio se muestra en la Figura 2. Se encontró una asociación directa entre el tiempo de infusión y SST ( $R^2=0,72$ ), concentración de hierbaluisa y parámetro  $b^*$  ( $R^2=0,77$ ), concentración de SST y parámetro  $b^*$  ( $R^2=0,41$ ); asociación inversa se encontró entre concentración de lanche y  $b^*$  ( $R^2=-0,77$ ), SST y  $L^*$  ( $R^2=-0,36$ ), pH y  $L^*$  ( $R^2=-0,31$ ),  $L^*$  SST ( $R^2=-0,36$ ), tiempo de infusión y  $L^*$  ( $R^2=-0,37$ ). La concentración de hierbaluisa y lanche en la formulación con los tiempos de infusión, son determinan en los valores de pH, sólidos solubles totales y las características del color de la infusión.



**Figura 3.** Correlación de las variables de estudio de las infusiones asociadas al color, pH y sólidos solubles totales

El análisis de componentes principales identificó a cuatro componentes principales que tiene un valor de proporción acumulada de 0,9024; las ecuaciones principales son:

$$PC1 = 0,214xT + 0,506xHL - 0,506xLa - 0,246xL^* + 0,029xA + 0,494xB - 0,095xpH + 0,357xSST$$

$$PC2 = -0,574xT + 0,270xHL - 0,261xLa + 0,432xL^* - 0,217xA + 0,156xB - 0,318xpH - 0,407xSST$$

$$PC3 = 0,046xT - 0,024xHL + 0,024xLa + 0,018xL^* - 0,780xA + 0,220xB + 0,582xpH - 0,031xSST$$

$$PC4 = -0,364xT + 0,187xHL - 0,187xLa - 0,522xL^* + 0,313xA - 0,118xB + 0,503xpH - 0,400xSST$$

Dónde:

T = Tiempo de infusión

HL= Hierbaluisa

La = Lanche

$L^*$  = Parámetro de color de luminancia

A = Parámetro de color a

B = Parámetro de color b

pH = potencial de hidrógenos disueltos

SST = sólidos solubles totales

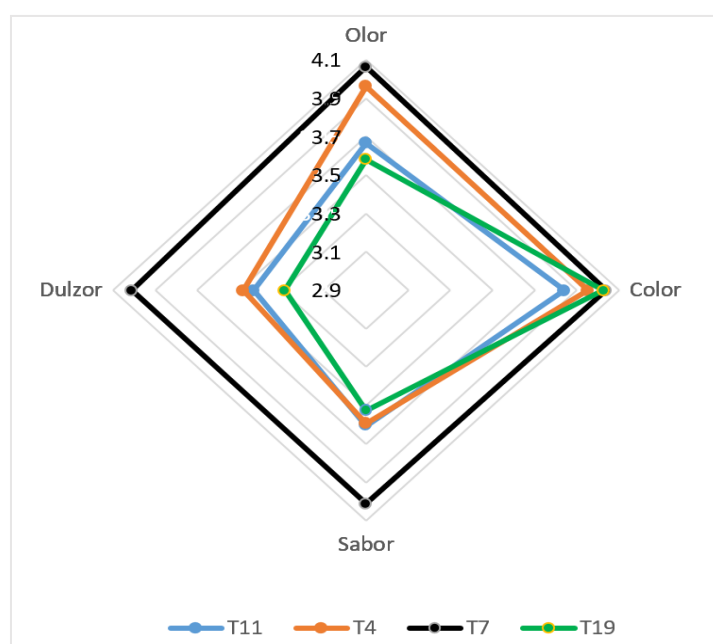


### 3.2. Evaluación Sensorial

Para la evaluación sensorial se seleccionaron tratamientos con valores de pH, SST y parámetros de color ( $L^*$ ,  $a$  y  $b$ ) que se encuentran entre los recomendados de las marcas comerciales de Herbi y Mc Collins, los tratamientos seleccionados fueron tratamiento 4; 7; 11 y 19.

Los resultados de la calificación de la evaluación sensorial se muestran en la Figura 4, el tratamiento 11 (85% de hierbaluisa, 0 % de lanche y 15% de stevia, tiempo de infusión 265 s.) y tratamiento 19 (10 % de hierbaluisa, 75% de lanche y 15% de stevia, tiempo de infusión 265 s) presentaron una menor aceptabilidad por parte de los panelistas. El tratamiento con mayor aceptabilidad fue el tratamiento 7 (30% de hierbaluisa, 55% de lanche y 15% de stevia, tiempo de infusión 244 s) en los atributos dulzor, olor y sabor; no encontraron diferencia entre los tratamientos 4; 7; y 19 en el atributo de color. La aceptabilidad sensorial puede relacionarse con la formulación presentada en la infusión, esto puede atribuirse a las concentraciones de terpenos presentes en las muestras de hierba luisa y lanche que son los responsables de color, olor y sabor (Maldonado & Dacarro, 2007; Muala et al., 2021).

El responsable del dulzor de la infusión son las hojas de stevia debido a los glucósidos de esteiol presentes en las hojas (Salvador-Reyes et al., 2014), durante la formulación la stevia fue de 15% para todos los tratamientos por lo que se esperaba que el atributo de dulzor fuese igual en todos los tratamientos; sin embargo los panelistas encontraron diferencia entre los tratamientos y calificaron al tratamiento 7 como el mejor, según Vásquez-Villalobos et al. (2012) menores tiempos de infusión (140-160 s) se obtiene un producto con el dulzor apropiado.



**Figura 4.** Análisis descriptivo de atributos de olor, color, sabor y dulzor de los tratamientos con mejores características de pH, sólidos solubles y color de las infusiones con hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) y lanche (*Myrcianthes rhopaloides*) edulcorado stevia (*Stevia rebaudiana Bertoni*)

En la Tabla 6 se muestra el análisis estadístico de la evaluación sensorial con respecto a los atributos de olor, color, sabor y dulzor. Se encontró una influencia del tratamiento ( $p < 0,05$ ) en la aceptabilidad de los atributos sensoriales, el tratamiento 7 presentó mayores valores de aceptabilidad por los panelistas en los atributos de olor, color, sabor y dulzor; el tratamiento 4 también presentó una buena aceptación por los panelistas en los atributos de olor, color y dulzor. Estos resultados son concordantes con lo encontrado por Millones et al. (2014) durante la evaluación de infusiones de anís de monte encontraron mayor aceptabilidad por los panelistas cuando se aplica menor tiempo de infusión.

**Tabla 6.***Análisis de Friedman en la aceptabilidad de los atributos sensoriales*

| Tratamiento | Olor   | Color  | Sabor  | Dulzor |
|-------------|--------|--------|--------|--------|
| T11         | 190,5b | 205,5a | 200,5b | 187,5b |
| T4          | 217,0a | 214,0a | 191,5b | 195,0b |
| T7          | 230,5a | 224,5a | 236,0a | 247,5a |
| T19         | 172,0b | 166,0b | 182,0b | 180,0b |
| Fr(4)       | 534,4  | 522,0  | 554,4  | 572,0  |
| p (5%)      | 0,000  | 0,000  | 0,001  | 0,000  |

*Nota:* Diferentes letras mayúsculas indican diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre el pH y SST (sólidos solubles totales) para formulación. Diferentes letras minúsculas indican diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre el pH y SST (sólidos solubles totales) para tiempo de infusión.

#### 4. CONCLUSIONES

Las características fisicoquímicas de las infusiones están determinadas por el tiempo de infusión y concentración de hierbaluisa, lanche y stevia, la formulación óptima encontrada es 30% de hierbaluisa, 55% de lanche y 15% de stevia con 244 segundos de tiempo de infusión fue la más aceptada por los panelistas en los atributos de olor, color, sabor y dulzor. Los resultados son prometedores para los productores de hierbaluisa, lanche y stevia producidos en la región de Cajamarca; el trabajo desarrollado muestra que se pueden aprovechar estas materias primas que por muchos años no se dieron un valor agregado. Los trabajos futuros pueden responder a los principales componentes de los compuestos bioactivos presentes en las infusiones estudiadas como también a nuevas formulaciones donde se puede utilizar muestras producidas en la región.

#### FINANCIAMIENTO

Investigación financiada por la Universidad Nacional Autónoma de Chota mediante Resolución N° 027-2017-C.O./UNACH.

#### CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

#### CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización: Herrera-Oblitas, J. M., Tocas-Burga, H. C., Cubas-Díaz, Y. y Ramirez-Tixe, E. E.

Curación de datos: Ramirez-Tixe, E. E.

Análisis formal: Ramirez-Tixe, E. E.

Investigación: Ruiz-Díaz, F. y Ramirez-Tixe, E. E.

Metodología: Ramirez-Tixe, E. E. y Ruiz-Díaz, F.

Supervisión: Ruiz-Díaz, F.

Validación: Ramirez-Tixe, E. E. y Ruiz-Díaz, F.

Redacción - borrador original: Ramirez-Tixe, E. E. y Herrera-Oblitas, J. M.

Redacción - revisión y edición: Ruiz-Díaz, F.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bueno-Duarte, Y., & Mendez-Sanchez, S. C. (2015). Linalool effect on mitochondrial bioenergetics rat liver. *Revista Vitae*, 22(1). <https://doi.org/10.17533/udea.vitae.v22n1a04>
- Carrillo Inungaray, M. L., Munguía, A. R., Martínez, A. R., Aguilar González, C. N., & Rodríguez Herrera, R. (2017). Propiedades antioxidantes de infusiones de neem (*Azadirachta indica*) encapsuladas con

- proteína de soya. *Nova Scientia*, 9(18), 167. <https://doi.org/10.21640/ns.v9i18.819>
- Cartaya, O. (2001). Flavonoides: Características químicas y aplicaciones. *Cultivos Tropicales*, 22(1), 5–14. <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/699>
- Clavijo López, F., Barrera Mosquera, V. H., Rodríguez Iturralde, L. F., Grijalva Olmedo, J. E., Godoy Ortiz, G. A., Mosquera Andrade, J., & Yáñez Ortiz, I. P. (2016). Evaluación del paico *Chenopodium ambrosioides* y chocho *Lupinus mutabilis* Sweet como antiparasitarios gastrointestinales en bovinos jóvenes. *La Granja*, 24(2). <https://doi.org/10.17163/lgr.n24.2016.07>
- Gasmalla, M. A. A., Yang, R., & Hua, X. (2014). Stevia rebaudiana Bertoni: An alternative Sugar Replacer and Its Application in Food Industry. *Food Engineering Reviews*, 6(4), 150–162. <https://doi.org/10.1007/s12393-014-9080-0>
- Liu, X., Zhong, G., Liu, C., & Dong, J. (2017). Underwater image colour constancy based on DSNMF. *IET Image Processing*, 11(1), 38–43. <https://doi.org/10.1049/iet-ipr.2016.0543>
- Maldonado, M. E., & Dacarro, C. (2007). Análisis de la composición del aceite esencial de *Myrcianthes rhopaloides* (Kunth in H.B.K.) McVaugh, Myrtaceae, y evaluación de su actividad biológica. *La Granja*, 6(2), 17. <https://doi.org/10.17163/lgr.n6.2007.03>
- Marcinek, K., & Krejpcio, Z. (2016). Stevia rebaudiana Bertoni: health promoting properties and therapeutic applications. *Journal Für Verbraucherschutz Und Lebensmittelsicherheit*, 11(1), 3–8. <https://doi.org/10.1007/s00003-015-0968-2>
- Millones, C., Mori, G., Bacalla, J., Vásquez, E., & Tafur, R. (2014). Obtención de un filtrante de anís de monte (*Tagetes filifolia* Lag.) edulcorado con hojas de estevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni). *Scientia Agropecuaria*, 45–51. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2014.01.05>
- Mora, A., Parra, J., Chaverri, J. M., & Arias, M. L. (2013). Determinación de la capacidad antimicrobiana del té verde (*Camellia sinensis*) contra los agentes potencialmente patógenos *Escherichia coli*, *Salmonella enterica*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Candida albicans* y *Aspergillus niger*. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 63(3). <https://www.alanrevista.org/ediciones/2013/3/art-8/>
- Muala, W. C. B., Desobgo, Z. S. C., & Jong, N. E. (2021). Optimization of extraction conditions of phenolic compounds from *Cymbopogon citratus* and evaluation of phenolics and aroma profiles of extract. *Heliyon*, 7(4), e06744. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06744>
- Negrelle, R., & Gomes, E. C. (2003). *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf: Chemical composition and biological activities. *Visão Acadêmica Curitiba*, 4(2), 137–144.
- Nguyen, Q. V., & Chuyen, H. Van. (2020). Processing of Herbal Tea from Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.): Effects of Drying Temperature and Brewing Conditions on Total Soluble Solid, Phenolic Content, Antioxidant Capacity and Sensory Quality. *Beverages*, 6(1), 2. <https://doi.org/10.3390/beverages6010002>
- Pedraza, R., & Henao, M. (2008). Composición del tejido vegetal y su relación con variables de crecimiento y niveles de nutrientes en el suelo en cultivos comerciales de menta (*Mentha spicata* L.). *Agronomía Colombiana*, 26(2), 186–196. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/13494>
- Pereira, C., Barros, L., & Ferreira, I. C. F. R. (2015). A Comparison of the Nutritional Contribution of Thirty-nine Aromatic Plants used as Condiments and/or Herbal Infusions. *Plant Foods for Human Nutrition*, 70(2), 176–183. <https://doi.org/10.1007/s11130-015-0476-7>
- Pino, J. A., Fon-Fay, F. M., Pérez, J. C., Falco, A. S., Hernández, I., Rodeiro, I., & Fernández, M. D. (2018). Chemical composition and biological activities of essential oil from turmeric (*Curcuma longa* L.)

- rhizomes grown in Amazonian Ecuador. *Revista CENIC Ciencias Químicas*, 49(1).  
<https://revista.cnic.edu.cu/index.php/RevQuim/article/view/201>
- Ramírez de León, J., Uresti Marín, R., Aldana Madrid, M., & Loarca Piña, G. (2013). *Avances de ciencia y tecnología alimentaria en México* (1st ed.). Universidad Autónoma de Tamaulipas.
- Ren-You, G., Xiang-Rong, X., Feng-Lin, S., Lei, K., & Hua-Bin, L. (2010). Antioxidant activity and total phenolic content of medicinal plants associated with prevention and treatment of cardiovascular and cerebrovascular diseases. *J. Med. Plants Res.*, 4(22), 2438–2444.  
<https://academicjournals.org/journal/JMPR/article-abstract/210CC3C21135>
- Retta, D., Dellacassa, E., Villamil, J., Suárez, S. A., & Bandoni, A. L. (2012). Marcela, a promising medicinal and aromatic plant from Latin America: A review. *Industrial Crops and Products*, 38, 27–38.  
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.01.006>
- Rodríguez Arzuaga, M., Salsi, M. S., & Piagentini, A. M. (2016). Efecto del mínimo procesamiento y tratamiento con yerba mate sobre el potencial saludable y los atributos de calidad de manzanas Granny Smith. *INNOTECH*, 12. <https://doi.org/10.26461/12.01>
- Sales, A., Felipe, L. de O., & Bicas, J. L. (2020). Production, Properties, and Applications of  $\alpha$ -Terpineol. *Food and Bioprocess Technology*, 13(8), 1261–1279. <https://doi.org/10.1007/s11947-020-02461-6>
- Salvador-Reyes, R., Sotelo-Herrera, M., & Paucar-Menacho, L. (2014). Study of Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) as a natural sweetener and its use in benefit of the health. *Scientia Agropecuaria*, 157–163.  
<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2014.03.06>
- Sishi, M., Muller, M., de Beer, D., van der Rijst, M., & Joubert, E. (2019). Rooibos agro-processing waste as herbal tea products: optimisation of soluble solids extraction from dust and application to improve sensory profile, colour and flavonoid content of stem infusions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(7), 3653–3661. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9587>
- Suhaj, M. (2006). Spice antioxidants isolation and their antiradical activity: a review. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(6–7), 531–537. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2004.11.005>
- Tiwari, M., Dwivedi, U. N., & Kakkar, P. (2010). Suppression of oxidative stress and pro-inflammatory mediators by *Cymbopogon citratus* D. Stapf extract in lipopolysaccharide stimulated murine alveolar macrophages. *Food and Chemical Toxicology*, 48(10), 2913–2919.  
<https://doi.org/10.1016/j.fct.2010.07.027>
- Vásquez-Ocmín, P., Cojean, S., Rengifo, E., Suyyagh-Albouz, S., Amasifuen Guerra, C. A., Pomel, S., Cabanillas, B., Mejía, K., Loiseau, P. M., Figadère, B., & Maciuk, A. (2018). Antiprotozoal activity of medicinal plants used by Iquitos-Nauta road communities in Loreto (Peru). *Journal of Ethnopharmacology*, 210, 372–385. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2017.08.039>
- Vásquez-Villalobos, V., Blas, R., Collantes, L., Echevarría, M., Gordillo, C., Guerrero, N., Rodríguez, R., & Vásquez, J. (2012). Stevia's (*Stevia rebaudiana* B.) degree of acceptability on a chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) drink infusion. *Agroindustrial Science*, 161–172.  
<https://doi.org/10.17268/agroind.science.2012.02.06>



# Comportamiento reológico de la pulpa de mango (*Mangifera indica* L.) liofilizada con encapsulantes

Rheological behavior of mango pulp (*Mangifera indica* L.) lyophilized with encapsulant

Gamboa-Alarcón, Pedro Wilfredo<sup>1\*</sup>

Enriquez-Castillo, Diana Fiorella<sup>2</sup>

Suyón-Martínez, Juan Alberto<sup>1</sup>

Rodríguez-Paúcar, Gilbert Nilo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional del Santa, Ancash, Perú

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú

**Recibido:** 07 Oct. 2022 | **Aceptado:** 02 Dic. 2022 | **Publicado:** 20 Ene. 2023

**Autor de correspondencia\*:** [pgamboa@unach.edu.pe](mailto:pgamboa@unach.edu.pe)

**Cómo citar este artículo:** Gamboa-Alarcón, P. W., Enriquez-Castillo, D. F., Suyón-Martínez, J. A. & Rodríguez Paúcar, G. N. (2023). Comportamiento reológico de la pulpa de mango (*Mangifera indica* L.) liofilizada con encapsulantes. *Revista Agrotecnológica Amazónica*, 3(1), e436. <https://doi.org/10.51252/raa.v3i1.436>

## RESUMEN

El mango es un fruto exótico con gran potencial agroindustrial y de elevado consumo por sus características nutricionales y atributos sensoriales. Sin embargo, son escasas las investigaciones acerca de las propiedades reológicas en pulpa de mango liofilizada que puedan ser utilizados en procesos agroindustriales. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la liofilización de pulpa de mango variedad Edward con encapsulantes, maltodextrina (M.D.) y goma arábiga (G.A.), sobre el comportamiento reológico. Los resultados evidenciaron que las formulaciones en pulpa de mango que no han sufrido ningún tipo de transformación frescas y liofilizadas tienen un comportamiento pseudoplástico y presentan un adecuado ajuste al modelo Mizrahi - Berk ( $R^2 > 0,99$ ). Las curvas de fluidez de las muestras de pulpa de mango liofilizadas presentan una disminución en la viscosidad aparente, siendo el tratamiento M6 (0% G.A. - 2% M.D.) el que mantiene similares características reológicas a la pulpa de mango fresco.

**Palabras clave:** curvas de fluidez; liofilización; maltodextrina

## ABSTRACT

Mango is an exotic fruit with great agro-industrial potential and high consumption due to its nutritional characteristics and sensory attributes. However, there is little research on the rheological properties of freeze-dried mango pulp that can be used in agro-industrial processes. The objective of this study was to evaluate the effect of freeze-drying Edward variety mango pulp with encapsulants, maltodextrin (MD) and gum arabic (GA), on rheological behavior. The results showed that mango pulp formulations that have not suffered any type of fresh and lyophilized transformation have a pseudoplastic behavior and present an adequate fit to the Mizrahi - Berk model ( $R^2 > 0.99$ ). The fluidity curves of the lyophilized mango pulp samples show a decrease in apparent viscosity, being the M6 treatment (0% G.A. - 2% M.D.) which maintains similar rheological characteristics to fresh mango pulp.

**Keywords:** flow curves; lyophilization; maltodextrin



## 1. INTRODUCCIÓN

El mango (*Mangifera indica* L.) es una de las frutas tropicales de mayor importancia económica a nivel mundial (Barreto et al., 2008), originario de la región tropical de Asia (Ortiz Gauthier, 2021). El mango en su composición nutricional posee cantidades considerables de vitamina A (201µg/100g alimento) y vitamina C (37mg/100g alimento) (Birkneh Legesse & Admassu Emire, 2012), además de carotenoides, vitamina E (1 mg/100g alimento), B1 (0,045mg/100g alimento), B2 (0,05mg/100g alimento) y Niacina (0,7/100g alimento), y minerales como calcio, hierro, fósforo (Lazarte & Nader-Macías, 2016; Rubiano-Charry et al., 2019). Esta fruta es cultivada en 85 países, siendo el Perú uno de ellos (Zhou et al., 2017).

El consumo mundial del fruto del mango se ha incrementado debido a sus excelentes propiedades sensoriales y nutricionales (Kim et al., 2009). Además de su comercio tradicional, la industrialización de este fruto está encaminada a minimizar las pérdidas por su alta perecibilidad y desarrollar productos de valor agregado como: pulpa de mango, néctar de mango, mango deshidratado, encurtido y otros de gran valor comercial. importancia en el mercado internacional (Rocha Ribeiro et al., 2007).

Asimismo, el método de secado por liofilización es una alternativa confiable para preservar las características sensoriales y nutricionales de los alimentos (Surco-Laos et al., 2017). En comparación con otros métodos de deshidratación, en la liofilización el producto se somete a bajas temperaturas (-20°C a -50°C) y a condiciones especiales de presión que permiten obtener polvos alimenticios con estructura porosa, lo que facilita la rehidratación de los alimentos y la conservación de la mayoría de las propiedades iniciales (Nora et al., 2014).

En este mismo sentido, la encapsulación es una técnica de micro envasado que consiste en recubrir y proteger compuestos sensibles de los compuestos de degradación durante las condiciones de procesamiento (Popović et al., 2019). Los compuestos encapsulantes comúnmente utilizados son: maltodextrina y goma arábiga (Rocha Ribeiro et al., 2007). La maltodextrina es un hidrolizado de almidón y tiene una baja viscosidad que brinda protección contra la oxidación; sin embargo, baja capacidad emulsionante (Premi & Sharma, 2017). Asimismo, la goma arábiga es un polisacárido complejo con una estructura altamente ramificada, tiene características de baja viscosidad, buena eficiencia y proporciona solubilidad (Arteaga & Arteaga, 2016).

Por parte, la reología de los alimentos es muy importante hoy en día porque nos brindan información para el diseño de equipos de procesamiento; además, las propiedades sensoriales, la calidad del producto, la curva de flujo es lo más frecuente en la determinación del comportamiento reológico (Gul et al., 2017). Por tal motivo, esta investigación tiene como objetivo estudiar el efecto de la liofilización con encapsulantes en el comportamiento reológico de la pulpa de mango variedad Edward.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Materia prima

Se utilizó el mango (*Mangifera indica* L.) de la variedad Edward, proveniente de la campiña de Santa Sofía del Sur, distrito de Casma; provincia de Casma, departamento de Ancash. Los frutos fueron seleccionados visualmente utilizando la escala de colores de 1 a 5, con peso promedio de 320 g, se extrajeron frutos del mismo tamaño y color para obtener una muestra homogénea.

### 2.2. Métodos

#### Obtención de la pupa

Los frutos se lavaron y desinfectaron en una solución de hipoclorito de sodio 50 ppm por 5 minutos, a continuación, se aplicó el escaldado a 85 °C por 4 minutos y se procedió al pelado de los frutos, con cuchillo convencional. Una vez obtenida la pulpa entera del mango, se aplicó un proceso de homogenizado, con

licuadora marca Oster modelo BLST3BCPG, finalmente se refinó la pulpa de mango en un tamiz de acero inoxidable de 0.5 mm en diámetro.

### Caracterización fisicoquímica de la pulpa

Para determinar las características fisicoquímicas de la pulpa de mango, se extrajeron 3 muestras 20 ml. Con las muestras obtenidas, se procedió a determinar el contenido de vitamina C mediante la reducción del colorante 2,6 diclorofenolindofenol, acidez total (AOAC 950.07.1984), pH (AOAC 935.15.1980), sólidos solubles ( $^{\circ}$ Brix) y humedad (AOAC.1930.15.1990).

### Acondicionamiento y encapsulación de muestras.

En la Tabla 1 se presentan los 6 tratamientos analizados de pulpa de mango con maltodextrina (M.D.) y goma arábica (G.A.). Para la elaboración de la pulpa de mango encapsulada, según las formulaciones indicadas se adicionó G.A. y M.D a 100 ml de pulpa de mango. A las muestras de cada tratamiento se le aplicó una homogeneización manual, con batidor de acero inoxidable simple, durante 20 minutos:

**Tabla 1.**

*Formulación de encapsulantes*

| Código | Formulación            |
|--------|------------------------|
| M1     | 0% G.A. - 0% M.D.      |
| M2     | 2% G.A. - 0% M.D. 1,5% |
| M3     | G.A. - 0,5% M.D.       |
| M4     | 1% G.A. - 1% M.D.      |
| M5     | 0,5% G.A. - 1,5% M.D.  |
| M6     | 0% G.A. - 2% M.D.      |

*Nota:* G.A.=Goma Arábica, M.D=Maltodextrina, para cada tipo de mezcla corresponde 100 g de pulpa fresca.

### Caracterización reológica de pulpa fresca de mango con encapsulantes

La caracterización reológica de los tratamientos de pulpa de mango con encapsulante se realizó con un reómetro de cilindros concéntricos para fluidos de pulpa simple (Brookfield R/S con SPIN CC - 40). El proceso se realizó por triplicado para cada uno de los tratamientos aplicados (M1, M2, M3, M4, M5, M6).

El rango de esfuerzo de corte aplicado fue de 0 a 30Pa y la velocidad de corte de 0 a 300s<sup>-1</sup>, se realizó en un rango de 4 minutos para cada muestra, previamente las muestras fueron estabilizadas a una temperatura de 30°C. Los reogramas se obtuvieron automáticamente en el software del reómetro.

### Liofilización de las muestras

Las seis muestras (M1, M2, M3, M4, M5, M6) se colocaron en seis placas de aluminio, cada una de las placas se pesó previamente, luego se sometieron a secado por sublimación inversa con el liofilizador Labconco FreeZone 6, serial N°. 190016, la temperatura de congelación fue de -25 °C, el vacío de 0,520 mbar y el tiempo total de trabajo del liofilizador es de 8 horas. El término de la operación fue indicado por la alarma del equipo, la humedad final de todas las muestras alcanzó el valor de 5%. Se utilizó un medidor de humedad de OHAUS modelo MB120.

### Rehidratación y reconstitución de simples

La cantidad de agua extraída durante la liofilización se calculó por diferencia de peso, luego se agregó a las placas la cantidad de agua perdida para cada una de las seis muestras (M1, M2, M3, M4, M5, M6), seguidamente se dejó reposar por 30 minutos. y homogenizado manualmente hasta que la pulpa recupere su consistencia inicial.

## Caracterización reológica de pulpa de mango liofilizada y rehidratada con encapsulantes

Se procedió a la caracterización reológica de muestras de pulpa de mango liofilizada y rehidratada, se siguió la metodología descrita para pulpa de mango fresca, es decir, se aplicó el esfuerzo de corte de 0 a 30 Pa y la velocidad de corte de 0 a 300s<sup>-1</sup>, a una temperatura de 30°C por intervalos de 4 min para cada muestra.

### 2.3. Análisis estadístico

Cada uno de los tratamientos se ajustó a las ecuaciones de los modelos reológicos, se utilizaron los valores promedio. Se utilizó el software Excel versión 2013, los datos obtenidos de las muestras analizadas; se realizaron curvas de fluidez y se ajustaron a la Ostwald-Waele; Casson; Modelo de Herschel Buckley y Mizarhi-Berk.

$$\text{Modelo de Ostwald: } \tau = k(\dot{\gamma})^{n-1}$$

$$\text{Modelo de Casson: } \tau^{1/2} = m\left(\frac{d\tau}{d\dot{\gamma}}\right)^{1/2} + \tau_0^{1/2}$$

$$\text{Modelo de Herschel Buckley: } \tau = \tau_0 + k(\dot{\gamma})^n$$

$$\text{Modelo Mizarhi-Berk: } \sigma^{0.5} = K_{OM} + K_M(\dot{\gamma})^n$$

Se determinaron los parámetros estadísticos de chi-cuadrado (X), suma de cuadrados de los residuales y coeficiente de regresión (R<sup>2</sup>).

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Características fisicoquímicas

La Tabla 2 muestra la caracterización fisicoquímica para la pulpa de mango fresco. Los resultados muestran que el grado de maduración de la pulpa de mango a 18 °Brix. Los grados brix presentes en la pulpa fresca de mango se encuentran dentro de los valores promedio de almacenamiento superiores a los 12 días de almacenamiento, 18° Brix (Quintero et al., 2013). En cuanto a la acidez y el pH, los resultados están relacionados con los estudios de Siller-Cepeda et al. (2009) quienes reportan que los mangos de maduración temprana durante el período de consumo tienen valores de pH entre 3,6-4,8 y baja acidez titulable de 0,1 a 0,5. 4,8 y baja acidez titulable de 0,1 a 0,5.

Los valores obtenidos de vitamina C, están por debajo de los reportados por Lazarte & Nader-Macías (2016) y Rubiano-Charry et al. (2019) quienes indican que el contenido de vitamina. El C presente en los mangos es cercano a los 37mg/100g de alimento, esta medida puede variar dependiendo de las condiciones de almacenamiento de la fruta. Esta diferencia se puede explicar por el grado de madurez de las pulpas de mango utilizadas en las investigaciones, así como las condiciones edafoclimáticas de su cultivo que tienen influencia en el contenido de vitamina C del fruto (Quintero et al., 2013).

**Tabla 2.**

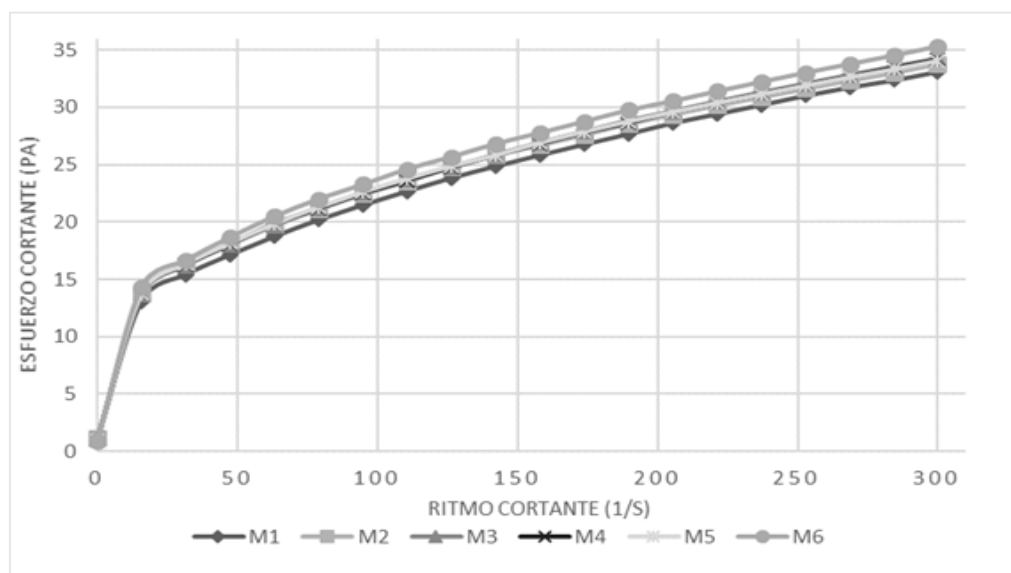
*Análisis fisicoquímico de pulpa de mango variedad Edward*

| Parámetro             | Pulpa de mango |
|-----------------------|----------------|
| Brix (%)              | 18             |
| pH                    | 4,94           |
| Humedad (%)           | 77,40          |
| Vitamina C (mg/100 g) | 28,77          |
| Acidez valorable (%)  | 0,28           |



### 3.2. Curvas de flujo de la pulpa fresca con encapsulantes

En la Figura 1 se muestran las curvas de fluidez calculadas para todas las mezclas de pulpa fresca de mango con encapsulantes, el rango de esfuerzo cortante aplicado fue de 0 a 35 Pa y la velocidad de corte de 0 a 300 s<sup>-1</sup> a una temperatura de 30°C. Las curvas de flujo de las pulpas frescas de mango muestran características de un fluido No Newtoniano de tipo pseudoplástico, debido a que presenta una tendencia no lineal con una curva cóncava (Camayo-Lapa et al., 2020).



**Figura 1.** Curva de flujo de pulpa fresca de mango variedad Edward con encapsulantes

En la Tabla 3 se muestra el análisis de los parámetros estadísticos de chi-cuadrado ( $\chi^2$ ), suma de residuos al cuadrado (SSR) y coeficiente de regresión ( $R^2$ ) para cada uno de los modelos a los que se ajustaron los resultados experimentales. Se puede observar que los modelos Ostwald - Waele, Casson, Herschel - Bulkley y Mizrahi - Berk. tienen un buen ajuste. Siendo este último el que presenta una mejor correlación con los datos obtenidos ( $R^2 > 0.99$ ) y una menor suma de residuos al cuadrado, en este caso el mejor modelo es Mizrahi - Berk como se muestra en la Tabla 3.

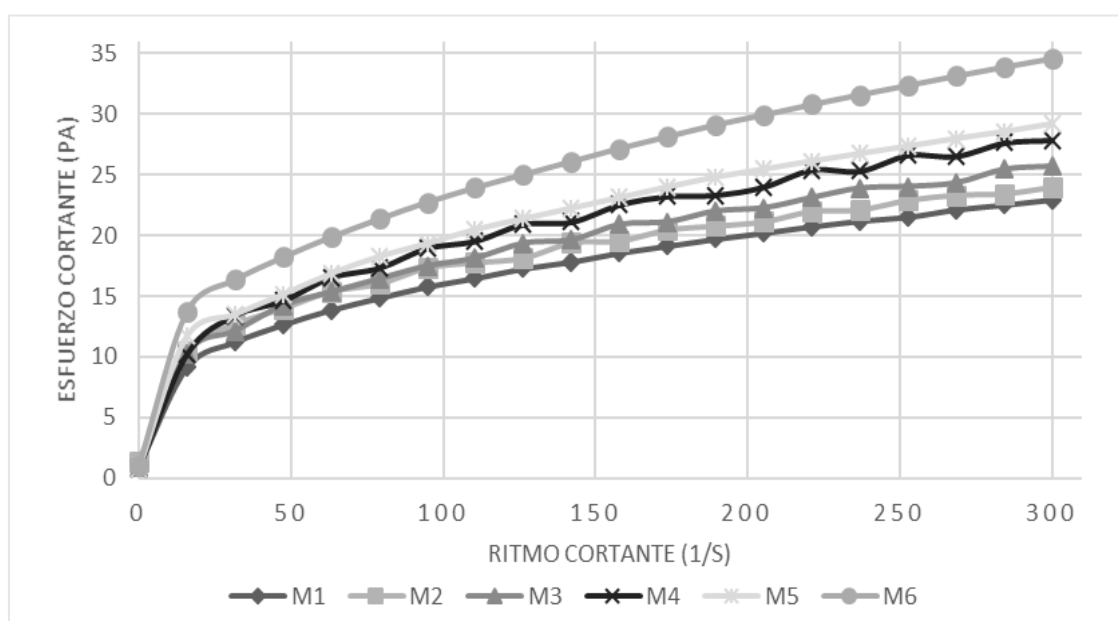
**Tabla 3.**

*Parámetros estadísticos para el ajuste de la curva de flujo de pulpa fresca de mango con encapsulantes*

| Formulación |                | Ostwald - Waele | Casson  | Herschel - Bulkley | Mizrahi - Berk |
|-------------|----------------|-----------------|---------|--------------------|----------------|
| M1          | X <sup>2</sup> | 0,9313          | 14,9654 | 0,0055             | 0,0020         |
|             | SSR            | 0,9925          | 1,9640  | 0,0742             | 0,0005         |
|             | R <sup>2</sup> | 0,9982          | 0,8639  | 0,9999             | 0,9999         |
| M2          | X <sup>2</sup> | 1,3853          | 14,3491 | 0,0362             | 0,0323         |
|             | SSR            | 2,5743          | 2,0627  | 0,6662             | 0,0081         |
|             | R <sup>2</sup> | 0,9955          | 0,8476  | 0,9988             | 0,9999         |
| M3          | X <sup>2</sup> | 0,9295          | 19,0911 | 0,0576             | 0,0424         |
|             | SSR            | 1,8262          | 2,3278  | 0,9389             | 0,0106         |
|             | R <sup>2</sup> | 0,9974          | 0,8603  | 0,9987             | 0,9994         |
| M4          | X <sup>2</sup> | 0,8715          | 21,8582 | 0,0836             | 0,0825         |
|             | SSR            | 2,3896          | 2,5389  | 1,7115             | 0,0206         |
|             | R <sup>2</sup> | 0,9972          | 0,8671  | 0,9980             | 0,9989         |
| M5          | X <sup>2</sup> | 0,8838          | 24,4613 | 0,1270             | 0,0661         |
|             | SSR            | 2,1167          | 2,6953  | 1,2392             | 0,0168         |
|             | R <sup>2</sup> | 0,9977          | 0,8646  | 0,9987             | 0,9992         |
| M6          | X <sup>2</sup> | 1,2006          | 25,5420 | 0,1871             | 0,0818         |
|             | SSR            | 3,9590          | 2,9981  | 2,2697             | 0,0207         |
|             | R <sup>2</sup> | 0,9969          | 0,8689  | 0,9982             | 0,9991         |

### 3.3. Curvas de flujo de pulpa de mango liofilizada y rehidratada con encapsulantes

La Figura 2 muestra las curvas de flujo de las mezclas de pulpa de mango con encapsulantes liofilizados, que posteriormente fueron reconstituidos. Los resultados obtenidos en la figura 2 concuerdan con lo informado por Gonzalez & Soto (2009) quienes mencionan que la pulpa de mango liofilizada reconstituida tiene propiedades reológicas características de un fluido pseudoplástico. Sin embargo, al compararlas con las curvas de flujo de las muestras de pulpa fresca de mango (figura 1) se observa que las pendientes de las curvas de flujo disminuyen al aumentar la velocidad de deformación, lo que según Figueroa-Flórez et al. (2017) se traduce en una disminución de la viscosidad aparente y según Pelegrine et al. (2002), confirma visualmente el comportamiento pseudoplástico de las muestras: este comportamiento es típico de las pulpas de frutas. Esto se debe a que el aumento de la temperatura produce una mayor interacción intermolecular en la fase acuosa de la pulpa, lo que provoca una repulsión entre las partículas en suspensión, menor resistencia al flujo y, en consecuencia, una disminución de la viscosidad aparente (Ferreira, 2009).



**Figura 2.** Curva de flujo de mango variedad Edward liofilizado y rehidratado con encapsulantes

En la Tabla 4, al igual que con las mezclas de mango fresco sin liofilizar, se muestra el análisis de los parámetros estadísticos para cada uno de los modelos a los que se ajustaron los resultados experimentales. Los datos reportados concuerdan con lo reportado en estudios previos por Bezerra et al. (2013), Figueroa-Flórez et al. (2017) y Ferreira (2009) quienes mencionan que el mejor modelo para ajustar los reogramas de pulpa y puré de fruta es el propuesto por Mizrai-Berk debido a que proporcionó el mejor parámetro de ajuste para los tratamientos de pulpa de mango, con valores menores para  $\chi^2$  y SSR y mayores para R2.

**Tabla 4.**

*Parámetros estadísticos para el ajuste de la curva de flujo de pulpa fresca de mango con encapsulantes*

| Formulación |                | Ostwald - Waele | Casson  | Herschel - Bulkley | Mizrahi - Berk |
|-------------|----------------|-----------------|---------|--------------------|----------------|
| M1          | X2             | 1,3528          | 20,1318 | 0,2364             | 0,1097         |
|             | SSR            | 4,7901          | 2,5599  | 2,7108             | 0,0279         |
|             | R <sup>2</sup> | 0,9960          | 0,8808  | 0,9977             | 0,9987         |
| M2          | X2             | 1,3552          | 22,6061 | 0,1479             | 0,0683         |
|             | SSR            | 3,9776          | 2,8409  | 1,9050             | 0,0173         |
|             | R2             | 0,9967          | 0,8676  | 0,9984             | 0,9992         |
| M3          | X2             | 1,2020          | 25,0704 | 0,1876             | 0,0826         |
|             | SSR            | 3,9520          | 2,9571  | 2,2641             | 0,0209         |
|             | R2             | 0,9969          | 0,8691  | 0,9982             | 0,9991         |

|    |     |        |         |        |        |
|----|-----|--------|---------|--------|--------|
| M4 | X2  | 1,1358 | 27,5524 | 0,1993 | 0,0893 |
|    | SSR | 3,9414 | 3,1137  | 2,4286 | 0,0226 |
|    | R2  | 0,9968 | 0,8626  | 0,9981 | 0,9990 |
| M5 | X2  | 1,1060 | 28,1978 | 0,1641 | 0,0725 |
|    | SSR | 3,4354 | 3,1674  | 2,0002 | 0,0184 |
|    | R2  | 0,9972 | 0,8602  | 0,9984 | 0,9992 |
| M6 | X2  | 1,0208 | 33,3798 | 0,2176 | 0,0987 |
|    | SSR | 3,7904 | 3,4607  | 2,5560 | 0,0251 |
|    | R2  | 0,9972 | 0,8563  | 0,9981 | 0,9990 |

La Tabla 5 muestra las viscosidades de la pulpa de mango fresca y la pulpa de mango liofilizada reconstituida. Los resultados concuerdan con los mencionados por Mosquera-Vivas et al. (2019) y (Obregón & Obregón, 2019), quienes mencionan que el proceso de liofilización modifica la estructura interna de las pulpas a nivel celular, dificultando la reconstitución, así mismo Mosquera-Vivas et al. (2019) reportan una disminución de la viscosidad en el hidrocoloide liofilizado y rehidratado. A los resultados obtenidos se les aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk ( $p\text{-value}=0,796$ ) y la prueba de homogeneidad de varianza ( $p\text{-value}=0,9324$ ), las cuales determinaron que los errores se distribuyen normalmente y que existe homogeneidad entre la varianza de los tratos. La formulación M6 (0% GA – 2% MD) es el tratamiento que mantiene condiciones reológicas similares en pulpa fresca y pulpa liofilizada a lo reportado por de Araujo et al. (2016) y Sousa et al. (2017), en sus investigaciones indican que la adición de maltodextrina proporciona un aumento de la viscosidad aparente en las formulaciones de pulpa diluida. Asimismo, la liofilización ocasiona la disminución de la viscosidad, aun así, haya recuperado la totalidad del agua perdida; la viscosidad es un parámetro de calidad en la industria de las pulpas jugos y néctares.

**Tabla 5.**

*Viscosidad (mPa.s) de pulpa de mango fresca y pulpa de mango liofilizada rehidratada*

| Formulación |    | No liofilizado | Liofilizado y rehidratado |
|-------------|----|----------------|---------------------------|
| M1          | R1 | 223,268        | 160,230                   |
|             | R2 | 231,114        | 164,440                   |
|             | R3 | 227,191        | 168,650                   |
| M2          | R1 | 239,126        | 174,322                   |
|             | R2 | 234,834        | 179,634                   |
|             | R3 | 236,980        | 184,946                   |
| M3          | R1 | 236,365        | 186,212                   |
|             | R2 | 238,135        | 182,241                   |
|             | R3 | 237,250        | 178,270                   |
| M4          | R1 | 229,541        | 193,569                   |
|             | R2 | 245,961        | 194,269                   |
|             | R3 | 237,751        | 194,969                   |
| M5          | R1 | 236,981        | 196,369                   |
|             | R2 | 240,051        | 202,843                   |
|             | R3 | 238,516        | 209,317                   |
| M6          | R1 | 249,128        | 231,128                   |
|             | R2 | 242,702        | 239,654                   |
|             | R3 | 246,047        | 248,180                   |

#### 4. CONCLUSIONES

Se determinó la influencia de la liofilización de mezclas de pulpa de mango con maltodextrina y goma arábica, así como la pseudoplasticidad sobre la pulpa, estos valores se ajustaron a la ley de Mizrahi – Berk, obteniendo un buen ajuste con ( $R^2 > 0,99$ ). Las curvas de flujo de las muestras de pulpa de mango liofilizado del tratamiento M6 (0% G.A. – 2% M.D), muestran una disminución en la viscosidad aparente del tratamiento manteniendo características reológicas similares a las de la pulpa de mango fresca. Asimismo, al tener valores similares de viscosidad entre la pulpa fresca y pulpa liofilizada y rehidratada del

tratamiento (M6) es recomendable su aplicación industrial, por ser éste un parámetro de control de calidad en la industria de los fluidos alimentarios.

## FINANCIAMIENTO

Ninguno.

## CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

## CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización: Gamboa-Alarcón, P. W., Enriquez-Castillo, D. F., Suyón-Martínez, J. A. y Rodríguez Paúcar, G. N.

Curación de datos: Enriquez-Castillo, D. F. y Suyón-Martínez, J. A.

Análisis formal: Gamboa-Alarcón, P. W.

Investigación: Enriquez-Castillo, D. F.

Metodología: Suyón-Martínez, J. A.

Supervisión: Rodríguez Paúcar, G. N.

Validación: Gamboa-Alarcón, P. W. y Rodríguez Paúcar, G. N.

Redacción - borrador original: Gamboa-Alarcón, P. W. y Enriquez-Castillo, D. F.

Redacción - revisión y edición: Suyón-Martínez, J. A. y Rodríguez Paúcar, G. N.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arteaga, A., & Arteaga, H. (2016). Optimization of the antioxidant capacity, anthocyanins and rehydration in powder of cranberry (*Vaccinium corymbosum*) microencapsulated with mixtures of hydrocolloids. *Scientia Agropecuaria*, 7, 191–200. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.03.05>
- Barreto, J. C., Trevisan, M. T. S., Hull, W. E., Erben, G., de Brito, E. S., Pfundstein, B., Würtele, G., Spiegelhalter, B., & Owen, R. W. (2008). Characterization and Quantitation of Polyphenolic Compounds in Bark, Kernel, Leaves, and Peel of Mango (*Mangifera indica* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(14), 5599–5610. <https://doi.org/10.1021/jf800738r>
- Bezerra, C. V., Silva, L. H. M. da, Costa, R. D. S. da, Mattietto, R. de A., & Rodrigues, A. M. da C. (2013). Comportamento reológico de suco misto elaborado com frutas tropicais. *Brazilian Journal of Food Technology*, 16(2), 155–162. <https://doi.org/10.1590/S1981-67232013005000020>
- Birkneh Legesse, M., & Admassu Emire, S. (2012). Functional and physicochemical properties of mango seed kernels and wheat flour and their blends for biscuit production. *African Journal of Food Science and Technology*, 3(9), 193–203. <https://www.interestjournals.org/abstract/functional-and-physicochemical-properties-of-mangoseed-kernels-and-wheat-flour-and-their-blends-forbiscuit-production-16181.html>
- Camayo-Lapa, B., Quispe-Solano, M., De La Cruz-Porta, E., Manyari-Cervantes, G., Espinoza-Silva, C., & Huamán-De La Cruz, A. (2020). Pumpkin (Dutch maximum Dutch.) compote for infants, functional, low cost, preservative-free and of considerable shelf life: rheological, sensory, physicochemical, nutritional, and microbiological characteristics. *Scientia Agropecuaria*, 11(2), 203–212. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.02.07>
- de Araujo, D. R., de Lucena, E., Gomes, J., de Figueirêdo, R., & da Silva, C. (2016). Characterization of

- ripening stages of myrtle fruit. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 38(2).  
<https://doi.org/10.1590/0100-29452016712>
- Ferreira, G. M. (2009). Efeito da temperatura no comportamento reológico das polpas de caju e goiaba. *Revista Ciências Exatas e Naturais*, 4(2), 175–184.  
<https://revistas.unicentro.br/index.php/RECEN/article/view/461>
- Figuroa-Flórez, J. A., Barragán-Viloria, K., & Salcedo-Mendoza, J. G. (2017). Comportamiento reológico en pulpa edulcorada de mango (*Mangifera indica* L. cv. Magdalena river). *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 18(3), 615–627. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol18\\_num3\\_art:748](https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num3_art:748)
- Gonzalez, Z., & Soto, N. (2009). *Efecto de la liofilización sobre la viscosidad aparente de la pulparefinada de mango (Mangifera indica L.)* (pp. 116–122). Ciencia y Tecnología de Los Alimentos: Avances En Ingeniería y Tecnología Trabajos Completos Presentados al III Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de Los Alimentos.
- Gul, O., Saricaoglu, F. T., Mortas, M., Atalar, I., & Yazici, F. (2017). Effect of high pressure homogenization (HPH) on microstructure and rheological properties of hazelnut milk. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 41, 411–420. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.05.002>
- Kim, Y., Lounds-Singleton, A. J., & Talcott, S. T. (2009). Antioxidant phytochemical and quality changes associated with hot water immersion treatment of mangoes (*Mangifera indica* L.). *Food Chemistry*, 115(3), 989–993. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.01.019>
- Lazarte, C. V., & Nader-Macías, M. E. F. (2016). *Aceptabilidad, conocimiento, consumo y composición química-nutricional del mango (Mangifera indica L.) y productos elaborados*. Publitec S.A.  
[http://www.publitech.com.ar/system/noticias.php?id\\_prod=809](http://www.publitech.com.ar/system/noticias.php?id_prod=809)
- Mosquera-Vivas, E. S., Ayala-Aponte, A. A., & Serna-Cock, L. (2019). Ultrasonido y Deshidratación Osmótica como Pretratamientos a la Liofilización de Melón (*Cucumis melo* L.). *Información Tecnológica*, 30(3), 179–188. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000300179>
- Nora, C. D., Müller, C. D.-R., de Bona, G. S., Rios, A. de O., Hertz, P. F., Jablonski, A., de Jong, E. V., & Flôres, S. H. (2014). Effect of processing on the stability of bioactive compounds from red guava (*Psidium cattleianum* Sabine) and guabiju (*Myrcianthes pungens*). *Journal of Food Composition and Analysis*, 34(1), 18–25. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.01.006>
- Obregón, P., & Obregón, F. (2019). Obtaining a freeze-dried food based on passion fruit (*Passiflora edulis*) and camu camu (*Myrciaria dubia*). *Journal of Agro-Industry Sciences*, 1(1), 17–24.  
<https://doi.org/10.17268/JAIS.2019.003>
- Ortiz Gauthier, R. (2021). *Análisis interno y externo del sector industrial del mango en la región Piura* [Universidad de Piura]. <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/4927>
- Pelegrine, D. H., Silva, F. C., & Gasparetto, C. A. (2002). Rheological Behavior of Pineapple and Mango Pulps. *LWT*, 35(8), 645–648. <https://doi.org/10.1006/fstl.2002.0920>
- Popović, D., Milinčić, D., Pešić, M., Kalušević, A., Tešić, Ž., & Nedović, V. (2019). Encapsulation technologies for polyphenol-loaded microparticles in food industry. In *Green Food Processing Techniques* (pp. 335–367). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815353-6.00012-4>
- Premi, M., & Sharma, H. K. (2017). Effect of different combinations of maltodextrin, gum arabic and whey protein concentrate on the encapsulation behavior and oxidative stability of spray dried drumstick (*Moringa oleifera*) oil. *International Journal of Biological Macromolecules*, 105, 1232–1240.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.07.160>
- Quintero, V., Giraldo, G., Lucas, J., & Vasco, J. (2013). Caracterización fisicoquímica del mango común

- (mangifera indica l.) durante su proceso de maduración. *Bioteología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(1), 8–18.  
<https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/bioteologia/article/view/287>
- Rocha Ribeiro, S. M., Queiroz, J. H., Lopes Ribeiro de Queiroz, M. E., Campos, F. M., & Pinheiro Sant'Ana, H. M. (2007). Antioxidant in Mango (*Mangifera indica* L.) Pulp. *Plant Foods for Human Nutrition*, 62(1), 13–17. <https://doi.org/10.1007/s11130-006-0035-3>
- Rubiano-Charry, K. D., Ciro-Velásquez, H. J., & Aristizabal-Torres, I. D. (2019). Aprovechamiento de los subproductos del mango, como fuente de compuestos bioactivos, para la elaboración de rollos comestibles. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 22(2).  
<https://doi.org/10.31910/rudca.v22.n2.2019.1078>
- Siller-Cepeda, J., Muy-Rangel, D., Araiza-Lizarde, E., & Ireta-Ojeda, A. (2009). Calidad poscosecha de mango de maduración temprana, intermedia y tardía. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 32(1), 45–52.  
<https://revfitotecnia.mx/index.php/RFM/article/view/717>
- Sousa, S. de F., Queiroz, A. J. de M., Figueirêdo, R. M. F. de, & Silva, F. B. da. (2017). Comportamento reológico das polpas de noni integral e concentradas. *Brazilian Journal of Food Technology*, 20.  
<https://doi.org/10.1590/1981-6723.6716>
- Surco-Laos, F., Tipiana, R., Torres, Y., Panay, J., & Valle, M. (2017). Efectos de liofilización sobre composición química y capacidad antioxidante en pulpa de cuatro variedades de *Mangifera indica*. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 83(4), 412–419. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v83i4.214>
- Zhou, L., Guan, Y., Bi, J., Liu, X., Yi, J., Chen, Q., Wu, X., & Zhou, M. (2017). Change of the rheological properties of mango juice by high pressure homogenization. *LWT - Food Science and Technology*, 82, 121–130. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.04.038>



# Dominancia cromática de carga de polen corbicular y mieles colectadas por *Apis mellifera* L. en el Bajo Mayo, San Martín

Chromatic dominance of corbicular pollen load and honey collected by *Apis mellifera* L. in Bajo Mayo, San Martín

Ormeño-Luna, Javier<sup>1\*</sup>

Santander-Ruiz, Wilson Ernesto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú

**Recibido:** 18 Ago. 2022 | **Aceptado:** 27 Dic. 2022 | **Publicado:** 20 Ene. 2023

**Autor de correspondencia\*:** javierol@unsm.edu.pe

**Cómo citar este artículo:** Ormeño-Luna, J. & Santander-Ruiz, W. E. (2023). Dominancia cromática de carga de polen corbicular y mieles colectadas por *Apis mellifera* L. en el Bajo Mayo, San Martín. *Revista Agrotecnológica Amazónica*, 3(1), e432.

<https://doi.org/10.51252/raa.v3i1.432>

## RESUMEN

La investigación buscó determinar la dominancia cromática de carga de polen corbicular y mieles colectadas por *Apis mellifera* L., a partir del análisis organoléptico y físico-químico. Se tomaron muestras de miel y polen siguiendo las Buenas Prácticas de Manejo Apícola. Se realizó la técnica de acetólisis para las observaciones, mediciones e identificación a nivel de familia de los granos de polen; la medición se realizó con el auxilio de microscopía óptica a 1000x. Las muestras de polen corbicular fueron separadas de acuerdo a características de color con la finalidad de corroborar que cada grupo corresponde a un mismo taxón. Se diferenciaron dos grupos de mieles según su origen geográfico y botánico: de Zapatero, miel bifloral, se registraron 14 tipos polínicos, con predominancia de los taxones Urticaceae y Moraceae (87,83%) y de la Banda de Shilcayo, miel multifloral, se registraron 14 tipos polínicos, donde sobresalen Solanaceae con 40,42% y Arecaceae con 10,33%. La miel de la Banda de Shilcayo atribuye una coloración ambar, cuya tonalidad parda contiene mayor acidez (pH=3,375) y conductividad eléctrica (CE=0,673  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ); la miel de Zapatero se califica una coloración blanca, por tener un tono ligeramente claro contiene menor acidez (pH=4,276) y conductividad eléctrica (CE=0,582  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

**Palabras clave:** cromaticidad; monofloral; multifloral; organoléptico

## ABSTRACT

The research sought to determine the chromatic dominance of the corbicular pollen load and honey collected by *Apis mellifera* L., from the organoleptic and physical-chemical analysis. Honey and pollen samples were taken following the Good Beekeeping Practices. The acetolysis technique was carried out for the observations, measurements and identification at the family level of the pollen grains; the measurement was made with the help of optical microscopy at 1000x. Corbicular pollen samples were separated according to color characteristics in order to confirm that each group corresponds to the same taxon. Two groups of honeys were differentiated according to their geographical and botanical origin: from Zapatero, bifloral honey, 14 pollen types were recorded, with a predominance of Urticaceae and Moraceae taxa (87.83%) and from Banda de Shilcayo, multifloral honey, 14 pollen types were recorded, where Solanaceae stand out with 40.42% and Arecaceae with 10.33%. The honey from Banda de Shilcayo attributes an amber coloration, whose brown hue contains higher acidity (pH=3.375) and electrical conductivity (EC=0.673  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ); Zapatero's honey is classified as having a white coloration, since it has a slightly light tone it contains less acidity (pH=4.276) and electrical conductivity (EC=0.582  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

**Keywords:** chromaticity; monofloral; multifloral; organoleptic



## 1. INTRODUCCIÓN

La cuenca del Río Mayo se encuentra ubicada en una zona de vida identificada de bosque seco tropical (bs-T) (Holdridge, 1978) bajo condiciones normales. Se caracteriza por la ocurrencia de temperatura media fluctuante entre 26 y 30 °C, incidencia de la precipitación total anual entre 1200 a 1300 mm, y una altitud de 0 – 1000 msnm; en cuya geografía se encuentra una vasta variedad de flora natural e introducida, diversidad de pisos ecológicos y por ende una variabilidad de microclimas, que permitiría organizar en mejores condiciones el manejo técnico en las colmenas de acuerdo a los factores existentes en la zona, pues representa un potencial para el desarrollo de la apicultura (Coronado-Jorge et al., 2022; Coronado-Jorge et al., 2019; Ormeño-Luna et al., 2021).

Considerando el rico potencial de flora apícola distribuidos en el calendario fenológico anual en zonas de vida de bosque seco tropical que corresponde a la ubicación de los distritos Banda de Shilcayo y Zapatero, se desarrolló el estudio sobre dominancia cromática en las cargas de polen corbicular y mieles, cuya procedencia estuvo asociada íntimamente a las condiciones climáticas del ambiente y consecuentemente se obtuvo caracterizaciones organolépticas predominantes según biogeografía.

Se tiene conocimiento que el polen es un producto natural que ha ganado importancia en virtud a sus propiedades funcionales y valor biológico (Bogdanov, 2004). Se distingue por su alto contenido en proteínas (20-40%), vitaminas (A, C, D, K, B1, B2, B6) minerales (1-7%), la presencia de carotenos y xantofilas como también derivados fenólicos que le confieren propiedades antioxidantes; además, aporta carbohidratos y ácidos grasos insaturados (Guo et al., 2009; Funari et al., 2005; Silva et al., 2009).

El estudio nos permite presentar conocimientos sobre las diferentes tonalidades de los cúmulos de polen la misma que se asocia al reconocimiento de la flora útil para las abejas que se manifiesta en buen estado de las colmenas; además nos permitió caracterizar a través de los análisis melisopalinológicos y físico-químicos las diferentes tonalidades de miel y tipos de polen (Mercado & Rimac, 2019; Nascimento et al., 2021), hecho que tiene importantes beneficios económicos para los apicultores de la Amazonía Peruana, específicamente de los distritos de Zapatero y Banda de Shilcayo, Bajo Mayo San Martín.

El estudio se orienta a desarrollar el objetivo general de determinar la dominancia cromática de carga de polen corbicular y miel colectada por *Apis mellifera* L., en colmenares ubicados en los distritos Banda de Shilcayo y Zapatero, a partir del análisis organoléptico y físico-químico. Y los objetivos específicos de a) implementar y estandarizar metodologías de análisis organoléptico para establecer la variabilidad cromática de la carga de polen corbicular y miel, en el producto total de la temporada apícola, y b) evaluar las características físico-químicas de polen corbicular y miel asociada a la valoración cromática.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Insumos, materiales y equipos

Los insumos utilizados en el trabajo de investigación, se consideran reactivos alcohol etílico, glicerina, ácido acético glacial, ácido sulfúrico, anhídrido acético puro, safranina y agua destilada. Herramientas e instrumentos para la recolección, preservación, secado, identificación, montaje y conservación de polen, trampas de tipo externa, guía universal de color Pantone y palinotecas de referencia; para la cosecha, pos cosecha, conservación de muestras de miel, se usó recipientes plásticos con tapa rosca, recipientes de vidrio boca ancha. Equipos de campo y laboratorio, cámara fotográfica, equipos GPS, equipo secador de polen, centrífuga, baño maría, espectrofotómetro uv/visible, refractómetro, colorímetro, potenciómetro, conductímetro, estereomicroscopio y microscopio trinocular.



## 2.2. Métodos

La investigación se realizó mediante la siguiente metodología:

- Localización y acondicionamiento de colmenares de apicultores líderes.
- Colecta de polen corbicular; las muestras fueron colectadas entre los meses de julio a octubre de 2016.
- Cosecha de miel; previa evaluación se tomó muestras en la temporada julio a noviembre de 2016 cuando el contenido en las celdas de los panales indicaba estado óptimo de madurez, luego fueron trasladados al laboratorio para procesamiento, conservación y análisis respectivo.
- Identificación y análisis polínico en el Laboratorio. Para las valoraciones de predominancia de coloraciones de polen, miel y determinación de caracteres sensorial y polínico se desarrolló los siguientes protocolos:
  - a) Análisis organoléptico y macroscópico de polen.
  - b) Análisis melisopalinológico.
  - c) Análisis físico-químico y sensorial de miel.

## 2.3. Fuentes, técnicas e instrumentos de investigación

Fuentes primarias: Derivados apícolas, miel y polen cosechados de colmenares de apicultores situados en bosques secundarios, purmas y agrosistemas manejados de las localidades en estudio, Departamento de San Martín, donde se realizaron observaciones y evaluación de la flora apícola referente.

Fuentes secundarias: Base de datos de palinotecas de referencia, colecciones de mieles y polen de las principales Universidades e Institutos de Investigación de la Amazonia peruana, del Perú y del mundo. Información bibliográfica sobre antecedentes referidos a investigaciones de dominancia cromática en polen y miel en países tropicales del mundo.

Para la cosecha, pos cosecha, procesamiento de miel y polen se tuvo en cuenta las Buenas Prácticas de Manejo Apícola de acuerdo a las recomendaciones del Codex Alimentarius (1981). Las muestras de polen corbicular y miel se trasladaron al Laboratorio de Análisis de Derivados Apícolas en envases herméticos.

La etapa del procesamiento de muestras, análisis polínico y microscópico se realizó en el Laboratorio de Análisis de Derivados Apícolas de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNSM-T; identificándose botánicamente para su conservación en la futura palinoteca, utilizando protocolos para el análisis polínico y microscópico.

## 2.4. Análisis estadístico

Los resultados obtenidos para las determinaciones de dominancia cromática y análisis físico-químicos para las muestras de miel, se evaluó considerando los grupos por localidad, mediante la estadística descriptiva y comparativa. Además, se realizó el análisis de correlación sobre la influencia del comportamiento climático de las localidades durante la colecta de muestras de miel y polen con los análisis físico-químicos.

Mediante el programa Microsoft Excel 2016, se elaboraron matrices cuyos datos se procesaron con ayuda del programa Past v 2.0 (Hammer et al., 2001) con el fin de mostrar los datos de máximo, mínimo y promedio de los granos de polen.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se detallan los resultados obtenidos en el proyecto de investigación de acuerdo a la metodología establecida:

### 3.1. Agrupamiento de cúmulos de polen corbicular según la Guía Universal de Color Pantone

Según el análisis macroscópico, la correspondencia de tonalidades descritas, época de cosecha y estado de floración de especies apícolas de la temporada julio a noviembre de 2016 se obtuvo la predominancia de dos grupos de color referente al polen corbicular colectado de la localidad de Zapatero: Marrón claro y marrón rojizo.

Sin embargo, la correspondencia de tonalidades descritas, según época de cosecha y estado de floración de especies apícolas de la temporada, se aprecia la predominancia de cuatro grupos de color referente al polen corbicular colectado de la localidad de la Banda de Shilcayo: crema, marrón, marrón claro y marrón rojizo.

### 3.2. Variación por tonalidades según la Escala Internacional de Colores para miel

Para la muestra de miel de la Banda de Shilcayo según el colorímetro digital se obtiene el valor de 111,55 que asigna el color ambar; y para la localidad de Zapatero el valor es 30,50 que asigna el color blanco.

De acuerdo a las tonalidades descritas en los cúmulos de polen separados por coloraciones según la Guía Internacional Pantone se tuvo que inferir que la procedencia del polen está asociada a una flora diversa que no necesariamente pueda determinar los taxones específicos de origen, como son los casos de las localidades de Zapatero en la cual se obtuvo marrón claro y marrón rojizo y en la Banda de Shilcayo crema, marrón, marrón claro y marrón rojizo. Estas tonalidades que se apreció en los cúmulos de polen están ligadas íntimamente a la absorción de humedad del ambiente y el sometimiento de secado de las muestras a 40 °C de temperatura, que ocasiona desnaturalización de los colores naturales después de la cosecha y procesamiento en laboratorio; por razones que los individuos de polen son muy higroscópicos pues captan inmediatamente la humedad ambiental tan pronto se encuentren en las trampas caza-polen y estén expuestos a la contaminación por hongos.

Comparativamente en un estudio sobre polen apícola realizado en el sur del Brasil se concluyó que el color no fue determinante para la identificación de las taxas debido que la mayoría de las muestras consideradas monoflorales presentaban dos o más taxa; entendiéndose como taxa, plural de taxón, a un grupo de individuos con posibles afinidades filogenéticas; sin embargo, se asumió, por los análisis realizados, que pueden jugar un rol importante en la determinación del control de la calidad del polen apícola si las muestras fueran mayoritariamente monoflorales; así refieren Almeida-Muradian et al. (2005).

### 3.3. Valoraciones físico-químico de miel

#### Hidroxi metil furfural (HMF)

En la Tabla 1, se aprecia la lectura de unidad espectrofotométrica mediante dos longitudes de onda a 284 y 336 nanómetros (nm) y por diferencia de absorbancias se obtuvo la respuesta de 11.5269 mg/kg HMF de la localidad de Zapatero y 12,282885 mg/kg de HMF de la Banda de Shilcayo.

**Tabla 1.**

*Resultados de HMF de mieles del Bajo Mayo por unidad espectrofotométrica UV/Visible*

| Localidades                | Absorbancia a 284 nm | Absorbancia a 336 nm | Resultados<br>HMF (mg/Kg) |
|----------------------------|----------------------|----------------------|---------------------------|
| Zapatero                   | 0,1563               | 0,0023               | 11,526900                 |
| Banda de Shilcayo          | 0,1741               | 0,0100               | 12,282885                 |
| Diferencia de Absorbancias | 0,1540               | 0,1641               |                           |

#### Conductividad eléctrica (CE) y pH

En la Tabla 2, se aprecia los valores promedios de pH=4,33 y conductividad eléctrica de 0,51 µS/cm en muestra de miel de la localidad de Zapatero.

**Tabla 2.***Resultados de pH y conductividad eléctrica en miel del distrito de Zapatero*

| Repeticiones | Resultados pH | Conductividad Eléctrica ( $\mu\text{S/cm}$ ) |
|--------------|---------------|--|
| 1            | 4,330         | 0,510  |
| 2            | 4,470         | 0,690  |
| 3            | 4,190         | 0,330  |
| 4            | 3,690         | 0,691  |
| 5            | 4,700         | 0,687  |
| Media        | 4,276         | 0,582  |

Y en la Tabla 3, se aprecia los valores medios de pH=3,375 y conductividad eléctrica de 0,673  $\mu\text{S/cm}$  en muestra de miel de la localidad de la Banda de Shilcayo.

**Tabla 3.***Resultados de pH y conductividad eléctrica en miel del distrito Banda de Shilcayo*

| Repeticiones | Resultados pH | Conductividad Eléctrica ( $\mu\text{S/cm}$ ) |
|--------------|---------------|--|
| 1            | 3,360         | 0,670  |
| 2            | 3,390         | 0,672  |
| 3            | 3,370         | 0,675  |
| 4            | 3,380         | 0,673  |
| 5            | 3,380         | 0,673  |
| Media        | 3,375         | 0,673  |

### Índice de cromaticidad

Según los valores de índice de cromaticidad para mieles del distrito de la Banda de Shilcayo se caracteriza como ambar (IC=111,55) y para el distrito de Zapatero se obtuvo una miel blanca (IC=30,50); según las Tablas 4 y 5.

**Tabla 4.***Índice de cromaticidad para mieles de la Banda de Shilcayo*

| Longitudes de onda, tono y cromaticidad |       |       |       |       |       | Valor Promedio | IC     |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|--------|
| L                                       | 24,07 | 22,88 | 21,60 | 21,84 | 16,64 | 21,41          | 111,55 |
| a                                       | 4,50  | 4,54  | 4,78  | 4,36  | 4,28  | 4,49           |        |
| b                                       | 1,32  | 1,83  | 1,78  | 1,61  | 2,85  | 1,88           |        |

**Tabla 5.***Índice de cromaticidad para mieles de Zapatero*

| Longitudes de onda, tono y cromaticidad |       |       |       |       |       | Valor Promedio | IC    |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|-------|
| L                                       | 17,96 | 17,99 | 17,93 | 18,81 | 18,36 | 18,77          | 30,50 |
| a                                       | 3,01  | 3,17  | 3,07  | 3,26  | 3,08  | 3,18           |       |
| b                                       | 5,89  | 5,85  | 5,86  | 5,26  | 5,40  | 5,28           |       |

### Contenido de humedad y azúcares totales (Brix)

Según los valores de azúcares totales (Tabla 6) se aprecia que ambas muestras de miel se encuentran dentro de los rangos normales para mieles tropicales (Banda de Shilcayo 79.60 °Brix y Zapatero 77.50 °Brix).

Los resultados de humedad para mieles del distrito de Zapatero registran una media ligeramente superior al contenido normal para mieles tropicales (20,10%), este valor se explica debido que los apicultores realizan la cosecha cuando la miel aún no alcanza la madurez óptima.

Sin embargo, para la miel del distrito de la Banda de Shilcayo se tiene una humedad dentro de los valores normales 18,87 % tal como indican las normas internacionales de Codex Alimentarius (2008).

**Tabla 6.**

*Índice de refractometría, contenido de humedad y azúcares totales (°Brix) en mieles del distrito de Zapatero y Banda de Shilcayo*

| Valores Promedios | Muestra de Banda de Shilcayo | Muestra de Zapatero |
|-------------------|------------------------------|---------------------|
| IR                | 1,489                        | 1,486               |
| °Brix             | 79,60                        | 77,50               |
| % H°              | 18,87                        | 20,10               |

En las Tablas 4 y 5, se observa las especificaciones fisicoquímicas sobre índice de cromaticidad de la miel de abeja de las localidades de Zapatero y Banda de Shilcayo, donde el contenido de color varía desde blanco hasta ámbar, se debe con mucha probabilidad a la presencia de pequeñas cantidades de pigmentos (carotenoides, clorofila, xantofila) que establecen la diferencia entre una miel clara de una oscura. Muchas veces la alteración del color ocurre por el deficiente manejo técnico que realizan los apicultores, debido que no realizan cambios periódicos de cera estampada en los bastidores que ocasionan panales muy viejos u oscuros que aumentan el color natural de la miel, al disolverse los pigmentos retenidos en las celdas.

Las mieles oscuras tienen mayor acidez tal como se obtienen los valores de pH en la Tabla 2, contenido de pH=4,276 distrito de Zapatero y Tabla 3, pH=3,375 del distrito Banda de Shilcayo, con la probabilidad de contener mayor contenido en sustancias minerales y mayor riqueza en polisacáridos; mientras que las mieles claras son más suaves. El envejecimiento natural de la miel produce tonos más oscuros. Por otra parte, pequeñas cantidades de aminoácidos y compuestos nitrogenados afines aumentan la tendencia a oscurecerse durante el almacenamiento o cuando es sometido al calor; este parámetro de calidad está asociado al contenido de HMF, pues en ambas localidades se aprecia una tendencia dentro de los límites máximos permitidos de 11,52 mg/kg para Zapatero y 12,28 mg/kg de HMF, según indica la Norma Técnica Peruana (NTP - 209.168-1999).

La consistencia de la miel puede ser fluida, viscosa o cristalizada, parcial o totalmente, dependiendo del grado de humedad y de la temperatura de almacenamiento. Para el estudio la miel cosechada después del proceso de desoperculado, centrifugado y filtrado, solo descansó y decantó por una semana para continuar las otras etapas de procesamiento, implica por tanto, una miel fresca, esto se corrobora al correr los análisis sobre contenido de azúcares totales por el método de refractometría (Banda de Shilcayo 79.60 °Brix y Zapatero 77.50 °Brix, Tabla 6) del cual se obtuvo 18,87 % de humedad para la Banda de Shilcayo y 20,10% para Zapatero, datos que se encuentran dentro de los límites que señala el Codex Alimentarius (2008).

Sobre la conductividad eléctrica, que refiere el contenido de sales en la miel, se puede argumentar que los elementos minerales que provienen de la savia se filtran en los nectarios y aparecen en el néctar en forma de iones metálicos (cobre, hierro, magnesio, manganeso), carbonatos, fosfatos, silicatos o sulfatos.

Existe una correlación sobre los valores de conductividad eléctrica de las mieles del Bajo Mayo, pues es probable que los nutrientes que aporta el suelo a las plantas de interés apícola de las zonas en estudio influenciaron en altas concentraciones de sales minerales esto se pone de manifiesto por coloraciones pardas que poseen las mieles, además de un sabor algo salado; los datos obtenidos sobre CE en el distrito de Zapatero confirman esta premisa con 0,582  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (miel blanca) y 0,673  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ambar para la Banda de Shilcayo (Tablas 2 y 3).

Las características geográficas de la zona de estudio, conformada por conjunto de colinas bajas, lomadas así como planicies y terrazas aledañas al río Mayo y con clima seco propio de los trópicos caracteriza a la flora de los diferentes ecosistemas; en ella se combinan factores dominantes de precipitación, temperatura, humedad relativa que influyen marcadamente en la fertilidad, composición del suelo y en la dinámica del

agua. Por tanto, si estas condiciones son favorables se mantuvo absorción adecuada de agua junto con vientos y luminosidad óptima que incrementaron la fotosíntesis estimulándose la actividad de pecoreo de las abejas, la floración y por tanto los flujos de néctar y polen, estos fundamentos deben considerarse para establecer nuevas zonas de producción para los sistemas apícolas.

La variabilidad cromática y composición del polen corbicular estuvo en función de los periodos de floración en una zona determinada, situación que permite explicar que para un periodo determinado la dominancia de una carga no lo sea en otro periodo. Por lo general las abejas realizan cargas de polen monofloral y cada carga se forma con una sola especie, de ahí su color uniforme; sin embargo, está influenciado por varios factores extrínsecos que determinan las variaciones de las tonalidades dentro de una misma especie (Louveaux, 1959).

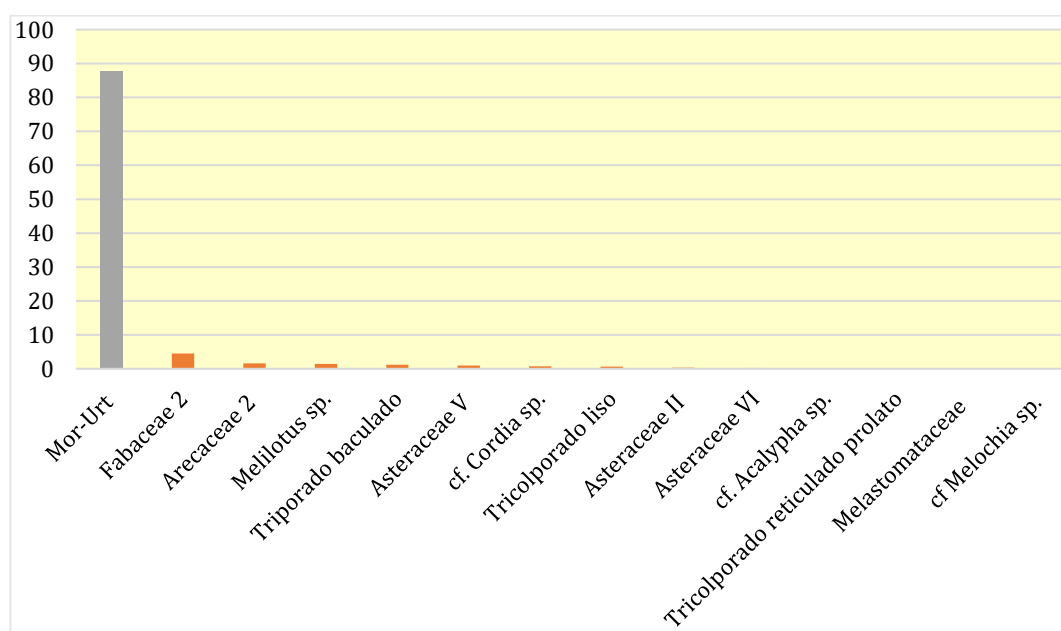
### 3.4. Valoraciones mellitopalinológicas:

#### Origen botánico de miel de la localidad de Zapatero

Se identificaron 23 taxones distribuidos en 16 familias botánicas, de las cuales nueve quedaron descritos con sus características palinológicas.

En esta localidad se caracterizó una miel monofloral compuesta por las familias Moraceae-Urticaceae (87,83%). Registrándose 14 tipos polínicos distribuidos en 08 familias botánicas (Figura 1).

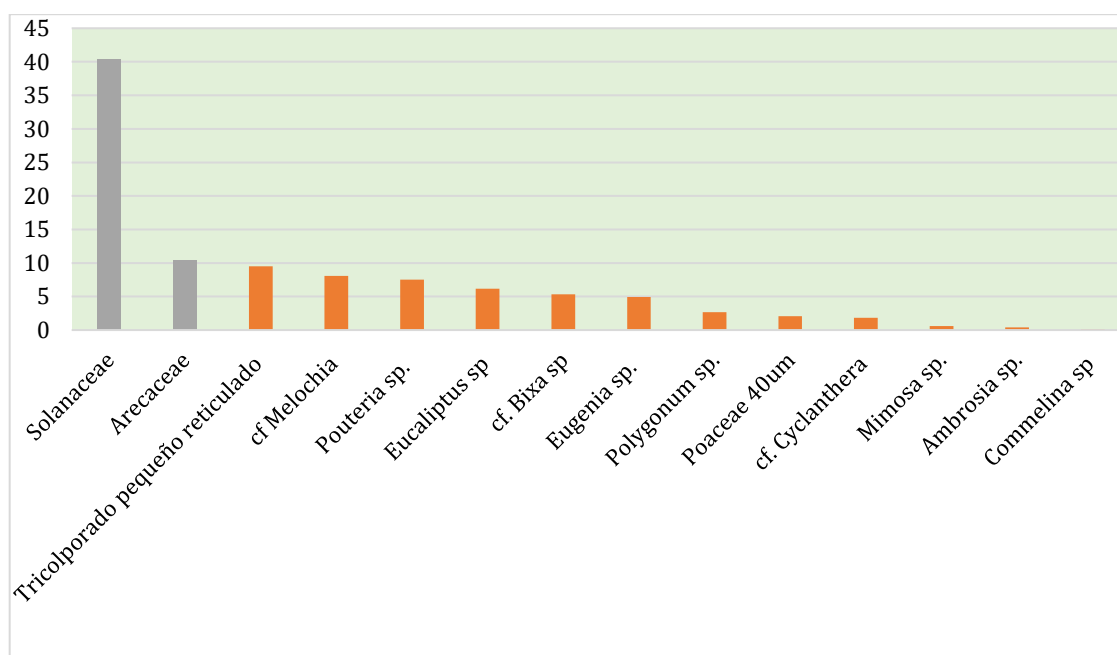
Entre los taxones observados en las muestras de miel y polen de las zonas de estudio se distinguen 21 familias: Arecaceae, Asteraceae, Bixaceae, Bombacaceae, Boraginaceae, Commelinaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Lamiaceae, Malvaceae, Melastomataceae, Moraceae, Urticaceae, Myrtaceae, Olaceae, Poaceae, Polygonaceae, Portulacaceae, Rutaceae, Sapotaceae y Solanaceae.



**Figura 1.** Porcentajes de taxones identificados en la muestra de miel de la localidad de Zapatero

#### Origen botánico de miel de la localidad de la Banda de Shilcayo

En esta localidad se caracterizó una miel multifloral compuesta de Solanaceae (40,42%) y Arecaceae (10,33%). Se registraron 14 tipos polínicos distribuidos en 12 familias botánicas (Figura 2).



**Figura 2.** Porcentajes de taxones identificados en muestra de miel localidad de la Banda de Shilcayo

Entre las especies relevantes observadas en las zonas de estudio se distinguen 12 taxones: *Melilotus sp.*, (Fabaceae, hierba rastrera) *Cordia sp.*, (Boraginaceae, árbol conocido como “añallo caspi”) *Acalypha sp.*, (Euphorbiaceae) *Melochia sp.*, (Malvaceae, especie herbácea) *Pouteria sp.*, (Sapotaceae, fruta nativa arbórea denominado “caimito”) *Eucaliptus sp.*, (Myrtaceae, especie arbórea introducida de otras zonas) *Bixa sp.*, (Bixaceae, especie semiarbusciva conocida como “achiote” que conforman los agrosistemas) *Eugenia sp.*, (Myrtaceae, frutal arbóreo conocido como “pomarrosa”) *Polygonum sp.*, (Polygonaceae, hierba rastrera) *Mimosa sp.*, (Fabaceae, hierba invasora conocida en la zona como “vergonsosa) *Ambrosia sp.*, (Asteraceae) y *Commelina sp.*, (Commelinaceae, hierba forrajera conocida como “commelina”).

De acuerdo a estos resultados se puede deducir que las mieles del Bajo Mayo no proceden del néctar de una sola planta, es de un conjunto de ellas. Normalmente esto ocurre porque el néctar recolectado en un día específico se va mezclando con la reserva de miel ya existente, haciendo que las recolecciones se vayan adicionando y mezclando, este proceso es conocido como arrastre de floraciones. Los diferentes tipos polínicos presentes en una miel están directamente relacionados con los tipos de plantas que han suministrado los néctares.

En términos apícolas, la presencia de polen en la miel se califica como “contaminación”. Se entiende como contaminación primaria a aquellos tipos polínicos que fueron recolectados involuntariamente con el néctar. Su nivel de presencia es variable, aunque las mayores cantidades están directamente relacionadas principalmente con las características morfológicas de la flor original. Por otro lado, se entiende como contaminación secundaria a aquellos tipos polínicos que se hallan en la miel por adición casual durante los procesos de producción (transporte del néctar, filtrado, deshidratación, operculado, etc.). Finalmente, se incluyen bajo la denominación de contaminación terciaria aquellos granos de polen que pueden aparecer en la miel como consecuencia del manejo por parte de los apicultores durante las fases de extracción o maduración. El análisis del contenido de polen de la miel es de gran utilidad a la hora de distinguir estas tres formas de procedencia; tal como señala la Norma del Codex Alimentarius (2008).

Cuando en la miel prevalece de una manera clara el néctar de una especie de planta se conoce como miel monofloral, para el estudio se tuvo la miel bifloral de la localidad de Zapatero con un 87,83 % de polen en la muestra de miel de las familias Urticaceae y Moraceae. En este caso, sus cualidades suelen corresponder

con las características del néctar de las especies que conforman las familias. Para que comercialmente una miel pueda considerarse como monofloral necesita cumplir unas características definidas (físico-químicas, sensoriales y polínicas). En la localidad de la Banda de Shilcayo se obtuvo una miel multiflora debido que los polen contenidos en la muestra no supera el 45 %, sin embargo, se aprecia la predominancia de dos familias botánicas muy importantes como Solanaceae con 40,42 % y Arecaceae con 10,33 %.

De los más importantes taxones descritos en las muestras se hallaron algunas especies nectaríferas comunes para *Apis mellifera* L. en algunas zonas de Selva del Perú, tales como Moraceae, Urticaceae y Fabaceae (Zapatero) y Solanaceae y Arecaceae, este último representado conspicuamente por la especie *Zea mays*; debido que los agrosistemas que están en las inmediaciones de los colmenares (radio de 1 a 2 Km) vienen siendo conducidos por agricultores parceleros cuyas siembras lo realizan en forma combinada y uno de los principales es el cultivo de maíz en dos campañas al año. En general, las mieles del Bajo Mayo se caracterizan por una alta diversidad de especies.

#### 4. CONCLUSIONES

De acuerdo a las tonalidades descritas en los cúmulos de polen separados por coloraciones según la Guía Internacional Pantone se puede inferir que la procedencia del polen está asociada a una flora diversa que no necesariamente puedan determinar los taxones específicos de origen, como son los casos de las localidades de Zapatero en la cual se obtuvo marrón claro y marrón rojizo y en la Banda de Shilcayo crema, marrón, marrón claro y marrón rojizo.

Se diferenciaron dos grupos de miel de *Apis mellifera* según su origen geográfico y botánico: De Zapatero, miel biflora, se registraron 14 tipos polínicos, con predominancia de los taxones Urticaceae y Moraceae (87,83%) en la muestra de miel.

De la Banda de Shilcayo, miel multiflora, se registraron 14 tipos polínicos, con presencia de varios taxones cuyos espectros polínicos son inferiores a 45 % de predominancia de granos de polen en la muestra, donde sobresalieron Solanaceae con 40,42% y Arecaceae con 10,33%.

Sobre los análisis polínicos, al registrarse la flora en las dos localidades en estudio calificada dentro de la zona de vida de bosque seco se identificaron en total 27 taxones agrupados en 21 familias botánicas de plantas de interés apícola: Entre los taxones observados en las muestras de miel y polen de las zonas de estudio se distinguen: Arecaceae, Asteraceae, Bixaceae, Bombacaceae, Boraginaceae, Commelinaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Lamiaceae, Malvaceae, Melastomataceae, Moraceae, Urticaceae, Myrtaceae, Olaceae, Poaceae, Polygonaceae, Portulacaceae, Rutaceae, Sapotaceae y Solanaceae.

Entre las especies relevantes observadas en las zonas de estudio se distinguen 12 taxones: *Melilotus sp.* (Fabaceae, hierba rastrera) *Cordia sp.* (Boraginaceae, árbol conocido como “añallo caspi”) *Acalypha sp.* (Euphorbiaceae) *Melochia sp.* (Malvaceae, especie herbácea) *Pouteria sp.* (Sapotaceae, fruta nativa arbórea denominado “caimito”) *Eucaliptus sp.* (Myrtaceae, especie arbórea introducida de otras zonas) *Bixa sp.* (Bixaceae, especie semiarbusciva conocida como “achiote” que conforman los agrosistemas) *Eugenia sp.* (Myrtaceae, frutal arbóreo conocido como “pomarroja”) *Polygonum sp.* (Polygonaceae, hierba rastrera) *Mimosa sp.* (Fabaceae, hierba invasora conocida en la zona como “vergonsosa) *Ambrosia sp.* (Asteraceae) y *Commelina sp.* (Comelinaceae, hierba forrajera conocida como “commelina”).

Sobre las valoraciones físico-químicas de miel: Del distrito de la Banda de Shilcayo tuvo un índice de cromaticidad de 111,55 atribuyéndose una coloración ambar, por tener una tonalidad parda tiene mayor acidez (pH=3,375) y conductividad eléctrica (CE=0,673  $\mu$ S/cm).

La miel del distrito de Zapatero tuvo un índice de cromaticidad de 30,50 atribuyéndose una coloración blanca, por tener un tono ligeramente claro tiene menor acidez (pH=4,276) y conductividad eléctrica

(CE=0,582  $\mu$ S/cm); es probable que los nutrientes que aporta el suelo a las plantas de interés apícola en las zonas en estudio influyan en los valores de concentración de sales minerales.

Sobre el contenido de humedad y azúcares totales se obtuvo una miel fresca para ambas localidades, esto se ratifica con los resultados de análisis por el método de refractometría: Banda de Shilcayo 79.60 °Brix y 18,87 % de humedad, Zapatero 77.50 °Brix y 20,10% de humedad. Estos valores se encuentran dentro de los límites máximos permitidos por el Codex Alimentarius (2008).

Sobre el contenido de hidroximetilfurfural, en ambas localidades se obtuvo valores dentro de los límites máximos permitidos, según la Norma Técnica Peruana (NTP - 209.168-1999): 11,52 mg/kg de HMF en Zapatero; y 12,28 mg/kg de HMF en la Banda de Shilcayo.

## FINANCIAMIENTO

El estudio tuvo el financiamiento del Instituto de Investigación y Desarrollo de la Universidad Nacional de San Martín, como parte del proyecto "Dominancia cromática de cargas de polen corbicular y mieles colectado por *Apis mellifera* L, en el Bajo Mayo-San Martín"; según Resolución N° 239-2016-UNSM/CUR/NLU.

## CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

## CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, supervisión, validación, redacción - borrador original y redacción - revisión y edición: Ormeño-Luna, J. y Santander-Ruiz, W. E.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida-Muradian, L. B., Pamplona, L. C., Coimbra, S., & Barth, O. M. (2005). Chemical composition and botanical evaluation of dried bee pollen pellets. *Journal of Food Composition and Analysis*, 18(1), 105–111. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2003.10.008>
- Bogdanov, S. (2004). Estándar y calidad del polen y cera de abejas. *Api Acta*, 38, 334–341.
- Codex Alimentarius. (1981). *Codex Norma para la miel. (Codex Stan 12-1981)*. Norma adoptada en 1981. Revisiones en 1987 y 2001.
- Codex Alimentarius. (2008). *Codex Norma para la miel. (Codex Stan 12-1981)*.
- Coronado-Jorge, M., Ormeño-Luna, J., Barrera-Lozano, M., & Castillo-Díaz, T. (2019). Caracteres fisicoquímicos en mieles del ecosistema del Bajo Mayo, región San Martín, Perú. *Arnaldoa*, 26(2), 607–622. <https://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.262.26206>
- Coronado-Jorge, M., Silva-Cruz, A., Ormeño-Luna, J., Terleira-García, E., Martínez-Mena, E., & Vidaurre-Rojas, P. (2022). Caracterización físico-química de miel de abeja (*Apis mellifera* L.) procedentes de la Amazonía peruana. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 17(4), 1–7. <http://www.agraria.pro.br/ojs32/index.php/RBCA/article/view/v17i4a2585>
- Funari, S., Rocha, H. C., Sforcin, J. M., Grassi Filho, H., Curi, P. R., Dierckx, S. M. G., Funari, A. R. M., & de Oliveira Orsi, R. (2005). Bromatological and Mineral Compositions of Collected Pollen for Africanized Honeybees (*Apis Mellifera* L.) in Botucatu, São Paulo State. *Latin American Archives of Animal Production*, 11(2), 87–93. [https://ojs.alpa.uy/index.php/ojs\\_files/article/view/38](https://ojs.alpa.uy/index.php/ojs_files/article/view/38)



- Guo, J., Zhang, P., & Zhang, Z. (2009). Estudios sobre componentes químicos del polen de colza recolectado por las abejas. *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi*, 34(10), 1235–1237.
- Hammer, O., Harper, D., & Ryan, P. (2001). Past: Paquete de software de estadísticas paleontológicas para educación y análisis de datos. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), 9. [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm)
- Holdridge, L. (1978). *Ecología basada en zonas de vida* (1st ed.). Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA). <http://repositorio.iica.int/handle/11324/7936>
- Louveaux, J. (1959). *Recherches sur la recolte du polen par les abeilles (Apis Mellifica L.) (fin)* (1st ed.). Recherches sur la recolte du polen par les abeilles (Apis Mellifica L.) (fin).
- Mercado, W., & Rimac, D. (2019). Comercialización de miel de abeja del bosque seco, distrito de Motupe, Lambayeque, Perú. *Natura@economía*, 4(1), 24–37. <https://doi.org/10.21704/ne.v4i1.1358>
- Nascimento, S. G. da S., Ávila, M. R. de, Hanke, D., Haberman, M. A., Becker, C., & Aguiar, N. (2021). Adversidades y desafíos de la producción de miel en el sur de Brasil. *Revista DELOS*, 14(39), 17–28.
- Ormeño-Luna, J., Castillo-Díaz, T., Garay-Montes, R., & Vallejos-Torres, G. (2021). Calidad de miel por “abejas nativas” (Meliponini) en la Región San Martín, Perú. *Arnaldoa*, 28(1), 139–148. <http://journal.upao.edu.pe/Arnaldoa/article/view/1585>
- Silva, T. M. S., Camara, C. A., Lins, A. C. S., Agra, M. de F., Silva, E. M. S., Reis, I. T., & Freitas, B. M. (2009). Chemical composition, botanical evaluation and screening of radical scavenging activity of collected pollen by the stingless bees *Melipona rufiventris* (Uruçu-amarela). *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, 81(2), 173–178. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652009000200003>



# Estrategias de inserción internacional de la miel de abeja en el mercado de Estados Unidos

## Strategies for the international insertion of honey in the United States market

Dulce, Evangelina Gabriela<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina

**Recibido:** 03 Nov. 2022 | **Aceptado:** 05 Dic. 2022 | **Publicado:** 20 Ene. 2023

**Autor de correspondencia\*:** dulceeva@agro.uba.ar

**Cómo citar este artículo:** Dulce, E. G. (2022). Estrategias de inserción internacional de la miel de abeja en el mercado de Estados Unidos. *Revista Agrotecnológica Amazónica*, 3(1), e453. <https://doi.org/10.51252/raa.v3i1.453>

### RESUMEN

Estados Unidos lidera las importaciones mundiales de miel abasteciéndose desde diversos orígenes. El propósito del trabajo fue estudiar las estrategias de inserción internacional utilizadas por Argentina, India, Brasil, Vietnam, Ucrania, Uruguay y Nueva Zelanda, con la finalidad de identificar los factores que explican su dinámica. Se estudiaron indicadores cuantitativos: precio unitario de exportación (U\$\$/Ton); la participación en el mercado de destino (TMS); el índice de calidad competitiva (QCI), el índice de Ventajas Comparativas Reveladas (IVCR), así como las tasas de crecimiento promedio en valor y volumen. Se complementó con variables cualitativas en torno a la forma de comercialización. Los resultados indican la presencia de ventajas comparativas reveladas en todos los países estudiados. Brasil y Nueva Zelanda, obtuvieron un QCI>1 reflejando mayor valor agregado en sus productos. Argentina fue el país con mayor participación en el mercado de destino (TMS >20%); Uruguay presentó un TMS< 5%, aunque con tasas de crecimiento elevadas. Se destacan las estrategias de segmentación, diferenciación y posicionamiento utilizadas por Nueva Zelanda; la estrategia de liderazgo en costos empleada por Vietnam, India y Ucrania. Argentina se posiciona por su miel de calidad, aunque la baja diferenciación la enfrentan a la competencia por precio.

**Palabras clave:** calidad; commodities; competitividad; diferenciación; posicionamiento; segmentación

### ABSTRACT

The United States leads the world in honey imports, sourcing from various sources. The purpose of the work was to study the international insertion strategies used by Argentina, India, Brazil, Vietnam, Ukraine, Uruguay and New Zealand, in order to identify the factors that explain their dynamics. Quantitative indicators were studied: export unit price (U\$\$/Ton); target market share (TMS); the Competitive Quality Index (QCI), the Revealed Comparative Advantage Index (IVCR), as well as average growth rates in value and volume. It was complemented with qualitative variables around the form of marketing. The results indicate the presence of comparative advantages revealed in all the countries studied. Brazil and New Zealand obtained a QCI>1 reflecting greater added value in their products. Argentina was the country with the largest share in the destination market (TMS >20%); Uruguay presented a TMS< 5%, although with high growth rates. The segmentation, differentiation and positioning strategies used by New Zealand are highlighted; the cost leadership strategy employed by Vietnam, India and Ukraine. Argentina is positioned for its quality honey, although the low differentiation faces competition for price.

**Keywords:** quality; commodities; competitiveness; differentiation; positioning; segmentation



## 1. INTRODUCCIÓN

La miel es un alimento milenario cuya producción se distribuye en varios países del mundo conformando una oferta diversificada en términos de calidad intrínseca como organoléptica. China es el principal productor mundial con una participación de 23,1% de la producción mundial, seguido por India y Argentina, en tercer lugar. Las exportaciones de miel presentan un crecimiento sostenido, y, en 2021 alcanzaron un volumen de 792.165 ton equivalente a un valor de U\$S 2.718,4 millones, siendo los diez principales exportadores en volumen: China, India, Argentina, Vietnam, Ucrania, Brasil, Alemania, España, Bélgica y México (Trade Map, 2022). Asimismo, si las exportaciones se miden en términos de valor, Nueva Zelanda, pasa a ocupar el puesto primero en el ranking mundial.

### 1.1. Estados Unidos. Dinámica de las importaciones de miel

Estados Unidos lidera las importaciones mundiales de miel en valor como en volumen. Se observa un aumento en la tasa de crecimiento de las importaciones estadounidenses de miel tanto en valor como en volumen (51% y 2%, respectivamente) para los últimos tres años (2018 -2021). En 2021 importó 220.231 toneladas equivalentes a un valor de U\$S 666,6 millones, explicando el 25% de las importaciones mundiales. Si bien se abastece de diferentes orígenes, el 84% de éstas, medidas en valor, provienen de cinco países: Argentina, India, Brasil, Vietnam y Nueva Zelanda, cuando las importaciones se miden en volumen, aparecen otros dos jugadores: Ucrania y Uruguay (Trade Map, 2022).

### 1.2. Calidad y estrategias de inserción internacional

Los países utilizan diferentes estrategias para llegar con sus mercancías a los mercados de destino. Una estrategia competitiva es un conjunto de acciones ofensivas y/o defensivas que se ponen en marcha para lograr una posición ventajosa frente al resto de los competidores. El objetivo de la estrategia es consolidar una ventaja competitiva que se sostenga a lo largo del tiempo, y redunde en una mayor rentabilidad. Porter (1980) identifica tres grandes estrategias genéricas: el liderazgo en costos, la diferenciación y la alta segmentación. El mismo autor indica que las estrategias se diferencian en función de la ventaja competitiva que generan y el ámbito en el que compiten.

La estrategia de liderazgo en costos supone para una empresa o país, la capacidad de reducir costos en todos los eslabones de su cadena de valor, para luego transferir este ahorro al precio final del producto; del mismo modo, la diferenciación implica generar un producto exclusivo que los clientes puedan percibir como propuesta de valor diferente a la de la competencia y por el que los clientes estén dispuestos a pagar más. Por último, el enfoque o alta segmentación se relaciona con el mercado meta o porción del mercado al que está dirigido un producto o servicio. Esta estrategia, se concentra en satisfacer segmentos bien definidos según el tipo de población, la ubicación, o sus hábitos de consumo, comportamiento de compra, entre otros (Porter, 1980). Las estrategias no son excluyentes. Sin embargo, el liderazgo en costos se asocia a los negocios de commodities (con un comportamiento que se acerca a los mercados de competencia perfecta), mientras que la diferenciación y la alta segmentación se relacionan con los negocios de especialidad.

Kotler & Armstrong (2008) definieron una cuarta estrategia, que no es excluyente de las anteriores. Estos autores refieren a la estrategia de posicionamiento la cual implica la acción de diseñar la oferta y la imagen de una empresa, de modo que éstas ocupen un lugar distintivo en la mente de los consumidores del mercado meta. Un posicionamiento de marca adecuado sirve de directriz para la estrategia de marketing puesto que transmite la esencia de la marca, aclara qué beneficios obtienen los consumidores con el producto o servicio, y expresa el modo exclusivo en que éstos son generados.

La calidad del producto es un atributo que de una u otra forma está presente como parte de las estrategias empleadas por los países exportadores. La calidad de un alimento engloba dos componentes: la inocuidad

y la satisfacción al cliente. La inocuidad es la cualidad que debe tener todo producto alimenticio, para no causar daño al consumidor cuando se prepara y/o consume de acuerdo con el uso que le fue destinado. Se enmarca en leyes y reglamentaciones vigentes para todo establecimiento productor de alimentos, y es responsabilidad de las autoridades sanitarias de cada país garantizarla con la finalidad de velar por la salud pública de las poblaciones (Camisón et al, 2009). La inocuidad es claramente un componente no negociable de la calidad. El segundo componente de la calidad tiene que ver con la satisfacción de las necesidades del cliente y, por lo tanto, se podrá construir calidad en la medida que se conozcan los gustos y preferencias del consumidor. Botello-Peñaloza (2016) señalan que los sistemas de calidad tienen un rol diferenciador, además de un impacto positivo en la internacionalización de las empresas, encontrando un aumento del 20 % en la probabilidad de inserción de productos diferenciados en los mercados internacionales.

Las políticas tendientes a promover la calidad pueden focalizarse en dos aspectos: la sanidad e inocuidad de los alimentos y en la calidad como instrumento tendiente a alcanzar la diferenciación de productos. Debe tenerse presente que la calidad a los ojos de un consumidor se presenta como una característica única: “la satisfacción de sus necesidades y expectativas” (Tari-Guillo & Pereira-Moliner, 2012). En el caso de los mercados con estructura oligopólica, como el agroalimentario, los sistemas de calidad se tornan en una estrategia de ventaja competitiva, puesto que son una herramienta de diferenciación de la competencia y de segmentación del mercado (Huerta-Dueñas & Sandoval-Godoy, 2018).

La participación de un mercado exportador en un mercado de destino es uno de los factores que se tienen en cuenta para estudiar la competitividad, especialmente los mercados en crecimiento (Dalum, 1992). La modalidad de especialización comercial refleja las actividades de aprendizaje e innovación de una economía y orienta sobre las políticas de competitividad que conviene adoptar (Klaus Lindegaard & Leiner Vargas, 2003). Sin embargo, si bien es cierto que la competitividad internacional de un país puede medirse por su desempeño exportador, el índice de ventaja comparativa revelada (VCR) busca medir la estructura relativa de las exportaciones de un país. Si el coeficiente VCR es igual a uno las estructuras comparadas son idénticas; si es superior a uno existe una especialización relativa, y si es inferior a uno habría una desespecialización del país en esa categoría de producto (Dalum & Willumsen, 1996). Para conocer los factores sobre los que se apalanca el desempeño exportador es necesario analizar los fundamentos sobre los que se sostiene la competitividad, y dentro de ésta, las estrategias competitivas utilizadas para la inserción en los mercados seleccionados.

Por lo tanto, la inserción de un producto en un mercado determinado resulta de la combinación de las estrategias definidas por los países oferentes y las características de la demanda la cual se ve influenciada por las grandes tendencias mundiales, donde los países desarrollados presentan exigencias crecientes. Este trabajo tiene como propósito estudiar las estrategias de inserción internacional utilizadas por los principales países abastecedores de miel a Estados Unidos, con la finalidad de identificar los factores que explican la dinámica en la participación de los mercados oferentes en las importaciones de miel del principal importador mundial de este producto.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Con el objetivo de estudiar las estrategias de inserción internacional de los principales países abastecedores de miel a Estados Unidos, así como la dinámica en la participación de éstos en los últimos años se seleccionaron los cinco primeros países que lideran el ranking de exportación de miel al destino seleccionado en valor (Argentina, India, Brasil, Uruguay y Nueva Zelanda), como en volumen (India, Vietnam, Brasil, Argentina y Ucrania). En base a esto, los países resultantes fueron siete: Argentina, India, Brasil, Vietnam, Ucrania, Uruguay y Nueva Zelanda.

Para cada uno de éstos se compararon seis variables seleccionadas para dilucidar la estrategia competitiva de inserción internacional utilizada por cada uno de los países indicados. Asimismo, se complementaron

los resultados arrojados por variables con información cualitativa en torno a la forma de comercialización como se detalla a continuación.

Las variables cuantitativas seleccionadas fueron: a) precio unitario de exportación en el mercado de destino promedio de los últimos 3 años (U\$/Ton); b) la participación de cada país en el mercado de destino (Target Market Share); c) índice de calidad (QCI) y d) el índice de Ventajas comparativas reveladas entre 2002 y 2021; e) la tasa de crecimiento promedio en el mercado de destino entre 2019 y 2021 en valor y f) la tasa de crecimiento promedio en el mercado de destino entre 2019 y 2021 en volumen.

#### **Variables cuantitativas utilizadas y forma de cálculo:**

**Participación en el mercado de destino (Target Market Share: TMS).** Es la relación entre el valor de las importaciones de un país y el valor total de las importaciones de todos los países del mercado de destino. Muchos economistas mencionan que la cuota de mercado es el indicador más directo para medir la competitividad (Li y Liu, 2012). Este indicador toma valores entre 0 y 1, a mayor valor, mayor fuerza competitiva. Valores mayores a 0,2 indican una fuerte competitividad, entre 5 y 20%, fuerza moderada mientras que valores menores al 5% indican una baja a nula competitividad en el mercado target.

**Índice de calidad competitiva (QCI: Quality Competition Index).** Este índice tiene en cuenta el componente calidad como atributo para la construcción de ventaja competitiva. Se mide como la relación entre el índice de precios de importación unitario de un país dividido por el índice de precios de importación promedio del mercado objetivo total. Un aumento de QCI incorpora la contribución de aumentos en el valor agregado y también refleja una mejora en la calidad. Por el contrario, una disminución en el QCI indica una caída en la calidad percibida (Song & Jensen, 2014).

Se mide como:

$$QCI = \frac{P_{it}/P_{io}}{P_{mt}/P_{mo}}$$

Donde:

QCI: Índice de calidad competitiva.

$P_{(it)}$ : Precio de importación del país i para el año t.

$P_{(io)}$ : Precio de importación del país i en el año seleccionado como base.

$P_{mt}$ : Precio promedio en el mercado de destino para el año t.

$P_{mo}$ : Precio promedio de importación en el mercado target seleccionado para el año base seleccionado.

A los fines de este trabajo se seleccionó como año base el 2009 donde se observa un aumento pronunciado de las exportaciones por parte de los principales países abastecedores al destino seleccionado. Con la finalidad de comparar la evolución del índice se tomaron los años: 2014, 2017, 2019, 2020 y 2021 con la finalidad de compararse contra el año base (2009). La información estadística se obtuvo de la base Trade Map.

**Índice de ventajas comparativas reveladas (IVCR).** Se calculó con la finalidad de identificar la especialización exportadora de los países de origen seleccionados. Ballasa (1965) definió el índice de ventas comparativas reveladas como:

$$IVCRB(iA) = \frac{X^{iA}/XT_A}{X^{iW}/XT_W}$$

Donde:

$X^{iA}$ : Exportaciones de bien i del país A.

$XT_A$ : Exportaciones totales del país A.

$X^{iW}$ : Exportaciones mundiales de bien i.

$XT_W$ : Exportaciones totales mundiales.

Permite comparar la estructura de las exportaciones de un determinado país con la estructura de las ventas externas mundiales. La convención usual es que, si el índice es mayor que uno, el país objeto de análisis «revela» una ventaja comparativa en dicho bien o sector y si es menor que uno «revela» una desventaja comparativa.

Las tasas de crecimiento mencionadas, así como el precio promedio unitario correspondiente a los últimos 3 años, se obtuvieron del a base Trade Map.

Asimismo, las variables cuantitativas se complementaron con información cualitativa en torno a: a) forma de comercialización según se trate de un producto exportado a granel o fraccionado; b) existencia de marca (para estimar el posicionamiento del producto); c) indicadores de calidad de producto y/o herramientas de diferenciación predominantes.

A partir de la información cuanti y cualitativa se los clasificó y agrupó según la estrategia competitiva predominante: liderazgo en costos, diferenciación, segmentación y/o la estrategia de posicionamiento, así como por el grupo estratégico de negocio: commodity y especialidad.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 contiene los resultados obtenidos para las variables analizadas.

**Tabla 1.**

*Resumen de las variables analizadas para los principales exportadores de miel a Estados Unidos para el año 2021*

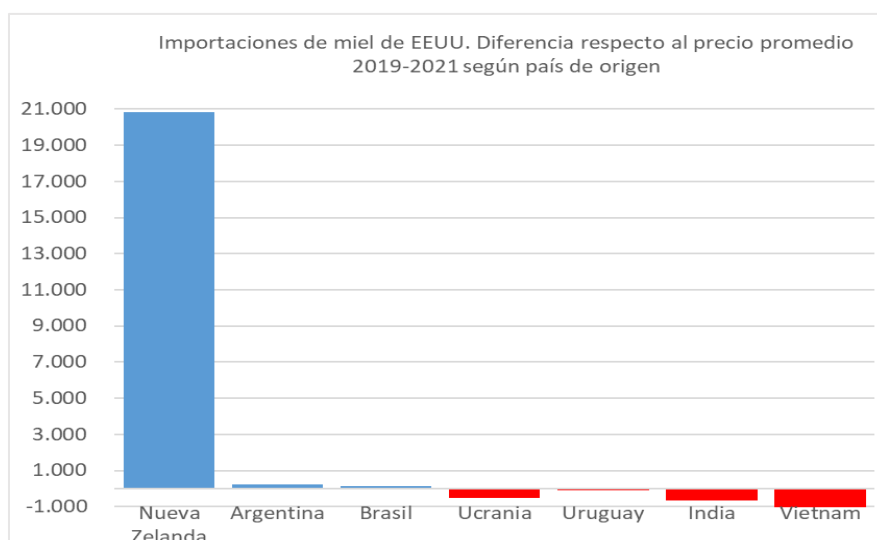
| País          | Promedio (U\$S/Ton) | IVCR | TMS (%) | TC (2019-21) Volumen | TC (2019-21) Valor | Ranking mundial (Valor) |
|---------------|---------------------|------|---------|----------------------|--------------------|-------------------------|
| Nueva Zelanda | 23.384              | 60,9 | 9,4     | (-7)                 | 8                  | 1                       |
| Argentina     | 2.758               | 22,2 | 23,0    | 5                    | 12                 | 3                       |
| Brasil        | 2.679               | 4,7  | 18,1    | 12                   | 0                  | 4                       |
| Ucrania       | 2.036               | 17,8 | 2,0     | (-19)                | (-18)              | 6                       |
| Uruguay       | 2.432               | 28,8 | 2,1     | 13                   | 14                 | 20                      |
| India         | 1.855               | 2,8  | 18,6    | 3                    | 3                  | 7                       |
| Vietnam       | 1.501               | 2,0  | 14,8    | 12                   | 10                 | 9                       |

Del análisis de los resultados se desprende que tres países (Nueva Zelanda, Argentina y Brasil) llegan al mercado de EEUU con precios unitarios superiores al precio promedio de los últimos 3 años pagado por EEUU. Sin embargo, Nueva Zelanda muestra un fuerte liderazgo en el precio promedio de exportación posicionándose como el país con mayor precio FOB (U\$S/Ton) entre los países abastecedores de Estados Unidos y también a nivel mundial. Argentina y Brasil llegan con precios intermedios que se ubican por encima del precio promedio de exportación de miel a Estados Unidos y luego India, Vietnam, Ucrania y

Uruguay, con precios que se ubican por debajo de éste (Figura 1). Esta distribución puede explicarse teniendo en cuenta que Nueva Zelanda y Brasil desarrollaron estrategias de diferenciación ofreciendo productos de mayor valor agregado. En este sentido, García (2018) al estudiar la situación actual del mercado internacional de la miel, encontró que Nueva Zelanda y Brasil ofrecen al mercado productos especiales: la miel de Manuka en el caso de Nueva Zelanda y las mieles orgánicas en el caso de Brasil. A su vez, Nueva Zelanda se distingue por su exportación exclusivamente fraccionada y con atributos verificables en sus técnicas de producción y con una creciente reputación alrededor de las ventajas para la salud que ofrece su miel, agregando valor a partir de características relacionadas a los beneficios para la salud (Bisang et al, 2022). Del mismo modo, Cramp (2013) afirma que estos países presentan claras estrategias de diferenciación para llegar a los mercados.

Argentina ocupa el primer lugar como abastecedor de miel al mercado de EEUU, sin embargo, García (2018), encontró que países como Argentina y Uruguay ofrecen un producto convencional de alta calidad e incluso aplican sistemas de trazabilidad, pero a granel, por lo tanto, sin diferenciación. Uruguay presenta un precio inferior a la media del total de los países exportadores al destino bajo estudio. En este sentido, según FAO (2020) los precios de exportación de las mieles uruguayas se han encontrado por debajo del promedio mundial en los últimos 15 años, acrecentándose esta diferencia desde 2015 hasta alcanzar un 35% en el 2019.

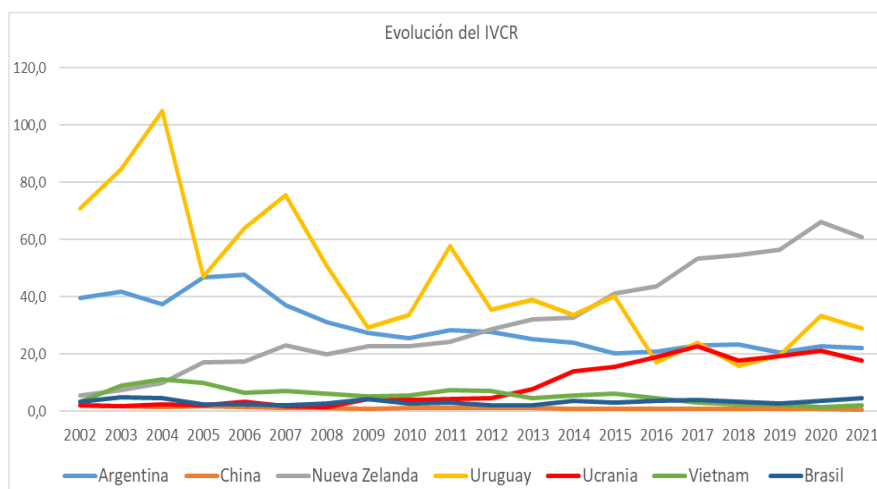
India, Vietnam y Ucrania reciben los menores precios por la miel exportada. García (2018) afirma que los países exportadores de miel del Este se caracterizan por responder a los aumentos en la demanda mundial de miel, haciendo envíos masivos a bajo precio y con tasas crecientes de participación en el mercado. Asimismo, este autor afirma que la adulteración de la miel podría ser una de las causas del incremento en los volúmenes enviados al mercado. Estos países envían la miel sin diferenciación. En línea con lo indicado por Kotler & Armstrong (2012), estos países exportan la miel como commodity. Los commodities son productos que carecen de diferenciación y agregado de valor, mientras que cuando esa materia prima se transforma, y se aplican estrategias de diferenciación para ofrecer un producto a medida del cliente originan una “especialidad”.



**Figura 1.** Precios promedios de exportación de miel de los países seleccionados respecto al precio promedio en el mercado target

### 3.1. Índice de Ventajas Comparativas Reveladas (IVCR)

A partir del cálculo del Índice de Ventajas Comparativas Reveladas de Balassa (1965) se desprende que los seis países presentan una especialización exportadora, aunque Nueva Zelanda, Uruguay, Argentina y Ucrania, son los de mayor expresión (Figura 2).



**Figura 2.** Evolución del IVCR entre 2002 y 2021 para los países seleccionados

En relación con las tasas de crecimiento promedio para el periodo 2019-2021, se observa que la mayoría de los países mostraron un aumento en términos de valor como de volumen, excepto Ucrania que va perdiendo posicionamiento en el mercado de Estados Unidos.

### 3.2. Participación en el mercado de destino (TMS)

Cuatro países explican el 74,5% de las importaciones en valor de EEUU, con un fuerte liderazgo de Argentina (23%). Sin embargo, Uruguay y Ucrania presentan un TMS < 5 % por lo que su participación es débil. A pesar de su baja participación relativa, presenta tasas de crecimiento positivas especialmente en términos de volumen. Por el contrario, Ucrania presenta tasas negativas de crecimiento y débil participación. Los demás países mostraron una participación moderada (5% > TMS < 20%).

### 3.3. Índice de calidad competitiva (IQC)

Al analizar el Índice de calidad para los años seleccionados, sólo Brasil y Nueva Zelanda mostraron un incremento respecto al año base. Un incremento en el valor del índice respecto al año base indica una mejora en la calidad del producto ofrecido contribuyendo a la construcción de ventajas competitivas.

La baja diferenciación pone en riesgo el posicionamiento en el ranking exportador de Argentina en el mercado de Estados Unidos, por ser un commodity de calidad que compite con la miel commodity especialmente de Vietnam, de Ucrania e India que llegan al mercado con precios muy inferiores, y en el caso de Vietnam, tasas de crecimiento altas. Los bajos precios de la miel de varios países asiáticos han llevado a un fuerte cuestionamiento de este producto, en cuanto a su calidad de origen, siendo muchas veces sometida a tarifas antidumping (Valdés, 2013).



**Tabla 2.***Índice de Calidad Competitiva (ICQ)*

| País          | 2009 | 2014 | 2017 | 2019 | 2020 | 2021 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|
| Argentina     | 1,00 | 0,92 | 0,71 | 0,77 | 0,85 | 0,93 |
| India         | 1,00 | 0,96 | 0,77 | 0,78 | 0,78 | 0,76 |
| Brasil        | 1,00 | 1,09 | 1,61 | 1,00 | 0,91 | 1,11 |
| Viet Nam      | 1,00 | 0,91 | 0,73 | 0,70 | 0,69 | 0,67 |
| Nueva Zelanda | 1,00 | 1,94 | 3,36 | 8,71 | 8,99 | 6,23 |
| Uruguay       | 1,00 | 0,90 | 0,89 | 0,76 | 0,74 | 0,96 |
| Ucrania       | 1,00 | 0,83 | 0,67 | 0,78 | 0,74 | 0,68 |

Nueva Zelanda y Brasil, presentaron un índice de calidad competitiva (IQC) superior a 1. En ambos casos, los resultados permiten reforzar el tipo de grupo estratégico al que pertenece la miel para ambos países: una especialidad. Un aumento de QCI incorpora la contribución de aumentos en el valor agregado y también refleja una mejora en la calidad. Esto está en línea con las afirmaciones de García (2018) y Cramp (2013), al señalar las estrategias de diferenciación empleadas por ambos países. La investigación y el desarrollo en torno a la caracterización de las mieles según sus diferentes tipos, así como la producción de mieles orgánicas, ponen de manifiesto la presencia de ventajas competitivas construidas en base al desarrollo de estrategias de diferenciación, segmentación y posicionamiento para diferentes productos en diferentes mercados. Porter (1990) afirma que innovar y adaptarse son aspectos clave para sobrevivir y crecer en los mercados. Desarrollar una propuesta de valor y poder comunicarla hacen a la construcción de ventajas competitivas.

A diferencia de Nueva Zelanda, Argentina y Brasil deben fortalecer la estrategia de posicionamiento (García, 2018). Nueva Zelanda logró un posicionamiento mundial con la miel de la marca Manuka. La posición de un producto es la forma en que los consumidores definen el producto con base en sus atributos importantes (Kotler & Armstrong, 2008) para diferenciarlos de la competencia, siendo la marca el elemento que más destaca.

### 3.4. Tasa de crecimiento en valor y volumen

Los resultados arrojaron tasas crecientes de participación medidas en valor como en volumen para Argentina, Uruguay y Vietnam. Se observa una pérdida de posicionamiento de Ucrania en el mercado de EEUU con tasas de crecimiento negativas. Por su parte, Nueva Zelanda, si bien disminuyó su participación en términos de volumen, mostró tasas crecientes en términos de valor de sus exportaciones. Uruguay presenta tasas crecientes de participación en el mercado de Estados Unidos, si bien su participación actual es del 2,1 %. Aunque el precio recibido se va recomponiendo, aún se encuentra por debajo del precio promedio pagado por Estados Unidos a los países que lo abastecen. Este resultado podría explicarse por la detección de residuos de PA (alcaloides de pirrolizidina), presentes en algunas mieles uruguayas con alto contenido de flor morada, (*Echium sp*) y algunas otras plantas (vara de oro, *Senecio sp*, etc.). Asimismo, la presencia de los residuos del herbicida glifosato en 2016 (Gómez Pajuelo, 2020). Adicionalmente, Uruguay produce mieles más “oscuras”, las cuales reciben un precio menor que las mieles “claras”, sobre todo en el mercado estadounidense ya que este país prefiere mieles claras (Bisang et al, 2022).

Del estudio de las variables cualitativas se desprende la existencia de diferentes estrategias de inserción internacional determinando que la miel llegue al mercado de destino con diferente nivel de diferenciación dependiendo de la estrategia seleccionada por cada uno de los países estudiados. A saber:

**Argentina.** La miel argentina se caracteriza por ser de excelente calidad (KRC, 2018; García, 2018). Se comercializa prácticamente en su totalidad como un commodity y, por lo tanto, compite en ese segmento principalmente por precio, con la oferta de miel de países asiáticos. El 99% del volumen exportado se comercializa a granel, en tambores de 300 kg de forma indiferenciada. No hay desarrollo de una estrategia

de diferenciación de mieles en base a atributos y cualidades específicas, un punto que representaría una oportunidad con impacto de ofrecer productos de alto valor explícito con impacto directo en el precio y en el mercado. Los últimos años, algunas empresas de Argentina empezaron a trabajar la diferenciación de sus mieles por especie polinizada y aumentando el número de colmenas orgánicas. Sin embargo, aún apenas el 1% se comercializa fraccionada y con marca. Murillo & Velandia (2014) resaltan que algunos exportadores han realizado un incremento del valor agregado en el mercado estadounidense vendiendo miel monofloral, orgánica certificada o kosher con una diferenciación en el envase.

La apicultura argentina se apalanca en ventajas comparativas, derivadas de las condiciones agroecológicas del país, que permiten que en 22 provincias pueda llevarse a cabo la actividad. Del mismo modo, la amplia diversidad floral permite una oferta de diferentes tipos de mieles (sabores, aromas, colores). Las ventajas comparativas se acompañan de ventajas competitivas construidas a partir de la inversión e innovación en tecnologías de calidad y sellos para posicionar las mieles argentinas en el país y en el mundo, aunque de un bajo nivel de adopción. Desde 2018 se puso en marcha el sistema de trazabilidad (SISPA) para la miel argentina, que permite llegar con ésta a los mercados más exigentes. Sin embargo, se observa un bajo nivel de adopción de activos intangibles (p.e. sellos de calidad) así como un escaso desarrollo de diferenciación de mieles, a pesar de la diversidad que compone la oferta, según las regiones del país y las especies botánicas polinizadas. Por lo tanto, la miel argentina queda comprendida dentro de los negocios de commodities, es decir, productos homogéneos, y compite con la miel de otros países por precio, donde prevalece la estrategia de liderazgo en costos por sobre las estrategias de diferenciación, segmentación y posicionamiento.

**Nueva Zelanda.** Se distingue por la exportación de miel exclusivamente fraccionada y con atributos verificables en sus técnicas de producción y con una creciente reputación alrededor de las ventajas para la salud que ofrece su miel, agregando valor a partir de destacar científicamente las cualidades terapéuticas y los orígenes botánicos de sus mieles. Cabe mencionar que Nueva Zelanda ha posicionado a la miel de un pequeño árbol típico, la Manuka (*Leptospermum scoparium*), como un producto saludable, a partir de la cuantificación del Factor Único de Manuka (UMF), que refleja la concentración de metilglioxal (Bisang et al, 2022). La firma Comvita es uno de los jugadores líderes con esta reconocida miel, y en 2019 anunció su expansión y disponibilidad en mercados minoristas de EE. UU. y Canadá. Asimismo, amplió su estrategia de distribución lanzando una tienda novedosa en Amazon y firmó un acuerdo de distribución con Cotsco (Fortune Business Insight, 2021). Nueva Zelanda y Brasil vienen aumentando las exportaciones no solo en volumen sino en precio por el desarrollo de productos diferenciados de calidad. Nueva Zelanda con la ya mencionada miel de Manuka y Brasil con la miel orgánica. Estos países han mostrado un sostenido crecimiento de sus exportaciones durante los últimos años, y constituyen un modelo que demuestra que un crecimiento positivo en las exportaciones puede lograrse con la comercialización de mieles especiales (García, 2018). Por lo tanto, Nueva Zelanda presenta una estrategia opuesta ofreciendo al mercado un producto de alto valor agregado, fuertemente posicionado a partir de la miel de la marca que se enmarca en un negocio de especialidad o nicho de mercado apalancado en las estrategias de segmentación y posicionamiento. La estrategia se refleja en un máximo de U\$S 30,56 por kilo en 2018 y el mayor valor promedio respecto a los otros jugadores mundiales (Marín et al, 2022).

**Brasil.** Se caracteriza por la exportación de miel orgánica (García, 2018) utilizando las estrategias de segmentación y diferenciación para insertarse internacionalmente. La miel de Brasil se encuadra dentro del grupo estratégico de productos de especialidad.

**India, Ucrania y Vietnam.** Se caracterizan por exportaciones masivas de productos de bajo valor (García, 2018). Estos países, presentan una estrategia de liderazgo en costos. Exportan grandes volúmenes a granel que vuelcan al mercado acompañados de bajos precios. La adulteración de la miel es un fenómeno que está en aumento causando un detrimento de los precios y un fuerte impacto negativo sobre la industria apícola

(García, 2016). Los apicultores asiáticos cosechan con frecuencia miel verde con alto contenido de agua, que les permite mejorar los rendimientos y bajar los costos disminuidos. Esto genera la necesidad de filtrar, diluir y eliminar residuos, y finalmente deshumidificar y envasar el producto. El proceso de secado y maduración ocurre parcialmente en una fábrica en lugar de dentro de la colmena. El producto resultante parece no ser peligroso para la salud del consumidor, pero no tiene algunos de las propiedades positivas características de la miel. Además, el método de procesamiento descrito anteriormente no está de acuerdo con el Codex Alimentarius (2014), que prohíbe la intrusión o extracción de cualquier sustancia de la miel, a diferencia de las actividades que realizan las abejas (Pintor & Cáceres, 2018).

**Uruguay.** Se encuentra trabajando en la diferenciación del producto de modo de llegar al mercado con un producto de especialidad, aunque ha presentado precios promedios de exportación inferiores a sus competidores por temas de calidad. Se observó una fuerte caída del precio de las mieles uruguayas observada a partir de 2015-2016 y si bien, su participación en el mercado de Estados Unidos es marcadamente creciente (en valor como en volumen), aún recibe un precio inferior al promedio de todos los países que exportan al destino bajo estudio. Cabe aclarar que no existe diferencia de arancel en el mercado de destino entre Argentina, Brasil, Uruguay, Vietnam e India, siendo en todos los casos de 1,9 cent/kg (Uruguay XXI, 2020).

EEUU cambió el patrón de importación de miel. Si bien representa el principal destino de la miel argentina, a partir de 2017 el 53% de las importaciones estadounidenses tuvieron por origen India, Vietnam, Tailandia, Ucrania y Taiwán. La falta de un estándar estadounidense para la miel y la necesidad de actualizar los controles oficiales de su adulteración representan una amenaza en términos de calidad de la miel y protección (Strayer et al. 2014). El aumento en la exportación de miel de los países del Este dio como resultado al menos tres consecuencias visibles en el mercado internacional: (i) presión a la baja sobre los precios de la miel pura como resultado de la exceso de oferta de productos (de fraudulento en muchos casos), (ii) el desincentivo de producir y exportar mieles puras por varios países tradicionales, que han mostrado disminuciones significativas en sus volúmenes de exportación en los últimos años, y (iii) la aparición de nuevos importantes jugadores, que importan mieles de bajo precio y la reexportan bajo formas simples o en mezclas, y como si fueran producidas localmente (García & Phipps, 2018).

En base a lo expuesto, Nueva Zelanda combina las estrategias de segmentación, diferenciación y posicionamiento, llegando a nichos de mercados objetivos donde claramente compite en base al valor percibido por el cliente. La miel de Nueva Zelanda pertenece al grupo estratégico de especialidades. Por su parte, la Argentina llega al mercado objetivo con mieles de alta calidad, aunque a granel, con un posicionamiento en torno a la calidad ya que esta tiene reconocimiento mundial, aunque la prácticamente ausencia de diferenciación, aspecto que la lleva a competir con países como India, Vietnam y Ucrania que ofertan una miel indiferenciada (commodity). Brasil, a su vez, llega al mercado con miel orgánica que le permite mejoras en el precio con una estrategia similar a la de Nueva Zelanda, aunque un posicionamiento inferior respecto a ésta.

La importancia económica de comercializar y exportar productos industrializados en lugar de la miel a granel radica en que se puede obtener mejores precios de venta, mayores ingresos para los apicultores y potenciar la importancia del origen. El desarrollo de productos con valor agregado es, por lo tanto, una de las mejores formas para exportar y, de manera indirecta, elevar el consumo interno (Valdés, 2013). En los negocios de commodities, tal como plantea Porter (1981), prevalece la estrategia genérica de liderazgo en costos. Sin embargo, es importante comprender que entre estos extremos existe un gradiente de productos que puede tener algunas características de uno y de otro y deberían definirse y especializarse en uno de los dos grupos estratégicos para mejorar su inserción en el mercado internacional. Es decir, no suelen aparecer en sus formas puras, aunque cada compra particular tiene una fuerte tendencia hacia una u otra forma (Shapiro & Bonoma, 1984).

#### 4. CONCLUSIONES

La inserción de un producto en un mercado determinado resulta de la combinación de las estrategias definidas por los países oferentes y las características de la demanda la cual se ve influenciada por las grandes tendencias mundiales, donde los países desarrollados presentan mayores exigencias. EEUU lidera las importaciones mundiales de miel y es abastecido por mieles provenientes de diferentes orígenes, y cada país utiliza estrategias propias. Nueva Zelanda logra su posicionamiento dentro del nicho de mieles de elevado valor agregado fruto de la inversión y desarrollo del producto logrando un posicionamiento en mercados exclusivos donde opera con bajos volúmenes y altos precios. Las estrategias de diferenciación utilizadas por Brasil a partir de la miel orgánica, lo protege de la competencia por precios que experimenta Argentina, país que posee una miel de excelente calidad pero que compite con los países que utilizan estrategias alineadas a los negocios de commodities, en ese segmento, compite directamente con Vietnam, que viene ganado participación en el mercado de destino. Uruguay con una participación más reducida, está trabajando en el desarrollo del producto u aumentando su participación a tasas elevadas. El desarrollo de productos con valor agregado a partir de estrategias de segmentación, diferenciación y posicionamiento es clave para poner en valor la miel de calidad y construir ventajas competitivas que protejan a los países abastecedores de la competencia.

#### FINANCIAMIENTO

Ninguno.

#### CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

#### CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Dulce, E. G.: Conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, supervisión, validación, redacción - borrador original y redacción - revisión y edición.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Balassa, B. (1965). Trade Liberalization and Revealed Comparative Advantage. *The Manchester School*, 33(2), 99-123. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9957.1965.tb00050.x>
- Bisang, R., Lachman, J., López, A., Pereyra, M. & Tacsir, E. (2022). *Primeros pasos hacia la diferenciación de miel uruguaya* (Documento de Investigación, N° 131) [Universidad ORT Uruguay]. <http://hdl.handle.net/20.500.11968/4644>
- Botello-Peñaloza, H. (2016). Las certificaciones de calidad y la internalización de las firmas industriales colombianas. *Suma de Negocios*, 7(16), 73-81. <https://doi.org/10.1016/j.sumneg.2016.02.009>
- Camisón, C., Boronat-Navarro, M., Villar-López, A. & Puig-Denia, A. (2009). Sistemas de gestión de la calidad y desempeño: Importancia de las prácticas de gestión del conocimiento y de I+D. *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, 18(1), 123-134. <http://hdl.handle.net/10234/33356>
- CODEX Alimentarius (2014). *Código de prácticas para el control de malezas a fin de prevenir y reducir la contaminación de los alimentos y los piensos con alcaloides de pirrolizidina*. CAC/RCP 74-2014. Roma: FAO. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/codes-of-practice/es/>

- Cramp, D. (2013). Manuka honey explained. *Bee World*, 90 (2), 58–60.  
<https://doi.org/10.1080/0005772X.2013.11417544>
- Dalum, B. (1992). Export specialization, structural competitiveness and national systems of innovation, en B-A. Lundvall (comp.). *National Systems of Innovation. Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Londres, Pinter Publishers.
- Dalum, B. & G. Willumsen (1996). *Are OECD Export Specialization Patterns “sticky”? Relations to the Convergence-Divergence Debate, DRUID*. Working Paper, N° 96-3, Aalborg, Universidad de Aalborg.
- FAO. (2020). *Productos de la colmena*. Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/3/ca8049es/CA8049ES.pdf>
- Fortune Business Insight (2021). Market Research Report. En: Methodology - Honey Market | Fortune Business Insights. <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/honey-market-100551>
- García, N. (2016). A study of the causes of falling honey prices in the international market. *American Bee Journal*, 156, 877–882.
- García, N. (2018). The Current Situation on the International Honey Market. *Bee World*, 95(3), 89-94.  
<https://doi.org/10.1080/0005772X.2018.1483814>
- García, N., & Phipps, R. (2018). Honey market report. *American Bee Journal*, 158, 23–30.
- Gómez Pajuelo, A. (2020). *Fortalecimiento de la capacidad exportadora del sector apícola del Uruguay a través del aseguramiento de la inocuidad y la incorporación de tecnología*. Montevideo: Agencia Nacional de Desarrollo. <https://www.ande.org.uy/proyectos-apoyados/item/fortalecimiento-de-la-capacidad-exportadora-del-sector-apicola-del-uruguay-a-traves-del-aseguramiento-de-la-inocuidad-y-la-incorporacion-de-tecnologia.html>
- Huerta-Dueñas, M. & Sandoval-Godoy, S. (2018). Sistemas de calidad como estrategia de ventaja competitiva en la agroindustria alimentaria. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 15(1), 19-28.  
<https://doi.org/10.22231/asyd.v15i1.746>
- Klaus Lindegaard & Leiner Vargas (2003). Persistencia de las modalidades de especialización exportadora de América Central. *Revistas CEPAL*, (79), 37-51.  
<https://www.cepal.org/es/publicaciones/10873-persistencia-modalidades-especializacion-exportadora-america-central>
- Kotler, P. & Armstrong, G. (2008). *Fundamentos de marketing* (11va ed.). Pearson.
- Kotler, P., & Amstrong, G. (2012). *Principles of Marketing* (14va ed.). Pearson Education Limited.
- KRC (2018). *Perfil de mercado Miel Natural*. Consulate General and Promotion Center of the Argentine Republic.
- Li, Q. & Liu, J. (2012). Analysis on Comparative Advantages and Influencing Factors of Chinese Natural Honey. *International Business*, 5, 13-22.
- Marín, A., Stubrin, L., Palacín, R. & Mauro, L. (2022). *Caso de estudio COOPSOL: un emprendimiento social con proyección mundial* (Nota técnica N° IDB-TN-2270). BID Invest.
- Pintor & Cáceres (2018). Nuevas herramientas en la lucha contra el fraude alimentario en el sector de la miel. *Revista De Derecho Agrario y Alimentario Segunda Época*, 34(72), 49-85.
- Porter, M. (1981). Té Contributions of Industrial Organization to Strategic Management. *Academy of Management Review*, 6(4), 609-620. <https://doi.org/10.5465/amr.1981.4285706>

- Porter, M. (1990). *The Competitive Advantage of Nations*. Harvard Business Review. <https://hbr.org/1990/03/the-competitive-advantage-of-nations>
- Shapiro, B. P., & Bonoma, T. V. (1984). *How to Segment Industrial Markets*. Harvard Business Review. <https://hbr.org/1984/05/how-to-segment-industrial-markets>
- Song, H. & Jensen, H. (2014). The Competitiveness of China's Honey in Target International Markets Compared with Argentina. *International Conference on Mechatronics, Electronic, Industrial and Control Engineering (MEIC)*. <https://doi.org/10.2991/meic-14.2014.55>
- Strayer, E., Everstine, K., & Kennedy, S. (2014). Economically motivated adulteration of honey: Quality control vulnerabilities in the international honey market. *Food Protection Trends*, 34, 8–14. <https://www.foodprotection.org/files/food-protection-trends/Jan-Feb-14-everstine.pdf>
- Tari-Guilló, J. J., & Pereira-Moliner, J. (2012). Calidad y rentabilidad. Análisis del certificado Q en las cadenas hoteleras. *Universia Business Review*, 34, 52–67.
- Trade Map. (2022). *Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas*. International Trade Centre. <https://www.trademap.org/Index.aspx>
- Uruguay XXI. (2020). *Informe sectorial Agronegocios*. Promoción de la Inversión, la Exportación de Bienes y Servicios e Imagen País. <https://www.uruguayxxi.gub.uy/es/centro-informacion/articulo/agronegocios/>
- Valdés, P. (2013). Mieles fraccionadas, diferenciación y valor agregado (Reporte N° 4). *Agrimundo. Inteligencia competitiva para el sector agropecuario*, 1-7. <https://hdl.handle.net/20.500.12650/70078>