

## Modelación matemática de la *hylocereus undatus* (Haworth) D.R. Hunt (pitahaya) para el aprovechamiento agroindustrial en el Ecuador

*Mathematic modelation of hylocereus undatus (Haworth) D.R. Hunt (pitahaya) for agroindustrial supplementation in Ecuador*

- <sup>1</sup> Juan Elías González  <https://orcid.org/0000-0002-0674-7741>  
Universidad Estatal Amazónica, Pastaza, Ecuador  
[jgonzalez@uea.edu.ec](mailto:jgonzalez@uea.edu.ec)
- <sup>2</sup> Morillo Robles Campo  <https://orcid.org/0000-0002-9551-2599>  
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Ecuador  
[campo.morillo@esPOCH.edu.ec](mailto:campo.morillo@esPOCH.edu.ec)
- <sup>3</sup> Pablo Sebastián Mullo  <https://orcid.org/0000-0002-8991-9077>  
Privado, Cotopaxi, Ecuador  
[psmcoki@gmail.com](mailto:psmcoki@gmail.com)
- <sup>4</sup> Juan Carlos Chinkim Papue  <https://orcid.org/0000-0001-5448-3739>  
Privado, Pastaza, Ecuador  
[X1juancho@gmail.com](mailto:X1juancho@gmail.com)
- <sup>5</sup> Jennifer Vanesa Morocho Q.  <https://orcid.org/0000-0001-8276-8758>  
Privado, Chimborazo, Ecuador  
[jenifer21morocho@gmail.com](mailto:jenifer21morocho@gmail.com)
- <sup>6</sup> Erika Clara Casco G.  <https://orcid.org/0000-0002-6603-6837>  
Corporación de Desarrollo Integral Rashellbella (CORDEIR). Bolívar, Ecuador  
[claracasco369@gmail.com](mailto:claracasco369@gmail.com)

### Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 10/10/2022

Revisado: 19/11/2022

Aceptado: 01/12/2022

Publicado: 05/01/2023

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v7i1.2424>

### Cítese:

González, J. E., Robles Campo, M., Mullo, P. S., Chinkim Papue, J. C., Morocho Q, J. V., & Casco G, E. C. (2023). Modelación matemática de la *hylocereus undatus* (Haworth) D.R. Hunt (pitahaya) para el aprovechamiento agroindustrial en el Ecuador. *Ciencia Digital*, 7(1), 42-62. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v7i1.2424>



*CIENCIA DIGITAL*, es una Revista multidisciplinaria, **Trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://cienciadigital.org>  
La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) [www.celibro.org.ec](http://www.celibro.org.ec)

Esta revista está protegida bajo una licencia *Creative Commons AttributionNonCommercialNoDerivatives 4.0 International*. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>.

**Palabras****claves:**

Categoría,  
componente  
pitahaya,  
modelación  
matemática.

**Resumen**

**Introducción.** Los productos hortofrutícolas de la amazonia ecuatoriana, los cambios, tecnológicos, las transformaciones actuales y las exigencias del mercado nacional e internacional, atribuyen a una dinámica productiva a la normativa del CODEX STAN 237-2003. Y se enfoca en la modelación matemática para resolver los problemas del aprovechamiento industrial que acarrear en el comercio. **El Objetivo.** Desarrollar la modelación matemática basado en parámetros de volumen, densidad, peso de sus componentes principales de la fruta exótica entera con su categorización de la *Hylocereus undatus* (Haworth) D.R. Hunt (pitahaya). **Metodología** se desarrolló en los dos cantones Pastaza y Provincia, Cantón Palora de la provincia de Morona Santiago, considerando su potencial productivo y las Normas del Codex Alimentario y Colombiana I CONTEC. La aplicación fue según la categorización, para el cálculo integral con balances de masas, volumen y densidad mediante análisis estadístico obtenido. **Resultados.** El modelo matemático fue en base a sus categorías extra, primera, segunda y residuo de volumen y masa, obteniendo las medias y el coeficiente de variación del 6.05% y con un margen confiabilidad del 99 % y con R2 ajustado del 98%. Logrando la obtención de nueve fórmulas matemáticas con todas sus constantes (25 – 35), y con una alta confiabilidad del 99%, para su aprovechamiento industrial de esta materia prima, por parte de productores, comerciantes e industriales y estudiantes interesado en esta investigación desarrollada en la amazonia ecuatoriana.

**Keywords:**

Category,  
component,  
pitahaya,  
mathematica  
I modeling.

**Abstract**

**Introduction.** The horticultural products of the Ecuadorian Amazon, the technological changes, the current transformations, and the demands of the national and international market, are attributed to a productive dynamic to the CODEX STAN 237-2003 regulations. And it focuses on mathematical modeling to solve the problems of industrial use that lead to commerce. **Objective.** Develop the mathematical modeling based on parameters of volume, density, weight of its main components of the whole exotic fruit with its categorization of the *Hylocereus undatus* (Haworth) D.R. Game (pitahaya). **Methodology** was implemented in the two cantons Pastaza and Province, Canton Palora of the province of Morona Santiago, considering its productive potential and the Codex Alimentarius and

---

Colombian I CONTEC Standards. The application was according to the categorization, for the integral calculation with balances of masses, volume and density through statistical analysis obtained. **Results.** The mathematical model was based on its extra, first, second and residue categories of volume and mass, obtaining the means and the coefficient of variation of 6.05% and with a reliability margin of 99% and with an adjusted R2 of 98%. Achieving the obtaining of nine mathematical formulas with all their constants (25 – 35), and with a high reliability of 99%, for its industrial use of this raw material, by producers, merchants, industrialists, and students interested in this Research developed in the Ecuadorian Amazon.

---

## Introducción

Los productos hortofrutícolas y la serie de cambios en las transformaciones debido a las exigencias en el mercado internacional, éstos se atribuyen a la dinámica de la producción y el consumo en fruta fresca a nivel mundial (Moreno-Miranda et al., 2019). Debido a sus propiedades físicas y químicas, nutricionales y sus compuestos activos que lo convierte en un producto multifuncional y comercial (Cevallos, 2022).

El origen de *Hylocereus* según varios autores pertenece a Centro América, mientras que otros manifiestan es de América del Sur, debido que la pitahaya es un cactus que se adapta a climas tropicales, subtropicales y semiáridos de Centroamérica, Sudamérica y el Caribe (Manzanero et al., 2014), por esta razón está distribuida en diferentes países como México, Guatemala, Costa Rica, Ecuador y Colombia (Verona-Ruiz et al., 2020), crecen a niveles de altitudes de 2 a 2750 m.s.n.m, con precipitaciones anuales que oscilan entre 340 y 3500 mm, y temperaturas medias anuales de 13 a 28 °C (Lugo-Radillo et al., 2012).

La pitahaya amarilla por ser una especie de la familia Cactaceae, está mundialmente reconocida por su uso y valor alimenticio (Esquivel & Araya, 2012), crece esta fruta en diferentes temporadas del año lo que ocasiona la sobre producción una baja rentabilidad (Silva, 2022), por su propiedad de ser exótica, silvestre y colorida que puede usarse para la preparación de diferentes productos agroindustrias (López & Rodríguez, 2022), como también puede comerse directamente como fruta fresca (Balladares, 2016), ahora bien, sólo la parte comestible que se utiliza para la elaboración de estos productos representa alrededor del 55% del peso total de la fruta, siendo el otro 45% del peso restante la cáscara (Gómez, 2020), lo que contribuye a su contenido de pulpa con fines comerciales (Trujillo, 2018).

El área a cultivar pitahaya se expande aceleradamente dentro de países por su potencial económico y su beneficio nutricional (Lugo-Radillo et al., 2012). Ecuador aporta con una producción cerca de 1.528 hectáreas de cultivo de pitahaya cuyo rendimiento medio es de 7,6 t/ha. En la Amazonía ecuatoriana, específicamente en la provincia de Morona Santiago (Vargas et al., 2020), la producción anual de pitahaya amarilla en Ecuador varía dado que existen dos temporadas de cosecha, la primera entre febrero y marzo y la otra por julio y agosto (Terán, 2016).

La importancia de la clasificación internacional y su estandarización del tamaño del fruto de pitahaya en cuanto a calidad y valores nutricionales. La FAO, en su informe normativo CODEX STAN 237-2003, indica lo siguiente: categoría extra (el daño de la piel debe ser superficial sin afectar la apariencia), categoría I (solo deberá presentar deformaciones como un leve alargamiento, fisuras y el pedúnculo no superior a 25 mm), categoría II (incluye las frutas que no entran en ninguna de las categorías anteriores, pero que cumplen las características físicas requeridas). Los defectos no deberán afectar a la pulpa de la fruta en ninguna circunstancia, el peso de las frutas es el criterio utilizado para determinar su calibre NTE INEN 2003:2005, 2002 (Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2005).

El éxito de la comercialización por sus características fisicoquímicas, nutricionales y sus compuestos bioactivos, considerándose un alimento funcional, siendo extensamente empleado por sus excelentes propiedades organolépticas (Verona-Ruiz et al., 2020), sin embargo, el avance hasta la actualidad está en modelación financiera y productiva para la exportación de la fruta fresca (Sabando et al., 2020).

Razón por la cual este estudio se enfoca en modelación matemática que aparecen en numerosos ámbitos de la ciencia donde las matemáticas tienen una gran aplicación para resolver problemas (Luquez et al., 2021), la modelización matemática consiste en intentar explicar algo que ocurre en la vida real empleando técnicas matemáticas (Moreno et al., 2021). La modelización y las herramientas digitales facilitan el procesamiento y análisis de datos de forma precisa a fin de hallar las soluciones óptimas para la resolución de problemas que surgen dentro de los sistemas de producción y logística (Zapata, 2021).

Dada la tendencia creciente de producción y procesamiento de pitahaya y las inexistencias de estudios de modelación matemática, basado en relación con la cantidad de su volumen, densidad, peso de las partes de la fruta para el aprovechamiento agroindustrial de esta fruta exótica, según su categorización de la *Hylocereus undatus* (Haworth) D.R. Hunt (pitahaya) utilizando modelos matemáticos para su uso agroindustrial.

## Metodología

El estudio se desarrolló en los dos cantones Pastaza y Provincia, Cantón Palora de la provincia de Morona Santiago, para este propósito se consideró la altitud desde los 550 a 960 m.s.n.m. según el GPS, con una humedad relativa de 80 y 90%, su temperatura promedio de 22°C (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI], 2022; Vargas et al., 2020), seleccionando las zonas de interés de la especie vegetal, (Murillo, 2004); y se procedió a realizar el levantamiento de información con la metodología publicada para realizar la clasificación y categorización según Comisión del Codex Alimentarius (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], & Organización Mundial de la Salud [OMS], 2009).

El método de muestreo aplicado fue por estratificación, donde se seleccionó al azar extensiones las parcelas totales con área de 600 m<sup>2</sup> y dando un total de 2400 m<sup>2</sup> por cada zona productiva y se extrajo 5 muestras de cada una dando un total de 10 muestras para cada categoría, como la extra, primera, segunda, tercera calidad del cantón Pastaza y cantón Palora en base a la Norma Colombiana - Norma para la Pitahaya (Organismo Nacional de Normalización en Colombia, 2003).

### *El método investigación*

Investigación descriptiva y exploratoria. - es un estudio descriptivo con un enfoque cuantitativo por motivo de que se recolectó datos físicos y químicos de la fruta que ayudarán a la clasificación y categorización de la Pitahaya. Además, de dar a conocer una veraz información a la población consumidora de esta fruta tropical permitió la medición de las variables dependiente e independiente para sus análisis (Hernández et al., 2010).

Método de recolección de datos. este método hace referencia a toda la recolección de la información en base a los artículos, libros en base a ello se realizó la caracterización física y química de la pitahaya. De los extractos observados en la producción en plantación y en forma de entrevista del potencial productivo, como el de la clasificación y categorización según Comisión del Codex Alimentarius (FAO & OMS, 2009).

### *Método para la modelación matemática*

Para estudiar este caso, se realizó una base de datos en base, a la categorización y clasificación de la materia prima fresca, según como establece las normas del Codex Alimentario (FAO & OMS, 2009). Como también nos basamos en las normas (Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2005). Como se plantea esta resolución está basado en base experimentación, considerando todos los parámetros de mediciones como son: Volumen de la materia prima y sus partes (Fruta entera, pulpa, cascara y semilla), el peso de la misma manera y en base eso obtener las densidades de cada parte del producto, con el objetivo que nos realizar todo el cálculo de las partes en base a integración del

volumen, masas y densidades para obtener sus respectivas constantes de cada uno de sus componentes a ser aprovechados y obtener el propio modelo matemático de acuerdo a su categoría.

*Desarrollo y nomenclatura de las ecuaciones*

Para este propósito del cálculo se planteó las siguientes ecuaciones a partir de las partes de la fruta entera de la Pitahaya. A base de su volumen y la masa que permitan calcular la densidad de la fruta a través de la siguiente formula de balance de masas.

$$V_{Tp} = V_p \text{pulpa} + V_c \text{cascara} + V_s \text{semilla} \quad (1)$$

**Donde:**

$V_{Tp}$  = Volumen Total Pitahaya Fresca

$V_p \text{pulpa}$  = Volumen de la Pulpa de la Pitahaya

$V_c \text{cascara}$  = Volumen de la cascara de la pitahaya

$V_s \text{semilla}$  = Volumen de la semilla de la pitahaya

$$m = m_p \text{pulpa} + m_c \text{cascara} + m_s \text{semilla} \quad (2)$$

**Donde:**

$m$  = masa total de la fruta fresca

$m_p$  = masa de la pulpa de la pitahaya

$m_c$  = masa de la cascara de la pitahaya

$m_s$  = masa de la semilla de la pitahaya

$$\rho_{Tp} = \rho_p \text{pulpa} + \rho_c \text{cascara} + \rho_s \text{semilla} \quad (3)$$

**Donde:**

$\rho_{Tp}$  = Densidad Total de la fruta fresca de pitahaya

$\rho_p$  = Densidad de la pulpa de la pitahaya

$\rho_c$  = Densidad de la cascara de la pitahaya

$\rho_s$  = Densidad de la semilla de la pitahaya

Integrando las partes de la fruta entera, para obtener las constantes de cada una de la fruta que permita en su aprovechamiento industrial de las partes de la fruta y de esta manera conociendo las cantidades con fines comercialización e industriales. Mediante las siguientes integrales.

$$V_{TP} = \int_{v_0}^{v_1} (a + b + c) dv \quad (4)$$

$$V_{TP} = \int_{v_0}^{v_1} a dv + \int_{v_0}^{v_1} b dv + \int_{v_0}^{v_1} c dv \quad (5)$$

$$V_{TP} = a(v)|_{v_0}^{v_1} + b(v)|_{v_0}^{v_1} \quad (6)$$

$$V_{TP} = a(v_1 - v_0) + b(v_1 - v_0) + c(v_1 - v_0) \quad (7)$$

**Donde = integral**

$$V = m/\rho$$

$V_{TP}$  = volumen Total para la integral de la componente principal de la pitahaya

$$\int_{v_0}^{v_1} a dv = \text{integral de la pulpa}$$

$$\int_{v_0}^{v_1} b dv = \text{integral de la cascara}$$

$$\int_{v_0}^{v_1} c dv = \text{integral de la semilla}$$

Se planteó las siguientes ecuaciones a partir de las partes de la fruta entera de la Pitahaya. A base de la masa y que permitan calcular a través del planteamiento de las integrales de las partes de la fruta a través de la siguiente ecuación.

$$dm = a_p dm + b_c dm + c_s dm \quad (8)$$

$$m = \int_{m_0}^{m_1} a_p dm + \int_{m_0}^{m_1} b_c dm + \int_{m_0}^{m_1} c_s dm \quad (9)$$

$$m = a_p(m)/_{m_0}^{m_1} + b_c(m)/_{m_0}^{m_1} + c_s(m)/_{m_0}^{m_1} \quad (10)$$

$$m = a_p(m_1 - m_0) + b_c(m_1 - m_0) + c_s(m_1 - m_0) \quad (11)$$

Las propiedades del balance de masas a través del volumen utilizando la masa y la densidad para conocer las constantes de esta a partir de la fruta entera de la Pitahaya.

$$V = m/\rho \quad (12)$$

$$m/\rho_{Total} = a(m)/\rho_p + b(m)/\rho_c + c(m)/\rho_s \quad (13)$$

$$m = \frac{am/\rho_p + bm/\rho_c + cm/\rho_s}{\rho_T} \quad (14)$$

$$m_p = ma \quad (15)$$

Todas las ecuaciones y la integrales antes dicha permitió la determinación de la cantidad proporcional de los elementos correspondientes a la Pitahaya.

$$m \times a = m_p \quad (16)$$

$$a = \frac{m_p}{m} \quad \text{constante } a \quad (17)$$

$$m \times b = m_c \quad (18)$$

$$b = \frac{m_c}{m} \quad \text{constante } b \quad (19)$$

$$m \times c = m_s \quad (20)$$

$$c = \frac{m_s}{m} \quad \text{constante } c \quad (21)$$

Esta metodología fue desarrollada para obtener los resultados deseados para el desarrollo industrial.

#### *Análisis estadístico de los datos de la materia prima fresca*

Para este propósito de la investigación de la fruta fresca según su categoría, se trabajó a partir de las mediciones del tamaño, volumen, masa y densidad de las frutas que se muestreo en forma representativa con el objetivo de sustentar las variables de estudio con cinco repeticiones para obtener datos confiables del total; de la fruta fresca.

Se aplicó dos tipos de estadística descriptiva y la estadística Inferencial.

La media del valor promedio de todos los datos del potencial productivo fue tomada in SITU de la fruta. Para conocer su peso real en fresco, posteriormente se utilizarán los gráficos de dispersión que se procedió a trabajar con la herramienta Excel y pruebas de significancia de Regresión. A través de los programas de STATA, SPSS y ESTATGRAPHICS Centurión, versión 16.0.0.C nombre del archivo SWIN.exe. para la estimación o inferencia, y además cuantificar la probabilidad. Para poder extrapolar las conclusiones (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2008). De esta manera ha permitido desarrollar el modelo matemático a través de las herramientas y del cálculo integral de volumen, masa, densidades entre las partes del componente de la fruta fresca y del volumen total.



## Resultados

Una vez obtenido los volúmenes de pulpa, semilla y cascara de la pitahaya en la siguiente

**Tabla 1**

*Media de volúmenes de las partes de la fruta de la pitahaya según la categoría*

Categoría	Detalle	V (cm <sup>3</sup> )	Porcentaje (%)
Extra	Vp (cm <sup>3</sup> )	249,00	42,93
	Vc (cm <sup>3</sup> )	264,00	45,52
	Vs (cm <sup>3</sup> )	67,00	11,55
	VTF (cm <sup>3</sup> )	580,00	100,00
Primera	Vp (cm <sup>3</sup> )	175,00	49,58
	Vc (cm <sup>3</sup> )	139,00	39,38
	Vs (cm <sup>3</sup> )	39,00	11,05
	VTF (cm <sup>3</sup> )	353,00	100,00
Segunda	Vp (cm <sup>3</sup> )	175,00	49,58
	Vc (cm <sup>3</sup> )	139,00	39,38
	Vs (cm <sup>3</sup> )	39,00	11,05
	VTF (cm <sup>3</sup> )	353,00	100,00
Residuo	Vp (cm <sup>3</sup> )	67,00	43,51
	Vc (cm <sup>3</sup> )	62,00	40,26
	Vs (cm <sup>3</sup> )	25,00	16,23
Residuo	VTF (cm <sup>3</sup> )	154,00	100,00

Definición de términos: p = a = pulpa, c = b = cáscara y s = c = semilla

Según los volúmenes de la media de las partes de la pitahaya extraídos en la experimentación según su categoría para conocer sus porcentajes y valores absolutos según sus características comerciales y no comercial con fines industriales, seguidamente se muestra la tabla 2. La base estadística del peso de sus partes.

**Tabla 2**

*Análisis estadístico de los pesos de las partes de la pitahaya según su categoría*

Categoría	Detalle	Fruta entera			
		(g)	pulpa (g)	Semilla (g)	Cáscara (g)
Extra	Min	500,00	209,00	45,00	196,00
	Max	585,00	252,00	61,00	284,00
	Mediana	509,00	226,00	53,00	245,00
	D.estandar	35,26	19,11	6,54	32,83
Primera	Min	347,00	127,00	36,00	143,00
	Max	387,00	168,00	51,00	187,00

**Tabla 2**

*Análisis estadístico de los pesos de las partes de la pitahaya según su categoría (continuación)*

Categoría	Detalle	Fruta entera			
		(g)	pulpa (g)	Semilla (g)	Cáscara (g)
Primera	Mediana	360,00	162,00	44,00	160,00
	D.estandar	15,79	16,78	5,45	18,01
Segunda	Min	265,00	110,00	34,00	121,00
	Max	698,00	135,00	40,00	139,00
	Mediana	281,00	114,00	36,00	131,00
	D.estandar	185,87	10,89	2,59	6,47
Residuo	Min	147,00	50,00	17,00	63,00
	Max	158,00	67,00	24,00	80,00
	Mediana	154,00	59,00	22,00	74,00
	D.estandar	4,88	6,06	3,11	6,32

A partir del volumen y las masas de las partes se logró obtener las densidades de las partes según su categoría como se menciona en las siguientes tablas 3 - 5. Y de la fruta entera tabla 6.

**Tabla 3**

*Análisis estadístico para la obtención de la densidad de la semilla*

Categoría	Análisis	V(cm <sup>3</sup> )	m (g)	$\rho$ (gr/cm <sup>3</sup> )
Extra	Min	20,00	17,00	0,72
	Max	26,00	24,00	0,92
	Mediana	25,00	18,00	0,85
	D.estandar	12,12	10,31	0,42
Primera	Min	12,12	10,31	0,42
	Max	26,00	24,00	0,92
	Mediana	22,50	17,50	0,79
	D.estandar	10,79	9,15	0,38
Segunda	Min	10,79	9,15	0,38
	Max	26,00	24,00	0,92
	Mediana	12,12	10,31	0,42
	D.estandar	7,02	6,38	0,25
Residuo	Min	7,02	6,38	0,25
	Max	26,00	24,00	0,92
	Mediana	10,79	9,15	0,38
	D.estandar	7,33	6,97	0,26

**Tabla 4**
*Análisis estadístico para la obtención de la densidad de la cáscara*

Categoría	Análisis	V(cm3)	m (g)	$\rho$ (gr/cm3)
	Min	236,00	196,00	0,69
	Max	286,00	284,00	1,08
	Mediana	245,00	245,00	1,04
Extra	D.estandar	20,77	32,83	0,16
	Min	107,00	143,00	1,08
	Max	173,00	187,00	1,34
Primera	Mediana	138,00	160,00	1,19
	D.estandar	23,47	18,01	0,11
	Min	105,00	121,00	0,52
Segunda	Max	238,00	139,00	1,32
	Mediana	235,00	131,00	0,55
	D.estandar	58,41	6,47	0,35
Residuo	Min	61,00	63,00	0,82
	Max	97,00	80,00	1,23
	Mediana	63,00	74,00	1,14
	D.estandar	15,39	6,32	0,15

**Tabla 5**
*Análisis estadístico para la obtención de la densidad de la pulpa*

Categoría	Análisis	V(cm3)	m (g)	$\rho$ (gr/cm3)
	Min	225,00	209,00	0,93
	Max	260,00	252,00	0,97
	Mediana	234,00	226,00	0,96
Extra	D.estandar	16,02	19,11	0,02
	Min	16,02	19,11	0,02
	Max	260,00	252,00	0,97
Primera	Mediana	229,50	217,50	0,94
	D.estandar	127,66	121,35	0,52
	Min	16,02	19,11	0,02
Segunda	Max	260,00	252,00	0,97
	Mediana	127,66	121,35	0,52
	D.estandar	114,88	108,54	0,47
Residuo	Min	16,02	19,11	0,02
	Max	260,00	252,00	0,97
	Mediana	127,66	121,35	0,52
	D.estandar	86,79	83,12	0,34

**Tabla 6***Análisis estadístico para la obtención de la densidad de la fruta entera*

Categoría	Análisis	V (cm <sup>3</sup> )	m (g)	$\rho$ (gr/cm <sup>3</sup> )
	Min	521,00	500,00	0,83
	Max	616,00	585,00	0,98
	Mediana	545,00	509,00	0,96
Extra	D.estandar	44,11	35,26	0,06
	Min	332,00	347,00	1,00
	Max	359,00	387,00	1,08
	Mediana	350,00	360,00	1,04
	D.estandar	10,33	15,79	0,03
	Primera	Min	267,00	265,00
Max		691,00	698,00	1,08
Mediana		280,00	281,00	1,01
Segunda	D.estandar	184,89	185,87	0,03
	Min	152,00	147,00	0,85
	Max	172,00	158,00	1,03
	Mediana	160,00	154,00	0,99
	D.estandar	8,02	4,88	0,07
	Residuo			

**Tabla 7***Análisis estadístico para la obtención de la densidad y porcentajes de la fruta entera*

Categoría	Detalle	m (g)	V (cm <sup>3</sup> )	Densidad (g/cc)	m (%)	v (%)
	Pulpa (p)	226	249	0,91	43,13	42,93
	Cáscara(c)	245	264	0,93	46,76	45,52
	Semilla (s)	53	67	0,79	10,11	11,55
Extra	TF (T)	524	580	0,90	100,00	100,00
	Pulpa (p)	162	175	0,93	44,26	49,58
	Cáscara(c)	160	139	1,15	43,72	39,38
	Semilla (s)	44	39	1,13	12,02	11,05
	TF (T)	366	353	1,04	100,00	100,00
	Primera	Pulpa (p)	114	175	0,65	40,57
Cáscara(c)		131	139	0,94	46,62	39,38
Semilla (s)		36	39	0,92	12,81	11,05
Segunda	TF (T)	281	353	0,80	100,00	100,00
	Pulpa (p)	59	67	0,88	38,06	43,51
	Cáscara(c)	74	62	1,19	47,74	40,26
	Semilla (s)	22	25	0,88	14,19	16,23
	Residuo	155	154	1,01	100,00	100,00
	TF (T)					

Definición de términos p = a = pulpa, c = b = cáscara y s = c = semilla

Según el análisis de todos los datos de la información ya sistematizado en base al análisis estadístico, de acuerdo con su categoría se muestra el modelo matemático tanto para volumen y masa. Que nos permite realizar a la categorización de acuerdo con las normas del Codex alimentario (FAO & OMS, 2009).

**Tabla 8**
*Análisis de varianza del volumen de la fruta entera*

F. V	SC	Gl	CM	Fisher	P-Valor
Modelo	438928,75	7,00	62704,11	146,74	0,00
Repeticiones	3927,80	4,00	981,95	2,30	0,12
Categoría	435000,95	3,00	145000,32	339,33	0,00
Error	5127,80	12,00	427,32		
Total	444056,55	19		CV.	6,68 %

Como se observa en la tabla 8 según el coeficiente del 6.05% y su margen del 99 % confiabilidad y con R ajustado del 98%. Por esta razón se logró construir el siguiente modelo matemático en relación con las categorías, del volumen desarrollando según la siguiente ecuación para las constantes.

Determinación de las constantes:

$$Categoría_{Extra} = \frac{V_E}{m} = \frac{524}{1326} = 0.395 \quad (22)$$

**Tabla 9**
*Análisis para la obtención de las K constantes de la masa y del volumen*

Categoría	m (g)	V (cm <sup>3</sup> )	Densidad		Unidad	K (m)	k (v)
			(g/cc)				
Extra	524	580	0,90		1	0,395	0,403
Primera	366	353	1,04		1	0,276	0,245
Segunda	281	353	0,80		1	0,212	0,245
Residuo	155	154	1,01		1	0,117	0,107
Total	1326	1440	3,74		1	1,000	1,000

Esta es la ecuación para la categorización según su volumen.

$$VT_{categoría} = V_E(0.403) + V_{1era}(0.245) + V_{2da}(0.245) + V_{res}(0.107) \quad (23)$$

Según el análisis de esta información según la categorización de acuerdo con las normas del Codex alimentario (FAO & OMS, 2009). En relación con la masa de las cuatro categorías y el siguiente análisis de varianza.

**Tabla 10**
*Análisis de varianza de la masa de la fruta entera*

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	393328,50	7,00	56189,79	6,97	0,00
Categoría	345866,20	3,00	115288,73	14,29	0,00
Repeticiones	47462,30	4,00	11865,58	1,47	0,27
Error	96801,30	12,00	8066,77		
Total	490129,8	19		CV	25,60%

Como se observa en la tabla 10 según el coeficiente del 25,60%, basado en margen del 99 % confiabilidad y con R ajustado del 69%. Por esta razón se logró construir el siguiente modelo según las categorías se ha desarrollado en base a todos los datos estadísticos promedios se construyó la siguiente ecuación.

Esta es la ecuación para la categorización según su masa.

$$m_{\text{categoria}} = m_E(0.395) + m_{1\text{era}}(0.276) + m_{2\text{da}}(0.212) + m_{\text{res}}(0.117) \quad (24)$$

**Tabla 11**
*Análisis de varianza de la densidad de la fruta entera*

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,04	7,00	0,01	1,46	0,27
Categoría	0,03	3,00	0,01	3,17	0,06
Repeticiones	0,00	4,00	0,00	0,17	0,95
Error	0,04	12,00	0,00		
Total	0,08	19		CV=	6,11%

Como se observa en la tabla 11 según el coeficiente del 6,11%, basado en margen del 99 % confiabilidad y con R ajustado del 0.14%. Por esta razón se logró obtener las siguientes constantes y modelos en relación con las categorías, del volumen y la masa y de las partes de la fruta según las categorías se ha desarrollado en base a todos los datos estadísticos promedios con en relación con las siguientes ecuaciones.

Esta es la ecuación para categorización según las partes de fruta de acuerdo con su volumen.

$$VT_{Ext} = V_p(0.429) + V_c(0.456) + V_s(0.115) \quad (25)$$

$$VT_{1\text{era}} = V_p(0.496) + V_c(0.394) + V_s(0.110) \quad (26)$$

$$VT_{2\text{da}} = V_p(0.496) + V_c(0.394) + V_s(0.110) \quad (27)$$

$$VT_{res} = V_p(0.435) + V_c(0.403) + V_s(0.162) \quad (28)$$

Esta es la ecuación para categorización según las partes de fruta de acuerdo con su masa.

$$mT_{Ext} = m_p(0.431) + m_c(0.468) + m_s(0.101) \quad (29)$$

$$mT_{1era} = m_p(0.443) + m_c(0.437) + m_s(0.120) \quad (30)$$

$$mT_{2da} = m_p(0.406) + m_c(0.466) + m_s(0.128) \quad (31)$$

$$mT_{res} = m_p(0.381) + m_c(0.477) + m_s(0.142) \quad (32)$$

Como se muestra y encuentran desarrolladas las constantes según las fórmulas del cálculo integral, que son específicas de acuerdo con las medias estadísticas y con un margen de confiabilidad del 99% de confianza y con un coeficiente de variación de 8.09%. esta categorización está basada en las normas (FAO & OMS, 2009).

### Discusión

La categorización de la fruta de la *Hylocereus undatus* (Haworth) D.R. Hunt (pitahaya), de acuerdo con las características y propiedades de suelo y clima de la Amazonia Ecuatoriana, tal como muestran otras investigaciones la relación en su cultivo y producción de otras zonas o país (Verona-Ruiz et al., 2020). Si embargo actualmente cuenta con un área productiva de 290 hectáreas y con una producción de 10.tn/ha. Anual lo que significa una producción total promedio 2.900 toneladas que cuenta el cantón Palora de la provincia de Morona Santiago (Bravo, 2019). En base a las muestras obtenidas de esta información, nos permitimos desarrollar la metodología de cálculo integral para plantear las ecuaciones y determinar las constantes de sus categorías tanto para volumen y masa, con fines comerciales para la exportación, con una similitud a lo ocurre en la cadena de producción agrícola del cacao (Tomalá, 2022). Para la subcategorías o partes que integra la fruta entera, se partió de sus volumen y peso, de cada categoría en relación a Pulpa (a), cascara (b) y la semilla (c) que se encuentra definida, por la letras del abecedario, logrando obtener los modelos matemáticos para cada parte y según su categoría en base a las medias estadísticas, con características semejantes para que contribuya a la eficacia del aprovechamiento tanto para productores o comerciantes de esta materia prima en la agroindustria (Becerra et al., 2021).

La importancia de la modelación matemática basada en el cálculo integral, está estrechamente relacionada con el campo de la investigación y la educación, con el fin de contribuir en el desarrollo de la didáctica tanto para estudiantes, productores y principalmente de servicio agroindustrial, con iguales similitudes planteadas en el siguiente caso de la educación (Sandoval et al., 2022). Estos modelos matemáticos fueron basados en los conceptos de balance de masas, volúmenes y densidades, previa valoración

estadística según el margen de confiabilidad del 99% y con un  $R^2$  ajustado del 96%, de esta manera garantizando los valores y sus constantes, basado en una metodología similar a la modelación matemática de la ingeniería planteados por algunos autores (Plaza, 2017).

Principalmente los análisis para la parte del residuo de la fruta, por sus características debemos señalar que se ha tomado en cuenta, todo el componente de la fruta desde la pulpa, cáscara y semilla, donde se puede evidenciar la cantidad de residuo que sale de esta fruta, lo que concuerda con estudios de otras frutas similares como el caso de la piña desarrollado para la industria (Capa, 2007). Como puede observar este objetivo fue basado en todo el entorno de la producción de la pitahaya, que beneficia tanto para productores, comerciantes y la industria. Similar a la piña que desde tiempos cuenta con todos los escenarios para su aprovechamiento industrial (Flórez et al., s.f.). Con todos estos antecedentes queda a disposición de todos los interesados hacer uso de esta información que se encuentra basados en datos experimentales y análisis estadísticos, para el planteamiento de las ecuaciones tanto para la categoría y sus partes de la fruta de la *Hylocereus undatus* (Haworth) D.R. Hunt (pitahaya).

### Conclusiones

- Dentro El *Hylocereus undatus* (Haworth) D.R. Hunt (pitahaya). Siendo el Cantón Palora de la provincia de Morona Santiago la mayor productora de esta fruta a nivel de la Amazonia y del Ecuador. Debido a estas características nuestro objetivo de establecer el cálculo integral y el análisis según su categoría.
- Para este fin se planteó la metodología del cálculo integral basado en las variables de peso, volumen y densidad para cada categoría y de esta manera considerando también las partes de la fruta (pulpa, cascara y semilla), lo que permitió establecer las ecuaciones tanto para la categoría del volumen y masa.
- El cálculo integral mediante las ecuaciones nos permitió obtener las contantes para cada elemento de las ecuaciones (17,19 y 32) del modelo matemático de en base a los balances de masas y volúmenes, el mismo que nos permitirá saber aprovechar tanto la parte comestible y como la parte de los residuos, dependiendo el potencial de productivo de la zona, principalmente de la amazonia ecuatoriana.
- El análisis del modelo matemático obtenido mediante las ecuaciones según las condiciones de la amazonia ecuatoriana; queda como un referente para los productores, comerciantes e industriales para su aplicación; sin tener que estar pasando tiempo para categorizar la materia prima para la toma de decisiones de su venta y compra con fines comerciales ya sean esta para mercado interno o externo.



**Conflictos de interés**

Los autores del presente artículo científico de revisión bibliográfica manifiestan que no poseen ningún tipo de conflicto de interés en relación con la presente investigación.

**Referencias Bibliográficas**

- Balladares, F. X. (2016). *Análisis de las características físicas y organolépticas de dos variedades de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) y roja (*Hylocereus undatus*) para la generación de una alternativa de consumo (mermelada)*. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/5420>
- Becerra Celiz, E., Jara Alarcón, T., & Román Castillo, E. (2021). *Aplicación de la Modelación Matemática para la planificación y control de la Empresa Agroindustrial Phoenix Foods Company*. 6, 217–227. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i4.2556>
- Bravo, G. (2019). La Pitahaya producida por la empresa “Pitakawsay CIA. LTDA” y su perspectiva de exportación al mercado estadounidense. [Universidad Estatal del Sur de Manabí]. In *Universidad Estatal del sur de Manabí*. <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2022/1/UNESUM-ECU-COMERCIO%20EXTERIOR-2019-23.pdf>
- Capa, M. (2007). *La manipulación y el nivel de producción de desperdicios generados en la elaboración de piñas en rodajas (*Ananas comosus L.*) empacadas al vacío en la empresa Ecuadelicias CIA. LTDA* [Universidad Técnica de Ambato]. <http://www.micip.gov.ec/utepi/Pina.pdf>,
- Cevallos Macías, K. L. (2022). *Caracterización morfológica en el cultivo de pitahaya (*Hylocereus spp*) en el Ecuador*. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/11373>
- Esquivel, P., & Araya, Y. (2012). (PDF) *Características del fruto de la pitahaya (*Hylocereus sp.*) y su potencial de uso en la industria alimentaria*. 3(1), 113–129. [https://www.researchgate.net/publication/327110925\\_Caracteristicas\\_del\\_fruto\\_de\\_la\\_pitahaya\\_Hylocereus\\_sp\\_y\\_su\\_potencial\\_de\\_uso\\_en\\_la\\_industria\\_alimentaria](https://www.researchgate.net/publication/327110925_Caracteristicas_del_fruto_de_la_pitahaya_Hylocereus_sp_y_su_potencial_de_uso_en_la_industria_alimentaria)
- Flórez, D. H., Sandra, M., González, P., Diana, C., Ruíz, M., Claudia, R., & Galvis, P. U. (s.f.). *Perspectivas tecnológicas y comerciales para el cultivo de piña en Colombia*. <https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/download/96/81/808-1?inline=1?inline=1>

- Gómez, J. (2020). *Pitahaya o fruta del dragón y sus beneficios - Fruta Pasión*. <https://frutapasion.es/pitahaya-fruta-del-dragon-beneficios/>
- Gutiérrez Pulido, H., & de la Vara Salazar, R. (2008). Elementos de inferencia estadística. *Análisis y Diseño de Experimentos*, 45. [https://www.academia.edu/39828381/Analisis\\_y\\_Dise%C3%B1o\\_de\\_Experimentos\\_2ed\\_Gutierrez](https://www.academia.edu/39828381/Analisis_y_Dise%C3%B1o_de_Experimentos_2ed_Gutierrez)
- Hernández Sampiere, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la Investigación - Hernández, Fernández y Babtista 5ta Edición*. 656. [https://www.academia.edu/36750638/METODOLOGIA\\_DE\\_LA\\_INVESTIGACION\\_Hern%C3%A1ndez\\_Fernandez\\_y\\_Babtista\\_5ta\\_Edicion](https://www.academia.edu/36750638/METODOLOGIA_DE_LA_INVESTIGACION_Hern%C3%A1ndez_Fernandez_y_Babtista_5ta_Edicion)
- Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN]. (2005). *Norma Técnica Ecuatoriana Nte Inen 2 003:2005 Frutas Frescas. Pitajaya Amarilla. Requisitos. Primera Edición*. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2003.pdf>
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI]. (2022). *Guía Oficial de Trámites y Servicios*. Ecuador. <https://www.gob.ec/inamhi>
- López, E., & Rodríguez, M. (2022). Elaboración y evaluación sensorial de galletas a base de harina de cascara de pitahaya amarilla (*Selenicereus Megalanthus*) saborizada con albahaca (*Ocimum Basilicum*) y romero (*Rosmarinus Officinalis*). *MLS Health & Nutrition Research*, 1(1), 71–81. <https://orcid.org/0000-0001-5649-3711>
- Lugo-Radillo, A., Delgado-Enciso, I., & Peña-Beltrán, E. (2012). Betanidin significantly reduces blood glucose levels in BALB/c mice fed with an atherogenic diet. *Natural Products and Bioprospecting*, 2(4), 154–155. <https://doi.org/10.1007/S13659-012-0034-Z>
- Luquez, J., Pacheco, J., & de La Hoz Molinares, E. (2021). Modelización matemática desde la perspectiva contextualizada. *Revista Boletín Redipe*, 10(8), 463–480. <https://doi.org/10.36260/RBR.V10I8.1421>
- Manzanero, L., Marqués, R., Zamora, P., Rodríguez, L., Ortega, J., & Dzid, B. (2014). *Conservación de la Pitahaya [*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose] En El Estado De Campeche, México*. <https://www.redalyc.org/journal/497/49731008002/movil/>
- Moreno, D. B., Rios, L. F. R., Gálvez, L. F. P., Sanabria, C. H. O., & Ovalles, M. V. N. (2021). Relationship between air quality and incidence of respiratory diseases in communes 4, 6, 7 and 8 of the municipality of Cúcuta, Norte de Santander.

*Ingeniería y Competitividad*, 23(2), e2029698.  
<https://doi.org/10.25100/iyc.v23i2.9698>

Moreno-Miranda, C., Moreno-Miranda, R., Pilamala-Rosales, A. A., Molina-Sánchez, J. I., & Cerda-Mejía, L. (2019). Sector hortofrutícola de Ecuador: Principales características socio-productivas de la red agroalimentaria de la uvilla (*Physalis peruviana*). *Ciencia y Agricultura*, 16(1), 31–51.  
<https://doi.org/10.19053/01228420.V16.N1.2019.8809>

Murillo, O. (2004). *Evaluación de la calidad y estimación del valor en pie de la plantación forestal*. Taller de Publicaciones del Instituto Tecnológico de Costa Rica. <https://isbn.cloud/9789968925020/evaluacion-de-la-calidad-y-estimacion-del-valor-en-pie-de-la-plantacion-forestal/>

Organismo Nacional de Normalización en Colombia. (2003). Norma técnica colombiana. NTC 3554- Norma para la Pitahaya. *CODEX STAN*. [https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/ar/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B237-2003%252FCXS\\_237s.pdf](https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/ar/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B237-2003%252FCXS_237s.pdf)

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], & Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2009). *Codex Alimentarius - Higiene de los Alimentos*. In *Higiene de los alimentos: textos básicos* (4th ed.). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. [ftp://ftp.fao.org/codex/Publications/Booklets/Hygiene/FoodHygiene\\_2009s.pdf](ftp://ftp.fao.org/codex/Publications/Booklets/Hygiene/FoodHygiene_2009s.pdf)

Plaza, L. (2017). Modelación matemática en ingeniería. *Investigación Educativa*, 13. <https://www.scielo.org.mx/pdf/ierediech/v7n13/2448-8550-ierediech-7-13-00047.pdf>

Sabando, A., Peñate, M., Cueva, E., Esmeralda, G., & Arias, J. (2020). Modelación productiva y pronósticos de las ventas del cultivo de la pitahaya en Ecuador. *Sinapsis*, 12(1), 94–109.  
<http://app.eam.edu.co/ojs/index.php/sinapis/article/view/236/0>

Sandoval Hernández, M. A., Vázquez Leal, H., Huerta Chua, J., Filobello Nino, U. A., & Cruz, D. M. (2022). *La didáctica del cálculo integral: el caso de los procedimientos de integración*. 13. <https://doi.org/10.23913/ride.v13i25.1245>

Silva Veas, J. G. (2022). *Manejo agronómico del cultivo de pitahaya (Hylocereus undatus) roja, en Ecuador*. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/11984>

Terán, J. (2016). *Evaluación de dos abonos orgánicos foliares en la producción del cultivo de Pitahaya (Hylocereus undatus) en la zona de San Carlos* [Universidad

Técnica E estatal de Quevedo].  
<https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/4303/1/T-UTEQ%20.0241.pdf>

Tomalá, R. (2022). *Modelado y simulación de la cadena de distribución con transbordo para la producción agrícola del cacao (Theobroma cacao L.), en el cantón Santa Elena, Ecuador* [Universidad Estatal Península de Santa Elena].  
<https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/8341/1/UPSE-TII-2022-0004.pdf>

Trujillo, B. (2018). *Propuesta de un plan de negocio para el procesamiento y comercialización de pulpa de fruta natural en la localidad de Bosa en la ciudad de Bogotá - 10596/18235* [Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD].  
<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/18235>

Vargas, Y. B., Pico, J. T., Díaz M., A., Sotomayor Akopyan, D. A., Burbano, A., Caicedo V., C., Paredes Andrade, N., Congo, C. D., Tinoco, L. A., Bastidas, S., Chuquimarca, J., Macas, J., & Viera, W. (2020). Manual del Cultivo de Pitahaya para la Amazonía Ecuatoriana. *Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 117*, 1–54. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5551>

Verona-Ruiz, A., Urcia-Cerna, J., Paucar-Menacho, L. M., Verona-Ruiz, A., Urcia-Cerna, J., & Paucar-Menacho, L. M. (2020). Pitahaya (*Hylocereus* spp.): Cultivo, características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos. *Scientia Agropecuaria, 11*(3), 439–453.  
<https://doi.org/10.17268/SCI.AGROPECU.2020.03.16>

Zapata, J. (2021). Propuesta de mejora en la gestión de producción y logística para incrementar la rentabilidad de una curtiembre, Trujillo 2020. *Universidad Privada Del Norte*. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/28781>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Ciencia Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Ciencia Digital**.



## Indexaciones

