



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), marzo-abril 2024,
Volumen 8, Número 2.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i2

**MODELACIÓN MATEMÁTICA DE LA ANNONA
MURICATA (GUANÁBANA), PARA LA
INDUSTRIALIZACIÓN Y PREVENCIÓN DEL
MEDIO AMBIENTE EN EL ECUADOR**

**MATHEMATICAL MODELING OF ANNONA MURICATA
(GUANABANA), FOR INDUSTRIALIZATION AND
ENVIRONMENTAL PREVENTION IN ECUADOR**

Erika Clara Casco Guerrero

Universidad Estatal Amazónica, Ecuador

Erika Alexandra Pazmiño Guzmán

Investigador Independiente, Ecuador

María Soledad Herrera

Investigador Independiente, Ecuador

Nancy Lema

Investigador Independiente, Ecuador

José Antonio Romero

Universidad Estatal Amazónica, Ecuador

Daniel Yáñez

Investigador Independiente, Ecuador

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i2.10770

Modelación Matemática de la *Annona Muricata* (Guanábana), para la Industrialización y Prevención del Medio Ambiente en el Ecuador

Erika Clara Casco Guerrero¹

claracasco369@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-6603-6837>

Universidad Estatal Amazónica. Pastaza – Ecuador

Erika Alexandra Pazmiño Guzmán

erikitapazmi1997@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0002-2675-0283>

Investigador Independiente
Ecuador

María Soledad Herrera

msoledad1130@hotmail.com

<https://orcid.org/0009-0006-5664-9492>

Investigador Independiente
Ecuador

Nancy Lema

pachayuyay@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0000-1769-5468>

Investigador Independiente
Ecuador

José Antonio Romero

jromero@uea.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-7870-2908>

Universidad Estatal Amazónica
Ecuador

Daniel Yáñez

daniely2482@yahoo.es

<https://orcid.org/0009-0002-3446-6186>

Investigador Independiente
Ecuador

RESUMEN

Los productos hortofrutícolas de la Amazonía 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 acarrearán en el comercio. 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 *Annona muricata* (Guanábana), Nativa de Mesoamérica. Se desarrolló en el cantón y Provincia Pastaza, 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. 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 12.59% y con un margen confiabilidad del 99 % y con R2 ajustado del 77%. En relación con su volumen logrando la obtención de nueve fórmulas matemáticas con todas sus constantes (26 – 33), y con una alta confiabilidad del 99%, para su aprovechamiento industrial de esta materia prima, por parte de productores, comerciantes e industriales y estudiantes interesados en esta investigación desarrollada en la Amazonía ecuatoriana.

Palabras claves: *Categoría, guanábana, modelación matemática, aprovechamiento*

¹ Autor principal

Correspondencia: claracasco369@gmail.com

Mathematical Modeling of *Annona Muricata* (Guanabana), for Industrialization and Environmental Prevention in Ecuador

ABSTRACT

The horticultural products of the Ecuadorian Amazon, the technological changes, the current transformations and the demands of the national and international market, attribute a productive dynamic to the regulations of CODEX STAN 237-2003. And it focuses on mathematical modeling to solve the problems of industrial use that arise in commerce. Develop mathematical modeling based on parameters of volume, density, weight of its main components of the whole exotic fruit with its categorization of the *Annona muricata* (Soursop), Native to Mesoamerica. Was developed in the Pastaza canton and Province, considering its productive potential and the Standards of the Alimentary Codex and Colombian I CONTEC. The application was according to the categorization, for the comprehensive calculation with mass, volume and density balances through statistical analysis obtained. The mathematical model was based on its extra, first, second and residual categories of volume and mass, obtaining the means and the coefficient of variation of 12.59% and with a reliability margin of 99% and with an adjusted R2 of 77%. In relation to its volume, achieving nine mathematical formulas with all its constants (26 – 33), and with a high reliability of 99%, for the industrial use of this raw material, by producers, merchants, industrialists and students. interested in this research developed in the Ecuadorian Amazon.

Keywords: *Category, soursop, mathematical modeling, use*

Artículo recibido 05 marzo 2024

Aceptado para publicación: 08 abril 2024



INTRODUCCIÓN

En la actualidad los productos hortofrutícolas y la serie de transformaciones debido a las exigencias en el mercado internacional, atribuyen a un nuevo sistema dinámico de la producción y del consumo de fruta fresca a nivel mundial (C. Moreno et al., 2019). Debido a las propiedades fisicoquímicas, nutricionales de sus compuestos activos, convirtiéndolos en productos multifuncionales para el consumo de la salud humana con características comerciales (Cevallos Macías, 2022).

El origen de la *Annona muricata* (guanábana), desde la época prehispánica, era conocida como *ilamatzapoti* proveniente *ilamati*, una fruta Nativa de Mesoamérica. (Tomus I, 1753). Esta fruta se ha ido extendiendo en la época española, y ha logrado conservarse hasta la actualidad, por su producción. La Guanábana se cultiva en climas subtropicales desde las altitudes promedios de 0 – 800 m.s.n.m y con temperaturas promedio desde los 18 – 30°C, obteniendo excelentes rendimientos productivos en estas condiciones climáticas (Leiva, 2018).

Las estrategias modernas del cultivo de la guanábana, permite el control de plagas y enfermedades, como el manejo del programa para la producción de la fruta (Reyes et al., 2018), con características botánicas: siendo un árbol o arbusto que mide de 3 a 8 m (hasta 10 m) de altura, sus hojas son oblongo-elípticas a oblongo obovadas, de 6 a 12 cm de largo a 5 cm de ancho, grababas, las flores son solitarias a lo largo de tallo, tres sépalos, ovalados, de menos de 5 mm de largo; pétalos 6, los 3 exteriores son ovados, libres, gruesos, de 2 a 3 cm de largo, los tres interiores, delgados y pequeños (Ramos S, 2016). Tiene un promedio de cuatro cosechas anuales, crece en diferentes temporadas del año lo que ocasiona la sobre producción y una baja rentabilidad (Silva Veas, 2022). En la postcosecha, el ablandamiento acelerado de la fruta se convierte en problema para su almacenamiento y comercialización, partiendo de aquí el interés de realizar estudios para el aprovechamiento industrial y que genera el interés para los productores de la guanábana para obtener una alta rentabilidad y evitar pérdidas económicas en la producción de esta fruta (Jiménez et al., 2017).

La guanábana debido a sus metabolitos funcionales exhibe propiedades antioxidantes gracias a la presencia de vitamina C, que ayuda a combatir el estrés oxidativo y resguarda las células de los



radicales libres. Además, estudios preliminares sugieren la posibilidad de propiedades anticancerígenas en ciertos compuestos de la guanábana. La fruta también aporta beneficios al sistema inmunológico. Asimismo, se ha sugerido que ciertos componentes son antiinflamatorios. Según las características organolépticas, sabor, productivas (sabor), y nutricionales como nutraceútics, cromaticidad, brillo y por su contenido de azúcares y acidez de fruto son variables importantes para su caracterización (Villarreal et al., 2020).

Crece en forma asociativa entre los diferentes frutales que se encuentra a nivel de la Amazonia Ecuatoriana, por su naturaleza de la biodiversidad de nuestra amazonia, se resalta esta 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). La fruta entera tiene un peso promedio mínimo de 0.98 kg, y máximo de 3.2 kg. De acuerdo con el potencial productivo de la guanábana que está entre los 0.8 y 2.5 kg son para consumo en interno, mientras que, cuando es de un peso superior su destino está previsto para la industrialización. En México la proporción según su peso de pulpa, cascara, semillas y el raquis juega un papel importante para la comercialización y para fines industriales (Trujillo, 2018; Villarreal et al., 2020).

La guanábana ha experimentado un crecimiento notable en los últimos años, impulsado por su creciente popularidad en los mercados internacionales. Esta fruta tropical no solo introduce nuevos sabores y opciones dietéticas, sino que también se reconoce por sus cualidades terapéuticas, que aportan beneficios para la salud. En Ecuador, diversas regiones contribuyen significativamente a la producción de guanábana, siendo Guayaquil y Santa Elena las principales, ubicadas en la región Costa, con aproximadamente 120 hectáreas de cultivo. Además de Manabí, Esmeraldas, Santo Domingo y El Oro. En la región Amazónica, las plantaciones se concentran en Pastaza y Napo, destacando el papel diverso del país en la producción y distribución de esta fruta (Rochina Cambo, 2022). Ecuador importa cerca de 4,026,645.00 kg de anuales, esto se debe a que las extensiones de cultivos que poseen son en promedio de 1 hasta 3 hectáreas, y a nivel nacional con promedio total de 1500 ha en la actualidad se encuentra exportando cerca del 10% al mercado internacional el rendimiento por hectárea de guanaba se encuentra en promedio de 17



Tm (Reyes et al., 2018).

La importancia de la clasificación internacional y la estandarización del tamaño de la Guanábana es muy necesaria para la industrialización, los requisitos mínimos que debía cumplir el producto son: estar entero, sano (sin daños mecánicos, plagas ni enfermedades), limpio (sin materiales extraños), con un color típico de la especie y variedad, de aspecto fresco, debe estar exento de la humedad exterior anormal, de olores y sabores extraños, no exceder los límites máximos permitidos internacionalmente del (Codex Alimentarius) en los niveles de plaguicidas. Y de acuerdo con la clasificación: Los productos son separados por su grado de madurez, escogiendo los frutos ya maduros para consumo inmediato o para almacenamiento y los productos deben ser almacenados para que se maduren completamente. Con el fin de llevar a la clasificación de acuerdo con su grado de calidad, tamaño o peso (FAO, 2000), según el Instituto de Normalización del Ecuador solo muestra la clasificación en pulpas, jugos de frutas y otros (INEN, 2011).

El éxito en la comercialización de la guanábana se atribuye a sus destacadas características fisicoquímicas y nutricionales, así como a la presencia de compuestos bioactivos, lo que la consagra como un alimento funcional. La fruta no solo es apreciada por sus propiedades saludables, sino también por sus excelentes atributos organolépticos (Verona et al., 2020). Hasta la actualidad, la guanábana se encuentra clasificada pero aún no categorizada para su comercialización sin la aplicación de modelos matemáticos específicos para su aprovechamiento, especialmente en lo que respecta a la fruta fresca destinada a la exportación. La falta de una categorización formal puede afectar la eficiencia en los procesos de comercialización y exportación de esta fruta, subrayando la importancia de desarrollar modelos matemáticos que faciliten una gestión más precisa y rentable, garantizando al mismo tiempo la calidad requerida para su venta en los mercados internacionales. (Sabando et al., 2016).

Este estudio se enfocará en llevar a cabo la categorización y modelación matemática, proporcionando herramientas esenciales para diversos campos científicos que aplican las matemáticas en la resolución de problemas de naturaleza similar con objetivos industriales. (Luquez et al., 2021). La categorización permitirá una clasificación más precisa, mientras que la modelación matemática ofrecerá un marco analítico sólido para abordar cuestiones específicas



relacionadas con la eficiencia y optimización en diversos sectores de la industria (D. B. Moreno et al., 2021). La integración de la modelización matemática y herramientas digitales se revela como una estrategia fundamental para agilizar el procesamiento y análisis preciso de datos. Este enfoque se muestra especialmente valioso al buscar soluciones óptimas para resolver problemas inherentes a los sistemas de producción, abarcando desde la obtención de las partes principales hasta la eficiencia de la logística comercial. (Zapata, 2021).

Ante la creciente tendencia en la producción y procesamiento de guanábana, se evidencia la falta de estudios que aborden la categorización y modelación matemática de esta fruta, centrándose en aspectos como cantidad, volumen, densidad y peso de sus partes mediante el uso de cálculos integrales. Este enfoque busca no solo categorizar la guanábana de manera más precisa, sino también desarrollar modelos matemáticos que respalden su industrialización de manera sostenible. La aplicación de estas herramientas pretende no solo optimizar los procesos industriales, sino también contribuir a la preservación del medio ambiente. Este enfoque integral pretende lograr un desarrollo sostenible en la región amazónica del Ecuador, beneficiando a la población local.

METODOLOGÍA

El estudio se desarrolló en el cantón y provincia de Pastaza, se tomó en cuenta la altitud en un rango que osciló entre los 550 y 960 metros sobre el nivel del mar, según los datos proporcionados por el GPS. Además, se estableció una humedad relativa comprendida entre el 80% y el 90%, junto con una temperatura promedio de 22°C. Estos parámetros fueron considerados una vez seleccionada la zona de interés para la especie vegetal en estudio, proporcionando un marco contextual esencial para el desarrollo de la investigación (INAMHI, 2023; Murillo et al., 2004; Vargas et al., 2020); El levantamiento de información se realizó con el objetivo de realizar la clasificación y categorización de acuerdo con las pautas establecidas por la Comisión del Codex Alimentarius, un enfoque sistemático y estructurado que busca garantizar una recopilación precisa de datos, (FAO & OMS, 2009).

Se implementó un método de muestreo por estratificación, en el cual se seleccionó de manera aleatoria una extensión de 20,000 m² en la zona productiva. A partir de esta área, se extrajeron



cinco muestras para cada categoría, incluyendo las de calidad extra, primera, segunda y tercera del cantón Pastaza y cantón Palora, siguiendo las directrices de la Norma Colombiana aplicable a la guanábana, para una representación adecuada de las diferentes categorías, proporcionando datos significativos para el análisis y la clasificación (Organismo Nacional de Normalización en Colombia, 2003).

El Método Investigación

Investigación Descriptiva y Exploratoria: Este estudio adopta un enfoque descriptivo con orientación cuantitativa, ya que se recopilaron datos físicos y químicos de la guanábana con el propósito de facilitar su clasificación y categorización. La recolección de esta información no solo contribuirá a una comprensión más profunda de la fruta, sino que también permitirá ofrecer datos precisos a la población consumidora de esta tropical (Sampiere et al., 2010).

Método de Recolección de Datos: A partir de artículos y libros relevantes, sirviendo como base para llevar a cabo la caracterización física y química de la guanábana. La obtención de extractos, tanto mediante observaciones directas en plantaciones como a través de entrevistas sobre el potencial productivo, constituyó un componente esencial. Además, de registrarse a la Comisión del Codex Alimentarius para la clasificación, siguiendo esta una pauta reconocida internacionalmente, como parte del proceso integral de categorización de la guanábana. (FAO & OMS, 2009).

Método para la Modelación Matemática

Para abordar este caso, se construyó una base de datos siguiendo la metodología y clasificación de la materia prima fresca de acuerdo con las normas del Codex Alimentarius (FAO & OMS, 2009) y las normas locales (INEN, 2005). La metodología propuesta por (Leiva, 2018) también fue considerada, y la resolución se basó en la experimentación, incluyendo parámetros de medición como volumen, peso y densidades de las diferentes partes de la guanábana (fruta entera, pulpa, cáscara, semilla y raquis). El enfoque integrador de estos datos permitió realizar cálculos para obtener las constantes de cada componente, creando así un modelo matemático propio para cada categoría. Esta aproximación proporciona alternativas para comprender la producción de cada componente de la fruta, identificar destinos industriales y permitir su aprovechamiento hasta



de sus partes residuales.

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 Guanábana. 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.

$$VTp = V_p pulpa + V_c cascara + V_s semilla + V_r raquis \quad (1)$$

Donde:

$VTp = \text{Volumen Total Guanábana Fresca}$

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

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

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

$V_r raquis = \text{Volumen del raquis de la Guanábana}$

$$m = m_a p + m_b cascara + m_c semilla + m_r raquis \quad (2)$$

Donde:

$m = \text{masa total de la fruta fresca}$

$m_p = \text{masa de la pulpa de la Guanábana}$

$m_c = \text{masa de la cascara de la Guanábana}$

$m_s = \text{masa de la semilla de la Guanábana}$

$m_r = \text{masa del raquis de la Guanábana}$

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

Donde:

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

$\rho_p = \text{Densidad de la pulpa de la Guanábana}$

$\rho_c = \text{Densidad de la cascara de la Guanábana}$

$\rho_s = \text{Densidad de la semilla de la Guanábana}$

$\rho_r = \text{Densidad del raquis de la Guanábana}$



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.

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

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

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

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

Donde = integral

$$V = m/\rho$$

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

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

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

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

$$\int_{v_0}^{v_1} d dv = \text{integral del raquis}$$

Se planteó las siguientes ecuaciones a partir de las partes de la fruta entera de la Guanábana. 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.

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

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

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

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

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 Guanábana.

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$d = \frac{m_r}{m} \quad \text{constante } d \quad (22)$$

Esta metodología fue desarrollada para obtener los resultados deseados para la transformación en la producción agroindustrial.

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 y extrapolar las conclusiones (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2008). De esta

manera ha permitido desarrollar el modelo matemático a través de las herramientas del cálculo integral de volumen, masa y densidades entre las partes del componente de la fruta fresca y del volumen total.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de la guanábana pulpa (p), semilla (s), cáscara (c) y raquis (r) son los siguientes:

Tabla 1. Media de volúmenes de las partes de la fruta de la Guanábana según la categoría

Categoría	Detalle	V (cm³)	Porcentaje V (%)
Extra	Vp (cm ³)	5628,40	82,54
	Vc (cm ³)	645,40	9,47
	Vs (cm ³)	329,60	4,83
	Vr (cm ³)	215,40	3,16
	VTF	6818,80	100,00
Primera	Vp (cm ³)	5299,20	83,85
	Vc (cm ³)	586,80	9,29
	Vs (cm ³)	267,00	4,22
	Vr (cm ³)	166,80	2,64
	VTF	6319,80	100,00
Segunda	Vp (cm ³)	4483,80	82,38
	Vc (cm ³)	548,40	10,08
	Vs (cm ³)	271,20	4,98
	Vr (cm ³)	139,40	2,56
	VTF	5442,80	100,00
Residual	Vp (cm ³)	3508,60	82,52
	Vc (cm ³)	356,76	8,39
	Vs (cm ³)	261,64	6,15
	Vr (cm ³)	125,00	2,94
Residual	VTF	4252,00	100,00

Según los volúmenes de la media de las partes de la Guanábana 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 Guanábana según su categoría

Categoría	Detalle	Fruta entera (g)	Pulpa (g)	Semilla (g)	Cascara (g)	Raquis (g)
Extra	Min	6628,00	5411,00	280,00	506,00	145,00
	Max	6960,00	5795,00	353,00	842,00	326,00
	Mediana	6820,00	5681,00	343,00	576,00	196,00
	D. Estándar	139,83	153,17	33,57	138,38	67,11
Primera	Min	5750,00	4728,00	225,00	466,00	135,00
	Max	6126,00	5198,00	292,00	644,00	197,00
	Mediana	6038,00	5041,00	255,00	582,00	150,00
	D. Estándar	144,65	189,53	28,98	84,80	24,69
Segunda	Min	4741,00	3810,00	256,00	412,00	118,00
	Max	5458,00	4489,00	287,00	568,00	145,00
	Mediana	5358,00	4389,00	256,00	558,00	135,00
	D. Estándar	352,63	293,38	13,46	66,80	11,37
Residuo	Min	3702,00	3102,00	186,00	255,00	85,00
	Max	4067,00	3437,00	295,00	340,00	130,00
	Mediana	4058,00	3222,00	274,00	291,00	126,00
	D. Estándar	170,63	153,32	52,21	30,52	18,46

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	Detalle	V(cm3)	m (g)	ρ(gr/cm3)
	Min	235,00	280,00	0,85
	Max	376,00	353,00	1,19
	Mediana	346,00	343,00	0,99
	D. Estándar	54,49	33,57	0,13
Extra	Min	231,00	225,00	0,87
	Max	335,00	292,00	1,05
	Mediana	243,00	255,00	0,97
	D. Estándar	45,63	28,98	0,07
Primera	Min	214,00	190,00	0,82
	Max	350,00	287,00	1,03
	Mediana	267,00	256,00	0,96
	D. Estándar	50,18	36,37	0,08
Segunda	Min	195,00	169,00	0,84
	Max	338,00	295,00	1,02
	Mediana	269,20	274,00	0,91
	D. Estándar	61,41	59,47	0,07
Residuo	D. Estándar	61,41	59,47	0,07

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

Categoría	Detalle	V(cm3)	m (g)	ρ(gr/cm3)
Extra	Min	548	506	0,846
	Max	995	842	1,115
	Mediana	548	576	0,923
	D. Estándar	196,19	138,38	0,099
Primera	Min	476	466	0,916
	Max	676	644	0,989
	Mediana	635	582	0,960
	D. Estándar	93,438	84,795	0,030
Segunda	Min	432	412	0,835
	Max	654	568	1,069
	Mediana	562	558	0,993
	D. Estándar	80,838	66,804	0,087
Residuo	Min	250,8	255	0,831
	Max	356	340	1,016
	Mediana	339	299	0,882
	D. Estándar	43,199	30,236	0,073

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

Categoría	Detalle	V(cm3)	m (g)	ρ(gr/cm3)
Extra	Min	4723,00	5411,00	0,80
	Max	7140,00	5795,00	1,20
	Mediana	5733,00	5681,00	1,01
	D. Estándar	996,65	153,17	0,16
Primera	Min	4786,00	4728,00	0,85
	Max	5920,00	5198,00	1,00
	Mediana	5272,00	5041,00	0,99
	D. Estándar	405,97	189,53	0,06
Segunda	Min	4079,00	3810,00	0,81
	Max	4692,00	4489,00	1,03
	Mediana	4683,00	4389,00	0,96
	D. Estándar	286,05	293,38	0,08
Residuo	Min	3350,00	3102,00	0,85
	Max	3745,00	3437,00	1,02
	Mediana	3446,00	3222,00	0,93
	D. Estándar	179,91	153,32	0,06

Tabla 6. Análisis estadístico para la obtención de la densidad del raquis

Categoría	Detalle	V(cm3)	m (g)	ρ(gr/cm3)
Extra	Min	165,00	145,00	0,88
	Max	294,00	326,00	1,11
	Mediana	203,00	196,00	0,97
	D.estandar	47,53	67,11	0,08
Primera	Min	145,00	135,00	0,90
	Max	191,00	197,00	1,03
	Mediana	155,00	150,00	0,94
	D.estandar	22,39	24,69	0,05
Segunda	Min	125,00	118,00	0,87
	Max	158,00	145,00	1,05
	Mediana	138,00	135,00	0,92
	D.estandar	13,78	11,37	0,07
Residuo	Min	95,00	85,00	0,86
	Max	146,00	130,00	1,02
	Mediana	128,00	126,00	0,94
	D.estandar	18,49	18,46	0,06

Tabla 7. Análisis estadístico para la obtención de la densidad de la fruta entera

Categoría	Análisis	V(cm3)	m (g)	ρ(gr/cm3)
Extra	Min	5800,00	6628,00	0,81
	Max	8645,00	6960,00	1,15
	Mediana	6830,00	6820,00	1,00
	D. estándar	1162,23	139,83	0,14
Primera	Min	5820,00	5750,00	0,86
	Max	7045,00	6126,00	0,99
	Mediana	6202,00	6038,00	0,99
	D. estándar	460,75	144,65	0,06
Segunda	Min	4850,00	4741,00	0,82
	Max	5834,00	5458,00	1,03
	Mediana	5670,00	5358,00	0,96
	D. estándar	412,73	352,63	0,08
Residuo	Min	4000,00	3702,00	0,86
	Max	4436,00	4067,00	1,02
	Mediana	4400,00	4058,00	0,92
	D. estándar	230,41	170,63	0,06

Tabla 8. Análisis estadístico para la obtención de la densidad y porcentajes de la fruta entera

Categoría	Detalle	V (cm3)	Porcentaje		Porcentaje	
			V(%)	m (g)	m (%)	$\rho(\text{gr/cm}^3)$
Extra	Vp (cm3)	5628,4	82,54	5667,40	83,20	1,01
	Vc (cm3)	645,4	9,47	608,20	8,93	0,94
	Vs (cm3)	329,6	4,83	322,20	4,73	0,98
	vr (cm3)	215,4	3,16	213,80	3,14	0,99
	VTF	6818,8	100,00	6811,60	100,00	1,00
Primera	Vp (cm3)	5299,2	83,85	5023,60	83,75	0,95
	Vc (cm3)	586,8	9,29	560,20	9,34	0,95
	Vs (cm3)	267	4,22	254,80	4,25	0,95
	vr (cm3)	166,8	2,64	159,60	2,66	0,96
	VTF	6319,8	100,00	5998,20	100,00	0,95
Segunda	Vp (cm3)	4483,8	82,38	4223,60	82,24	0,94
	Vc (cm3)	548,4	10,08	530,40	10,33	0,97
	Vs (cm3)	271,2	4,98	251,00	4,89	0,93
	vr (cm3)	139,4	2,56	130,60	2,54	0,94
	VTF	5442,8	100,00	5135,60	100,00	0,94
Residual	Vp (cm3)	3508,6	82,52	3261,80	82,72	0,93
	Vc (cm3)	356,76	8,39	322,00	8,17	0,90
	Vs (cm3)	261,64	6,15	241,80	6,13	0,92
	vr (cm3)	125	2,94	117,40	2,98	0,94
	VTF	4252	100,00	3943,00	100,00	0,93

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 9. Análisis de varianza del volumen de la fruta entera

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	16750223,4	4	4187555,85	8,331929642	0,000954219
Categoría	16750223,4	4	4187555,85	8,331929642	0,000954219
Error	7538870,4	15	502591,36		
Total	24289093,8	19		Cv=	12,59
				r2	0,77

Como se observa en la tabla 8 según el coeficiente del 12.59% y su margen del 99,99 % confiabilidad y con R^2 ajustado del 77%. 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 de volumen de la fruta entera:

$$Categoría_{Extra} = \frac{V_E}{m} = \frac{6818,8}{22833,4} = 0.298 \quad (23)$$

Tabla 10. Análisis para la obtención de las K constantes de la masa y del volumen

Categoría	V (cm3)	m (g)	ρ (gr/cm3)	Unidad	k (v)	K (m)
Extra	6.818,80	6.811,60	1,00	1,00	0,299	0,311
Primera	6.319,80	5.998,20	0,95	1,00	0,277	0,274
Segunda	5.442,80	5.135,60	0,94	1,00	0,238	0,235
Residuo	4.252,00	3.943,00	0,93	1,00	0,186	0,180
Total	22833,4	21888,40	0,96	1	1,00	1,00

Esta es la ecuación para la categorización según su volumen.

$$VT_{categoría} = V_E(0.299) + V_{1era}(0.277) + V_{2da}(0.238) + V_{res}(0.186) \quad (24)$$

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 11. Análisis de varianza de la masa de la fruta entera

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	22755556,67	8	2844444,583	49,48369039	1,53E-07
Categoría	22614082,65	4	5653520,663	98,35208874	1,56E-08
Trata	0	0	0		
Rep.	141474,02	4	35368,50417	0,61529204	0,660612737
Error	632307,13	11	57482,46667	Confiabilidad	95%
Total	23387863,8	19		CV=	4,38%

Como se observa en la tabla 11 según el coeficiente de variación 4,38%, basado en margen del 95% de confiabilidad y con R^2 ajustado del 97%. 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.

$$m_{categoría} = m_E(0.311) + m_{1era}(0.274) + m_{2da}(0.235) + m_{res}(0.180) \quad (25)$$

Tabla 12. Análisis de varianza de la densidad de la fruta entera

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	0,01	7	0,001481429	4,66591676	0,009784179
Rep.	0	4	0,0002575	0,811023622	0,541768708
Trata categoría	0,01	3	0,003113333	9,805774278	0,001503628
Error	0	12	0,0003175		
Total	0,01	19		CV=	1,87%

Como se observa en la tabla 12 según el coeficiente del 1.87%, basado en margen del 99,9 % confiabilidad y con R^2 ajustado del 73%. Por esta razón se logró obtener las siguientes constantes y modelos en relación con las categorías, del volumen y la masa, según su densidad 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.

$$VT_{Ext} = V_p(0.825) + V_c(0.095) + V_s(0.048) + V_r(0.032) \quad (26)$$

$$VT_{1era} = V_p(0.839) + V_c(0.093) + V_s(0.042) + V_r(0.026) \quad (27)$$

$$VT_{2da} = V_p(0.824) + V_c(0.101) + V_s(0.050) + V_r(0.026) \quad (28)$$

$$VT_{res} = V_p(0.825) + V_c(0.084) + V_s(0.062) + V_r(0.029) \quad (29)$$

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

$$mT_{Ext} = m_p(0.832) + m_c(0.089) + m_s(0.047) + m_r(0.031) \quad (30)$$

$$mT_{1era} = m_p(0.838) + m_c(0.093) + m_s(0.042) + m_r(0.027) \quad (31)$$

$$mT_{2da} = m_p(0.822) + m_c(0.103) + m_s(0.049) + m_r(0.025) \quad (32)$$

$$mT_{res} = m_p(0.827) + m_c(0.082) + m_s(0.061) + m_r(0.030) \quad (33)$$

Como se muestra y encuentran desarrolladas las constantes según las fórmulas del cálculo integral, que son específicas de acuerdo con las medias estadísticas de volumen con un margen de confiabilidad del 99% de confianza y con un coeficiente de variación de 12.59% y su r cuadrado del 77%; así de la masa con características del 95% de confiabilidad con el coeficiente de variación con 4,38 y r cuadrado del 97% y la densidad de la fruta entera con una confiabilidad del 99.9% de confianza con coeficiente de variación 1.87% y con su r cuadrado del 73%. Esta



categorización está basada en las normas (FAO & OMS, 2009).

DISCUSIÓN

La categorización de *Annona muricata* (Guanábana), se lleva a cabo con las características climatológicas de la región amazónica del Ecuador. Teniendo relación tal como muestran otras investigaciones en relación con los cultivos y producción del país (SEPHU, 2010). Actualmente cuenta con un área productiva de 2000 hectáreas cultivadas de guanábana de las cuales el 5% corresponde al cultivo orgánico y con una producción que bordea de 20 tn/ha y en caso del cultivo orgánico de 15 a 17 tn/ha anualmente (C. Moreno et al., 2019). Según los antecedentes históricos la Anonáceas, es originaria de las regiones tropicales de América y el Caribe por su gran potencialidad en la producción en consumo y materia prima fresca. Las provincias que se destacan en la producción de guanábana son Guayas, Santa Elena, Manabí, el Oro, esmeraldas y en la Amazonia ecuatoriana, Napo, Orellana y Pastaza con manejo tecnificado con un promedio de 1521 hectáreas siendo una materia prima que en la actualidad toma gran importancia en la amazonia ecuatoriana debido a sus condiciones favorables de climas y suelos que les permite cultivar y cosechar en forma continua anualmente (INIAP, 2022). 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) y similar a la pitahaya, 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), la semilla (c) y raquis (d) 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 su aprovechamiento de la cadena productiva de la guanábana de los tres eslabones principales producción, transformación y comercialización (Anaya et al., 2020)

La importancia de la modelación matemática basada en el cálculo integral, está estrechamente relacionada con el campo de la investigación y la tecnología como los desafíos a nivel del mundo para racionalizar, mejorar y garantizar las normas o las categorías previstas la política



agropecuaria a nivel local (Ministerio de Agricultura Ganadería Acuacultura y Pesca, 2016), la educación juega un papel importante que permitirá 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 99,9 % 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 (Plaza, 2016).

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, semilla y raquis donde se puede evidenciar la cantidad de residuo que sale de esta fruta, lo que concuerda con estudios de la pitahaya (González et al., 2023) y así 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 *Annona muricata* (Guanábana), que beneficia tanto para productores, comerciantes y la industria (SEPHU, 2010). Similar a la piña que desde tiempos cuenta con todos los escenarios para su aprovechamiento industrial (Plaza, 2016). 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 *Annona muricata* (Guanábana).

CONCLUSIONES

En el contexto de la *Annona muricata* (Guanábana), se destaca el Cantón y la provincia de Pastaza como la productora de esta fruta. Dada esta distinción, nuestro objetivo se centró en la implementación de cálculos integrales y análisis específicos para cada categoría de la guanábana en esta región, con el propósito de proporcionar una comprensión detallada y precisa de sus características y potencialidades en términos de producción y aprovechamiento.

La metodología del cálculo integral se centra en las variables de volumen y peso, junto con las densidades respectivas para cada categoría de la guanábana. Este enfoque incorpora detalladamente las diversas partes de la fruta entera, incluyendo pulpa, cáscara, semilla y raquis.



A través de este proceso, logramos establecer ecuaciones precisas tanto para la categoría de volumen como para la masa de los distintos componentes de la guanábana, proporcionando un marco matemático robusto para el análisis detallado de cada elemento de la fruta.

La aplicación del cálculo integral a través de las ecuaciones seleccionadas resultó en la obtención de constantes específicas para cada elemento en el modelo matemático, identificado en las ecuaciones (17, 19 y 33). Estas están desarrolladas a partir de balances de volúmenes y masas, proporcionaron una comprensión detallada de las distintas partes de la guanábana, destacando su utilidad tanto en aspectos comestibles como en residuos. La adaptabilidad del modelo a las características del potencial productivo de la zona, especialmente en la Amazonia ecuatoriana, permite un conocimiento profundo en la gestión más eficiente de la guanábana.

El análisis del modelo matemático emerge como un punto de referencia crucial para la cadena productiva de la Guanábana, desempeñando un papel fundamental en la creación de una matriz Excel. Esta herramienta beneficiará a productores, comerciantes e industriales al proporcionarles una guía eficaz basada en modelos matemáticos, lo que les permitirá optimizar operaciones de transformación y comercialización, evitando pérdidas de tiempo y recursos. La implementación de esta herramienta contribuirá significativamente a una gestión más eficiente y rentable en toda la cadena productiva de la Guanábana.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anaya, J., Hernandez, M., Tafolla, J., Baez, R., Gutierrez, P., & Tiznado, M. (2020). *La cadena productiva de guanábana: una opción para el desarrollo económico en Compostela, Nayarit*. <https://doi.org/10.24836/es.v31i57.1048>
- Acosta Santos, M. (2022). Investigación sobre la efectividad del ejercicio en la mejora de la calidad de sueño en adultos mayores. *Revista Científica De Salud Y Desarrollo Humano*, 3(2), 64-79. <https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v3i2.35>
- ANE. National Spectrum Agency. Resolution Number 442 of 22 August 2013. Available online: https://normograma.mintic.gov.co/mintic/docs/resolucion_mintic_0963_2019.htm
- 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>

Boza Calvo , R., & Solano Mena , S. (2021). Effectiveness Analysis of The Implementation of The Strategy of Simulation in Education According to The Perception of The Facilitators Involved in The Process as Of the Second Quarter Of 2016. *Sapiencia Revista Científica Y Académica* , 1(1), 61-77. Recuperado a partir de <https://revistasapiencia.org/index.php/Sapiencia/article/view/14>

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* [Univesidad Técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/11373>

FAO. (2000). *Fichas técnicas. Productos frescos de frutas*. <https://www.fao.org/3/au173s/au173s.pdf>

FAO, & OMS. (2009). *Codex Alimentarius - Higiene de los Alimentos - Textos Básicos - Segunda Edición*. <https://www.fao.org/3/y1579s/y1579s00.htm>

González, J. E., Campo, M. R., Mullo, P. S., Papue, J. C. C., Q, J. V. M., & G, E. C. 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>

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

INAMHI. (2023). *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología*. <https://www.inamhi.gob.ec/>

INEN. (2011). *Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 184 “Jugos, Concentrados,*



Néctares, Bebidas De Frutas Y Vegetales Y Refrescos.”

INIAP. (2022). *Informe de avances y resultados del I cuatrimestre 2022*.

Jiménez, J. O., Balois, R., Alia, I., Juárez, P., Jiménez, E. I., Sumaya, M. T., Bello, J. E., Jiménez,

J. O., Balois, R., Alia, I., Juárez, P., Jiménez, E. I., Sumaya, M. T., & Bello, J. E. (2017).

Tópicos del manejo poscosecha del fruto de guanábana (*Annona muricata* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(5), 1155–1167.

<https://doi.org/10.29312/REMEXCA.V8I5.115>

Leiva, S. (2018). *Annona muricata* L. “guanábana” (Annonaceae), una fruta utilizada como alimento en el Perú prehispánico. *Arnaldoa*, 25(1), 127–140.

<https://doi.org/10.22497/arnaldoa.251.25108>

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>

Luquez, J., Pacheco, J., & Molineros, L. H. (2021). Modelización matemática desde la perspectiva contextualizada. *Revista Boletín Redipe*, 10(8), 463–480.

<https://doi.org/10.36260/RBR.V10I8.1421>

López Medina, P. A. (2022). La Protección de los Derechos de Autor en La Era Digital. Estudios Y Perspectivas *Revista Científica Y Académica*, 2(1), 96-112.

<https://doi.org/10.61384/r.c.a.v2i1.11>

Ministerio de Agricultura Ganadería Acuicultura y Pesca. (2016). *La política Agropecuaria. Hacia el desarrollo territorial rural sostenible 2015-2025*.

<https://faolex.fao.org/docs/pdf/ecu183434.pdf>

Moreno, C., Moreno, R., Pilamala, A., Molina, J., & Cerda, L. (2019). El 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>

Moreno, D. B., Rios, L. F. R., Galvez, 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>
- Murillo, C. R., Meza, O. ;, Cabrera, A. ;, & Manuel, J. (2004). Agronomía Costarricense. *Agronomía Costarricense*, 28(1), 47–55. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43628105>
- Machuca-Sepúlveda, J., López M., M., & Vargas L., E. (2021). Equilibrio ambiental precario en humedales áridos de altura en Chile. *Emergentes - Revista Científica*, 1(1), 33-57. Recuperado a partir de <https://revistaemergentes.org/index.php/cts/article/view/3>
- 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/shproxy/ar/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B237-2003%252FCXS_237s.pdf
- Plaza, L. F. (2016). Modelación matemática en ingeniería. *IE Revista de Investigación Educativa de La REDIECH*, 7(13), 47–57. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-85502016000200047&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Ramos S. (2016). ““Propagación de Guanábana (*Annona muricata*) utilizando ANA (Ácido Naftalenacético) y AIB (Ácido Indolbutírico) en el Cantón Quevedo año 2015.”” Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Reyes, J., Aceves, E., Caamal, J., & Alamilla, J. (2018). *Producción de guanábana (Annona muricata L.) En alta densidad de plantación, como alternativa para productores con superficies reducidas*. 11, 37–42. <https://core.ac.uk/download/pdf/249321062.pdf>
- Rochina Cambo, S. Y. (2022). *Manejo agronómico del cultivo de guanábana (Annona muricata L.), en el Ecuador*. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/13168>
- Sabando, A., Ugando, M., Cueva, E., Villalón, A., Mendoza, G., & Arias, J. (2016). Modelación productiva y pronósticos de las ventas del cultivo de la pitahaya en Ecuador. *Revista Tecnología En Marcha*, 29(8), 33. <https://doi.org/10.18845/TM.V29I8.2983>
- Sampiere, R. H., Collado, C. F., & Lucio, P. B. (2010). *Metodología de la investigación*. 656.



https://www.academia.edu/36750638/METODOLOGIA_DE_LA_INVESTIGACION_Hernandez_Fernandez_y_Babista_5ta_Edicion

Sandoval, M. A., Leal, H. V., Chua, J. H., Nino, U. A. F., & Cruz, D. M. (2022). *La didáctica del cálculo integral: el caso de los procedimientos de integración The Didactic of Integral Calculus: The Case of Integration Procedures A didática do cálculo integral: o caso dos procedimentos de integração*. 13. <https://doi.org/10.23913/ride.v13i25.1245>

SEPHU. (2010). *CULTIVO DE LA GUANÁBANA Recomendaciones para solucionar problemas de Floración, Cuajado y Aborto de Flores*. https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/81972/046---11.05.10---Cultivo-de-la-Guana--769-bana.pdf

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

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>

Tomus I. (1753). *Species Plantarum*. <https://www.biodiversitylibrary.org/item/84235#page/5/mode/1up>

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, A., Sotomayor, D. A., Burbano, A., Caicedo, C., Paredes, N., Congo, C., 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*, 6. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5551>

Verona, A., Urcia, J., & Paucar, 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>

Villarreal, J. M., Alia, I., Hernández, M. A., Hernández, E., Marroquín, F. J., Núñez, C. A., & Campos, E. (2020). Caracterización in situ de guanábana (*Annona muricata* L.) en el Soconusco, Chiapas, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 26(3).
<https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2020.05.008>

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>

