

Tipo de artículo: Artículo original

# Modelo computacional para la inclusión de la harina de Psidium guajava L. (guayabo) en la producción de panes

## *Computational model for the inclusion of Psidium guajava L. (guava) flour in the production of bread*

Aparicio Limache Alonzo<sup>1\*</sup> , <https://orcid.org/-0001-6760-1642>

Isaías Alberto Salinas Andrade<sup>2</sup> , <https://orcid.org/0000-0002-5468-7560>

Guillermo Augusto Pastor Picón<sup>3</sup> , <https://orcid.org/0000-0002-3490-1646>

Walter Lauro Pérez Terrel<sup>4</sup> , <https://orcid.org/0000-0003-0269-167X>

Lenin Vladimir Vargas Villa<sup>5</sup> , <https://orcid.org/0000-0002-5900-3818>

Rosa Eva Arenales López<sup>6</sup> , <https://orcid.org/0000-0001-8001-8718>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Ucayali, Perú. Correo electrónico: [aparicio\\_limache@unu.edu.pe](mailto:aparicio_limache@unu.edu.pe)

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Ucayali, Perú. Correo electrónico: [Isaias\\_salinas@unu.edu.pe](mailto:Isaias_salinas@unu.edu.pe)

<sup>3</sup> Universidad Nacional de Ucayali, Perú. Correo electrónico: [guillermo\\_pastor@unu.edu.pe](mailto:guillermo_pastor@unu.edu.pe)

<sup>4</sup> Universidad Nacional de Ucayali, Perú. Correo electrónico: [w\\_perezl@unu.edu.pe](mailto:w_perezl@unu.edu.pe)

<sup>5</sup> Universidad Nacional de Ucayali, Perú. Correo electrónico: [lenin\\_vargas@unu.edu.pe](mailto:lenin_vargas@unu.edu.pe)

<sup>6</sup> Universidad Nacional de Ucayali, Perú. Correo electrónico: [rosaevaarenaleslopez08@gmail.com.pe](mailto:rosaevaarenaleslopez08@gmail.com.pe)

\* Autor para correspondencia: [rosaevaarenaleslopez08@gmail.com.pe](mailto:rosaevaarenaleslopez08@gmail.com.pe)

### Resumen

En la producción de panes de trigo se incluye una proporción de harina de guayabo, generando demanda sostenida y aprovechamiento de los frutos que se desperdicia por desconocimiento de tratamientos. El estudio, optimiza las proporciones de mezcla de las harinas de guayabo y trigo mediante análisis de Laboratorio para determinar sus bondades nutricionales y la degustación del público. Como resultado de los procesos la proporción determinante fue 14:86, que equivale a 140 gramos de harina de guayabo y 860 gramos de la harina de trigo por kilogramo de masa utilizada. Las características nutricionales del producto final como: materia seca, humedad, proteínas, aceites, grasa y ceniza en promedio fue 24.63 del pan de trigo y 24.25 del pan de guayabo.

**Palabras clave:** Inclusión - harina de guayabo - panificación.

### Abstract

*In the production of wheat bread, a proportion of guava flour is included, generating sustained demand and use of the fruits that are wasted due to ignorance of treatments. The study optimizes the mixture proportions of guava and wheat flours through laboratory analysis to determine their nutritional benefits and public tasting. As a result of the processes, the determining proportion was 14:86, which is equivalent to 140 grams of guava flour and 860 grams of wheat flour per kilogram of dough used. The nutritional characteristics of the final product such as: dry matter, moisture, proteins, oils, fat and ash on average was 24.63 for wheat bread and 24.25 for guava bread.*

**Keywords:** Inclusion - guava flour - baking.

**Recibido:** 20/01/2022



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)

**Aceptado: 22/05/2022**  
**En línea: 26/06/2022**

## Introducción

La masa del pan popular se prepara tradicionalmente con harina de trigo. Cuando se trata de incluir a esta masa una porción de la harina del fruto del guayabo, surgen problemas relacionados con el desconocimiento de la proporción ideal que acepta el consumidor. Con esta limitante es difícil competir con el pan popular. En este contexto, el estudio es importante porque propone uso sostenido del fruto del guayabo. Es más, la medicina tradicional consigna numerosos usos a las hojas y los frutos del guayabo.

Así, por ejemplo, (Vargas, et al., 2008), demostró que las hojas y los frutos del guayabo tienen compuestos con propiedades antiespasmódicas y antimicrobiales eficaces para tratamiento de diarreas, disenterías y diabetes. Contiene metabolitos como fenoles, flavonoides, carotenos, terpenos y triterpenos que actúan como antioxidantes, antialérgicos, antimicrobianos, antiinflamatorios, anticonceptivos. (Hui., et al, 2007), demostró que tiene metabolitos con propiedades específicas para curar enfermedades.

Por otro lado, (Nair & Chanda, 2007), (Solis, et al., 2008), (Akanji, et al, 2009), (Villaseñor, et al., 2011. ), (Arima, et al 2012) y otros demuestran que es fuente de ácido ascórbico con valores arriba de 100 mg/100 g. También contiene niacina, la porción comestible contiene más de 1 mg/100 g. Tiene calcio, hierro, fósforo, vitaminas como la riboflavina y fibra que son elementos esenciales para el buen funcionamiento del organismo. (Metwally, 2010), aisló cinco compuestos flavonoidales. (Qa'dan & Am, 2005), demostraron que controla al acné. A la vez, (Sanchez, et al, 2005), demostraron que el extracto acuoso de hojas, raíces y corteza son agentes antibacteriales.

Para (Tong, et al., 1991), el cultivo de la guayaba registra un avance significativo en la región noroeste del Estado de Zulia (Venezuela). Un árbol de guayaba produce en su primer año 100 frutos, en el año 5 llega 500. (Yam, et al., 2010), observaron 6572 botones florales en 24 árboles de guayabo. Según (Aguilar, et al., 2011) y (Vargas, et al., 2008), el fisco de México recauda fondos por comercializar frutos de guayabo. Según (Terán, et al., 1996), el cultivo del (*Psidium guajava L.*) requiere la adición de 50 a 100 gr/planta de nitrógeno y 150 a 200 gr/planta de potasio. (Laguado, et al., 2002), recomiendan aplicar 228 litros de agua por hectárea durante el día. Inclusive ya se practica el cultivo in vitro (Concepción, et al., 2004). El objetivo del estudio consistió en determinar la cantidad exacta de harina de guayabo que se debe mezclar con la harina de trigo para obtener un pan agradable al paladar, haciendo uso de un modelo computacional.



## Materiales y métodos

El estudio se realizó en ambientes de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Ucayali. El fruto de guayabo se acopió de varios huertos localizados en el entorno de la ciudad de Pucallpa. La evaluación nutricional lo hizo la firma Natura Analítica SAC de Pucallpa.

El método consistió en identificar la proporción de mezcla adecuada de las harinas del fruto de guayabo y del trigo para preparar pan común. El tipo de la investigación fue multifactorial, descriptivo, experimental de nivel aplicativo. Para la degustación se utilizó el Diseño Completo al Azar (DCR) con 5 tratamientos y 12 repeticiones (60 panes).

Como población se consideró a la harina del fruto de guayabo. El consumo de este producto como fruto en la ciudad de Pucallpa es bajo. Sin embargo, si se incluye en el pan común se visualiza un incremento exponencial de la demanda. Las muestras fueron los insumos empleados para obtener un kg de masa que al hornear da lugar a 60 panes.

Para el proceso, primero se identificó el lugar donde crece guayabo de regeneración natural. En seguida se acopiaron los frutos en cestos y se trasladaron a un ambiente pre establecido. Se lavaron los frutos con abundante agua eliminando las fisuras y partes que podría afectar la calidad de la harina. En seguida se partieron los frutos en rodajas, se colocaron al medio de dos bastidores para facilitar el secado al ambiente

La molienda de las rodajas secas del fruto de guayabo se hizo con molino mecánico. El producto de cada molienda se almacenó en frascos con tapas herméticas y en estas condiciones fue trasladado a la panadería. En ésta se realizó tres ensayos de mezcla. En el primero la masa se preparó mezclando harina del fruto de guayabo con la harina de trigo en proporciones de 00:100, 25:75, 50:50, 75:25 y 100:00; en el ensayo 2 fue 05:95, 10:90, 15:85, 20:80 y 25:75 y en el ensayo 3 fue 11:89, 12:88, 13:87, 14:86 y 15:85.

A los degustadores se les entregó una ficha enumerada de 1 a 5 donde marcaron su preferencia desde muy malo a muy bueno. La evaluación sensorial se aplicó al olor, sabor y textura del pan. Para evaluar el grado de madurez del fruto, se consideró el epicarpio, mesocarpio, endocarpio y semilla. El estado se representó por el fruto pintón, maduro y muy maduro. Para la calidad nutricional del pan se comparó la materia seca, porcentaje de humedad, proteína, contenido de aceite y grasa, más porcentaje de ceniza.

## Resultados y discusión



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

## Proporción de mezcla ideal de la harina del fruto de guayabo con el de trigo

La tabla 1, muestra las proporciones de mezcla de los tres ensayos con sus respectivos tratamientos elegidos como agradable al paladar. En cada caso las proporciones de mezcla si bien es cierto que fueron agradables, no satisficieron expectativas pues apenas se dejaba comer. Eso sí, al final el público mostró su conformidad con la proporción 14:86.

**Tabla 1.** Ensayos realizados para determinar la proporción de mezcla.

Ensayos repetidos	Proporciones de mezcla de harinas Trigo : Guayabo					Muestra ganadora
	T1	T2	T3	T4	T5	
Ensayo 1	100:00	25:75	50:50	75:25	00:100	25:75
Ensayo 2	05:95	10:90	15:85	20:80	25:75	15:85
Ensayo 3	11:89	12:88	13:87	14:86	15:85	14:86

En el primer ensayo el tratamiento testigo T1 proporción 100:00 o pan de harina de trigo salió exitoso. Por ello se tomó como válido al segundo puesto T2 cuya proporción 25:75 arrojó un sabor ligeramente más acentuado que el T1. Los tratamientos T3, T4 y T5 fueron calificados como deficientes. El pan de guayabo con cero de harina de trigo (T5) inclusive presentó alta fragilidad color chocolate, olor a quemado y sabor agrio.

Este comportamiento obligó a repetir el ensayo, pero dentro del rango de 050 a 250 gramos de harina de guayabo y el resto con harina de trigo. En ésta, los tratamientos T1 y T2 prácticamente no cambiaron el sabor original del pan con harina de trigo. Eso si el sabor del T3 proporción 15:85 fue calificada como muy bueno por los degustadores. Los tratamientos T4 y T5 lograron calificativos de bueno a deficiente respectivamente.

Para definir la proporción ideal se llevó a cabo el tercer ensayo. En este caso el rango de evaluación fue reducido a la unidad fluctuando entre 110 a 150 gramos de harina de guayabo respectivamente. Finalmente salió ganador el tratamiento T4 que representó a la proporción de 140 gramos de harina de guayabo con 860 gramos de harina de trigo por cada masa de un kg de peso. Esta información es importante porque el pan resultante tiene el color, sabor, olor y textura que se asemeja a un pan integral.

La proporción 140:860 gramos de harina de guayabo y harina de trigo refleja una cantidad ínfima de harina del fruto de guayabo. Sin embargo, si se toma en cuenta la presencia de 500 mil habitantes de Pucallpa que consume pan a diario implica la posibilidad de uso de un buen volumen de harina de guayabo que podría incluirse en la dieta de la población.

### El pan con inclusión de la harina de las partes del fruto



Por experiencia personal se sabe que en el proceso de preparación de la harina del guayabo se afronta diversas realidades. Uno de ellos está relacionado con la Etnografía que implica la opinión de la gente que vive en las áreas rurales, ellos consideran al fruto como un todo. Al momento de consumir a este fruto lo hacen con toda la cáscara, es decir, no separan epicarpio, mesocarpio, endocarpio o semilla. Para ellos es una ofensa cuando una persona al momento de comer pela la cáscara del fruto con un cuchillo.

También los cuentistas vierten una opinión similar a lo mencionado anteriormente, es decir, recomiendan utilizar cada parte sin separarlo. Por ejemplo (Wattiaux, s.f), considera que el epicarpio contiene la mayor cantidad de ceniza por ende la mayor cantidad de minerales que aporta el fruto. Si por un caso al preparar la harina se quita el epicarpio automáticamente se privará la adición de nutrientes al producto final que en este caso es el pan de guayabo

En el estado del arte el fruto está compuesto por una membrana delgada de 1 mm de espesor llamado epicarpio que cubre al fruto. Estas estructuras toman diversas coloraciones a los cuales (Sánchez, et al 2007), describe como blanca, roja, amarilla y anaranjada, Cada uno presenta diferentes cantidades de semillas por fruto, así como espesores de mesocarpios y endocarpios. La morfología de los frutos fue diferente entre las variantes evaluadas. Las variables cualitativas influyeron en la caracterización morfológica del fruto.

En el caso hipotético de preparar la harina de manera separada, es decir, aparte el epicarpio, el mesocarpio y endocarpio se estaría afectando el volumen de harina del guayabo. Siendo el epicarpio una membrana delgada tardaría en alcanzar un kilogramo de harina. Igual ocurriría con la semilla. Si a ello se suma el tiempo que se demora para lograr le especificidad del producto prácticamente el costo de producción de harina se verá afectada. Por las razones descritas es mejor obviar la producción de harina de guayabo considerando a las partes del fruto.

Otro detalle que contribuye a la preparación de harina de guayabo utilizando todo el fruto, es la dinámica de la fructificación. Pues, en condiciones de Pucallpa la fructificación es estacional, no se visualiza frutos más que en época de invierno. Otro limitante es la baja densidad poblacional de la regeneración natural. No hay frutos como para desperdiciar seleccionando partes del fruto para preparar la harina.

### **La calidad del pan en función al estado del fruto**

Al menos la Región Ucayali no cuenta con una plantación de guayaba considerado expresamente para cosecha de frutos. Todas las plantaciones localizadas son productos de la regeneración natural. Esto implica una enorme dispersión pues por ser catalogado como maleza ocupa los bosques secundarios o chacras incluido los huertos en los Asentamientos



Humanos de Pucallpa. En otras palabras, plantaciones de regeneración natural del guayabo hay por doquier en toda la ciudad. El principal dispersor del guayabo son las aves que se alimentan del fruto y trasladan la semilla a zonas distantes,

La fructificación está estrechamente limitada a la estación de invierno o periodo lluvioso del año. Se ha encontrado frutos maduros a partir de octubre a marzo. En periodo de verano fructifican esporádicamente solo aquellos que se encuentra en zonas húmedas. Para efectos de cosecha con fines de producción de harina la época propicia es entre enero a marzo. Cabe aclarar que previa a la cosecha es importante ubicar lugares con alta densidad de plantas para disponer de fruto en abundancia. La mejor actividad es promover la reforestación sostenida de guayabo con especies mejoradas.

El proceso de madurez del fruto del guayabo es secuencial. Ello implica que en una sola planta existen frutos pintones, maduros y muy maduros. La cosecha tiene que ser selecto es decir pintones entre pintones y maduros entre maduros. Recomendable no cosechar los muy maduros con fines de producción de harina. Sobre todo, cuando la distancia entre el lugar de cosecha y la planta de producción de harina es distante. Trasladar el fruto del campo a la ciudad no solo es tedioso, sino que reviste riesgo pues, el fruto muy maduro se deteriora en corto tiempo.

En el estado del fruto se dice que es pintón cuando se encuentra en el proceso de cambio de coloración de verde a amarillo. Su consistencia es dura, sabor agrio y sobre todo el epicarpio es agrio. Para convertir a harina este tipo de fruto es recomendable “pelar” es decir, eliminar la cáscara o epicarpio. La cáscara de los frutos pintones son los que confieren un sabor amargo a la harina por tanto limita su inclusión al pan.

Especialmente los frutos muy maduros presentan alta fragilidad al traslado del campo a la planta de transformación. Por lo mismo exige tratamiento especial pues el simple roce provoca transpiración y la consecuente sobre maduración. También es importante anotar el efecto de la temporalidad, pues a veces el traslado se realiza en días lluviosos y no es posible el secado al ambiente.

### **El contenido nutricional del pan con harina de guayabo**

La tabla 2 muestra una comparación de los valores nutricionales de los panes hechos con 100% harina de trigo que es el testigo y el otro catalogado como la mezcla ideal de harina de guayabo más harina de trigo en una proporción 14:86. En esta se observa una ligera disminución de los valores que suman 24.63 y 24.54 respectivamente.

**Tabla 2.** Comparativo del contenido Bromatológico de panes de trigo (T) y guayaba (G)

Parámetro	Unidad	Método	Proporciones de harina	
			100% T	14% G + 86% T



Materia seca	%	Gravimétrico	81.06	80.65
Humedad	%	Gravimétrico	18.94	19.35
Proteína	%	Kjeldahl*	9.22	8.65
Aceites y grasas	%	Extracción por solventes - Gravimétrico	11.85	11.54
Ceniza	%	Gravimétrico	2.09	2.52
<b>Suma</b>			<b>123.16</b>	<b>122.71</b>
<b>Promedio</b>			<b>24.632</b>	<b>24.542</b>

Fuente: Laboratorio Natura Analítica SAC

Con respecto a la materia seca entendida como el extracto seco tras extraer toda el agua posible a través de un calentamiento hecho en condiciones de laboratorio tanto en el pan de trigo como en el pan de guayabo fueron similares. Es decir, el 14% de la harina de guayabo es relativamente poco como para alterar significativamente el porcentaje de materia seca de la harina de trigo. Esta según (Matos & Chambilla, 2015), tienen efectos benéficos en los productos alimentarios y efectos fisiológicos en el organismo del ser humano. Su consumo previene distintas enfermedades como el cáncer de colon, diabetes, enfermedades cardiovasculares, ayuda a la disminución del colesterol, etc.

La cantidad de cenizas es otro factor importante por representar el contenido total de minerales en los alimentos. Ello quiere decir que la mayoría de las cenizas están en las cáscaras o el pericarpio del fruto. Para (Wattiaux, s.f), el contenido de minerales varía entre 1 a 12%. Según esta información el contenido de ceniza del pan de guayabo al estar en 2.54% se encuentra dentro de la escala anotada.

En las investigaciones de (Ponce, 2014), el contenido de humedad fue el factor que más afectó las propiedades visco eléctricas (PVE) del pan hecho con grano de trigo. Se presentó un descenso significativo del trabajo total (WG) debido al incremento del contenido de humedad en el grano. Los granos evaluados a humedad original mostraron un valor de WG más alto respecto a los granos acondicionados. El módulo de elasticidad (E) mostró una tendencia a disminuir cuando se incrementa el contenido de humedad en el grano.

El guayabo no aporta mucho en materia de nutrientes, pero si en otros componentes que no han sido materia de identificación en este estudio. En efecto, las investigaciones de (Vargas, et al., 2008), demuestran que las hojas y los frutos de guayabo tienen compuestos con propiedades antiespasmódicas y antimicrobiales para tratamiento de diarreas, disenterías y diabetes. (Metwally, 2010), aisló compuestos flavonoidales como el quercetin-3-O- $\alpha$ -L-arabinofuranoside, quercetin-3-O- $\beta$ -D-arabinopyranoside, quercetin -3-O- $\beta$ -D-glucoside y O- $\beta$ -D-galactoside. Quercetin-3-O- $\beta$ -D-arabinopyranoside.



También (Arima, et al 2012), reporta indicando que en las hojas del guayabo descubrieron dos compuestos denominados morin- 3-O- $\alpha$ -L-lyxopyranoside y morin - 3-O- $\alpha$ -L-arabopyranoside que junto a los dos flavonoides glucósidos conocidos como guaijavarin y el quercetin son compuestos antibacteriales que controlan a la *Salmonella enteritidis* y al *Bacillus cereus*.

Por su parte, (Solis, et al., 2008), utilizaron extensivamente como agente hypoglicémico y dicen que sus resultados coincidieron con estudios farmacológicos dando cuenta que la planta del guayabo exhibe poder antioxidante, hepatoprotección, antialérgico, antimicrobiano, antígenotóxico, antiplasmodial, citotóxico, antispasmodico, cardioactivo, anticoagulante, antidiabético, antiinflamatorio y anticonceptivo. Sugiere un amplio rango de aplicación clínica para tratamiento de enteritis, diarrea y diabetes infantil.

Por otro lado, (Villaseñor, et al., 2011. ), demostró que el guayabo es fuente de ácido ascórbico con valores arriba de 100 mg/100 g. También contiene niacina, la porción comestible contiene más de 1 mg/100 g. Tiene calcio, hierro, fósforo, vitaminas como la riboflavina y fibra que son elementos esenciales para el funcionamiento del organismo.

### **El resultado sensorial del pan con inclusión del fruto de guayabo**

El primer resultado sensorial del pan de guayabo que se visualiza de lejos fue el olor algo parecido al fermento que es típico del fruto seco. Al tomar y partirlo en dos se nota una miga consistente de color gris claro con manchas de marrón oscuro color característico de la harina del guayabo. Cuando se da el primer mordisco se siente un sabor algo picante que a medida se va mezclando con la saliva se convierte en un bocado algo exótico agradable al paladar. Finalmente, al tacto, presenta una textura gruesa parecida a un pan integral hecho artesanalmente. Su consistencia es suave con tendencia a la dureza, pesa 25 gramos. En suma, es un pan que llena el estómago no presenta espacio vacío.

Antecedentes sobre mezcla de harinas para producir pan son innumerables. Por ejemplo (Pacheco & Testa, 2005), estudiaron el comportamiento farinográfico de las harinas compuestas de trigo y plátano verde. Afirman que con 7% de harina de plátano verde (HPV) los panes fueron similares al pan 100% con harina de trigo, en cuanto a olor, sabor, color y textura. En conclusión, la harina de plátano verde puede emplearse en la producción de panes de molde preferiblemente hasta un 7% y su adición a los panes aporta más fibra dietética y almidón resistente, nutrientes importantes.

(Pavlovich, et al 2009), sustituyeron la manteca comercial por una mezcla de estearina de palma: aceite: canola 50:50, sobre las características reológicas de la masa de harina de trigo y del pan elaborado con esta masa. El estudio muestra



que la grasa elaborada con mezcla de estearina de palma y aceite de canola es una alternativa viable para sustituir a las mantecas comerciales convencionales.

(Benitez, 2011), obtuvo panes a partir de la mezcla de 80% de harina de las semillas del árbol de pan con 20% de harina de soya desgrasada. Al realizar el análisis proximal en Laboratorio determinó 182,39 kcal, 9,31 g de proteína, 3,23 g de grasa y 28,98 g de carbohidratos Basado en estos resultados afirma que las harinas empleadas poseen las características necesarias para ser utilizada como suplemento nutricional.

(Cuba & Lobón, 2018), elaboraron panes tipo molde con la mezcla de 20%, 30% y 50% de un compuesto preparado a base de chía, linaza y ajonjolí. Al ser llevadas a un análisis físico proximal arrojaron un contenido de 2.9 % de fibra, carbohidratos 51%, acidez de 0.0081 % y un pH de 6.0.

## Modelo computacional para la formulación de pan con fruto de guayabo

Para la optimización de la mezcla se propone implementar un modelo computacional para la formulación de pan con la inclusión del fruto de guayabo. El modelo está sustentado en las bases de la Programación Lineal. Un modelo de Programación Lineal consiste en la minimización o maximización de una función lineal que depende de varias variables. Estas variables están sujetas a un conjunto de ecuaciones e inecuaciones lineales (restricciones) que debe cumplir la solución óptima del problema (Bender et al., 1991). La meta de la optimización es encontrar una solución óptima entre muchas soluciones potenciales que corresponde con el conjunto de variables de decisión que dan el valor óptimo a la función objetivo mientras satisface las restricciones impuestas (Ferguson et al., 2004). Matemáticamente el problema de Programación Lineal se puede representar de la siguiente forma (Sklan y Dariel, 1993).

$$\min \sum_{i=1}^n C_i X_i \tag{1}$$

**Donde:**  $C_i$  es el costo asociado a la variable  $X_i$ , (Función objetivo)

Sujeto a:



$$\sum_{i=1}^n a_{ij} X_i \leq b_j \quad j=1..m \tag{2}$$

donde  $a_{ij}$  es el valor de la restricción  $j$  en la variable  $X_i$  (restricciones)

$$X_i \geq 0, i = 1..n$$

Para la creación del modelo de formulación de alimentos se deben aportar los datos necesarios:

- **Ingredientes a considerar para la mezcla.** Se tendrán en cuenta para que el modelo seleccione las que, combinadas, cumplen todos los requerimientos del alimento.
- **Composición nutricional de los ingredientes:** Cantidad de cada nutriente o componentes a controlar, presente en cada ingrediente, incluyendo su composición de aminoácidos.
- **Costo de los ingredientes:** Para el caso en que se defina como objetivo el costo final de la fórmula.
- **Valores mínimo o máximo,** o ambos de presencia de los ingredientes en la mezcla final. Permite establecer restricciones de tipo sensoriales o de textura como puede ser la cantidad máxima de azúcar o mínima de sal. Desde el punto de vista de la textura se pueden restringir los valores máximo y mínimos de las grasas para lograr la consistencia adecuada.
- **Cantidad de nutrientes y otros componentes deseados en el alimento final:** Definidos mediante un intervalo de mínimo y máximo de presencia deseada. Los valores extremos de este intervalo deben definirse solo si son necesarios.
- Definir, si procede, ingredientes excluyentes, es decir, un grupo de ingredientes en los que, si se incluye uno en la solución los otros no pueden aparecer. Esto puede ayudar evitar proponer en la fórmula varios ingredientes del mismo tipo.

### El costo del pan con inclusión del fruto de guayabo

En la tabla 3, se explica que el egreso para producir 60 panes es S/ 12.00. En la estimación del costo se considera una utilidad del 30% con relación al costo de los bienes. Los 60 panes vendidos a S/ 0.20 genera un ingreso de 12 soles que coincide con el egreso. Así, la harina de guayabo fija una participación del 14% en la fabricación diaria de panes de consumo popular.

**Tabla 3.** Costo unitario del pan de guayabo.

Concepto	Unid	Cant	C. Unit	C. Total
----------	------	------	---------	----------



Costo de venta				0.20
Ingreso por venta	Pan	60	0.2	12
Total, egreso				12.01
Costo de producción				9.12
Bienes				6.42
Harina de trigo	gr	860	2.21	1.9
Harina de guayaba	gr	140	15.00	2.1
Azúcar	gr	150	3.20	0.48
Manteca	gr	100	5.00	0.5
Mejorador	gr	10	8.00	0.08
Levadura	gr	10	16.00	0.16
Huevo	Unid	3	0.40	1.2
Servicios				2.7
Movilidad local				0.9
Horneado				0.8
Alquiler de maquinas	hora	1	1.00	1
Costos generales				0.96
Agua	%	5		0.32
Luz	%	10		0.64
Utilidad	%	30		1.93

Los antecedentes bibliográficos sobre costos son escasos. (Benitez, 2011), hizo un análisis financiero para determinar la rentabilidad de la industria de la planificación basado en la mezcla de harina de las semillas del árbol de pan con harina de soya desgrasada. Así para procesar 1.000 kg de materia prima por día estimó un TIR de 28% y un VAN de USD 224.771,67. Con ello denota que esta industria es rentable.

### Proyección de la investigación

Para fines de industrialización del guayabo existe una brecha entre la oferta del fruto que se dispone con la oferta que se necesita para la fabricación diaria de panes. Si bien es cierto que existen árboles de regeneración natural de guayabo por doquier en todo bosque secundario de la Región Ucayali, su dispersión es amplia y su concentración es escasa. En este sentido es importante promover el establecimiento de plantaciones concentradas de este recurso en una densidad alta adaptando variedades de alto rendimiento.

Se ha detectado que, en Pucallpa, la industria de la panificación está supeditada a la harina de trigo que por cierto reúne condiciones extraordinarias para la fabricación del pan. Sin embargo, es importante pensar que a futuro la disponibilidad de la materia prima presentará variaciones peligrosas puesto que es un producto importado. La demanda es tal por cuanto crece exponencialmente y las condiciones para el cultivo del trigo es cada vez menos favorable. Ello implica buscar sustitutos especialmente con insumos locales como el guayabo que por ahora se desperdicia.



En otros lugares la preocupación por reemplazar al trigo por lo menos en parte es notoria, es el caso por ejemplo la desarrollada por (León & Villacorta, 2010). Ellos, elaboraron panes con sustitución parcial de harina de trigo en un 40 % por una masa de consistencia pastosa de Arracacha, un cultivo andino desplazado por patrones de consumo foráneo. Dicho pan presentó contenidos de proteína 8,32 %; grasa 10,11 % y carbohidratos 55,13 % con un valor energético de 344,79 kcal/100 g; aporta principalmente K (77,05 mg/100 g), Fe (> 5 mg/100 g), P (19,87 mg/100 g), Ca (19,29 mg/100 g) y Mg (11,93 mg/100 g), entre otros y vitaminas A (28,52 UI) y C (10,75 UI), estando presentes en menor cuantía las vitaminas E y del complejo B.

La biodiversidad de la Región Ucayali para reemplazar a la harina de trigo es enorme aquí se cultiva yuca, camote, sachapapa, maíz, soya, frijoles. Se cuenta con guayabo, pan de árbol, aguaje, pijuayo, palma aceitera, coco. Se tiene semillas de shihuahuaco, castaña y otros almendros que producen harina en menor o mayor grado. Sin embargo, las investigaciones sobre el caso son esporádicos, es más, no están sistematizados, No se cuenta con una política orientada a superar problemas de dependencia alimenticia.

### **Aportes del estudio a la ciencia**

Un aspecto fundamental que rescató el estudio es el tema medicinal del guayabo. Muchos investigadores dedicaron su atención a este rubro demostrando su valor medicinal. A pesar del esfuerzo realizado pocos utilizan como tal. En la práctica al incorporar el fruto del guayabo en la fabricación del pan se está ofreciendo al cliente un pan medicinal. En efecto, (Vargas, et al., 2008), afirma que las hojas y los frutos contiene metabolitos como fenoles, flavonoides, carotenos, terpenos y triterpenos que actúan como antioxidantes, antialérgicos, antimicrobianos, antiinflamatorios, anticonceptivos.

(Hui., et al, 2007), reconoció metabolitos con propiedades específicas para curar determinadas enfermedades. Encontraron una inhibición de la oxidación de ácido linoleico en un 94.4 a 96.2% con el extracto de las hojas de guayaba y el té de guayaba a una concentración de 100 µg/ml. También (Akanji, et al, 2009), demostraron que el extracto acuoso de las hojas de la guayaba reduce el efecto de las *Trypanosomosis* sp.

(Nair & Chanda, 2007), (Sanchez, et al, 2005) y otros, evaluaron las actividades antibacterial y antifungal del metanol, acetona y el N, N-dimethylformamide (DMF) derivado de las fracciones de hojas del guayabo. Los resultados muestran que la actividad antibacterial fue más pronunciado contra bacterias y hongos gran-positivos. Observaron una actividad moderada contra los gran-negativos. Estos antecedentes indican que el guayabo no es un cultivo cualquiera, en otras palabras, se tiene a la vista a una botica natural.



Otro aporte del estudio es la demostración de la reserva alimenticia que significa el fruto del guayabo. Por mucho tiempo se ha utilizado a este fruto como alimento de un sector de personas que viven en el área rural y tienen en sus chacras plantas de regeneración natural. Los animales especialmente los peces de las piscigranjas fueron alimentados con el fruto maduro que arrojan al estanque. Sin embargo, la posibilidad de uso como insumo industrial era desconocida. Gracias a este estudio se sabe que es factible producir pan de guayabo para alimento de personas.

Queda demostrado la posibilidad de generar fuente de trabajo e ingreso económico en el área rural, La primera opción es a través de la Silvicultura del guayabo, es decir, estableciendo plantaciones compactas de este frutal. Esta requiere mano de obra sin distinción de edad ni sexo. El otro rubro que puede generar fuente de trabajo e ingreso económico es la preparación y venta de harina de guayabo en grandes volúmenes.

### **Agenda de estudio**

Es importante crear un programa de mejoramiento genético del guayabo tal como indica (Concepción, et al., 2004), que practican el cultivo in vitro logrado a partir de las hojas denominadas vitro plantas, También (Tong, et al., 1991), describe que en la región noroeste del Estado de Zulia en Venezuela se realizan plantaciones homogéneas con plantones genéticamente mejorados. Cuando la plantación es por semilla no garantiza rendimiento homogéneo.

Es importante la identificación botánica de la variedad del *Psidium guajava*) con mayor rendimiento. La guayaba es un miembro importante de la familia dicotiledónea de las Mirtáceas. En promedio, un árbol de guayabo produce en su primer año 100 frutos, en el año 5 es capaz de producir 500. La pulpa tiene diversidad de colores de sabor dulce a ácido. El manejo del suelo es el primer factor de éxito. (Terán, et al., 1996), recomiendan adicionar de 50 a 100 gr/planta de nitrógeno y 150 a 200 gr/planta de potasio. La aplicación es cada 4 meses todo en una en forma circular a una profundidad de 10 cm.

Una agenda indispensable es la técnica de empaque del fruto para trasladar en condiciones óptimas desde el campo a la factoría. Sobre todo, cuando se trata de lugares distantes es necesario conservar el producto para obtener un producto competitivo. De ser posible es importante identificar un conservante para retener o prolongar la presentación del fruto y transformarlo en el producto deseado. Cuando el fruto llega al mercado en condiciones de deterioro pierde su valor porque el cliente lo rechaza.

Otro aspecto de carácter urgente es la diversificación de productos derivados de la harina guayabo. Este estudio abarcó la fabricación del pan de consumo popular. Lo mismo se debe ampliar por ejemplo a la producción de pan baguette, panqueque, pasteles, refrescos, cremoladas, incluso el té filtro y otros que tiene mercado asegurado. Por las propiedades



medicinales no sólo tiene demanda el fruto, sino que las hojas esperan estudios de industrialización como insumos no convencionales.

Urge desarrollar tecnología sobre acopio y secado del fruto en áreas rurales para garantizar productos de calidad tanto por la higiene como por el proceso de trabajo. En efecto en los caseríos donde abunda el guayabo, la gente no tiene nociones de las actividades no convencionales como es producir harina de guayabo de alta calidad. Para lograr este objetivo es importante desplegar esfuerzos para crear programas de transferencia de tecnología previa capacitación de la población.

## Conclusiones

En el proceso degustativo el público en un tercer intento eligió como el pan popular apetecible a la mezcla preparada con la proporción de 14:86 lo que quiere decir que un kilogramo de masa se debe preparar con 140 gramos de harina del fruto de guayabo y 860 gramos de harina de trigo.

Para preparar la harina de guayabo, no es conveniente utilizar el fruto catalogada como sobre madura mucho menos las partes separadas del fruto que son conocidas como cáscara, pulpa y semilla, más bien se recomienda utilizar todo el fruto en un estado de madurez medio, es decir, no verde ni sobre maduro.

Otro detalle que se observó fue la capacidad de fermentación del fruto que le confiere una fragilidad única sobre todo en la fase de traslado del campo al laboratorio en otras palabras, el fruto es demasiado sensible al deterioro, no soporta la estrujada entre frutos, el traslado debe efectuarse en condiciones especiales y en un tiempo corto porque la exposición al ambiente afecta su presentación.

Por la fragilidad observada es preferible acondicionar infraestructura en el campo para transformar el fruto como secadores portátiles y molinos semi industriales de manera que se pueda facilitar su conversión del fruto de guayabo en harina, de este modo se creará en el campo fuente de trabajo y posibilidades de ingreso económico a favor de los pobladores del área rural.

La molienda del fruto de guayabo partido en rodajas y secado al ambiente cuando se realiza a mano con moledora artesanal constituye un dilema por la dificultad que implica su conversión en harina, para facilitar la molienda es preferible triturar o moler el fruto fresco y colocar en secador especial para secar al ambiente, este tema es motivo de una investigación que debe priorizarse.



Las características nutricionales del pan con inclusión de la harina de guayabo fue Materia seca 80.65% contenido de humedad 19.35%, proteína 8.65%, aceites y grasas 11.54%, ceniza 2.52% y del pan de trigo fueron: Materia seca 81.06%, contenido de humedad 18.94%, proteína 9.22%, aceites y grasas 11.84%, ceniza 2.09% esta comparación demuestra que en el aspecto nutricional el aporte de la harina de guayabo es insignificante.

## Conflictos de intereses

Los autores no poseen conflictos de intereses.

## Contribución de los autores

1. Conceptualización: Aparicio Limache Alonzo, Isaías Alberto Salinas Andrade, Guillermo Augusto Pastor Picón, Walter Lauro Pérez Terrel, Lenin Vladimir Vargas Villa, Rosa Eva Arenales López.
2. Curación de datos: Aparicio Limache Alonzo, Isaías Alberto Salinas Andrade.
3. Análisis formal: Guillermo Augusto Pastor Picón, Walter Lauro Pérez Terrel.
4. Investigación: Aparicio Limache Alonzo, Isaías Alberto Salinas Andrade.
5. Metodología: Aparicio Limache Alonzo, Isaías Alberto Salinas Andrade.
6. Recursos: Guillermo Augusto Pastor Picón, Walter Lauro Pérez Terrel.
7. Software: Guillermo Augusto Pastor Picón, Walter Lauro Pérez Terrel.
8. Supervisión: Aparicio Limache Alonzo, Isaías Alberto Salinas Andrade.
9. Validación: Walter Lauro Pérez Terrel, Lenin Vladimir Vargas Villa, Rosa Eva Arenales López.
10. Visualización: Walter Lauro Pérez Terrel, Lenin Vladimir Vargas Villa, Rosa Eva Arenales López.
11. Redacción – borrador original: Aparicio Limache Alonzo, Isaías Alberto Salinas Andrade, Guillermo Augusto Pastor Picón, Walter Lauro Pérez Terrel, Lenin Vladimir Vargas Villa, Rosa Eva Arenales López.
12. Redacción – revisión y edición: Aparicio Limache Alonzo, Isaías Alberto Salinas Andrade, Guillermo Augusto Pastor Picón, Walter Lauro Pérez Terrel, Lenin Vladimir Vargas Villa, Rosa Eva Arenales López.

## Financiamiento

La investigación no requirió fuente de financiamiento.

## Referencias



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)

- Aguilar, G. G. (et al., 2011). Uso de los recursos naturales y productivos en el cultivo de la guayaba en la Región de Juchipila, Zacatecas. . Revista Geográfica de América Central Número Especial EGAL. 1 - 21.
- Akanji, M. A. (et al, 2009). Psidium guajava extract reduce Trypanosomosis associated lipid peroxidation and raises glutathione concentrations in infected animals. University of Ilorin, Department of Biochemistry PMB 1515, Ilorin, Nigeria, Bells University of Technology, College of Natural & Applied Sciences Department of Chemical Sciences., 148 - 154.
- Arima, H. A. (et al 2012). Isolation of Antimicrobial Compounds from Guava (*Psidium guajava* L.) and their Structural Elucidation. Biocience, Biotechnology and Biochemistry Vol. 66, 1727 - 1730.
- Bender, F., Kahan, G., y Mylander, C. (1991). Optimization for profit. A decision maker's guide to linear programming. New York.
- Benitez, F. (2011). Desarrollo del proceso de elaboración de harina de las semillas del árbol de pan (*Artocarpus camansi*) y determinación de una mezcla nutritiva con harina de soya (*Glycine max* L.) para uso humano. Quito - Ecuador.: Facultad de Ingeniería Química y Agroindustrial de la Escuela Politécnica Nacional.
- Concepción, O. N. (et al., 2004). Regeneración de brotes adventicios en hojas de guayaba (*Psidium guajava* L.) cultivadas in vitro. . Revista Colombiana de Biotecnología Vol. VI N° 2, 54 - 61.
- Cuba, A., & Lobón, Y. (2018). “Formulación de una pre mezcla panadera a base de semillas de chia (*Salvia hispánica* L.), linaza (*Linum usitatissimum* L.) y ajonjolí (*Sesamum indicum* L) para la elaboración de un pan tipo molde. Arequipa, Perú: Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimenticias de la Facultad de Ingeniería de Procesos de la Universidad Nacional de San Agustín.
- Ferguson, E. L., Darmon, N., Fahmida, U., Fitriyanti, S., Harper, T. B., y Premachandra, I. M. (2006). Design of optimal food-based complementary feeding recommendations and identification of key "problem nutrients" using goal programming. The Journal of nutrition, 136(9), 2399-2404.
- Hui., Y. C. (et al, 2007). Antioxidant activity and free radical-scavenging capacity of extracts from guava (*Psidium guajava* L.) leaves. Food Chemistry, Volume 101., 686 - 694.
- Laguado, N. M. (et al., 2002). Crecimiento del fruto de guayaba (*Psidium guajava* L.) del tipo Criolla Roja. . Rev. Fac. Agron. Vol.19 N° 4 .
- León, M., & Villacorta, M. (2010). Valor nutritivo de pan con sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft), fortificado. Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos Vol 1 N° 2, 244 - 261.



- Matos, R., & Chambilla, E. (2015). Importancia de la Fibra Dietética, sus Propiedades Funcionales en la Alimentación Humana y en la Industria Alimentaria. *Investigación en Ciencia y Tecnología de alimentos Vol 1 N° 1*.
- Metwally, A. O. (2010). Phytochemical investigation and antimicrobial activity of *Psidium guajava* L. leaves. *Pharmacogn Magazine*, 212 - 218.
- Nair, R., & Chanda, S. (2007). In-vitro antimicrobial activity of *Psidium guajava* l. leaf extracts against clinically important pathogenic microbial strains. *Brazilian Journal of Microbiology Vol 38*, 1517 - 1678.
- Pacheco, E., & Testa. (2005). Evaluación nutricional física y sensorial de panes de trigo y plátano verde. *INCI Vol 30 N° 5*.
- Pavlovich, A. S. (et al 2009). Efectos de una mezcla de estearina de palma y aceite de canola sobre los parámetros reológicos de la masa de trigo y características del pan. *Revista INCI Vol 34 N° 8*.
- Ponce, N. (2014). Estudio de las propiedades viscoelásticas de grano, masa y pan de trigo fuerte y suave (*triticum aestivum* l.) mediante el método de compresión uniaxial bajo pequeña deformación. Hermosillo - Sonora - México: Unidad de Posgrado de la Universidad Sonora UNISON.
- Sánchez, A. C. (et al 2007). Caracterización morfológica del fruto en variantes de guayabo (*Psidium guajava* L.) en una finca del municipio Mara, estado Zulia. *Revista de la Facultad de Agronomía Vol 24 N° 2*.
- Sanchez, N. R.-D. (et al, 2005). An evaluation of antibacterial activities of *Psidium guajava* (L.). *Brazilian Archives of Biology and Technology vol.48*, 1516.
- Solis, R. M. (et al., 2008). *Psidium guajava*: A review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *Journal of Ethnopharmacology*, 1 - 27.
- Sklan, D., y Dariel, I. (1993). Diet planning for humans using mixed-integer linear programming. *British Journal of Nutrition*, 70(01), 27-35. doi: doi:10.1079/BJN19930102
- Terán, L. M. (et al., 1996). Efecto de la aplicación de nitrógeno y potasio en el rendimiento del cultivo de la guayaba (*Psidium guajava* L.). *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. Vol 13: , 363 - 370.
- Tong, F. M. (et, al., 1991). Variabilidad en poblaciones de guayaba (*Psidium guajava* L.) del municipio Mara del estado Zulia. *Inicio > Vol. 8, Núm. 1*.
- Vargas, R. P. (et al., 2008). *Psidium guajava*: A review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *Journal of Ethnopharmacology Volume 117.*, 1-27.
- Villaseñor, C. A. (et al., 2011. ). Comportamiento de los frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.) sometidos a impacto. *Rev Cie Téc Agr Rev Cie Téc Agr Vol 20 N° 1*.



Wattiaux, M. (s.f). Nutrición y Alimentación. Wisconsin EEUU: Instituto Babcock para el desarrollo e investigación en la industria de la lechería.

Yam, J. V. (et al., 2010). Una revisión sobre la importancia del fruto de Guayaba (*Psidium guajava* L.) y sus principales características en la postcosecha. *Revista Técnica de Agronomía* Vol. 19 N°.4..

