UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DEL JUGO DE LIMÓN TAHITÍ (*Citrus latifolia tan*) SEGÚN SU GRADO DE MADURACIÓN EN PUCALLPA.

Tesis para optar el título profesional

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PATRICK CLUIVER, ALARCON RENGIFO

Pucallpa, Perú

2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGROINDUSTRIAL

ANEXO 4

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para estudiar y escuchar la sustentación de la tesis, presentado por el Bachiller **PATRICK KLUIVER ALARCON RENGIFO** denominada: **"CARACTERIZACION FISICOQUIMICA DEL JUGO DE LIMON TAHITI (CITRUS LATIFOLIA TAN) SEGÚN SU GRADO DE MADURACION EN PUCALLPA"**

Teniendo en consideración los méritos del referido trabajo, así como los conocimientos demostrados por el sustentante lo declaramos: .....Aprobado..... con el calificativo (*) .....Mayoría.....

En consecuencia, queda en condición de ser considerado Apto por el Consejo Universitario y recibir el: Título de **INGENIERO AGROINDUSTRIAL**, de conformidad con lo estipulado en Art. 10 del Reglamento general de grados académicos, título profesional y título de segunda especialidad profesional de la Universidad Nacional de Ucayali.

Pucallpa, ...19..... de ....Mayo..... de 2026.

.....
Dr. Edgar Vicente Santa Cruz
Presidente

.....
Dr. Milton Miguel Pirro Lozano
Primer Miembro

.....
Mg. José Manuel Ramírez Vásquez
Segundo Miembro

.....
Dr. Edgardo García Saavedra
Asesor

(*) De acuerdo con el Art. 21 del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, éstas deberán ser calificadas con términos de Sobresaliente, Aprobado por Unanimidad, Aprobado por Mayoría y Desaprobado.

APROBACION DE TESIS

Esta tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para optar el Título de Ingeniero Agroindustrial.

Dr. Edgar Vicente Santa Cruz

.....
Presidente

Dr. Milton Miguel Pirro Lozano

.....
Primer Miembro

Mg. José Manuel Ramírez Vásquez

.....
Segundo Miembro

Dr. Edgardo García Saavedra

.....
Asesor

Bach. Patrick Kluiver Alarcón Rengifo

.....
Tesista

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

N° **V/801-2025**.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"**CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DEL JUGO DE LIMÓN TAHITÍ (*Citrus latifolia tan*) SEGÚN SU GRADO DE MADURACIÓN EN PUCALLPA**"

Autor(es)	:	**ALARCON RENGIFO, PATRICK KLUIVER**
Facultad	:	**CIENCIAS AGROPECUARIAS**
Escuela	:	**ING. AGROINDUSTRIAL**
Asesor(a)	:	**Dr. GARCÍA SAAVEDRA, EDGARDO**

Presenta un **porcentaje de similitud de 6%,** verificado en el Sistema Antiplagio COMPILATIO,

De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el articulo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación presenta un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 23/12/2025

Dr. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, Patrick Kluiver Alarcon Rengifo

Autor de la tesis titulada : Caracterizacion Fisicoquimica Del Jugo De Limon Tahiti (Citrus Latifolia Tan) Segun Su Grado De Maduracion En Pucallpa

Sustentada el año 2026

Asesor(a): Edgardo Garcia Saavedra

Facultad: Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional: Ingenieria Agroindustrial

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 13 / 11 / 2026

Email: Kluiveralarcon@gmail.Com Firma:

Teléfono: 979917363 DNI: 76173628

DEDICATORIA

Con mucho amor y cariño para mis padres, Carlos Enrique y Celinda Ofelia, por su confianza depositada en mí, fueron ellos mi fuente de inspiración, motivación y por su permanente apoyo, para el logro de mi objetivo, ser un profesional de bien.

Con profundo cariño para mis hermanos, Ángeles Purísima, Nicky Rodrigo; Carlos Benjamín, por estar siempre conmigo en los momentos buenos y malos, sus motivaciones me impulsaron a seguir avanzando en la consecución de mis metas.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Ucayali, mi alma mater.

A la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial, por haber contribuido a mi formación profesional.

A toda la plana docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, por haber contribuido con lo mejor de sus conocimientos, experiencias y dedicación, en mi formación durante mi etapa universitaria.

Al Dr. Edgardo García Saavedra, mi mentor, por su tiempo y experiencia en todo el proceso de ejecución de mi tesis.

A mis tíos, Édison Omar Puga Rengifo, Ketty del Águila Gonzales, Carlos Manuel Díaz Tuesta y Lily Isabel Rengifo Paredes, por su apoyo incondicional en todo el trayecto de mi carrera universitaria y el cumplimiento de mi más grande anhelo, ser un profesional de bien.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA……vi

AGRADECIMIENTO vii

INDICE GENERAL viii

RESUMEN..... xii

ABSTRACT xiii

INDICE DE TABLAS xiv

INDICE DE FIGURAS xv

INTRODUCCIÓN..... 1

CAPITULO I..... 3

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 3

1.1. Descripción y fundamentación del problema 3

1.2. Formulación del problema general y específicos..... 4

1.2.1. Problema general 4

1.2.2. Problemas específicos..... 4

1.3. Objetivo general y objetivos específicos..... 5

1.3.1. Objetivo general 5

1.3.2. Objetivos específicos..... 5

1.4. Hipótesis y/o sistema de hipótesis..... 5

1.4.1. Hipótesis general..... 5

1.4.2. Hipótesis específicas..... 5

1.5. Operacionalización de las variables 6

1.6. Justificación e importancia..... 7

CAPITULO II..... 8

MARCO TEÓRICO 8

2.1. Antecedentes..... 8

2.1.1. Antecedentes internacionales..... 8

2.1.2. Antecedentes nacionales..... 9

2.2. Bases Teóricas 11

2.2.1. Generalidades del Limón..... 11

2.2.2. Clasificación taxonómica del limón Tahití 12

2.2.4. Evolución de maduración 13

2.2.5. Características físicas..... 13

2.2.6. Vitamina C y Antioxidantes 14

2.2.7. Usos del limón 16

2.2.8. Productividad del limón Tahití 17

2.3. Definiciones conceptuales..... 18

CAPITULO III..... 20

METODOLOGÍA..... 20

3.1. Método de investigación 20

3.1.1. Métodos y Técnicas de Recolección de Datos 20

3.2. Tipo y nivel de investigación 24

3.3. Población y muestra 24

3.4. Componentes en estudio 24

3.5. Tratamientos en estudio 25

3.5.1. Aplicación de la prueba estadística inferencial 25

3.6. Diseño experimental 27

3.7. Ejecución del experimento 28

3.7.1. Ubicación y duración del estudio 30

3.7.2. Condiciones ambientales 30

3.7.3. Proceso experimental 31

3.7.4. Variables evaluadas 33

CAPITULO IV 34

RESULTADOS 34

4.1. Resultados fisicoquímicos 34

4.1.1. Potencial de Hidrogeno (pH) 34

4.1.2. Sólidos solubles (°Bx) 35

4.1.3. Acidez titulable 37

4.2. Resultados de vitamina C 39

4.3. Resultados de capacidad antioxidante 40

CAPITULO V 43

DISCUSIÓN 43

5.1. Caracterización Fisicoquímica del jugo de limón Tahití en estado verde, pintón y maduro 43

5.1.1. Potencial de hidrogeno (pH) 43

5.1.2. Sólidos solubles (°Bx) 44

5.1.3. Acidez titulable 45

5.1.4. Vitamina C 46

5.2. Capacidad antioxidante del jugo de limón Tahití (DPPH) 48

CAPITULO VI 51

CONCLUSIONES 51

CAPITULO VII 52

RECOMENDACIONES 52

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 53

ANEXOS 58

RESUMEN

El limón, es un fruto muy apreciado en la región de Ucayali y otras áreas del país, se caracteriza por ser de sabor acido y de gran utilidad en la gastronomía, posee un agradable aroma y es usado con mucha frecuencia en bebidas, licores y comidas. Existen muchas variedades, como el limón regional, sidra, Taití, entre otros, este último es de mayor uso y consumo en la preparación del ceviche. Esta investigación consistió en caracterizar el jugo de limón Taití, con el fin de conocer las variaciones fisicoquímicas, su contenido en vitaminas C y su capacidad antioxidante según su grado de maduración y darle el mejor uso agroindustrial. Los tratamientos planteados en la investigación fueron: LV_1: Limón verde, LP_2: Limón pintón y LM_3: Limón maduro. Se evaluaron las características fisicoquímicas (pH, Acidez titulable, ºBrix, vitamina C y capacidad antioxidante). El diseño utilizado para el análisis de datos de los diferentes estados de madurez del limón, fue un DCA. Los resultados obtenidos en la presente investigación son los siguientes: Las características fisicoquímicas del jugo de limón Tahití en los tres estados de madurez: pH: LV1=1.59, LP2 =1.70 y LM3 = 2.01. Sólidos solubles: LV1=6.30 °Bx, LP_2: 7.73 °Bx y LM_3: 9.63 °Bx. Acidez titulable: LV_1: 6.68 %; LP_2: 5.58 % y LM_3: 4.67 % de ácido cítrico respectivamente. El contenido de vitamina C fueron: LV_1: 80.213 mg/100 mL de muestra; LP_2: 51.570 mg/100 mL de muestra y LM_3: 17.580 mg/100 mL de muestra. La capacidad antioxidante fue: LV_1: 4.25 mmol TE/100 mL de muestra; LP_2: 2.82 mmol TE/100 mL de muestra y LM_3: 1.09 mmol TE/100 mL de muestra. Todos los tratamientos evaluados mostraron diferencias significativas a un nivel de 0.05.

Palabras claves: Limón, antioxidante, vitamina C, madurez.

ABSTRACT

The lemon is a highly valued fruit in the Ucayali region and other areas of the country. It is characterized by its acidic flavor and great utility in gastronomy. It has a pleasant aroma and is frequently used in beverages, liqueurs, and dishes. Many varieties exist, such as the regional lemon, cider lemon, and Tahiti lemon, among others. The latter is the most widely used and consumed in the preparation of ceviche. This research consisted of characterizing Tahiti lemon juice to determine its physicochemical variations, vitamin C content, and antioxidant capacity according to its stage of ripeness, and to optimize its agro-industrial applications. The treatments used in the research were: LV1: Green lemon, LP2: Semi-ripe lemon, and LM3: Ripe lemon. The physicochemical characteristics (pH, titratable acidity, °Brix, vitamin C, and antioxidant capacity) were evaluated. A completely randomized design (CRD) was used for data analysis of the different stages of lemon ripeness. The results obtained in this investigation are as follows: The physicochemical characteristics of Tahiti lime juice at three stages of ripeness were: pH: LV1=1.59, LP2=1.70, and LM3=2.01. Soluble solids: LV1=6.30 °Bx, LP2=7.73 °Bx, and LM3=9.63 °Bx. Titratable acidity: LV1=6.68%, LP2=5.58%, and LM3=4.67% citric acid, respectively. The vitamin C content was: LV1=80.213 mg/100 mL of sample; LP2=51.570 mg/100 mL of sample; and LM3=17.580 mg/100 mL of sample. The antioxidant capacity was: LV1=4.25 mmol TE/100 mL of sample; LP2: 2.82 mmol TE/100 mL of sample and LM3: 1.09 mmol TE/100 mL of sample. All treatments evaluated showed significant differences at a level of 0.05.

Keywords: Lemon, antioxidant, vitamin C, ripeness.

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación Taxonómica 12

Tabla 2. Características químicas del jugo de limón 12

Tabla 3. Recolección de datos por objetivos 24

Tabla 4. Análisis a determinar en la investigación 25

Tabla 5. ANOVA del potencial de hidrogeno del limón verde, pintón y maduro 34

Tabla 6. Comparación múltiple de tukey del limón verde, pintón y maduro 34

Tabla 7. ANOVA del sólido soluble del limón verde, pintón y maduro 35

Tabla 8. Comparación múltiple de tukey del limón Tahití verde, pintón y maduro 36

Tabla 9. ANOVA de la acidez titulable del limón verde, pintón y maduro 37

Tabla 10. Comparación múltiple de tukey de la acidez titulable del limón verde, pintón y maduro……..38

Tabla 11. ANOVA de la vitamina C del limón verde, pintón y maduro 39

Tabla 12. Comparación múltiple de tukey para la vitamina C del limón verde, pintón y maduro…….39

Tabla 13. ANOVA de la capacidad antioxidante del extracto de limón verde, pintón y maduro…….41

Tabla 14. Comparación múltiple de tukey del extracto de limón verde, pintón y maduro…….41

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diseño experimental de la investigación 27

Figura 2. Diagrama de flujo para la extracción del jugo de Limón Tahití según su grado de madurez 28

Figura 3. Promedio del pH del limón Tahití verde, pintón y maduro 35

Figura 4. Promedio de Sólidos solubles (ºBx) del limón verde, pintón y maduro ... 36

Figura 5. Promedio de la acidez titulable del limón verde, pintón y maduro 38

Figura 6. Promedio de la vitamina C del limón verde, pintón y maduro 40

Figura 7. Promedio de la Capacidad antioxidante del limón verde, pintón y maduro……42

INTRODUCCIÓN

El limón Tahití (*Citrus latifolia Tanaka*), es una fruta ácida sin semillas, es un cultivo de gran relevancia agronómica y comercial a nivel nacional, apreciado por su abundante jugo, aroma floral y sabor refrescante, características que lo hacen fundamental en la gastronomía (como aderezo en ceviches y otros platos) e industria de bebidas. En el Perú, existen zonas como el norte del país que concentran gran parte de la producción, pero, existe un interés creciente en el potencial productivo de este cítrico en regiones como Ucayali.

La calidad y composición del jugo de los cítricos experimentan cambios significativos durante el proceso de maduración, lo cual influye directamente en su aptitud para el consumo fresco, procesamiento industrial y vida útil postcosecha. Parámetros como el contenido de sólidos solubles (grados Brix), acidez titulable (ácido cítrico), pH y porcentaje de jugo son indicadores clave del estado de madurez fisiológica y comercial de la fruta. La determinación precisa de estos atributos es esencial para optimizar las prácticas de manejo del cultivo, definir el momento óptimo de cosecha y estandarizar la calidad del producto final, lo cual es crucial para mejorar la competitividad tanto en el mercado interno como para la exportación.

A pesar de su importancia, existen estudios limitados sobre las características específicas del limón Tahití cultivado en las condiciones agroclimáticas particulares de Pucallpa, donde factores ambientales únicos podrían influir en el desarrollo y composición del fruto. Esta investigación busca cubrir ese vacío de conocimiento, proporcionando información valiosa para los agricultores, agroindustrias y entidades relacionadas con el agronegocio en la región.

Según Domínguez & Ordoñez (2013) el limón Tahití contiene grandes cantidades de vitamina C, antioxidantes, que promueven la formación de hueso, ayudan a la salud ocular. Inhiben la formación de radicales libres, responsables del envejecimiento de las células del cuerpo y disminuye los riesgos de cáncer. Además, la presencia de flavonoides funciona como defensa contra la radiación UV.

El objetivo principal de este estudio fue realizar la caracterización fisicoquímica del jugo de limón Tahití (*Citrus latifolia* tan) según su grado de maduración en la ciudad de Pucallpa. La investigación analizó y comparó parámetros clave en diferentes etapas de madurez, lo que permitió establecer criterios de calidad específicos para la fruta producida en esta localidad y contribuir a la valorización de este cultivo en la Amazonía peruana.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción y fundamentación del problema

El limón Tahití (*Citrus latifolia*) es una de las variedades de cítricos más cultivadas en diversas zonas de la ciudad de Pucallpa, ubicada en la región Ucayali, pero que, las condiciones climáticas y edáficas pueden influir en las características fisicoquímicas del jugo de limón a lo largo de su maduración.

Este fruto es comercializado y producido por los diferentes departamentos, ya que su consumo trae muchos beneficios, tanto para el productor como para el consumidor por los múltiples beneficios que contiene (Barbosa Peña, et al., 2019)

Según Domínguez y Ordoñez (2013) el limón Tahití contiene cantidades considerables de vitamina C, antioxidantes, que ayudan la formación de hueso y la salud ocular. Inhiben la formación de radicales libres, responsables del envejecimiento de las células del cuerpo y disminuye los riesgos de cáncer. Además, la presencia de flavonoides funciona como defensa contra la radiación UV.

El jugo de limón en términos de sabor y de valor nutricional, puede verse afectada a medida que el grado de maduración de los frutos avanza. En la región de Ucayali, existe un vacío de información respecto al impacto de la composición fisicoquímica del jugo de limón en relación con el grado o nivel de maduración del fruto.

El estudio de sus características fisicoquímicas del jugo de limón Tahití es fundamental para determinar la mejor calidad del fruto y maximizar su aprovechamiento en la agroindustria, además, el conocimiento sobre los cambios en la concentración de azúcares, ácidos, entre otros componentes a lo largo del proceso

de maduración, ayudando a los productores y consumidores a tomar decisiones informadas del mejor momento para su aprovechamiento basadas en estos aspectos.

Por ello, esta investigación tuvo como objetivo analizar los cambios en las características fisicoquímicas del jugo de limón Tahití en diferentes estados de madurez, con el fin de generar información relevante para productores, comerciantes y la industria alimentaria en Pucallpa. Con estos datos, se podrá establecer criterios para la selección y manejo del limón Tahití que favorezcan tanto la producción como la comercialización del limón en la región.

1.2. Formulación del problema general y específicos

1.2.1. Problema general

¿Existirán diferencias en las características fisicoquímicas del jugo de limón Tahití según su grado de maduración (verde, pintón y maduro) en Pucallpa?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál será el nivel de acidez (pH, Acidez titulable) del jugo de limón Tahití según su grado de maduración (verde, pintón y maduro) en Pucallpa?
- ¿Qué diferencias habrá en los niveles de ácido ascórbico (Vitamina C) del jugo de limón Tahití según su grado de maduración (verde, pintón y maduro) en Pucallpa?
- ¿Cuál será el contenido de solidos solubles del jugo de limón Tahití según su grado de maduración (verde, pintón y maduro) en Pucallpa?
- ¿Cuánto será la capacidad antioxidante del jugo de limón Tahití según su grado de maduración (verde, pintón y maduro) en Pucallpa?

1.3. Objetivo general y objetivos específicos

1.3.1. Objetivo general

Caracterizar las variaciones fisicoquímicas del jugo de limón Tahití, según el grado de maduración.

1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar y comparar el nivel de acidez (pH, Acidez titulable) del jugo de limón Tahití según su grado de maduración (verde, pintón y maduro) en Pucallpa.
- Determinar los niveles de ácido ascórbico (Vitamina C) del jugo de limón Tahití y compararlos según su grado de maduración (verde, pintón y maduro) en Pucallpa.
- Determinar el contenido de solidos solubles del jugo de limón Tahití y compararlos según su grado de maduración (verde, pintón y maduro) en Pucallpa.
- Analizar la capacidad antioxidante del jugo de limón Tahití y compararlos según su grado de maduración (verde, pintón y maduro) en Pucallpa.

1.4. Hipótesis y/o sistema de hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

H_0: La caracterización fisicoquímica del jugo de limón Tahití no varía significativamente según su grado de maduración (verde, pintón y maduro).

1.4.2. Hipótesis específicas

- H_0: Los niveles de acidez (pH, Acidez titulable) del jugo de limón Tahití no varían significativamente según el grado de maduración (verde, pintón y maduro) en Pucallpa.

- H_0: Los niveles de ácido ascórbico (Vitamina C) del jugo de limón Tahití no varían significativamente según el grado de maduración (verde, pintón y maduro) en Pucallpa.
- H_0: El contenido de solidos solubles del jugo de limón Tahití no varían significativamente según el grado de maduración (verde, pintón y maduro) en Pucallpa.
- H_0: La capacidad antioxidante del jugo de limón Tahití no varía significativamente según el grado de maduración (verde, pintón y maduro) en Pucallpa.

1.5. Operacionalización de las variables

➢ **Variables independientes**

Estado de madurez de limón Tahití

LV_1: Verde

LP_2: Pintón

LM_3: Maduro

➢ **Variables dependientes**

- Propiedades fisicoquímicas (ºBrix, pH, acidez titulable)
- Contenido de Vitamina C
- Capacidad antioxidante.

1.6. Justificación e importancia

El limón Tahití (*Citrus latifolia*) es un cultivo de gran importancia en la ciudad de Pucallpa, donde su producción y comercialización forman parte de la economía local.

Sin embargo, el desconocimiento sobre cómo varían sus características fisicoquímicas en los diferentes grados de madurez puede afectar su calidad, vida útil y aplicaciones tanto en el consumo directo como en la industria alimentaria.

Al tener información sobre las características fisicoquímicas del jugo en función de su maduración, los productores agroindustriales pueden mejorar la eficiencia de sus procesos de extracción y almacenamiento.

La investigación puede abrir la puerta a nuevas oportunidades de desarrollo de productos en la industria agroindustrial. Entender cómo la maduración afecta la calidad del jugo puede permitir a los productores agregar valor a su producto a través del procesamiento, esto puede incluir la producción de concentrados, esencias o mezclas con otras frutas.

Los resultados obtenidos en esta investigación, nos permitirá conocer, las características fisicoquímicas en diferentes grados de madures, estos datos pueden ser utilizados para futuras mejoras en la agroindustria.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Castellano et al. (2016). Esta investigación se se centró en investigar cómo las diferentes temperaturas de almacenamiento afectan las propiedades físicas y químicas del limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka), se utilizaron un total de 120 limones en estado de madurez fisiológica, asegurándose de que no presentaran daños. Estos frutos fueron divididos en grupos y almacenados a tres temperaturas distintas (10, 18 y 30 ºC) durante un período de siete días. Las variables evaluadas fueron biomasa fresca inicial (BMFi) y final (BMFf), pérdida de biomasa (PBM), diámetro polar (DP), diámetro ecuatorial (DE), grosor de la cáscara (GC), firmeza del fruto (F), porcentaje de jugo (PJ), porcentaje de pulpa (PP) y porcentaje de cáscara (PC). Para los análisis químicos del jugo extraído, se midieron los Sólidos Solubles Totales (con valores esperados entre 8 y 9 °Brix), el pH (rango de 2.2 a 2.6), la acidez titulable (rango de 5.5 a 7.5 %), el contenido de vitamina C y el índice de madurez (relación SST/AT). Los resultados mostraron diferencias significativas ($P<0,05$) en las características físicas y químicas en los frutos almacenados a diferentes temperaturas.

Rodríguez et al. (2020). Esta investigación tuvo como propósito principal evaluar la calidad de los jugos naturales de cuatro frutas cítricas cultivadas en la región noreste de México, mediante la determinación de sus características fisicoquímicas.

Las frutas analisadas fueron las mandarinas persa, mandarina Murcott, la naranja Valencia y la toronja sangría. Los resultados obtenidos para cada tipo de jugo, respectivamente, fueron: Limón persa un pH 2.16, Sólidos solubles (°Bx) 7,35, Acidez Titulable (%) 6.14, Acido ascórbico (mg/100ml) 23.69, Indice de madurrz(SST/AT) 1.20; Mandarina Murcott: pH 3.61, Sólidos solubles (°Bx) 14.62, Acidez Titulable (%) 1.12, Acido ascórbico (mg/100ml) 29.10, Indice de madurrz(SST/AT) 13.54; Naranja valencia pH 3.61, Sólidos solubles (°Bx) 10,71, Acidez Titulable (%) 0.85, Acido ascórbico (mg/100ml) 56.01, Indice de madurrz(SST/AT), 12.76 y Toronja sangría pH 3.19, Sólidos solubles (°Bx) 10.34, Acidez Titulable (%) 1.27, Acido ascórbico (mg/100ml) 38.05, Indice de madurrz(SST/AT) 8.21.

García et al. (2017). Se enfocarón en determinar la relación existente entre los parámetros fisicoquímicos internos del fruto del limón persa y su coloración externa, como indicadores de calidad. El estudio calculó el índice, tono y ángulo de color para diferentes calidades de limón, registrando diferencias significativas entre ellas. Paralelamente, se realizaron análisis fisicoquímicos en los cuales se obtuvieron los siguientes rangos de resultados: sólidos solubles entre 7,46 y 9,54 °Brix, un pH que osciló entre 2,27 y 2,30, y una acidez titulable de 6,23 a 6,92 %. Los resultados mostraron la existencia de correlaciones tanto positivas como negativas entre los parámetros fisicoquímicos y las mediciones de coloración para las distintas calidades de fruta analizadas.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Domínguez & Ordoñez. (2013). Tuvieron como objetivo principal evaluar diversos parámetros fisicoquímicos y la capacidad antioxidante en jugos cítricos

específicos, luego de un período de almacenamiento refrigerado. Los investigadores analizaron muestras de zumos de lima dulce, limón Tahití, limón rugoso y mandarina cleopatra, que fueron conservados a una temperatura de 5 °C durante 20 días. Los parámetros medidos incluyeron el pH, la acidez titulable y el contenido de sólidos solubles totales (grados Brix), además de la cuantificación de vitamina C y la evaluación de la capacidad antioxidante. Los valores obtenidos para los diferentes jugos fueron: lima dulce pH 5,80; acidez 0,15 % y 6,80 Brix; limón Tahití pH 2,39; acidez 6,70 % y 6,20 Brix; limón rugoso pH 2,13; acidez 7,08 % y 6,0 Brix; mandarina cleopatra pH 2,27, acidez 7,79 % y 6,50 Brix. En cuanto a la capacidad antioxidante, medida mediante el coeficiente de inhibición (IC50) frente a los radicales DPPH+ y ABTS+, se observó un decrecimiento general de esta actividad en todos los zumos tras los 20 días de almacenamiento en frío. Específicamente, los valores de IC50 (µg/ml) fueron: lima dulce 354; limón tahití 457; limón rugoso 420; mandarina cleopatra 482 µg/ml respectivamente; frente al radical ABTS+ para lima dulce 371; limón tahití 469; limón rugoso 432; mandarina cleopatra 513 µg/ml respectivamente; mostrando un decrecimiento de la actividad antioxidante de todos los zumos cítricos frente al radical DPPH+ y ABTS+ a los 5 °C/ 20 días. El contendido de vitamina C fue: lima dulce 50,2; limón tahití 21,1; limón rugoso 27,7 y la mandarina cleopatra 16,1 mg.vit.C/100 ml zumo respectivamente; observándose un decrecimiento de 31, 44, 26, 47 % de la vitamina C a los 5 °C/ 20 días.

Nuñez y Castellano. (2014). Tuvieron como objetivo determinar las características físicas y químicas del limón criollo (*Citrus aurantifolia* Chris.) en función de su grado de madurez. Los frutos fueron cosechados en tres estadios

de maduración distintos (verde, pintón y maduro), seleccionándose 30 frutos sanos para cada categoría. Se realizaron análisis químicos del jugo, obteniéndose los siguientes resultados promedio según el estado de madurez: sólidos solubles (Brix) verde(7.6), pinton (8.5) y maduro (9.0), pH verde (1.6), pinton (2.0) y maduro (2.5), acidez titulable (AT) verde (6.6), pinton (6.2) y maduro (5.6) y vitamina C verde (55), pinton (48) y maduro (46). Como conclusión principal, los autores determinaron que, a medida que el proceso de maduración del limón criollo avanza, se producen cambios proporcionales y evidentes tanto en las variables físicas como en la composición química del fruto, como el aumento de los sólidos solubles y el pH, y la disminución de la acidez titulable y la vitamina C.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Generalidades del Limón

El limón Tahití, también conocido como limón persa, limón sin semilla o limón Messina (*Citrus latifolia* Tanaka), es una fruta cítrica cuyo origen se localiza en el sudeste de Asia. Generalmente se cultiva en regiones tropicales y es altamente valorado por su uso en la gastronomía debido a su aroma distintivo.

El árbol de limón Tahití es de tamaño pequeño, raramente superando los cuatro metros de altura, y se caracteriza por ser espeso, con ramas delgadas y numerosas espinas. El fruto tiene una forma que puede variar de ovalada a elíptica, dependiendo de la variedad específica.

Las características físicas del fruto incluyen una cáscara delgada y suave que se adhiere firmemente a los segmentos internos. Externamente, el fruto es de color verde oscuro cuando está inmaduro y adquiere un tono ligeramente

amarillo al alcanzar la madurez. Una característica comercial importante es que es un fruto sin semillas. El interior está dividido en gajos (segmentos) que contienen abundante jugo.

En el contexto peruano, el limón Tahití se presenta fresco en el mercado y se produce en diversos departamentos, destacando Lambayeque, Piura, Ica y La Libertad (Hawkins y Reyes, 2022).

2.2.2. Clasificación taxonómica del limón Tahití

Tabla 1. Clasificación Taxonómica

Reino	Plantae
Clase	Equisetopsida
Subclase	Magnoliidae
Superorden	Rosanae
Orden	Sapindales
Familia	Rutaceae
Genero	Citrus
Especie	Citrus × latifolia

Fuente: (AGROSAVIA, 2020)

2.2.3. Caracteristicas químicas

Tabla 2. Características químicas del jugo de limón

Componentes	Cantidad
Agua	91.8 gr.
Proteína	0.3 gr.
Grasa	0.3 gr.
Carbohidratos	6.3 gr.
Fibra	1.0 gr.
Ceniza	0.3 gr.

Calcio	13.0 mg
Fosforo	1.0 mg
Hierro	0.4 mg
Tiamina	0.02 mg
Ácido ascórbico	25. 0 mg

Fuente: (INCAP, 2007)

2.2.4. Evolución de maduración

Según García Lidón et al.(2003). La maduración se entiende como la serie de transformaciones físicas, químicas y sensoriales (sabor y textura) que ocurren en un fruto desde que alcanza su máximo tamaño hasta completar su desarrollo.

Este proceso de maduración implica cambios característicos como la alteración del color de la cáscara, una disminución de la firmeza del tejido, el incremento en la concentración de azúcares solubles, la reducción de los niveles de almidón y un descenso en la acidez libre del fruto.

Una vez superado el punto óptimo de madurez, el fruto entra en la fase de senescencia. Esta etapa se define por la pérdida de turgencia de los tejidos y, finalmente, por la abscisión (separación de la planta). Durante la senescencia, los procesos metabólicos pierden el control enzimático, lo que resulta en una inevitable pérdida de calidad del producto.

2.2.5. Características físicas

El fruto del limón, al igual que todos los cítricos, se compone fundamentalmente de dos partes principales: la corteza (piel) y los gajos (segmentos internos).

La corteza está estructurada por dos capas de tejidos: el epicarpio y el mesocarpio.

El Epicarpio: Corresponde a la capa más externa del fruto. Se subdivide en dos zonas: la epidermis y la hipodermis.

El Mesocarpio: Se divide en una zona externa y una interna.

La combinación del epicarpio y el mesocarpio externo conforman la parte coloreada de la cáscara. Esta capa recibe el nombre de flavedo, término que hace referencia a su coloración (amarilla o verde) cuando el fruto ha madurado.

Por otro lado, el mesocarpio interno está compuesto por un conjunto de células altamente modificadas que se organizan en una red compleja. Esta estructura reticular, caracterizada por sus grandes espacios vacíos, es la responsable de la textura esponjosa de la parte blanca interna de la cáscara (albedo). (García Lidón et al. 2003).

2.2.6. Vitamina C y Antioxidantes

El limón Tahití es una de las variedades de cítricos más apreciadas no solo por su jugosidad y aroma, sino también por su alto contenido de compuestos antioxidantes. Estos antioxidantes naturales, principalmente vitamina C y flavonoides, cumplen un papel clave en la protección celular frente al daño oxidativo y en la calidad nutracéutica del fruto Arias et al. (2023)

Según Caxi Suaña. (2013). Los antioxidantes son moléculas capaces de neutralizar radicales libres, evitando el estrés oxidativo que puede dañar proteínas, lípidos y ADN. En los cítricos, estos compuestos derivan de polifenoles, vitaminas y metabolitos secundarios propios de la planta.

En el limón Tahití, los antioxidantes contribuyen a:

- La calidad sensorial (color, aroma, sabor).
- La resistencia a deterioro poscosecha.
- Las propiedades funcionales y beneficios para la salud.

Es el antioxidante más abundante en los cítricos. En limón Tahití:

- Se encuentra en concentraciones de 30–50 mg/100 mL de jugo (valores promedio en cítricos similares).
- Actúa como agente reductor capaz de neutralizar radicales libres.

La vitamina C es el principal antioxidante del limón y contribuye a:

- La inmunomodulación.
- La síntesis de colágeno.
- La regeneración de otros antioxidantes como la vitamina E

Según García Lidón et al. (2003). La dieta humana es la fuente fundamental de todos los nutrientes necesarios para el organismo. Estos componentes se clasifican tradicionalmente en:

- Fuentes que aportan energía (carbohidratos, grasas y proteínas).
- Fuentes de aminoácidos esenciales y no esenciales (proteínas).
- Ácidos grasos insaturados (grasas).
- Minerales (oligoelementos).
- Vitaminas (compuestos orgánicos solubles en agua y grasa).

Las vitaminas son sustancias orgánicas vitales e imprescindibles para los procesos metabólicos de los seres vivos. Es importante notar que no actúan

como combustible y, por lo tanto, no proporcionan energía directamente; sin embargo, su presencia es crucial, ya que sin ellas el organismo sería incapaz de asimilar y utilizar eficientemente los componentes energéticos y constructivos provistos por la alimentación. Su función principal suele ser actuar como precursoras de las coenzimas, a partir de las cuales se sintetizan los miles de enzimas que regulan las innumerables reacciones químicas esenciales para la vida celular.

2.2.7. Usos del limón

Según Acosta Motos et al. (2020). El limón es el cítrico más común de nuestras cocinas por su peculiar sabor, aroma y color. Para adquirir un buen limón, hay que fijarse en que sea compacto, que no presente ningún tipo de magulladuras y que tenga una piel de color intenso. Se deberán rechazar aquellos que muestren una textura blanda y sean de color pálido. Un buen limón puede permanecer fuera de cámara durante dos o tres semanas, sin llegar a deteriorarse. Son numerosas las utilidades que se les puede dar al limón, pero la principal utilidad está su jugo. El jugo de limón sirve de conservante para nuestros alimentos. Ayuda a la maceración de diversos platos de carne y pescado. Su piel también tiene un importante valor ya que la podemos utilizar como infusión para realzar el sabor.

Se utiliza en bebidas naturales, jugos industriales, refrescos y cócteles, en salsas, aderezos, marinados y productos de panadería. Conservante en la industria alimentaria, pectina extraída de la cáscara para la fabricación de jaleas y mermeladas y jarabes y néctares para la producción de bebidas con alto contenido de vitamina C (Acosta Motos et al. 2020).

2.2.8. Productividad del limón Tahití

Según SENASA (2013). El cultivo se adapta bien a climas tropicales-subtropicales con temperaturas medias entre ~22–30 °C y suelos bien drenados, preferiblemente franco-arenosos con pH ligeramente ácido a neutro. En la costa peruana, la disponibilidad y manejo del agua (riego tecnificado, por ejemplo, riego por goteo o microaspersión según textura de suelo) son críticos; el consumo hídrico y la eficiencia de riego condicionan en gran medida la productividad. Las prácticas recomendadas incluyen poda de formación y producción, fertilización balanceada (con análisis foliar), control integrado de plagas (cochinillas, minadores, trips), manejo poscosecha (calibrado, selección) y uso de buenas prácticas agrícolas para acceder a mercados exigentes. Las guías técnicas nacionales recogen recomendaciones específicas para registrar riegos, manejo de agua y sanidad.

Según Agraria. (2024). Las principales regiones productoras del limón en Perú se concentran en la costa norte, destacando Piura como la más importante (más del 60% del área nacional en algunos reportes recientes), seguida por Lambayeque, La Libertad y otras zonas con expansión tecnificada. Piura concentra gran parte de la superficie y la producción, convirtiéndose en el eje del crecimiento del limón Tahití en el país

Los rendimientos reportados varían según intensidad tecnológica: promedios nacionales en zonas convencionales pueden rondar entre 10–12 t/ha, mientras que explotaciones más tecnificadas alcanzan rendimientos superiores (reportes y fichas técnicas muestran rangos diversos dependiendo de manejo, edad del huerto y condiciones locales). La productividad está fuertemente condicionada por la disponibilidad de agua, la sanidad del cultivo

y la calidad del manejo agronómico Perú ha incrementado sus despachos de limón Tahití en campañas recientes; los principales destinos incluyen países latinoamericanos (p. ej. Chile), Europa y Norteamérica. Los volúmenes y valores exportados han mostrado variaciones por campañas, pero la tendencia hasta 2022–2023 fue de crecimiento en envíos y en contenedores. Para la exportación se exige cumplir con requisitos fitosanitarios y de calidad (Agraria, 2024).

Según Hawkins y Reyes. (2022). Entre los principales desafíos para la consolidación de la producción de limón Tahití en el Perú se identifican:

- **Escasez y gestión del agua**: la limitación hídrica en la costa norte (y eventos extremos como El Niño) reduce floración y producción.

- **Acceso a financiamiento y tecnificación**: muchos pequeños productores enfrentan barreras para invertir en sistemas de riego, viveros certificados y fertilización.

- **Certificaciones y acceso a mercados**: los requisitos fitosanitarios y de inocuidad para exportación imponen estándares que no todos los productores pueden alcanzar sin apoyo técnico

2.3. Definiciones conceptuales

- ✓ **Limón Tahití:** Es una especie de cítrico perteneciente a la familia *Rutaceae*, caracterizada por su fruto de tamaño mediano, corteza verde intensa y pulpa jugosa sin semillas. Es ampliamente cultivado en regiones tropicales y subtropicales por su alto contenido de ácido cítrico y vitamina C, además de su uso en la industria alimentaria y de bebida

- ✓ **Grado de madurez:** Se refiere al estado fisiológico y bioquímico del fruto que determina su composición química, textura, color y sabor. La madurez influye directamente en los niveles de acidez, azúcares, vitamina C y capacidad antioxidante del limón. Se clasifica en tres etapas principales: verde, pintón y maduro.
- ✓ **Características fisicoquímicas:** Son los atributos medibles que describen la composición física y química de un alimento, tales como el pH, los sólidos solubles, la acidez titulable, la vitamina C y la capacidad antioxidante. Estos parámetros determinan la calidad nutricional, sensorial y funcional del jugo
- ✓ **Vitamina C:** Es un antioxidante hidrosoluble esencial en la dieta humana que participa en la síntesis de colágeno y en la protección celular contra el daño oxidativo. En los cítricos, su contenido disminuye con el avance de la madurez debido a procesos de oxidación y degradación enzimática
- ✓ **Capacidad antioxidante:** Es la habilidad de los compuestos presentes en el jugo (como la vitamina C, flavonoides y fenoles) para neutralizar los radicales libres y prevenir el daño oxidativo en las células. Este parámetro refleja el valor funcional y nutricional del alimento

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

Esta investigación se basa en la " Caracterización fisicoquímica del jugo de limón Tahití (*Citrus latifolia tan*) según su grado de maduración"**,** tiene un enfoque cuantitativo y un diseño experimental probabilístico. La recolección de datos, se llevó a cabo mediante la medición y cuantificación de las propiedades fisicoquímicas del jugo de limón Tahití en sus diferentes niveles de maduración, para ello, se hicieron uso de instrumentos de medición debidamente calibrados, de forma tal, se obtengan resultados confiables de las propiedades fisicoquímicas, como el pH, los sólidos solubles (°Brix) y la acidez titulable.

El diseño de la investigación es de tipo experimental, porque los frutos de limones en diferentes estados de maduración, fueron obtenidos de diferentes plantas. Además; la extracción del jugo, se realizó escogiendo de la muestra 4 a 5 limones para realizar los análisis fisicoquímicos, esta acción se realizó para cada estado de maduración de los limones y con tres repeticiones. Es probabilístico, porque la elección de las muestras de limón (verde, pintón y maduro) se realizaron al azar.

3.1.1. Métodos y Técnicas de Recolección de Datos

Análisis Fisicoquímicos: Se tomaron muestras representativas de jugo de limón por cada estado de maduración, para medir los parámetros fisicoquímicos, estos análisis se realizaron en el taller de tecnología de frutas y hortalizas:

- **pH:** En un vaso de precipitados de 50 ml, se colocaron 30 ml de jugo de limón, luego, se colocó el sensor de medición del pH y se dejó por aproximadamente 10 minutos hasta que la lectura de los dígitos se estabilizase y se procedió a la lectura de la misma. Este análisis se realizó con un potenciómetro digital para cada uno de los estados de madurez del limón y por tres repeticiones cada uno.

- **Sólidos solubles totales (°Brix):** Primero se calibra el refractómetro digital con agua destilada y se hace la lectura de la misma, cuando esta marca cero (00) se seca el agua y con la ayuda de un gotero, se colocó una gota del jugo de limón en el ojo óptico del refractómetro, se presiona el botón de lectura y automáticamente nos muestra el valor de los °Brix de la muestra. Este análisis se realizó para cada uno de los estados de madurez del limón y por tres repeticiones cada uno.

- **Acidez titulable:** Para determinar la acidez titulable del jugo de limón de los tres estados de madurez, primeramente, se preparó las muestras a analizar, para lo cual se colocaron en un vaso de precipitados 5 ml de jugo de limón por cada estado de madurez y de forma independiente una de la otra, luego se agregó 20 ml de agua destilada y 3 gotas de fenolftaleína, seguidamente se procede a titular con una solución de hidróxido de sodio 0.1 N, la misma que debe dejarse caer a la muestra de gota en gota hasta que la muestra de limón muestre o vire a un color ligeramente rosado, cuando esto ocurre, se cierra la caída del hidróxido de sodio y se hace la lectura del consumo. para obtener una lectura correcta Con una titulación ácido-base de hidróxido de sodio. Este análisis se realizó para cada uno de los estados de madurez del limón y por tres repeticiones cada uno. El cálculo del contenido de

acidez titulable expresado en porcentaje (%) de ácido cítrico, se hace mediante la siguiente formula:

$$\text{Acidez titulable (\% ácido cítrico)} = V \times N \times 0.064 \times 100/m$$

0.064 = gramos equivalentes de ácido cítrico por mL de NaOH 1 N.

Donde:

V: Volumen de NaOH gastado en la titulación (mL).

N: Normalidad del NaOH (normalmente 0.1 N).

EqW: Peso equivalente del ácido predominante (para el ácido cítrico: **64.04 g/mol ÷ 3 = 21.33 mg/meq**).

W: Peso o volumen de la muestra analizada (mL o g)

1000: Conversión de miligramos a gramos

100: Factor para expresar el resultado en porcentaje

- Vitamina C: Según la AOAC la vitamina C se determina reduciendo el ácido ascórbico el colorante **2,6-diclorofenolindofenol (DCPIP)**, pasando de azul a incoloro en medio ácido. La cantidad de reactivo consumido es directamente proporcional a la cantidad de vitamina C presente en la muestra.

$$\text{Vitamina C (mg / 100 g o mL)} = P\,(V1 - V2) \times F \times 100 / P$$

Donde:

V1: Volumen (mL) de la solución de DCPIP usada en la titulación de la muestra.

V2: Volumen (mL) de DCPIP usado en el blanco

F: Factor de corrección = mg de ácido ascórbico que equivale a 1 mL de DCPIP (determinado por estandarización con solución patrón de ácido ascórbico).

P: Peso (g) o volumen (mL) de la muestra analizada.

100: Factor para expresar el resultado en 100 g o 100 mL de muestra.

- Capacidad antioxidante: se determinó mediante el Método DPPH, la misma que se expresa en trolox. Consiste en que el radical libre **DPPH** (de color violeta) se reduce al radical no coloreado **DPPH-H** cuando reacciona con compuestos antioxidantes presentes en la muestra. La disminución de la absorbancia a 517 nm se mide con un espectrofotómetro y refleja la capacidad antioxidante de la muestra.

$$\text{Capacidad antioxidante (\% inhibición DPPH)} = A_0 - A_s / A_0 \times 100$$

Donde:

A_0: Absorbancia del control (solución DPPH sin muestra)

A_S: Absorbancia de la muestra (solución DPPH + extracto)

100: Factor para expresar el porcentaje de inhibición

El monitoreo y seguimiento correcto de la metodología en la realización de los análisis fisicoquímicos de esta investigación, permitió tener una comparación objetiva de las propiedades del jugo de limón Tahití en sus tres

estados de maduración y determinar cuál de los tratamientos evaluados presenta mejores beneficios para la salud y su consumo en la agroindustria.

3.2. Tipo y nivel de investigación

La investigación de tipo experimental, con enfoque cuantitativo, porque cada tratamiento, porque los frutos de limones se recolectaron de diferentes plantas de limón teniendo en cuenta los estados de madurez del limón (Tratamientos en estudio). Se trata de una investigación de nivel comparativo y explicativo, porque analizamos e interpretamos los resultados sin necesidad de un análisis extenso o profundo de los conocimientos, comparamos y explicamos de manera fácil y sencilla el comportamiento de las características fisicoquímicas, contenido de vitamina C y su capacidad antioxidante del jugo de limón Tahití según los resultados obtenidos.

3.3. Población y muestra

Población: Se consideró la producción de total de limón Tahití del fundo Palestino, ubicado en el km 34 margen izquierda, carretera a Tournavista, caserío Agua Dulce, con geo referenciación es: Latitud: - 8.53999, Longitud: - 74.774456, Elevación: 202.26±10m.

Muestra: Se trabajó con 75 unidades de limón, 25 unidades de limones verdes, 25 limones pintones y 25 limones maduros.

3.4. Componentes en estudio

Tabla 3. Recolección de datos por objetivos

Objetivo especifico	Dimensión	Indicadores	Técnica
✓ Analizar el nivel de acidez del jugo de limón Tahití según su grado de maduración (verde, pintón y maduro).	Jugo de limón Tahití	pH Acidez titulable	AOAC 981.12 AOAC 942.15

✓ Determinar los niveles de ácido ascórbico del jugo de limón Tahití según su grado de maduración (verde, pintón y maduro).	Jugo de limón Tahití	Vitamina C	AOAC 967.21
✓ Determinar el contenido de solidos solubles del jugo de limón Tahití según su grado de maduración (verde, pintón y maduro).	Jugo de limón Tahití	°Brix	AOAC 931.12
✓ Analizar la capacidad antioxidante del jugo de limón Tahití según su grado de maduración (verde, pintón y maduro).	Jugo de limón Tahití	Capacidad Antioxidante	Método de DPPH (2,2 - difenil-1-picrilhidracilo)

Fuente: elaboración propia

Tabla 4. Análisis a determinar en la investigación

Determinación	Nº de tratamientos	Repetición
PH	LV, LP, LM	3 R
Acidez Titulable	LV, LP, LM	3 R
Vitamina C	LV, LP, LM	3 R
ºBrix	LV, LP, LM	3R
Capacidad antioxidante	LV, LP, LM	3 R

Fuente: Elaboración propia

3.5. Tratamientos en estudio

En la investigación se planteó tres tratamientos, se analizaron sus propiedades fisicoquímicas, contenido en acido ascórbico (vitamina C) y capacidad antioxidante, según el estado de madurez en que fueron evaluados (limón verde, pintón y maduro):

LV_1: Jugo limón verde, **LP_2:** Jugo limón pintón, **LM_3:** Jugo limón maduro

3.5.1. Aplicación de la prueba estadística inferencial

Se trata de una investigación de tipo experimental, porque existe manipulación de las variables por el investigador al momento de escoger los

limones de las diferentes plantaciones en los diferentes estados de maduración. Además, ponemos a prueba una hipótesis para definir la diferencia entre las características fisicoquímicas y la capacidad antioxidante del jugo de limón Tahití en diferentes estados de maduración. Es comparativo y explicativo, porque expresa el comportamiento de las variables dependientes, según las variables independientes planteadas.

Se aplicó el análisis de varianza (ANOVA) para ver si existe o no diferencias significativas, ante la presencia de diferencias significativas, se hizo uzo de la prueba de comparaciones múltiples de tukey, con la finalidad de determinar el comportamiento diferenciador de las características fisicoquímicas y capacidad antioxidante del limón Tahití en sus diferentes estados de madurez. Los análisis estadísticos se hicieron a un nivel de confianza del 95%. La herramienta a utilizar para el procesamiento de datos fue el software Statgraphics Centurión.

Análisis paramétrico

El diseño estadístico aplicado fue un diseño completamente al azar (DCA) basado en 3 tratamientos con tres repeticiones cada uno:

LV_1: Limón Verde; **LP_2:** Limón Pintón; **LM_3:** Limón Maduro

El modelo estadístico aplicado es:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + Eij$$

Dónde:

Y_{ij}: Valor observado de la variable respuesta.

μ: El efecto de la media general del experimento.

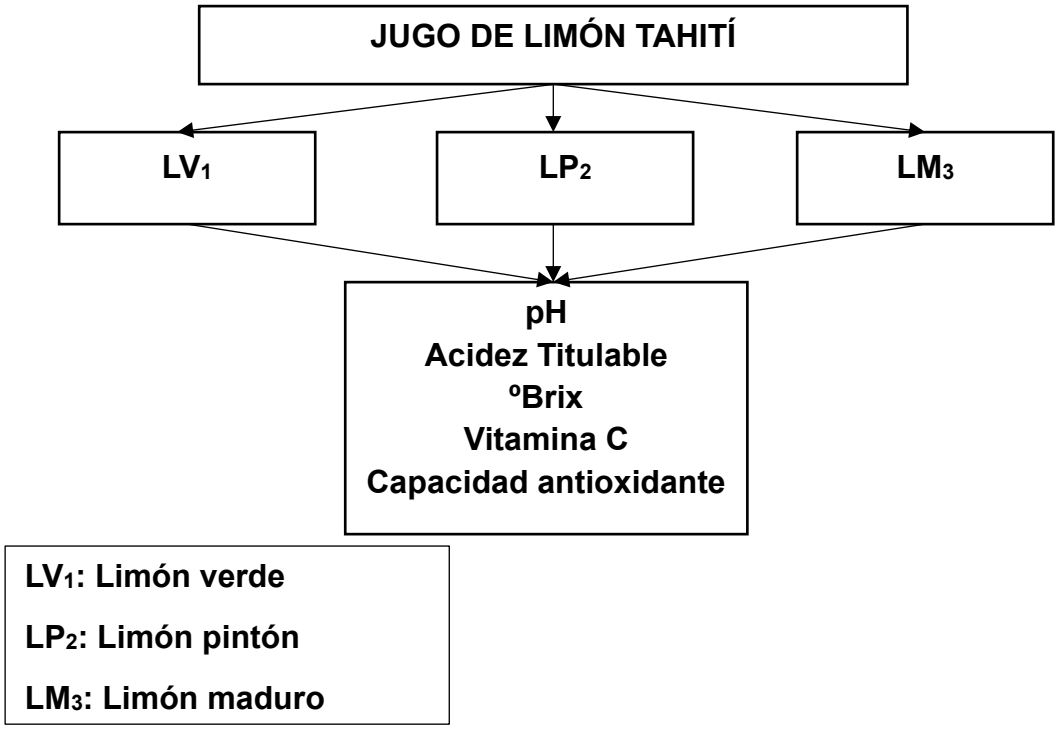
A_i: Efecto producido por la i-ésimo tratamiento

E_{ij}: Efecto del error experimental

Nivel de confiabilidad del 95%. Prueba estadística de Tukey. Las diferencias fueron consideradas estadísticamente significativas a un nivel de $p<0,05$

3.6. Diseño experimental

Figura 1. Diseño experimental de la investigación



Fuente: Elaboración propia

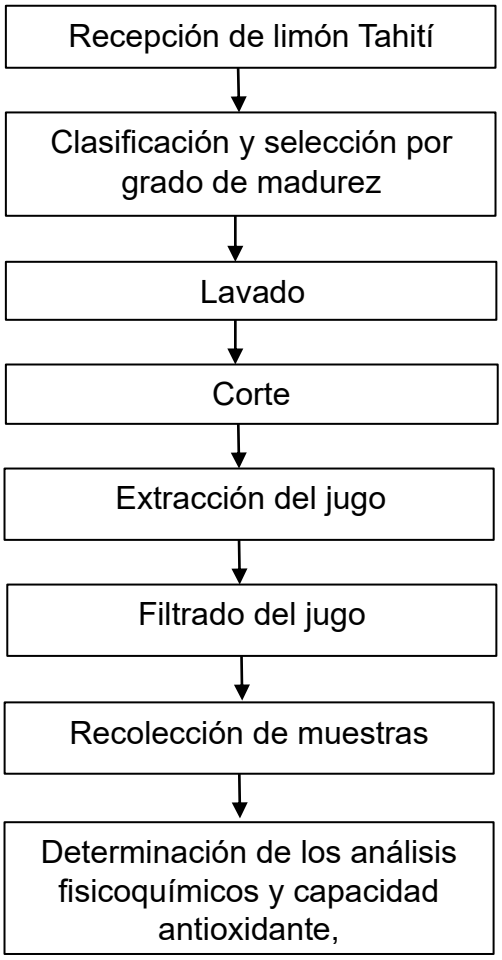
Diseño de muestreo

El diseño de muestreo aplicado para esta investigación fue probabilístico, porque que todos los frutos de limón en sus tres estados de madurez diferentes (verde, pintón y maduro) de la población tomada en cuenta, tuvieron las mismas oportunidades para ser escogidas de las distintas plantas de los limoneros. Existen distintos métodos para realizar un muestreo probabilístico, el que se aplicó en esta investigación fue el muestreo aleatorio simple.

El diseño utilizado fue un diseño completo aleatorio (DCA) simple, pero que, nos permitió comparar y explicar las características fisicoquímicas, contenido de vitamina C y capacidad antioxidante entre los tratamientos evaluados.

3.7. Ejecución del experimento

Figura 2. Diagrama de flujo para la extracción del jugo de Limón Tahití según su grado de madurez



Descripción del proceso de ejecución

Recepción de limón Tahití: Los limones Tahití en sus diferentes estados de maduración, fueron comprados del fundo Palestino, ubicado en el km 34 margen izquierda, carretera a Tournavista, caserío Agua Dulce, se

acondicionaron en bandejas de plásticos y se trasladaron al taller de frutas y hortalizas de la Universidad Nacional de Ucayali.

Clasificación y selección por grado de madurez: Esta etapa consistió en clasificar los limones según su grado de madurez y se seleccionaron frutos sanos, sin golpes y en buenas condiciones. Para la determinación del grado de madurez se tuvo en cuenta el método visual, teniendo en cuenta el color y la textura del limón, así, se consideró limón verde aquel fruto que tiene el color verde intenso y una firmeza dura, para el limón el pintón, se consideró la una coloración verde claro, con tendencia a amarillo claro y con una firmeza moderada, y limón maduro cuando es de color amarillo y con una firmeza baja o ligeramente suave.

Lavado: Consistió en sumergir los limones según su grado de madurez en bandejas separas en agua potable, la finalidad, eliminar presencia de residuos de tierra u otros agentes contaminantes que puedan haberse adherido en los frutos.

Cortado: Los limones se cortaron en mitades según su estado de madurez con un cuchillo de acero inoxidable, esto con la finalidad de favorecer la siguiente operación.

Extracción del jugo: Las mitades de los limones cortados, se colocaron en un exprimidor manual y se presionó para extraer el jugo de limón, esta operación se realizó teniendo en cuenta el estado de maduración, y de manera independiente, el jugo extraído es colocado en vasos de precipitados e inmediatamente se realiza la siguiente operación.

Filtrado del jugo: El jugo extraído, inmediatamente es filtrado, utilizando un filtro al vacío, asegurando así, una muestra limpio y libre de impurezas, para su análisis fisicoquímico correspondiente.

Recolección de muestras: Consistió en colocar el jugo filtrado según el estado de madurez del limón, en tres vasos de precipitados y seguidamente se realizó el análisis fisicoquímico de las muestras.

Determinación de análisis fisicoquímicos, contenido de vitamina C y capacidad antioxidante: Los análisis fisicoquímicos, contenido de vitamina C y la capacidad antioxidante del jugo de limón Tahití, se realizó luego de la extracción del jugo y según el estado de maduración y teniendo en cuenta las técnicas determinadas para cada análisis.

3.7.1. Ubicación y duración del estudio

Los análisis fisicoquímicos del jugo de limón Tahití en sus diferentes estados de maduración, se realizó en las instalaciones del taller de Tecnología de frutas y hortalizas, que pertenece a la escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de Ucayali, ubicada en el km. 6 de la carretera Federico Basadre en Pucallpa. Los análisis de contenido de vitamina C y capacidad antioxidante se realizaron en los laboratorios de tecnología de alimentos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva- Tingo María. La investigación propiamente dicha y la redacción tuvo una duración de 3 meses aproximadamente.

3.7.2. Condiciones ambientales

Los análisis de vitamina C, capacidad antioxidante y fisicoquímicos se llevaron a cabo en un laboratorio que contaba con las condiciones

ambientales óptimas. El espacio estaba bien ventilado, iluminado, higiénico y equipado con todo el material e instrumental necesario.

Descripción detallada del uso de materiales, equipos, insumos

Materia prima: Limón Tahití en estado verde, pintón y maduro

Materiales de laboratorio: Mesa de acero inoxidable, tablas de cortar, cuchillos de acero inoxidable, vasos de precipitados (25,40, 50, 100, 250 y 500 ml), tubos de ensayos con tapa rosca (45 ml), tubos centrífugos con tapa rosca a presión de 15 ml, probetas de 10, 50, 100, 200 ml, fiolas de 100 y 150 ml, espátula, pipetas volumétricas de 10 mL, pizetas, de 250 m, papel filtro de grado 42 (2.5 µm), papel tissue, frascos de vidrio ámbar, embudos de vidrio, micropipetas, probeta de 50 mL.

Reactivos: Reactivo de Folin-Ciocalteu 2 N, carbonato de sodio (Na_2CO_3) 7.5%, quercetina ($C_{15}H_{10}O_7$), Ácido gálico ($C_7H_6O_5$), nitrato de sodio ($NaNO_3$) 5%, cloruro de aluminio ($AlCl_3$) 10%, hidróxido de sodio (NaOH) 1 M y 0.1 N, fenolftaleína ($C_{20}H_{14}O_4$) 1% y 2 %, etanol 96° G.L, agua destilada.

Equipos de laboratorio e instrumentos: Espectrofotómetro Thermo Scientific – Genesys, centrifuga, refrigerador, agitador vortex, Balanza analítica, equipo titulador con bureta y soporte universal, pH-metro digital marca LAB 855 SI Analytics, refractómetro digital marca ANNA de 0 – 85 % de precisión, vibrador magnético.

3.7.3. Proceso experimental

En el proceso experimental para los análisis del jugo de limón Tahití, en diferentes estados de maduración, se dieron pasos concurrentes, desde la obtención de los limones hasta los diferentes análisis realizados al jugo de limón. El accionar de todos los análisis realizados se puntualizó en un diseño

completamente al azar. Además, esta investigación es de nivel comparativo y explicativo, que nos permitió contrastar las propiedades fisicoquímicas, contenido de vitamina C y capacidad antioxidante del jugo de limón Tahití en sus tres estados de madurez, verde, pintón y maduro.

Obtención y selección de los limones Tahití

Lugar: Los frutos de limón Tahití en sus diferentes estados de maduración, se trajeron del fundo Palestino, km 34 margen izquierda, carretera a Tournavista, caserío Agua Dulce- Pucallpa.

Criterios de selección de las frutas: Los limones Tahití fueron clasificados y seleccionados teniendo en cuenta su estado de madurez. La determinación del estado de madurez se hizo mediante el método visual, teniendo en cuenta el color y la textura del limón, así, se consideró limón verde aquel fruto que tiene el color verde intenso y una firmeza dura, para el limón el pintón, se consideró la una coloración verde claro, con tendencia a amarillo claro y con una firmeza moderada, y limón maduro cuando es de color amarillo y con una firmeza baja o ligeramente suave.

Preparación de las muestras

- **Extracción del jugo:** Por cada estado de madurez de los limones Tahití, se extrajo el jugo, se filtró y se prepararon las muestras para realizar los análisis fisicoquímicos, vitamina C y capacidad antioxidante.
- **Preparación de las muestras:** Se realizó teniendo en cuenta la metodología para cada análisis planteado en la investigación (pH, °Brix, acidez titulable, vitamina C y capacidad antioxidante) de cada uno de los tratamientos y por triplicado.

3.7.4. Variables evaluadas

- **Variables independientes**

  Estado de madurez de limón Tahití

  LV_1: Jugo de limón verde

  LP_2: Jugo de limón pintón

  LM_3: Jugo de limón maduro

  Variables dependientes

  - ✓ Propiedades fisicoquímicas (°Brix, pH, acidez titulable).
  - ✓ Contenido de vitamina C.
  - ✓ Capacidad antioxidante.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. Resultados fisicoquímicos

4.1.1. Potencial de Hidrogeno (pH)

La tabla 5 muestra el análisis de varianza del parámetro pH entre los tratamientos evaluados, observando que, si existe diferencias significativas entre ellos, se tiene que el valor del P.V = 0.000 es menor que el nivel de significancia establecido para esta investigación que es de 0.05.

Tabla 5. ANOVA del potencial de hidrogeno del limón verde, pintón y maduro

Fuente	S.C	GL	C.M	F.C	P. V
Tratamientos	0.2717	2	0.1358	55.93	0.000
Error experimental	0.0145	6	0.0024		
Total (Corr.)	0.2863	8			

Nota. Software statgraphics

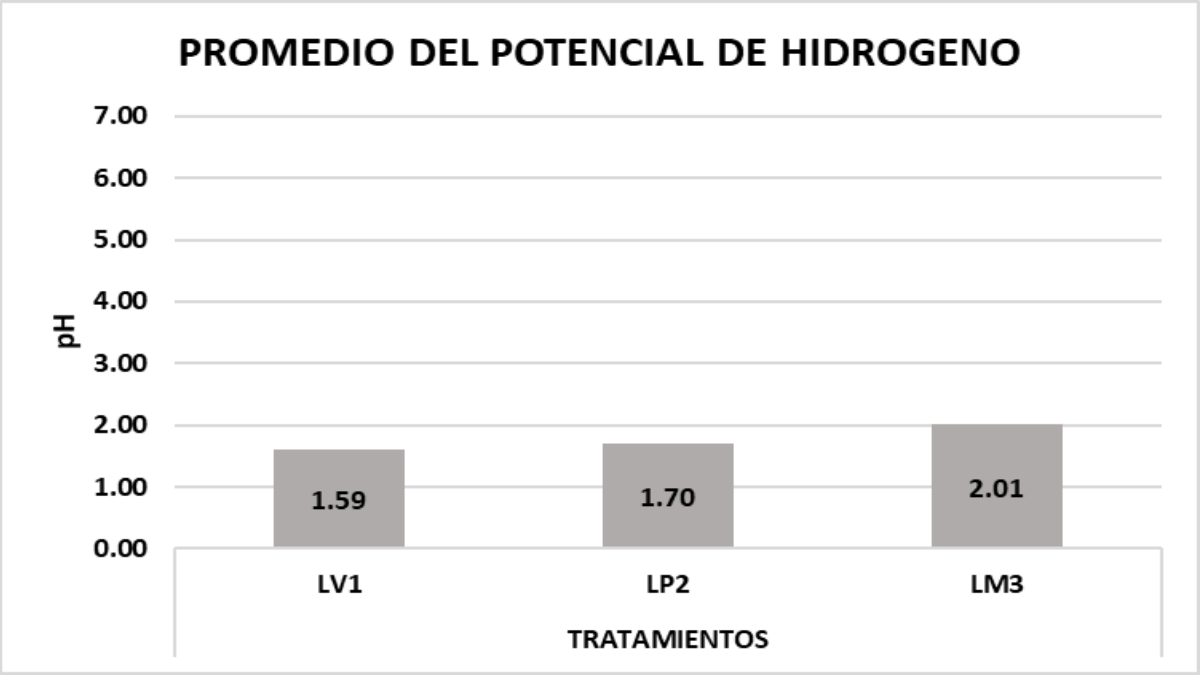
En la tabla 6 se muestra la comparación múltiple de tukey referido al pH, donde el tratamiento LM_3 con pH 2.01, es diferente a los tratamientos LV_1 y LP_2 con pH de 1.59 y 1.70 respectivamente. Pero, que los tratamientos LV_1 y LP_2 son iguales estadísticamente.

Tabla 6. Comparación múltiple de tukey del limón verde, pintón y maduro

TRATAMIENTOS	POTENCIAL DE HIDROGENO
LV_1	1.59 ± 0.0 [b]
LP_2	1.70 ± 0.0 [b]
LM_3	2.01 ± 0.0 [a]

los valores representan la media ± SD
Letras diferentes indican diferencia significativa.

Figura 3. Promedio del pH del limón Tahití verde, pintón y maduro



Nota. Software statgraphics

La figura 3 muestra que el pH de la fruta de limón aumenta cuando pasa de un estadio a otro. Este aumento puede atribuirse a la pérdida progresiva de acidez durante el proceso de la maduración.

4.1.2. Sólidos solubles (°Bx)

La tabla 7 muestra el análisis de varianza del parámetro de sólidos solubles (°Bx), donde se observa que existe diferencias significativas entre tratamientos, el valor del P.V = 0.000 es menor que el nivel de significancia establecido en la investigación, que es de 0.05.

Tabla 7. ANOVA del sólido soluble del limón verde, pintón y maduro

Fuente	S.C	GL	C.M	F.C	P. V
Tratamientos	16.7756	2	8.3877	377.45	0.000
Error experimental	0.1333	6	0.0222		
Total (Corr.)	16.9089	8			

Nota. Software statgraphics

En la tabla 8 se presenta la comparación múltiple de tukey respecto a los sólidos solubles (°Bx), para ver el comportamiento significativo de la diferencia que existe entre los 3 tratamientos. Dando una media de 6.30 °Bx; 7.73 °Bx y 9.63 °Bx, observando que los tres tratamientos difieren entre sí.

Tabla 8. Comparación múltiple de tukey del limón Tahití verde, pintón y maduro

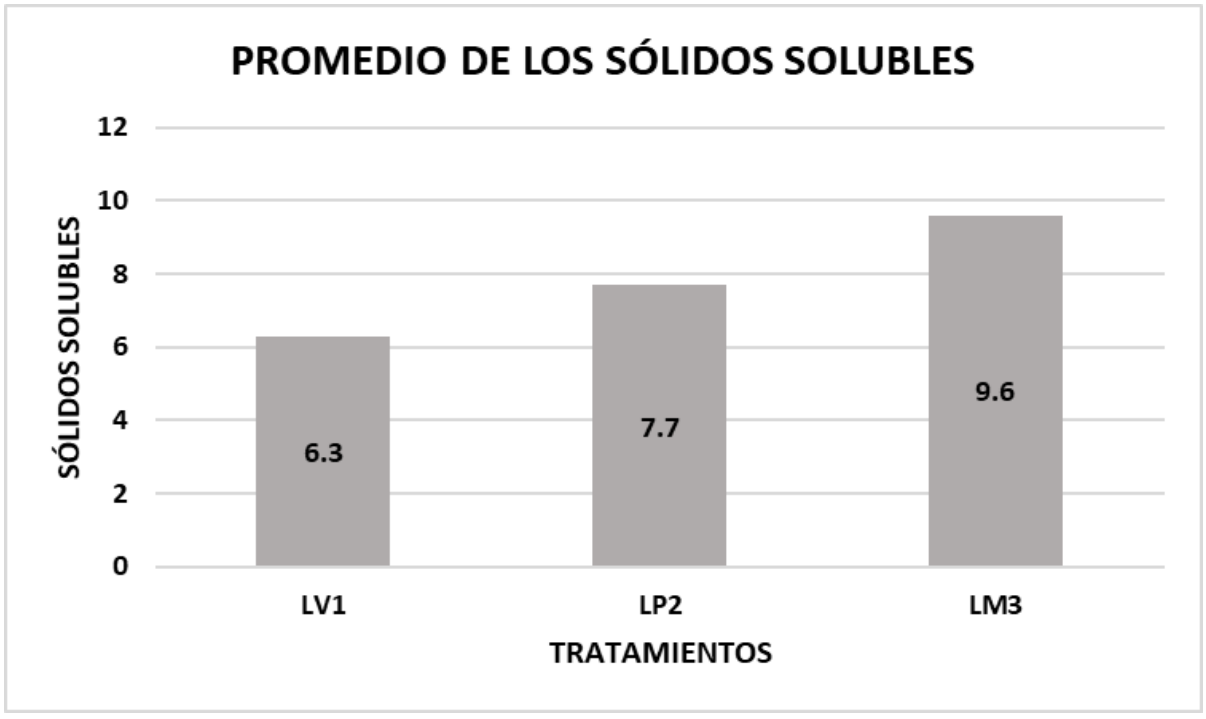
TRATAMIENTOS	SOLIDOS SOLUBLES
LV_1	6.30 ± 0.2 [c]
LP_2	7.73 ± 0.1 [b]
LM_3	9.63 ± 0.1 [a]

los valores representan la media ± SD

Letras diferentes indican diferencia significativa.

Nota. Software statgraphics

Figura 4. Promedio de Sólidos solubles (ºBx) del limón verde, pintón y maduro



Nota. Software statgraphics

La figura 4 y la tabla 8, muestran que los sólidos solubles (°Bx) aumentan conforme el limón progresa en su estado de maduración, los sólidos solubles aumentan debido probablemente a la acumulación progresiva de los azúcares y compuestos solubles durante la maduración. Por ello, el limón maduro presenta un perfil sensorial más dulce y menos ácido, mientras que el limón verde mantiene un sabor más fuerte y ácido debido a su bajo contenido de sólidos solubles.

4.1.3. Acidez titulable

En la tabla 9 se muestra el análisis de varianza del parámetro de la acidez titulable de los tres tratamientos evaluados, se observa que existe diferencias significativas entre ellos, el valor del P.V = 0.000 es menor que el nivel de significancia establecido en la investigación que es 0.05.

Tabla 9. ANOVA de la acidez titulable del limón verde, pintón y maduro

Fuente	S.C	GL	C.M	F.C	P. V
Tratamientos	6.1184	2	3.5923	507.99	0.000
Error experimental	0.036	6	0.0060		
Total (Corr.)	6.1546	8			

Nota. Software statgraphics

La tabla 10 presenta la comparación múltiple de tukey para la acidez titulable de los tres tratamientos, para determinar el comportamiento significativo de la diferencia que existe. Dando una media de acides titulable de 6.68 % de ácido cítrico para el limón verde, 5.58 % de ácido cítrico para el pintón, y 4.67 % de ácido cítrico para el maduro.

Tabla 10. Comparación múltiple de tukey de la acidez titulable del limón verde, pintón y maduro

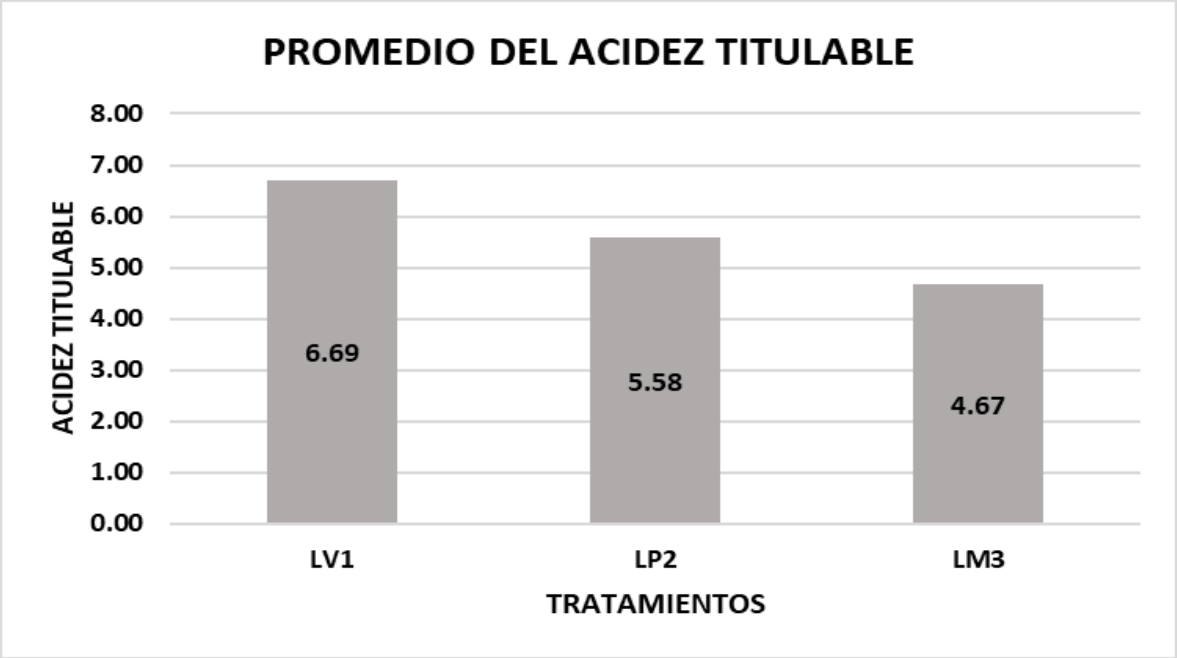
TRATAMIENTOS	ACIDEZ TITULABLE
LV_1	6.68 ± 0.0 [a]
LP_2	5.58 ± 0.1 [b]
LM_3	4.67 ± 0.0 [c]

los valores representan la media ± SD

Letras diferentes indican diferencia significativa.

Nota. Software statgraphics

Figura 5. Promedio de la acidez titulable del limón verde, pintón y maduro



La figura 5 y la tabla 10, muestran que la acidez titulable, disminuyen progresivamente cuando el limón avanza en su proceso de maduración, posiblemente por la degradación progresiva de los ácidos orgánicos durante la maduración. Esto significa que, el limón verde presenta un perfil sensorial más ácido, que el limón pintón y maduro.

4.2. Resultados de vitamina C

La tabla 11 muestra el análisis de varianza para la vitamina C, en los tres tratamientos, observando que existe diferencias significativas, pues el valor del P.V = 0.000 es menor que el nivel de significancia establecido que es de 0.05.

Tabla 11. ANOVA de la vitamina C del limón verde, pintón y maduro

Fuente	S.C	GL	C.M	F.C	P. V
Tratamientos	5898.70	2	2949.35	4806.8	0.000
Error experimental	3.68	6	0.16		
Total (Corr.)	5902.38	8			

N*ota.* Software statgraphics

La tabla 12 muestra la comparación múltiple de tukey del contenido de vitamina C en los tres tratamientos, donde vemos el comportamiento significativo de la diferencia que existe entre ellos. El tratamiento LV_1 tiene una media de 80.213 ± 0.7; el LP_2 de 51.570 ± 1.0 y el LM_3 de 17.580 ± 0.5 de mg AA/100 mL de vitamina C

Tabla 12. Comparación múltiple de tukey para la vitamina C del limón verde, pintón y maduro

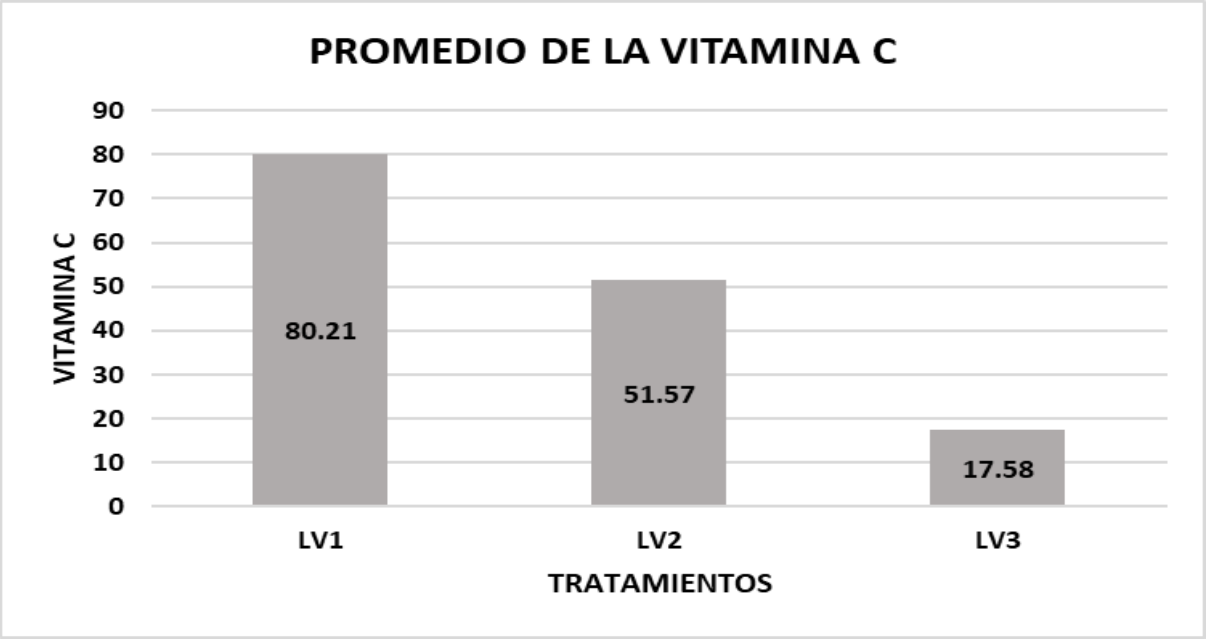
TRATAMIENTOS	VITAMINA C
LV_1	80.213 ± 0.7 [a]
LP_2	51.570 ± 1.0 [b]
LM_3	17.580 ± 0.5 [c]

los valores representan la media ± SD

Letras diferentes indican diferencia significativa.

Nota. Software statgraphics

Figura 6. Promedio de la vitamina C del limón verde, pintón y maduro



Nota. Software statgraphics

La figura 6 y la tabla 12, muestran en promedio el contenido de vitamina C en los tres estados de maduración (verde, pintón y maduro). También se observa que el contenido de vitamina C, disminuyen en la medida que los frutos del limón Tahití avanza en su estado de maduración. Esto nos indica que, el limón Tahití verde presenta un mayor contenido en vitamina C que el pintón y maduro respectivamente. Esto probablemente se debe a los procesos oxidativos que degradan el ácido ascórbico durante el proceso de maduración.

4.3. Resultados de capacidad antioxidante

La tabla 13 muestra el análisis de varianza de la capacidad antioxidante, del extracto de los tres estados de madurez del limón Tahití, donde se observa que existe diferencias significativas entre los tres tratamientos, pues el valor del P.V = 0.000 es menor que el nivel de significancia establecido en la investigación que es de 0.05.

Tabla 13. ANOVA de la capacidad antioxidante del extracto de limón verde, pintón y maduro

Fuente	S.C	GL	C.M	F.C	P. V
Tratamientos	15.0521	2	7.52603	4838.1	0.000
Error experimental	0.0093	6	0.00156		
Total (Corr.)	15.0614	8			

Nota. Software statgraphics

En la tabla 14 se muestra la comparación múltiple de tukey de los tres tratamientos para capacidad antioxidante (DPPH), donde se ve el comportamiento significativo de la diferencia que existe entre ellos. El tratamiento LV_1 muestra una media de 4.25 ± 0.04; LP_2: 2.82 ± 0.05 y LM_3: 1.09 ± 0.03 mmol TE/100 mL de muestra.

Tabla 14. Comparación múltiple de tukey del extracto de limón verde, pintón y maduro

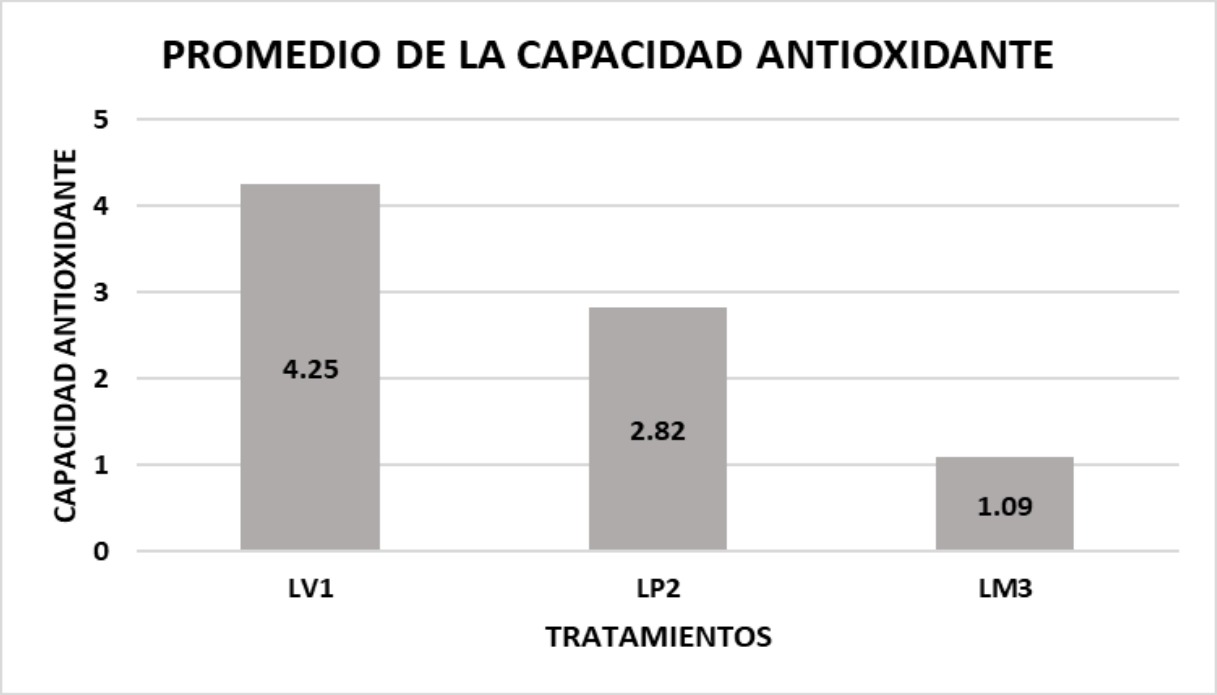
TRATAMIENTOS	CAPACIDAD ANTIOXIDANTE
LV_1	4.25 ± 0.04 [a]
LP_2	2.82 ± 0.05 [b]
LM_3	1.09 ± 0.03 [c]

los valores representan la media ± SD

Letras diferentes indican diferencia significativa.

Nota. Software statgraphics

Figura 7. Promedio de la Capacidad antioxidante del limón verde, pintón y maduro



Nota. Software statgraphics

En la tabla 14 y la figura 7, se cuantifica la capacidad antioxidante en los tres tratamientos (LV_1, LP_2 y LM_3), donde se observa una disminución progresiva de la capacidad antioxidante conforme el limón avanza en su etapa de maduración. En consecuencia, el limón verde es el momento óptimo para el aprovechamiento del mayor potencial antioxidante del fruto.

CAPITULO V

DISCUSIÓN

5.1. Caracterización Fisicoquímica del jugo de limón Tahití en estado verde, pintón y maduro

5.1.1. Potencial de hidrogeno (pH)

Los resultados obtenidos en la investigación, muestran diferencias estadísticamente significativas en el pH del jugo de limón Tahití según su grado de maduración, siendo menor el pH en frutos verdes LV_1: 1.59, intermedia en frutos pintones LP_2: 1.70 y mayor en frutos maduros LM_3 2.01. Esto se corrobora según lo manifestado por los siguientes autores:

Netto et al., (2011) indica que el pH del Lima Tahití acida se ubica dentro del rango 2.0–2.5.

Arias et al., (2023) indica que existe cambio del pH con la madurez y esto puede variar entre estudios y condiciones agroecológicas. Su trabajo sobre la calidad del fruto ha mostrado variaciones en sólidos solubles, pH y acidez a lo largo del desarrollo del fruto que dependen de factores como la localidad, altitud, manejo y fenología; puede explicarse por la interacción entre el proceso fisiológico de maduración y las condiciones ambientales y agronómicas del área.

Según Kumar et al., (2021) manifiestan que a nivel fisiológico, el menor pH en frutos verdes puede deberse a varios mecanismos: Acumulación o conversión de ácidos orgánicos (cítricos y málico) durante etapas del desarrollo o por respuesta al estrés poscosecha; cambios en sólidos solubles totales (°Brix) que alteran la relación

azúcar/ácido y cómo se percibe la acidez y variaciones en rendimiento de jugo y concentración por diferencias en contenido hídrico entre estados.

En el caso de esta investigación, el aumento del pH que experimenta el fruto del limón Tahití durante el proceso de maduración, puede atribuirse a la pérdida progresiva de acidez durante la maduración.

En contraste con la hipótesis planteada, para el pH y la acidez titulable, se puede decir, que estadísticamente existe diferencias significativas, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula.

5.1.2. Sólidos solubles (°Bx)

Los resultados muestran diferencias estadísticamente significativas en los sólidos solubles o °Brix del jugo de limón Tahití, según el grado de maduración. Donde, los frutos verdes tienen 6.30 °Brix, los frutos pintones 7.73 °Brix, y los frutos maduros 9.63 °Brix, lo que nos indica que los sólidos solubles expresados en °Bx aumenta cuando avanza la maduración.

Arias et al. (2023). Indica lima Tahití que los valores absolutos de SST para esta especie suelen situarse en rangos 7–10 °Brix según origen, manejo y época del fruto. También señala que diferencias en SST están relacionadas a localidad y fenología, reforzando que la madurez interactúa con el ambiente para determinar °Brix

Según Netto et al. (2011). Durante ciertas fases de maduración o en condiciones de riego/alto contenido hídrico, el aumento del tamaño o del agua en el fruto puede concentrar los azúcares en el jugo, esto aumenta el °Brix por la cantidad total de azúcares. Su estudio sobre cítricos señala que factores edafoclimáticos y de riego influyen fuertemente en SST.

Según Cañizares et al. (2012). Indica que en algunos cultivares y bajo ciertas condiciones, azúcares y otros solutos pueden ser movilizados o metabolizados durante la maduración.

Kumar et al. (2021). Indica que la fertilización, portainjerto, clima y manejo (riego, luz, fertilización) influyen en SST. Su investigación sobre lima Tahití muestran que variaciones en manejo o en portainjerto producen diferencias en calidad (SST, acidez, rendimiento).

En el caso de esta investigación, el aumento de los sólidos solubles (°Bx) que se aprecia en el limón Tahití durante la maduración, puede atribuirse a la pérdida progresiva de acidez durante la maduración, es debido probablemente a la acumulación progresiva de los azúcares y compuestos solubles durante la maduración

En contraste con la hipótesis planteada, sobre los sólidos solubles, estadísticamente los tratamientos LV_1, LP_2 y LM_3 muestran diferencias significativas, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula, porque existe variación de los niveles de solidos solubles en el jugo de limón, según el grado de maduración.

5.1.3. Acidez titulable

Los resultados muestran diferencias estadísticamente significativas en la acidez titulable (AT) del jugo de limón Tahití, según el grado de maduración, las medias son decrecientes a partir del tratamiento LV_1: 6.68 %, LP_2: 5.58 % y LM_3: 4.67% de ácido cítrico.

Netto et al. (2011). Indican sobre *Citrus latifolia* (lima/limón Tahití) donde reportan valores de acidez titulable en rangos que dependen de la región, el manejo

agrícola y el estado fenológico en su investigación indican porcentajes de ácido cítrico que suelen situarse en torno a 4–7% (expresados como % ácido cítrico) en distintos momentos de cosecha o bajo diferentes portainjertos y manejos agronómicos.

Asi mismo, Arias et al. (2023). Desde el punto de vista fisiológico, la disminución de la AT con la maduración puede explicarse por dos mecanismos principales, que se complementan: Dilución a medida que el fruto aumenta su tamaño y contenido hídrico el ácido total por volumen puede reducirse aunque la masa total de ácido cambie menos y cambios metabólicos conversión parcial de ácidos orgánicos (cítrico, málico) en intermediarios metabólicos o su uso en procesos respiratorios y en la formación de otros compuestos durante la maduración.

Por otro lado, Rodas y Armadans (2013). Señalan que factores agronómicos y de poscosecha también modulan los niveles de AT observados: portainjerto, fertilización, riego, clima y momento de cosecha influyen en la concentración de ácido en el jugo. Por ejemplo, investigaciones que compararon portainjertos o condiciones de manejo mostraron diferencias en AT que van en el mismo sentido que las variaciones por madurez.

En el caso de esta investigación, la disminución de los porcentajes (%) de la acidez titulable (A.T) que se aprecia en el limón Tahití durante la maduración, puede atribuirse posiblemente a degradación progresiva de los ácidos orgánicos durante la maduración.

5.1.4. Vitamina C

Los resultados obtenidos en el contenido de vitamina C del jugo de limón Tahití, disminuye conforme avanza el grado de maduración, así tenemos que el contenido de

vitamina C en el tratamiento LV_1: es 80.213 mg/100 mL de muestra, LP_2: es 51.570 mg/100 mL de muestra y en el LM_3: es 17.580 mg/100 mL de muestra. Estadísticamente muestran diferencias significativas entre los tratamientos. Este comportamiento nos indica que, a medida que la maduración avanza el contenido de vitamina C disminuye.

Arias et al. (2023). Investigaron el limón Tahití y otros cítricos indican que la concentración de vitamina C en cítricos disminuye con el envejecimiento del fruto, aunque señala que en algunos casos los frutos maduros tenían valores superiores a los verdes.

Según Kumar et al. (2021). Indican que la concentración de ácido ascórbico está fuertemente influenciada por el tiempo de cosecha y el grado de desarrollo del fruto, desde el punto de vista fisiológico, la disminución de vitamina C puede explicarse por varios mecanismos: Durante la maduración, el fruto incrementa su tamaño y contenido de agua, lo que puede provocar dilución del contenido de metabolitos solubles como la vitamina C. El ácido ascórbico es un antioxidante que puede ser consumido o degradado durante la maduración o el almacenamiento del fruto, disminuyendo su concentración efectiva en el jugo. Este estudio en cítricos muestra que factores pre- y pos-cosecha (luz, temperatura, estrés, riego) afectan el nivel de concentración de vitamina C.

Según Cañizares et al. (2012). Indican que la maduración se asocia con cambios metabólicos del fruto, como acumulación de azúcares, transformación de ácidos orgánicos y síntesis/degradación de compuestos fenólicos, lo que puede conllevar disminución relativa de vitamina C. Señala, además, que la vitamina C es mayor en fruta menos madura.

En esta investigación, la disminución del contenido de vitamina C, que se manifiesta en el limón Tahití durante la maduración, probablemente se debe a los procesos oxidativos que degradan el ácido ascórbico durante el proceso de maduración.

En contraste con la hipótesis planteada para la vitamina C, estadísticamente los tratamientos LV_1, LP_2 y LM_3 muestran diferencias significativas, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula, porque existe variación de los niveles de ácido ascórbico (vitamina C) en el jugo de limón, según el grado de maduración.

5.2. Capacidad antioxidante del jugo de limón Tahití (DPPH)

Los resultados de la investigación, nos muestran un decrecimiento y estadísticamente significativa respecto a la capacidad antioxidante del jugo de limón Tahití, en la medida que ocurre el proceso de maduración del fruto, así, tenemos que para el tratamiento LV_1: la media en capacidad antioxidante es de 4.25, LP_2: 2.82 y para el LM_3: 1.09 mmol TE/100mL de muestra, respectivamente.

Según Huifen et al. (2022). Indican que existen frutas que muestran una reducción de la actividad antioxidante medida por DPPH a lo largo de la maduración, asociada a la pérdida relativa de compuestos fenólicos y de vitamina C durante la maduración y/o por efectos de dilución por aumento de agua en el fruto.

Arias et al. (2023). Señalan que la capacidad antioxidante está fuertemente condicionada por el contenido de compuestos fenólicos, flavonoides y vitamina C componentes cuya concentración suele ser mayor en etapas tempranas del fruto (o en tejidos como cáscara) y que tienden a disminuir al madurar. Esta investigación que evaluó zumos y cáscaras de limón Tahití reportaron actividad antioxidante significativa

(medida por DPPH/ABTS) y correlaciones positivas entre fenoles totales / vitamina C y la capacidad antioxidante.

Según Caxi. (2013). La Reducción y/o degradación de compuestos antioxidantes: la biosíntesis de fenoles y la acumulación de ácido ascórbico pueden disminuir en fases tardías o bien pueden verse metabolizados o degradados por la mayor actividad metabólica y respiratoria durante la maduración. En su estudio de limón muestra descensos de actividad antioxidante con la maduración del fruto.

Según Cañizares et al. (2012). Manifiestan que el efecto de dilución: al aumentar el tamaño y el contenido hídrico del fruto en etapas tardías, los compuestos hidrosolubles (como vitamina C) se diluyen, reduciendo la capacidad antioxidante expresada por volumen de jugo, así mismo indica que la distribución de compuestos en tejidos: en cítricos muchas moléculas antioxidantes (polifenoles, flavonoides) se concentran en la cáscara y en el albedo; durante la extracción de jugo y con la maduración, la contribución relativa de estas fracciones puede cambiar, alterando la actividad medida en el zumo. Estudios sobre Tahití han mostrado alta capacidad antioxidante en cáscara frente a pulpa/jugo.

Así mismo Kumar et al. (2021). Indican que la etapa de cosecha y tratamiento poscosecha; su trabajo en limón reporta descensos de la actividad antioxidante en almacenamiento o con maduración, y señalan la correlación positiva entre vitamina C / fenoles y la capacidad antioxidante medida in vitro.

En esta investigación, el decrecimiento de la capacidad antioxidante que se observa en el limón Tahití durante la maduración, probablemente se debe a la pérdida

relativa de compuestos fenólicos, vitamina C y al proceso metabólico del fruto durante la maduración.

En contraste con la hipótesis planteada para la capacidad antioxidante, estadísticamente los tratamientos LV_1, LP_2 y LM_3 muestran diferencias significativas, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula, porque existe variación de la capacidad antioxidante (DPPH) en el jugo de limón, según el grado de maduración.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

- Existe variación significativa en todas las caracterizaciones realizadas del limón Tahití, cuando pasa de un estadio a otro durante el proceso de maduración.
- Las características fisicoquímicas del limón Tahití, varían en la medida que progresa el proceso de maduración, los resultados fueron los siguientes:
  Parámetros pH: tratamiento LV_1: 1.59; LP_2: 1.70 y LM_3: 2.01
  Acidez titulable: tratamiento LV_1: 6.68 %; LP_2: 5.58 % y LM_3: 4.67 %
- El contenido de solidos solubles (°Bx) del limón Tahití, muestra variaciones cuando el fruto pasa del estadio verde a pintón y luego a maduro:
  Solidos solubles (°Bx): LV_1: 6.30 °Bx; LP_2: 7.73 °Bx y LM_3: 9.63 °Bx

- Existe una variación en el contenido de vitamina C del limón Tahití, cuando el fruto pasa del estadio verde a pintón y luego a maduro, los resultados son los siguientes: LV_1: 80.213 mg AA/100 mL de muestra; LP_2: 51.570 mg AA/100 mL de muestra y LM_3: 17.580 mg AA/100 mL de muestra.
- El contenido de la capacidad antioxidante del jugo de limón Tahití, muestra una variación en el decrecimiento, cuando pasa del estado verde a pintón y maduro. Los valores encontrados fueron: LV_1: 4.25 mmol TE/100 mL de muestra; LP_2: 2.82 mmol TE/100 mL de muestra y LM_3: 1.09 mmol TE/100 mL de muestra.

CAPITULO VII

RECOMENDACIONES

- Se sugiere hacer uso de limones Tahití en estado de madurez verde o pintón en la agroindustria alimentaria, especialmente en bebidas naturales, extractos y concentrados cítricos, porque registran los mayores niveles de acidez, vitamina C y capacidad antioxidante.
- Que se desarrollen investigaciones de cuantificación de flavonoides, polifenoles totales, antocianinas y, vitamina C y capacidad antioxidante en jugos de diferentes variedades de limón, para conocer sus potencialidades y aprovechamiento para la agroindustria regional.
- Se recomienda hacer investigación en contenido de capacidad antioxidante y vitamina C en la cáscara y bagazo del limón Tahití y otras variedades de limón.
- Se recomienda hacer investigaciones del envasado de jugo de limón Tahití y otras variedades, evaluando su comportamiento de la capacidad antioxidante y vitamina C durante el almacenamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta Motos, J., Salinas, R., Martínez Pujalte, B., Cerdá Cerdá, A., Ferrández Gómez, B., & Núñez Delicado, E. (2020). Alimentos de la región de Murcia: Limón. *Cátedra UCAM-Santander*. Obtenido de https://www.ucam.edu/sites/default/files/public/catedras/emprendimiento-ambito-agroalimentario/informe-limon.pdf

Agraria. (2024). *Piura concentra el 63.5% de las áreas de limón del Perú.* Perú. Obtenido de https://agraria.pe/noticias/piura-concentra-el-63-5-de-las-areas-de-limon-del-peru-37863?utm

AGROSAVIA. (2020). *Modelo productivo de lima ácida Tahití (Citrus × latifolia Tanaka ex Q. Jiménez) para Colombia.* Colombia. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Javier_Orduz/publication/341438747_Modelo_Productivo_Lima_Acida_Tahiti_para_Colombia_Agrosavia_Red_Frutales/links/5ec08afb92851c11a86c707f/Modelo-Productivo-Lima-Acida-Tahiti-para-Colombia-Agrosavia-Red-Frutales.pdf?__

Arias García, J., Hurtado Salazar, A., Ceballos Aguirre, N., Ramírez Castillo, M., & Villegas Noreña, L. (2023). *Características de la fruta y fenología de la lima Tahití en dos ambientes colombianos.* Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-01352023000300003&lng=en

Barbosa Peña, D., Martínez Daza, C., Salas, C., & Tinoco Huertas, F. (2019). *Limón Tahití: Un cítrico proveniente de los agricultores de la vereda San Vicente de Tibacuy – Cundinamarca y su posible exportación hacia los Estados Unidos.* Fundación Universitaria Politécnico Grancolombiano. Obtenido de

https://alejandria.poligran.edu.co/bitstream/handle/10823/1785/TG%20-%20Grupo%2032.pdf?sequence=1

Cañizares Chacín , A., Bonafine, O., Méndez Natera, J., Laverde, D., & Puesme, R. (2012). *Crecimiento, desarrollo y calidad del fruto de Lima 'Tahití' (Citrus latifolia Tanaka) en el Estado Monagas, Venezuela.* Obtenido de https://utoronto.scholaris.ca/server/api/core/bitstreams/f54c3720-84e7-4580-ab5f-f55408228b77/content

Castellano, G., Ramirez, R., & Sindoni V., M. (2016). Efecto de la temperatura de almacenaje sobre las características organolepticas de frutos de frutos de limón Persa (Citrus latifolia Tanaka). Obtenido de https://www.redalyc.org/journal/813/81346341002/

Caxi Suaña, M. (2013). *Evaluación de la vida útil de un néctar a base de Yacón (Smallanthus sonchifolius),Maracuyá Amarilla (Passiflora edulis) y stevia (Stevia rebaudiana) en función de las caracterisitcas fisicoquimicas y sensoriales.* Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna. Obtenido de http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/2953

Domínguez, E., & Ordoñez, E. (2013). Evaluación de la actividad antioxidante, vitamina C de zumos cítricos de Lima dulce (Citrus limetta), Limón Tahití (Citrus latifolia), Limón Rugoso (Citrus jambhiri Lush) y mandaria cleopatra (Citrus reshni) almacenados en refrigeración. *Investigación y Amazonia, 3*(1). Obtenido de https://revistas.unas.edu.pe/index.php/revia/article/view/78

García Lidón, Á., Del Río Cones, J., Porras Castillo, I., Fuster Soler, M., & Ortuño Tomás, A. (s.f.). El limón y sus componentes bioactivos. *Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA)*. Obtenido de

https://www.carm.es/web/descarga?IDCONTENIDO=8338&ALIAS=PUBT&IDADIC=3362&ARCHIVO=Texto+Completo+1+El+lim%C3%B3n+y+sus+componentes+bioactivos.pdf

García López, F., Herrera Corredor, J., Pérez Sato, J., Alatriste Pérez, I., & Contreras Oliva, A. (2017). Relación entre color y parámetros fisicoquímicos del limón persa (Citrus latifolia T.) del centro de Veracruz México. *10*(1). Obtenido de https://core.ac.uk/download/pdf/249320051.pdf

Hawkins Granda, S., & Reyes Espinoza, G. (2022). *Factores determinantes para el desarrollo del Limon Tahiti Peruano (Citrus latifolia) a nivel internacional.* Universidad de Lima. Obtenido de https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/17209/T018_76555250_T.pdf?isAllowed=y&sequence=1&utm_source

Hawkins Granda, S., & Reyes Espinoza, G. (2022). *Factores determinantes para el desarrollo del limón Tahití peruano (Citrus latifolia) a nivel internacional.* Lima. Obtenido de chrome-extenshttps://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/17209/T018_76555250_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Huifen, Z., Yan, J., Wang, M., & Deng, Q. (2022). *Cambios en los compuestos fenólicos y la actividad antioxidante durante el desarrollo de los frutos 'Qiangcuili' y 'Cuihongli'.* Obtenido de https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37430947/

INCAP. (2007). *Tabla de composición de alimentos de centro america.* Obtenido de https://www.sennutricion.org/media/tablas/INCAP.pdf

Kumar Gupta, A., Pathak, U., Medhi, M., Chen, T., & Mditshwa, A. (2021). *Nuevos enfoques para determinar la madurez de los cítricos.* Obtenido de https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33583257/

Netto Rangel, C., Jaeger de Carvalho, L., Fernández Fonseca, R., Gómez Soares, A., & Oliveira de Jesús, É. (2011). *Valor nutricional del jugo de lima ácida orgánica (Citrus latifolia T.), cv. Tahiti.* Obtenido de https://www.scielo.br/j/cta/a/vFYfmC6KN73bTnDw4CsCdsc/?format=html&lang=en

Nuñez Castellano, K., & Castellano, G. (2014). Efecto del estado de madurez sobre las características fisicoquímicas del limón criollo (Citrus aurantifolia Chris). Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/318813473_Efecto_del_estado_de_madurez_sobre_las_caracteristicas_fisicoquimicas_del_limon_criollo_Citrus_aurantifolia_Chris

Rodas Benites , M., & Armadans Rojas, A. (2013). *Calidad de frutos de lima Tahiti Citrus latifolia Tanaka sobre cuatro portainjertos.* Obtenido de https://www.agr.una.py/revista/index.php/ria/article/view/126

Rodríguez Arzave, J., Florido Aguilar, A., & Hernández Torres, M. (2020). Determinación de parámetros fisicoquímicos en jugos de frutas cítricas. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. Obtenido de http://eprints.uanl.mx/23524/1/23.pdf

SENASA. (2013). *Guía ilustrada para el reconocimiento en campo del HLB y sus vectores .* Obtenido de https://www.senasa.gob.pe/senasa/wp-

content/uploads/jer/ALERTA_FITO/Anexos%20Procedimiento%20SARVF%20HLB.pdf?utm_source

Solis, M. (2006). *Determinación de las propiedades físico- químicas del limón (Citrus Limus).* Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de https://repositorio.uta.edu.ec/items/1d5c33cb-d533-4bb6-b644-ed40b65b83b1

ANEXOS

Anexo 1. Análisis fisicoquímicos del jugo limón Tahití verde, pintón y maduro

ANALISIS FISICOQUIMICOS				
ESTADO DE MADUREZ	REPETICIONES	pH	°Bx	Aci. Titulable
		RESULTADOS		
VERDE	R1	1.62	6.5	6.69
	R2	1.58	6.3	6.66
	R3	1.59	6.1	6.71
PINTON	R1	1.71	7.8	5.61
	R2	1.71	7.8	5.70
	R3	1.69	7.6	5.44
MADURO	R1	1.94	9.5	4.67
	R2	2.10	9.7	4.67
	R3	1.99	9.7	4.67

Tabla de Resultados de vitamina C				
Jugo de limón	vitamina C (mgAA/100 ml)*			
	R1	R2	R3	Prom.
Verde	80.79	79.49	80.36	80.21
Pintón	51.80	50.41	52.5	51.57
Maduro	17.58	17.06	18.1	17.58
* Miligramos de ácido ascórbico por cien mililitros de jugo de limón				

Tabla de Resultados de Capacidad antioxidante				
Jugo de limón	**DPPH (mmol TE/100 ml)****			
	R1	**R2**	**R3**	**Prom.**
Verde	4.25	4.22	4.29	4.25
Pintón	2.80	2.87	2.78	2.82
Maduro	1.13	1.07	1.07	1.09
** Milimol equivalentes de Trolox por cien mililitros de jugo de limón				



Limón Tahití en estado de maduración verde, pintón y maduro



Realizando la lectura del pH del jugo de limón Tahití



Realizando la prueba de solidos solubles del jugo de limón Tahití



Realizando la prueba de titulación para la Acidez titulable del jugo de limón Tahití

RESULTADOS DE ANÁLISIS

Fecha: 27 de octubre de 2025

Nombre del cliente: Patrick Kluiver Alarcon Rengifo Email: kluiveralarcon@gmail.com

Institución: Universidad Nacional de Ucayali

Proyecto de investigación: Caracterización fisicoquímica del jugo de limón Tahití (Citrus latifolia Tan) según su grado de maduración en Pucallpa.

Muestra analizada: Jugo de limones frescos en tres estados de madurez (verde, pintón y maduro)

Análisis solicitado: Vitamina C y capacidad antioxidante (DPPH)

Los valores de vitamina C en las muestras se determinaron mediante el método espectrofotométrico basado en la reacción con 2,6-diclorofenolindofenol (DCPIP). Los resultados se expresan en mg de ácido ascórbico por 100 mL de jugo (mg AA/100mL).

La capacidad antioxidante por el método DPPH se evaluó utilizando el radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidrazil, y los resultados se expresaron como equivalente de Trolox (mmol TE/100mL de jugo). Ambas pruebas se realizaron por triplicado para garantizar la precisión de los resultados.

Tabla 01. Resultados de Vitamina C y DPPH

Jugo de limón	Vitamina C (mg AA/100 mL)*			DPPH (mmol TE/100 mL)**		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Verde	80,79	79,49	80,36	4.25	4.22	4.29
Pintón	51,80	50,41	52,50	2.80	2.87	2.78
Maduro	17,58	17,06	18,10	1.13	1.07	1.07

* Miligramos de ácido ascórbico por cien mililitros de jugo
** Milimol equivalentes de Trolox por cien mililitros de jugo

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA LABORATORIO CENTRAL DE INVESTIGACIÓN

Ing. Darlym Reátegui Díaz
CIP 146198
Responsable del análisis