



Monografía para optar por el título de Licenciado en química.

“Determinación de ácido gálico en frutas tropicales cultivadas en Nicaragua, mango (*Mangifera indica* L.), jocote (*Spondias purpurea*), calala (*Passiflora edulis* Sims) y pitahaya (*Selenicereus undatus*), por espectrofotometría UV-visible”.

Autores:

- Br. Devin Ashlyng Espinoza Pineda.
- Br. Génesis Verónica Cisneros Berrios.
- Br. Norvin Josué Sandoval Sánchez.

Tutor: MSc. Jorge Isaac Cisne Altamirano.

León, Nicaragua, C.A, 2025.



Monografía para optar por el título de Licenciado en química.

“Determinación de ácido gálico en frutas tropicales cultivadas en Nicaragua, mango (*Mangifera indica* L.), jocote (*Spondias purpurea*), calala (*Passiflora edulis* Sims) y pitahaya (*Selenicereus un-datus*), por espectrofotometría UV-visible”.

Autores:

- Br. Devin Ashlyng Espinoza Pineda. _____
- Br. Génesis Verónica Cisneros Berrios. _____
- Br. Norvin Josué Sandoval Sánchez. _____

Tutor: MSc. Jorge Isaac Cisne Altamirano. _____

León, Nicaragua, C.A, 2025

Agradecimientos.

Dicen que lo que no sucede como se desea indica ser algo más allá de lo esperado, resulta ser más. Bajo el manto que abraza a un poeta en noches dónde su letargo es cargado de emociones, siempre se es agradecido con quienes aportan a nuestra experiencia de vida; agradezco a quienes han dejado su rastro de "estuve ahí" durante este arduo camino, a quienes llegaron para quedarse sea así un par de minutos convertidos en horas, en días, en semanas, en meses y al final, en años; agradezco a quienes en momentos de desesperación donde las penumbras de un ser bajo presión, bajo mandatos juzgadores, bajo prejuicios pesados estuvieron ahí para ofrecer su mano como luz entre la oscuridad; agradezco a quienes han aportado para la culminación de esta etapa, de esta investigación.

Existen momentos buenos como malos, livianos como pesados y desagradables como agradables, y no hablo precisamente de momentos; agradezco enormemente a quienes nunca creyeron que lo lograría, a quienes me veían y pensaban en que no llegaría tan lejos, a quienes a pesar de estar ahí, nunca vieron el valor que poseo y simplemente lo desestimaron como si de un vagabundo tratando de salir adelante por sí solo se tratase; agradezco de corazón por qué gracias a sus prejuicios y rechazos me encontré a mí misma, el valor que poseo y de lo que soy capaz de realizar si me lo propongo, agradezco no solo el hecho de que me mostrarán lo que soy, si no, también el hecho de que me mostrarán el tipo de persona que no deseo ni necesito en mi vida, solo volviéndose un recuerdo más de muchos, agradezco por ello, por mí y por quienes me rodean, gracias a ellos, encontramos valor y fuerzas para no perecer bajo la asfixia y estrés estos meses. Sin embargo, hay alguien aún más importante a quien agradecer, una ser que, aunque de forma física no esté presente, de forma espiritual si lo hace, agradezco a Dios por ser quien me dio el tiempo, la sabiduría, los instrumentos y a las personas correctas y adecuadas para culminar esta prueba de la vida; agradezco por el simple hecho de la vida, de las emociones, del sentir, a quien ha sido un pilar en mi vida, levantando mis cimientos derrumbados cada tras golpe de quienes desean verme hundida.

Devin Ashlyng Espinoza Pineda.

Agradecimientos.

“Pero Dios, cuando elijas dejar las montañas inmovibles, dame la fuerza para decir que estoy complacida con mi Señor” Even if- Mercyme.

A **Dios**, agradezco profundamente por no soltar mi mano en medio de todas las tormentas que atravesé en estos 5 años de estudio; por darme la firmeza para continuar estudiando, por proveer todos los recursos, por rodearme de personas increíbles y por acompañarme hasta este momento. A él sea toda la gloria, el honor y mi agradecimiento por siempre.

A mi amada familia. Mi papá, **Mario Rodrigo Cisneros Ruíz**, por su amor incondicional, por lavarme la gabacha, por todas las sonrisas que me sacó, por su apoyo, por su cariño y por sus oraciones. Mi mamá, **María Verónica Berrios**, por su paciencia, su bondad, por sus consejos y ánimos, y por sostener mi corazón cuando quería rendirme. A mi hermano mayor, **Mario Eliezer Cisneros Berrios**, por brindarme su apoyo, su tiempo, por sacarme risas en los momentos más difíciles y por ser mi compañía más fiel. A mi mejor amigo, **Axel Noé Laguna Toval**, por impulsarme a seguir mejorando y a no darme por vencida.

A mis queridas mascotas, **Zyzy, Lucky, Shani, Winnie, Wam, Nono y Toby** por ser mi compañía en mis tiempos de estudios, por cuidarme en mi camino a la universidad y por levantarme los ánimos.

A nuestros compañeros de la facultad de Ciencias químicas por compartir sus recursos con nosotros y hacer el proceso de análisis posible.

Por último, quiero agradecer profundamente a todos mis familiares, amigos y maestros, quienes no se rindieron conmigo y creyeron en mí siempre incluso cuando yo no lo hice; y a quienes con buena voluntad participaron en la elaboración de esta investigación. ¡Muchas gracias!

Génesis Verónica Cisneros Berrios.

Agradecimientos.

Me gustaría iniciar agradeciendo a mis padres **Dr. Silvio R. Sandoval** y **Sra. Paola Y. Sánchez**, primeramente, por haber dado lugar a mi nacimiento y luego haber estado de manera distinta en todas las etapas de vida hasta el momento, gracias a ellos por impulsarme y motivarme a como lo hicieron cada uno a su manera. También dar gracias a familiares directos como tías y abuelos que me apoyaron cuando no podían estar presentes mis padres y no dejarme ir por mal camino.

También atribuyo agradecimientos a cosas que aparentan ser banales, pero tuvieron marca en mi persona como fue Avicii con su música que me mantuvo sereno, decidido, motivado y brindar conocimiento en el análisis de sus letras.

A mis compañeros que me acompañaron durante esta aventura denominada etapa universitaria, en especial a D. y G., por ser junto con ellas que se construyó una amistad solida que duró la carrera entera y durara mucho tiempo más, y fueron quienes contribuyeron de gran manera a la culminación de esta etapa.

A mi tutor **MSc. Jorge I. Cisne Altamirano**, por ser guía y mentor durante este trabajo y durante mi paso por la universidad. Gracias por su paciencia, comprensión y catedra.

Y por último y no menos importante, agradezco a mi persona, por ser alguien que se levanta cuando cae, por equivocarse mucho en la vida y aprender de tantos errores cometidos, por ser responsable ante situaciones críticas, y ser aprendiz de todo y experto en nada durante la adolescencia, pues sirvió para desarrollar conocimientos y habilidades, sobre todo por no perderme y dejar de ser “Yo” con la mayor plenitud posible.

Norvin J. Sandoval Sánchez.

Dedicatoria.

Le consagro este documento a la ciencia, que por muy compleja que sea, es interesante.

También a mis compañeros, quienes han sido participe de esta experiencia siendo parte de las arduas investigaciones que dieron como resultado dicho documento finalizado.

A nuestro tutor y guía, por ser quien nos apoyaba, corregía y aportaba de su conocimiento para con nosotros.

A quienes estuvieron dando aliento y oraciones para culminar esta investigación de forma satisfactoria (N.G.V.D.S.M.J.K.J..).

A Dios, quien ha sido la principal fuente de conocimiento y paciencia.

Devin Ashlyng Espinoza Pineda.

Dedicatoria.

Dedico este trabajo investigativo a las personas que, asegura mi corazón, son los que están más felices por este logro.

A mis queridos y amados abuelos **Juan José Alvares (QEPD)** y **M. Rodrigo Cisneros (QEPD)** que siempre soñaron y desearon lo mejor para mí mientras vivieron, espero con todo mi corazón que se sientan orgullosos de lo que hoy estamos logrando. A mis dulces y amadas abuelas, **Carmen Berrios** y **Juana T. Ruiz Padilla**, quienes con un corazón cálido me animan y aman, quienes siguen estando presentes en cada momento de mi vida y quienes me han cuidado con tanta paciencia y amor.

Al equipo imparable **N.A.G**, quienes trabajamos muy duro y siempre nos tuvimos fe. Son lo mejor que me pasó en la carrera y a pesar de las dificultades que tuvimos para llegar hasta aquí, no habría escogido mejores compañeros de aventuras, vida y de trabajo.

A nuestro querido tutor, **MSc. Jorge Isaac Cisne Altamirano**, por habernos acogido y ayudado en este proceso de culminación de estudios y por compartir sus conocimientos sin reproches con nosotros.

A todos nuestros maestros, que sin dudarlo nos enseñaron el arte de la ciencia, que con pasión y dedicación compartieron su tiempo y sabiduría, quienes nunca nos negaron el pan del conocimiento.

A la persona de la que me complace tener una relación íntima y profunda, quien nunca me abandonó ni me dejó echarme para atrás, quien me impulsó todos los días a seguir y quien más me ama en el universo, **mi Dios**.

Génesis Verónica Cisneros Berrios.

Dedicatoria.

Dedico especialmente este trabajo a mi abuelito Lic. Oscar Andrés Sánchez Dávila Q.E.P.D. por ser motivación para tomar el camino en la química, a mis padres por haber aceptado sin reproches mi decisión de estudiar esta hermosa carrera que sufre la desgracia de tener muchos prejuicios ante ojos ajenos al ámbito, a mi hermana mayor por darme consejo y su atención, a mis dos hermanos menores por levantarme el ánimo, y a mis sobrinos por ser motivo de alegría y aparecer a dar calor con sus sonrisas en momentos cruciales que la vida aporreaba con el despiadado invierno de emociones negativas.

Norvin Josué Sandoval Sánchez.

Resumen

Esta investigación tuvo como objetivo determinar la concentración de ácido gálico (AG) un compuesto fenólico que aporta propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, anticancerígenas y antimicrobianas, en cuatro tipos de frutas tropicales que se cultivan en tierras nicaragüenses, las cuales son mango de rosa, calala amarilla, jocote guaturco y pitahaya roja. La selección varietal fue hecha mediante la aplicación de una encuesta a 180 nicaragüenses, priorizando las especies con el porcentaje de preferencia más alto (mango de rosa 41.5%, jocote guaturco 50.3%, pitahaya roja 94.0% y calala amarilla 84.2%). Se utilizó el método de Folin-Ciocalteu mediante espectrofotometría UV-vis para cuantificar el ácido gálico, siendo la longitud de onda de lectura promedio de 690 nm debido a la polaridad del solvente utilizado en la extracción lo que causa un comportamiento solvato-crómico y, por consecuencia, el efecto hipsocrómico. Los resultados mostraron concentraciones variables entre frutas y estados de madurez (maduro vs sazón) en mango de rosa y jocote guaturco; destacando el mango maduro con 91.6987 EAG mg/g de fruto fresco y la calala con 72.7748 EAG mg/g de fruto fresco, y en el caso del estado de madurez, el mango de rosa maduro (91.6987 EAG mg/g de fruto fresco) y jocote guaturco maduro (39.4678 EAG mg/g de fruto fresco).

Carta de autorización del Tutor

León viernes 24 de octubre 2025

PhD. Sergio López Grío

Jefe Departamento de Química

ACCCTT

UNAN-LEON

Su Despacho:

Estimado Doctor López Grío:

Ante todo, reciba saludos muy atentos y cordiales de mi parte.

En mi condición de tutor del trabajo titulado **“Determinación de ácido gálico en frutas tropicales cultivadas en Nicaragua, mango (*Mangifera indica* L.), jocote (*Spondias purpurea*), calala (*Passiflora edulis* sims) y pitahaya (*Selenicereus undatus*), por espectrofotometría UV-visible”**. presentado por los bachilleres Br. Devin Ashlyng Espinoza Pineda No carnet 20-00221-0, Br. Génesis Verónica Cisneros Berrios, No carnet 20-01371-0, Br. Norvin Josué Sandoval Sánchez, No carnet 20-04516-0, certifico que el trabajo realizado cumple con las exigencias académicas y metodológicas establecidas; así mismo con los requisitos de forma del trabajo, de citación y de bibliografía. Por lo anterior, **apruebo** que el documento puede ser aceptado para su defensa por sus autores quienes optan al título de licenciado en química, el cual se desarrolla en la línea de investigación *Agroalimentaria* y sublínea Extracción, identificación y control de calidad en los extractos de plantas.

Agradeciendo de antemano su amable atención y deseándole éxitos en sus funciones le saludo.

Atentamente,

Jorge Isaac Cisne Altamirano

Departamento de Química.

ACCCTT

UNAN-LEON

CC. Archivo.

Índice

I. Introducción.	1
II. Objetivos.	3
III. Marco teórico.	4
1. Compuestos fenólicos.	4
1.2. Métodos de extracción.	5
2. Ácido gálico.	6
2.1. Aportes a la salud humana.	7
2.2 AG como preservante alimenticio.	7
3. Mango (<i>Mangifera indica</i> L.).	8
3.1. Especificaciones de cultivo:	9
4. Jocote (<i>Spondias purpurea</i>).	9
4.1. Especificaciones de cultivo:	10
5. Pitahaya (<i>Selenicereus undatus</i>).	11
5.1. Especificaciones de cultivo:	12
6. Calala (<i>Passiflora edulis sims</i>).	14
6.1. Especificaciones de cultivo:	14
7. Beneficios generales de todas las frutas en diferentes áreas.	15
7.1. Nutricional	15
7.2. Cultural	16
7.3. Económica	16
7.4. Política.	16
8. Espectrometría UV-visible.	16
8.2. Identificación, cuantificación e interacción del ácido gálico con otras sustancias.	17
IV. Diseño metodológico.	23
Preparación de soluciones	24
Verificación del equipo.	24
Recolección de datos de investigación.	25
Tratamiento de muestra.	26
Preparación de estándares de AG	27

Repetibilidad.	30
Linealidad.	34
Límite de detección y límite de cuantificación	¡Error! Marcador no definido.
Efecto hipsocrómico	36
Curvas de calibración de adición patrón	37
Análisis e interpretación de los resultados de interacción entre Mangifera indica L y	
Spondias purpurea en distintos estados de maduración	42
Referencias.	50
Anexos	55
Anexo 1.	55
Anexo 2	55
Anexos 3	56
Anexo 4.	60

I. Introducción.

El ácido gálico (AG) es un compuesto fenólico que tiene propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y antimicrobianas, y se encuentra presente en muchas plantas y frutas (Fernandes & Salgado, Gallic acid: Review of the methods of determination and quantification, 2015). El ácido gálico aporta estas propiedades al cuerpo humano a través de la ingesta de frutas, frutos secos, verduras y té; las cuales ayudan a fortalecer la salud cerebral, fortalecer el sistema inmunológico, previene el crecimiento y la propagación de células cancerígenas; además, ayuda a reducir el almacenamiento excesivo de grasa, lo que agiliza el proceso metabólico en personas con obesidad (Panoff, 2021).

(Yang, y otros, 2020) Estudiaron la capacidad del ácido gálico para absorber luz y sus mecanismos de acción en el intestino, encontrando que gracias a su poder oxidativo, el ácido gálico funciona como inhibidor en la activación anormal de la vía de señalización P13K/AKT (fosfatidilinositol 3 Kinasa) y el factor NF- κ B (factor nuclear κ 8) evitando desperfectos en la supervivencia celular (Pinzón, Serrano, & Sananbria., 2009) y la transcripción genética (Echeverri & Mockus, 2008), resultando en efectos anti metastáticos. Estos estudios afirman que el ácido gálico es un compuesto omnipresente en las frutas, verduras y hierbas.

Sin embargo, a pesar de su impacto positivo en la salud humana, la información confiable sobre este compuesto fenólico es muy limitada, en especial cuando se trata de frutas tropicales que generalmente consumen los ciudadanos nicaragüenses, tales como el mango (*Mangifera indica* L.), el jocote (*Spondias purpurea*), la pitahaya (*Selenicereus undatus*) y la calala (*Passiflora edulis* Sims). Adicionalmente, según la bibliografía consultada, no se ha encontrado información sobre ácido gálico en el jocote guaturco (*Spondias purpurea*) utilizando espectrofotometría UV-visible.

En la dieta nicaragüense se consumen diversas frutas tropicales, de las cuales las más destacables son: el mango de rosa (*Mangifera indica* L.), el jocote guaturco (*Spondias purpurea*), la pitahaya roja (*Selenicereus undatus*) y la calala amarilla (*Passiflora edulis* Sims); estas son ingeridas por gran parte de la población, ya sea que la fruta se consuma

de forma directa, es decir, consumir la pulpa con o sin cáscara, o en otros casos, elaborando jugos o productos derivados.

En investigaciones previas, se cuantificó ácido gálico mediante espectrofotometría UV-visible con rango de longitud de onda entre 246nm-255nm, utilizando el método de Folin-Ciocalteu 765nm o 460 nm. Los resultados fueron expresados en miligramos de equivalentes de ácido gálico por 100 g en peso fresco (EAG mg/100g), para Mango 45 ± 2 , y para jocote 383 ± 72 (Montero, Rojas-Garbanzo, Osaga, & Perez., 2021).

Este estudio pretende cuantificar el contenido de ácido gálico (AG) presente en las frutas tropicales seleccionadas, mediante espectrometría UV- visible, empleando el método de Folin-Ciocalteu tomando únicamente la pulpa de las frutas maduras; en el caso del mango de rosa y jocote guaturco, se tomarán en cuenta también en estado sazón.

II. Objetivos.

Objetivo General.

Determinar la concentración de ácido gálico presente en frutas tropicales cultivadas en Nicaragua, mango (*Mangifera indica* L.), jocote (*Spondias purpurea*), calala (*Passiflora edulis* Sims) y pitahaya (*Selenicereus undatus*), utilizando espectrofotometría UV-visible.

Objetivos específicos.

- 1) Seleccionar las especies de los frutos objeto de estudio en base a encuestas de preferencia de consumo.
- 2) Realizar la verificación del desempeño del equipo (SpectroVis plus) y del método analítico.
- 3) Cuantificar la concentración de ácido gálico en el mango de rosa (*Mangifera indica* L.), el jocote guaturco (*Spondias purpurea*), la pitahaya roja (*Selenicereus undatus*) y la calala amarilla (*Passiflora edulis* Sims).
- 4) Relacionar la concentración de ácido gálico en diferentes etapas de maduración (sazón y maduro) de jocote guaturco (*Spondias purpurea*) y mango de rosa (*Mangifera indica* L.).

III. Marco teórico.

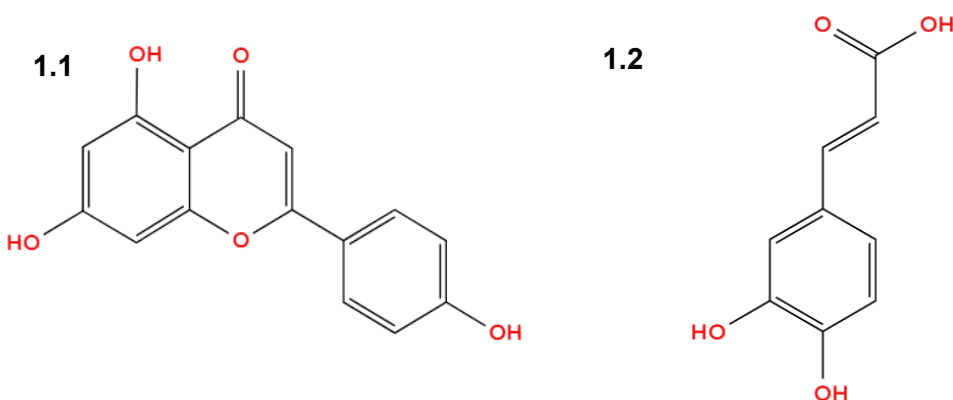
1. Compuestos fenólicos.

Los compuestos fenólicos o polifenoles (CF) son moléculas que contienen uno o varios anillos aromáticos o bencénicos (derivan del fenol), que están unidos a uno o más grupos hidroxilos (Aguilar & Zevallos, 2018.). Se encuentran en las plantas las cuales los biosintetizan por medio de dos rutas, el ácido shikímico y el acetato malonato. Según su estructura, se clasifican en:

- ❖ Flavonoides: Tienen estructuras complejas y entre ellos están: antocianas, flaonas, flavononas, flavonoles y taninos condensados. Ej.: apigenina (figura 1.1), quercetina, cianidina, etc.
- ❖ No flavonoides: Sus estructuras son más diversas y simples que los flavonoides; entre ellos: fenoles no carboxílicos y ácidos derivados del ácido benzoico y ácido cinámico. Ej.: ácido gálico, ácido cafeico (figura 1.2), matairesinol.

Figura 1.

Ejemplos de flavonoides y no flavonoides.



Nota: La figura 1.1 es la molécula en 2D de apigenina y la figura 1.2 es la molécula de ácido cafeico. Estos modelos 2D fueron sacados de (MolView, n.d.)

Se encuentran naturalmente distribuidos en distintas concentraciones en las raíces, tallos, flores, frutos y semillas. Las plantas generan metabolitos secundarios los cuales son subproductos de la síntesis de metabolitos primarios o productos principales. Los compuestos fenólicos constituyen los grupos más numerosos y representativos de estos

subproductos, las cuales cumplen distintas funciones en las plantas como la metabólica, de crecimiento, reproducción y protección frente bacterias, hongos, condiciones ambientales, depredadores, radiación UV(Abarca-Vargas & Petricevich, 2018) También son responsables del olor y del color de las hojas, fruto y semilla.

Además de esto, los compuestos fenólicos se encargan de brindarles propiedades farmacológicas, medicinales, entre otros., las cuales las hacen ventajosas para uso en las diferentes ciencias, ayudando al desarrollo y la salud de animales y seres humanos.

Propiedades biológicas de los CF.

- Antioxidantes: Neutralizan los radicales libres, previniendo el daño celular y el envejecimiento.
- Antimicrobianos: algunos CF combaten bacterias y hongos dando paso a la conservación de alimentos y fármacos.
- Antiinflamatorios: regulan la respuesta inflamatoria del cuerpo, haciendo que sean capaces de tratar enfermedades crónicas.
- Cardioprotectores: mejoran la función de los vasos sanguíneos y reducen el riesgo de padecer enfermedades cardíacas.
- Neuro protectoras: Previenen enfermedades neurodegenerativas.

1.2. Métodos de extracción.

Según Diego (2022) existen 2 tipos de metodologías de extracción de CF, convencionales y no convencionales. Los convencionales son aquellos que requieren largas jornadas de trabajo, pero son más sencillos de realizar; sus desventajas son que se necesitan grandes cantidades de disolvente y la puede haber cierto grado de contaminación. Algunas de estas son:

- ❖ Prensado en frío: Consiste en someter el material vegetal a altas presiones provocando la rotura de los tejidos, lo cual produce una emulsión acuosa que luego es filtrada.
- ❖ Maceración, infusión o decocción: consiste en introducir la muestra en un disolvente durante determinado tiempo (pueden ser horas o incluso días) a

temperatura ambiente, con agitación, luego filtrar. Su factor más relevante para la eficacia de este es la elección del disolvente correcto ya que sus características pueden afectar el componente extraído de interés. En la infusión y decocción es igual, el único cambio es que, en la infusión se añade agua en ebullición y en la decocción se hierve el material.

Los resultados pueden verse afectados por factores como el pH, condiciones ambientales y fallos en el tratamiento de la muestra.

2. Ácido gálico.

El ácido gálico (AG; ácido 3,4,5-trihidroxibenzoico) es un compuesto fenólico que se encuentra presente en diversas concentraciones en frutas, verduras, hierbas y frutos secos. Algunas de las mayores fuentes alimenticias de AG son la fresa, uva, banano, arándano, nueces, guayaba, aguacate, mango, granada, entre otras (Panoff, 2021) Tiene propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, anticancerígenas y antimicrobianas. Gracias a estas propiedades, el AG aporta significantes beneficios para la salud humana.

Las concentraciones de ácido gálico varían según la genética del fruto, por defecto hay frutos que contienen mayor concentración de AG que otros. Las condiciones ambientales, prácticas agrícolas, almacenamiento, condiciones de cultivo (temperatura, humedad, tipo de suelo), maduración y estrés ambiental son otros factores que afectan la cantidad de AG presentes en ellos (Paulino, Kessler, Ochoa, & De Michelis, 2012; Famiani, 2015).

Propiedades fisicoquímicas.

Fórmula molecular: $C_6H_2(OH)_3COOH$

Estado de agregación: sólido cristalino.

Peso molecular: 170.12 g/mol

Punto de fusión: 235.240 °C

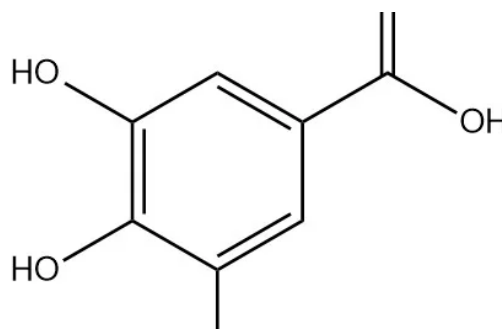
Densidad: 1.694 g/cm³

Color: amarillento

Solubilidad: 1g/87ml a 20°C, 1g/3ml a 100°C (agua); 1g/6ml (alcohol); 1g/100ml (éter etílico); 1g/10ml(glicerol); 1g/5ml (acetona).

Figura 2.

Estructura molecular 2D del ácido gálico



Nota: (Gallic Acid, n.d.)

Ácido gálico

2.1. Aportes a la salud humana.

El AG tiene un fuerte impacto sobre la salud humana, ya que previene enfermedades cardiovasculares, metabólicas, gastrointestinales, neuropsicológicas, entre otras. Su poder oxidativo, el cual se le atribuye a la cantidad de moléculas hidroxilo (-OH) que posee, ayuda a fortalecer el sistema inmunológico, detener el crecimiento de células cancerígenas, prevenir la degradación cerebral y mejorar gradualmente la memoria a largo plazo. Gracias a su propiedad antiinflamatoria, el ácido gálico es capaz de agilizar el metabolismo, lo que provoca que haya menor cantidad de grasa acumulada, previniendo la obesidad y la indigestión. También inhibe la hiperglucemia y la hipertrigliceridemia causadas por la dieta y protege las células β pancreáticas. En el caso de la diabetes, el ácido gálico ayuda a las células pancreáticas a generar insulina.

El ácido gálico puede ayudar a fortalecer el sistema inmunológico y actuar como un mecanismo de defensa natural contra infecciones microbianas. (Yang, y otros, 2020; Echeverri & Mockus, 2008; Pinzón, Serrano, & Sanabria, 2009).

2.2. AG como preservante alimenticio.

Debido a sus propiedades antifúngicas y antimicrobianas, el AG se ha convertido en un compuesto de interés en la fabricación de envases y en la preservación ecológica de alimentos. El AG es capaz de combatir microbios fuertes, la formación de biopelículas,

prevenir la oxidación de lípidos y proteínas, y funciona como indicador de color permitiendo identificar si el alimento está fresco. Según la dosis y la composición del material, la carga de ácido gálico dentro de la matriz polimérica puede mejorar las propiedades del empaque, incluida la barrera UV, la resistencia mecánica y la permeabilidad al vapor de agua y al oxígeno. (Rahmawati et al., 2024).

3. Mango (*Mangifera indica* L.).

El mango pertenece a la familia anacardiáceas, la cual posee 73 géneros y alrededor de 850 especies. En el género *Mangifera* se han reconocido alrededor de 69 especies; contiene el mayor número de especies con un total de 47 y, que además está dividido en cuatro secciones: *Marchandora*, *Euantherae*, *Rawa* y *Mangifera*. A continuación, se presenta su taxonomía en la Tabla 1.

Tabla 1.

Taxonomía del Mango de rosa (*Mangifera indica* L.).

Clase	Dicotiledónea
Subclase	Rosidae
Orden	Sapindales
Suborden	Anacardineae
Familia	Anacardiácea
Género	<i>Mangifera</i>
Especie	<i>Mangifera indica</i> .

Nota: (*Mango (Mangifera Indica)*, n.d.)

Estos crecen en suelos de textura limosa de pH entre 5.5 y 7.0. Puede desarrollarse bien en suelos arenosos, ácidos o alcalinos moderados siempre y cuando se fertilicen adecuadamente. (Patricia & Urquiza, 2022).

Contiene sustancias como macronutrientes (carbohidratos, proteínas, aminoácidos, lípidos ácidos grasos y orgánicos) micronutrientes (vitaminas y minerales) y fitoquímicos (fenólicos, polifenoles, pigmentos y componentes volátiles); también contiene

carbohidratos estructurales como pectinas y celulosas, los principales aminoácidos incluyen lisina, leucina, cisteína, valina, arginina, fenilalanina y metionina. Su composición lipídica aumenta conforme la fruta va madurando, particularmente los ácidos grasos, omega 3 y omega 6; los ácidos orgánicos más importantes incluyen ácido málico y cítrico.

3.1. Especificaciones de cultivo:

El árbol de mango no es muy afectado por el tipo de suelo, sin embargo, en suelos mal drenados no crece, ni fructifica lo suficiente. Está limitado a zonas de clima tropical y subtropical debido principalmente a su susceptibilidad al frío. (“COCO - Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria”) Las zonas cuya temperatura media anual oscila entre 22°C y 27°C, son adecuadas para el desarrollo óptimo del mango. La semilla debe sembrarse antes de ocho días después de cosechado el fruto ya que pierde su poder germinativo.

Las prácticas de extracción, traslado y trasplante deben hacerse con precaución, debe trasplantarse con mucho cuidado para no dañar la raíz; procurando que las distancias y la posiciones entre arboles cercanos. El hoyo de siembra debe ser llenado con una mezcla de suelo y materia orgánica y, dependiendo de la textura del suelo, se recomienda las siguientes dimensiones (pueden variar) de 0.40 x 0.40 x 0.40 m hasta 0.60 x 0.60 x 0.60 m. En suelos excesivamente pobres, las dimensiones se recomiendan que sean mayores. El mango se puede adaptar en alto grado a diversas condiciones edáficas y de fertilidad; sin embargo, aunque es tolerante a los suelos de baja fertilidad, sus niveles de producción se elevan sustancialmente en suelos fértiles (Cultivo Del Mango, última revisión 6.10.25; 22:45).

4. Jocote (Spondias purpurea).

En América tropical existen 33 géneros y aproximadamente 170 especies, es originario de las Antillas y se cultiva desde México hasta Suramérica. Pertenece a la familia Anacardiaceae, la cual consta de 78 géneros a nivel mundial; esta familia es originaria de las regiones tropicales del mundo, pero en el hemisferio oriental hay más diversidad que en

el occidental (*Spondias Purpurea* - Arboretum | Universidad Francisco Marroquín, n.d.). A continuación, se presenta su taxonomía en la Tabla 2.

Tabla 2.

Taxonomía del jocote guaturco (*Spondias purpurea*).

Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
Dominio	Eukaryota
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Rosidae
Orden	Sapindales
Familia	Anacardiaceae
Género	Spondias
Epíteto específico	Purpurea

Nota: (Teisher J; Stimmel H, 2023)

Otras sustancias presentes en la fruta son la vitamina C y carbohidratos además de tener un notable nivel de vitamina A. El jocote es una valiosa fuente de minerales esenciales como lo son el calcio y el fósforo. Contiene caroteno, vitaminas del complejo B aminoácidos y antioxidantes; también contiene propiedades diuréticas y antiespasmódicas.

4.1. Especificaciones de cultivo:

El jocote se produce en suelos pocos profundos, con bajos contenidos de materia orgánica y de nutrientes. Se desarrolla bien en terrenos con diferentes topografías, desde planas, onduladas a quebradas La forma tradicional de propagación del cultivo de jocote es asexual o vegetativa.

El material seleccionado deben ser ramas en estado sazón y de árboles productores para lograr cosechar en menos tiempo. Si se siembra por esquejes (partes de la planta, tallos,

hojas o raíces) estos serán de aproximadamente 1.0 a 1.5 metros de largo por 0.10 a 0.12 metros de diámetro.

En cuanto a condiciones ambientales, algunas variedades se adaptan mejor entre los 10 y 800 msnm y otros como el jocote de corona a altitudes entre 800 a 1,700 msnm. En Nicaragua la siembra debe efectuarse a inicio del invierno. Las temperaturas que requiere el cultivo de jocote cambian dependiendo de la variedad; debe ser establecido en lugares donde exista adecuada luminosidad para evitar que la sombra de otros árboles incida en una mala formación de copa por competencia de luz. Se debe acondicionar el suelo, primero haciendo chapoda para eliminar malezas, luego el trazado de siembra y por último el ahoyado, el cual debe tener no menos de 40 cm de profundidad, por otro lado, el distanciamiento de las plantas puede ser de 6 x 6 m, 5 x 5 m o 4 x 4 m. Se deben enterrar 30 cm del esqueje, inclinándolo levemente (de 30° a 45° de ángulo) con la intención de estimular las yemas a lo largo del esqueje.

Es necesario tener especial cuidado cuando el jocote se encuentra establecido, ya que movimientos bruscos hacen que las raíces que están brotando del esqueje se dañen, ocasionando lentitud en su desarrollo y en algunos casos su pérdida. Se recomienda aplicar fertilizante orgánico al momento de la plantación de las estacas. (*Cultivo de Jocote*, n.d.).

5. Pitahaya (*Selenicereus undatus*).

La pitahaya pertenece a la familia Cactaceae y prevalece en dos géneros, “*Hylocereus*” y “*Selenicereus*”. Las variedades más comunes cultivadas para el comercio son del género *Hylocereus* y comprende alrededor de 16 especies distintas. A continuación, se presenta su taxonomía en la Tabla 3.

Tabla 3.

Taxonomía de pitahaya roja (*Selenicereus undatus*)

Categoría	Clasificación
Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Dominio	Eukaryota
Clase	Magnoliopsida
Familia	Cactaceae
Subfamilia	Cactoideae
Orden	Caryophykake
Tribu	Hylocereeae
Género	Selenicereus
Especie	<i>Selenicereus costaricensis</i> .

Nota: (Verona-Ruiz et al., 2020)

Nuestro país es el mayor productor de pitahaya roja en Centroamérica, con más de 5,160 toneladas anuales. Su comercialización se extiende a mercados internacionales como Estados Unidos y Europa (Hernández Palacios, 2020).

La pitahaya no solo contiene ácido gálico, también es rica en múltiples compuestos naturales como betalainas, polifenoles, ácido fenólico, flavonoides, ácidos grasos, terpenos y esteroides. También es rica en vitaminas B1, B2, B3 y C, contiene minerales como potasio, sodio, calcio, fósforo y hierro; además de proteínas, grasas, carbohidratos, fibra, Fito albúmina y carotenos.

5.1. Especificaciones de cultivo:

En el sur de Taiwán, se considera a la pitahaya como un cultivo de día largo. Una fundamental propiedad de la planta es el metabolismo del ácido crasuláceo, el cual promueve la expansión de las áreas bajo cultivo debido que otorga una tolerancia a la sequía

extrema. Por lo tanto, esta es un valioso recurso para los agricultores que cuentan con tierras secas, degradación de la tierra y escasez de agua.

Reproducción por medio de segmentos del tallo (asexual): a los 20 o 30 días después de sembrados, se aplica de forma foliar un fertilizante con alto contenido de fósforo para obtener un buen desarrollo radicular. Para cualquier forma de reproducción asexual, el suelo debe estar suave, suelto y libre de malezas. Cortar vainas de unos 25 a 30 cm de longitud procedentes de plantas madre que deben ser de al menos 2 años.

El corte de las vainas debe realizarse con tijeras de podar o cualquier instrumento afilado y desinfectado, para lo cual se puede utilizar una solución de 50 ml de cloro al 5% en 1 L de agua. Dejar cicatrizar durante 3 a 7 días bajo sombra. Sembrar en bolsas de 20 x 30 cm.

Propagación por injerto: Para realizar el injerto lo primero que se necesita son las plantas que se van a injertar (patrón) y el material genético que se extrae de otra planta con buen desarrollo y altamente productiva. La preparación del suelo se realiza al menos un mes antes de la plantación, se debe de limpiar el terreno, en caso necesario, realizar labores de arado para mantener el suelo aireado y con buena capacidad de drenaje (construir obras de drenaje si es necesario y realizar análisis de suelo para identificar los elementos y las cantidades que posee el suelo).

Cuando los esquejes son enraizados en bolsas plásticas con tierra, el transporte hacia el sitio definitivo se realiza en las mismas bolsas, pero se quitan completamente al momento de ubicarlo en el hoyo. En sistemas de plantación con tutores vivos, el trasplante se realiza cuando estos hayan emitido brotes vegetativos y muestren prendimientos óptimos. Es importante colocar los postes antes de establecer las plantas para evitar posibles daños a las raíces. Este sistema permite realizar una mejor distribución de las vainas (Manual técnico: buenas prácticas de cultivo en pitahaya, 2000).

6. Calala (*Passiflora edulis* sims).

Se considera que el centro de origen es Brasil, específicamente la región del Amazonas. Este país es el origen de unas 150-200 especies de las 465 existentes de Pasiflora. A continuación, se presenta su taxonomía en la Tabla 4.

Tabla 4.

Taxonomía de calala amarilla (*Passiflora edulis* sims).

Categoría	Clasificación.
Dominio	Eukaryota
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Malpighiales
Familia	Passifloraceae
Género	Passiflora
Especie	Passiflora edulis sims.
Forma	Flavicarpa Degener

Nota: (revivemx.org/sisviveros2//img/temp/especies/93/2702/202208161605201.pdf, s. f.)

La calala no es solo portadora de ácido gálico también contiene fracciones ricas en fibras insolubles, los de mayor predominio son las glucosa, xilosa, arabinosa y ácido uránico. Contiene de igual manera bioactivas; funciones antioxidantes, antiinflamatorias, antihipertensivas, hepatoprotectoras, antidiabéticas e incluso antidepresivas todo gracias a la presencia de compuestos como la leutolina, apigenina y quercetina además de los ácidos clorogénico, cafeico y vanílico. Posee un alto porcentaje de compuestos valiosos como vitamina A y C, fibra dietaria y minerales como potasio, fósforo y magnesio.

6.1. Especificaciones de cultivo:

Se requieren distancias de siembra cortas entre plantas (2 a 2.5 m). Los distanciamientos más frecuentes son:

- ❖ Entre hileras 3 a 3.5 m para cultivo sin mecanización. 3.5 a 4 m para cultivo mecanizado.
- ❖ Entre plantas 2 a 4 m.

Para el trazado de la plantación se deben considerar la dirección de los vientos dominantes. Una vez definidos los distanciamientos se comienzan a trazar surcos, colocando postes de 2.5 m de largo en el centro del surco espaciados a 6 m.

Los postes deben colocarse en un hoyo de 30 x 50 cm para que puedan resistir el peso de las plantas. Para la siembra de las plantas deben hacerse hoyos de 30 x 30 cm procurando que el nivel que tenía en la bolsa quede a nivel del suelo. El material proveniente de semilla está listo para el trasplante cuando su altura es de 20 cm, lo que ocurre entre uno y dos meses después de germinado. Al momento de la siembra, se realiza una poda donde se eliminan, manualmente o con tijeras, los brotes laterales del tallo principal para acelerar el crecimiento y guiar un solo tallo hasta la parte superior del tutor, con esta labor se busca también obtener frutos de buena calidad (*Cultivo de Calala (Maracuyá)*, n.d.).

7. Beneficios generales de todas las frutas en diferentes áreas.

7.1. Nutricional

Es interesante destacar que el uso del ácido gálico es una de las principales estrategias terapéuticas para prevenir la progresión de estas enfermedades, principalmente como nutraceutico. Esto es posible debido a la capacidad de inhibición de las fibrillas amiloides, como se discute en el trabajo.

El uso del ácido gálico como alimento nutraceutico puede discutirse considerando los resultados presentados por (Xiang et al., 2024), señala que las proteínas en condiciones de estrés pueden conducir a la formación de una estructura autoensamblada ordenada, denominada fibrillas amiloides, a las que se atribuyen muchas enfermedades neurodegenerativas como la diabetes tipo II, la enfermedad de Alzheimer, la enfermedad de Parkinson, la enfermedad de Huntington y otras.

7.2. Cultural

Las frutas tropicales son un alimento que, para bien, se integran profundamente en la vida cultural de la población, iniciando de forma principal por los países que están en desarrollo, los cuales son los principales productores de dichas frutas.

7.3. Económica

Las frutas tropicales también tienen gran importancia económica, ya que generan ingresos tanto para los hogares como para el país. Proporcionan importantes valores adaptativos y tienden a ser más resilientes al cambio climático, naturaleza perenne y tienen la propiedad de secuestrar carbono, se espera que la producción y el comercio mundial de frutas tropicales frescas se expandan en las próximas décadas, y los países en desarrollo representen alrededor del 98% de la producción total, mientras que los países desarrollados representan el 80% del comercio mundial de importación.

Como propuesta se tienen realizar productos inclinándose más por el método de ingerir las frutas de forma más natural, es decir, con el mínimo de procesos industriales por el cual deben pasar para ser consumidas (Githae et al., 2024).

7.4. Política.

La investigación realizada determina la presencia de ácido gálico, esta información puede ser utilizada en pos de la salud pública promoviendo su consumo regular contribuyendo así a disminuir enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo, inflamaciones entre otros factores. Mientras que, en soberanía alimentaria, estas frutas pueden aumentar la disponibilidad de alimentos locales que sean saludables, reduciendo la dependencia de importación y fortaleciendo la autosuficiencia alimentaria.

8. Espectrometría UV-visible.

Los espectrofotómetros UV-VIS son utilizados normalmente por una gran cantidad de industrias con fines diversos, desde la industria de la alimentación, empresas y entidades encargadas del control de las aguas residuales, entidades de salud pública, empresas y laboratorios dedicados al control de la calidad ambiental, hasta la industria de los

materiales, hacen uso de medidas mediante espectrofotometría UV-VIS para el control de la calidad de sus productos o servicios.

Este método puede utilizarse perfectamente en la industria alimentaria ya que ofrece la oportunidad de medir la concentración y pureza de sustancias en ciertos alimentos (determinación de la concentración de sustancias específicas) todo mediante la medición de la absorción de la luz.

Comúnmente estos equipos son utilizados para el control de calidad de los alimentos a través del contenido en los mismos; así mismo, es común el uso de estos para las mediciones en jugos de fruta que permiten controlar el ácido cítrico, el fósforo, el ácido L-málico, el ácido D-isocítrico, la glucosa, la fructosa y la sacarosa entre otros (Guía de Espectroscopia UV/Vis | Principios, Equipos y Más.)

8.1. Efecto hipsocrómico

En espectroscopia, el efecto hipsocrómico es un cambio de posición de la banda espectral en espectro de absorción de una molécula a una longitud de onda más corta. Este efecto también se denomina desplazamiento azul. Este fenómeno se puede producir por condiciones ambientales como el cambio de polaridad de un solvente polar (agua, alcohol) lo que desplaza la longitud de onda a valores menores lo que da como resultado solvatocromismo (Cambio Hipsocrómico _ AcademiaLab.).

8.2. Identificación, cuantificación e interacción del ácido gálico con otras sustancias.

Los picos de absorción característicos del ácido gálico en el espectro UV-Vis ayudan a identificar su presencia en una muestra. Se puede utilizar la ley de Lambert - Beer para relacionar la absorbancia del ácido gálico con su concentración en la muestra. La espectrofotometría UV-Vis puede utilizarse para estudiar cómo el ácido gálico interacciona con otras moléculas, como antioxidantes o metaloides. (Jancovicova, Ceppan, & Reháková, 2007).

8.3. Ley de Lambert-Beer.

La ley de Beer-Lambert describe la relación entre la absorbancia de luz monocromática (de longitud de onda fija) y la concentración de un cromóforo en solución. Según esta ley, la absorbancia (A) se define como $A = \log(I_0/I) = \epsilon \times C \times l$, donde I_0 es la intensidad de la luz incidente, I es la intensidad de la luz transmitida, C es la concentración del cromóforo en la solución, l es la longitud del camino óptico a través de la solución, y ϵ es el coeficiente de extinción molar (o específico), que es una constante de proporcionalidad específica para cada cromóforo.

La absorbancia de una solución es directamente proporcional a su concentración, lo que significa que un mayor número de moléculas en la solución resultará en una mayor interacción con la luz. Asimismo, la absorbancia depende de la distancia que recorre la luz a través de la solución a igualdad de concentración, cuanto mayor es la distancia, más moléculas se encuentran en el camino de la luz, aumentando la absorbancia. El coeficiente de extinción molar (ϵ) se expresa generalmente en unidades de $M^{-1} \times cm^{-1}$, donde M es la molaridad de la solución. Si la concentración se expresa en unidades diferentes, como $g \times L^{-1}$, el coeficiente de extinción se denomina coeficiente de extinción específico ϵ_s y se expresa en unidades como $g^{-1} \times L \cdot cm^{-1}$.

Es importante notar que la ley de Beer-Lambert es válida principalmente para soluciones diluidas. En concentraciones más altas, pueden surgir desviaciones de esta relación lineal debido a fenómenos como la dispersión de la luz, la agregación de moléculas y cambios en el medio circundante, lo que afecta la absorción y, por ende, la precisión de la medición. Estas limitaciones deben ser consideradas durante el diseño y la interpretación de experimentos utilizando espectrofotometría UV-Vis. En resumen, la espectrofotometría UV-Vis, y en particular la medición en el rango visible es una técnica analítica fundamental que permite la cuantificación precisa de compuestos absorbentes de luz. Su aplicación abarca desde el análisis químico básico hasta estudios más complejos en ciencias ambientales y biológicas, haciendo de esta técnica una herramienta indispensable en laboratorios de investigación y control de calidad.

9. Determinación de compuestos fenólicos por el método de Folin-Ciocalteu.

Este método es utilizado para medir el contenido de compuestos fenólicos totales en productos vegetales. Se basa en la reacción de los compuestos fenólicos con el reactivo Folin-Ciocalteu, a un pH básico (aproximadamente 10), dando lugar a un compuesto de coloración azul. Este reactivo es el resultado de la mezcla de Tungstato sódico y Molibdato sódico en ácido fosfórico. El ácido fosfomolidotungstico (que resulta de la mezcla de las dos sales en medio ácido) presenta coloración amarillenta, el cual al ser reducido por los grupos fenólicos da lugar a un complejo de color azul intenso, dicha intensidad se usa para evaluar el contenido en polifenoles (Thea, 2013). El estándar utilizado es el ácido gálico debido a su estabilidad y su capacidad de representar varios compuestos fenólicos. Aunque se usa AG como estándar, este método no es específico para este, sino que responde a cualquier compuesto fenólico (*¿Cómo Funciona Folin-Ciocalteu En El Método de Contenido Fenólico Total?*, n.d.).

La oxidación de los polifenoles en la muestra causa la aparición de la coloración azulada la cual presenta un máximo de absorción de a 765nm, y se cuantifica por espectrofotometría en base a una recta patrón de ácido gálico. Este método de análisis es utilizado con frecuencia en el estudio de propiedades antioxidantes de alimentos vegetales, como zumos de frutas.

10. Espectrofotómetro portátil SpectroVis plus.

Este espectrofotómetro puede ser usado en un amplio rango de experimentos de química, biología, y física. Dichos experimentos incluyen: determinar el pico de longitud de onda para obtener datos en concentración de solución en estudios por ley de Beer's, obtener un espectro completo de longitud de onda en una mezcla de absorbancia, porcentaje de transmitancia, fluorescencia, o emisión, y monitoreo de tasas de reacción. A continuación, se muestran las especificaciones del equipo en tabla 5.

Tabla 5.

Especificaciones del SpectroVis plus.

Dimensiones	15cm x 9 cm x 4 cm
Soporte para fluorescencia	Excitación centrada a 405 y 500 nm
Fuente de luz	Incandescencia con soporte LED
Detector	Linear CCD
Rango de longitud de onda	380 nm – 950 nm
Resolución óptica	4.0 nm (a 656nm), 25 nm (a 486nm) +
Intervalo de reporte de longitud de onda	~1 nm
Precisión de longitud de onda	± 3.0 nm (a 650 nm), ± 7.0 nm (a 450 nm)
Precisión Fotométrica	±13.0 %
Tiempo de escaneo típico	~2 s
Temperatura de operación	15-30 °C

Nota: (Vernier SpectroVis Plus Spectrophotometer User Manual, n.d.)

En el espectro UV-Vis que se utilizó para leer las muestras (espectrofotómetro portátil SpectroVis plus), el rango de lectura es de 380 nm a 950 nm, siendo esta la razón por la cual se requiere el uso de concentraciones mayores y la disponibilidad de un software con mayor precisión para estudiar muestras con concentraciones más bajas.

10.1. Software: Logger Pro-versión 3.16.2.

Es un software de adquisición de datos el cual pertenece a Vernier Software & Technology, este software combina análisis en tiempo real con potentes herramientas de análisis, análisis de video, y otras muchas características dentro de un software muy fácil de usar.

11. Parámetros estadísticos.

11.1. ANOVA

El análisis de varianza ANOVA se utiliza para comparar la media de tres grupos o más grupos que difieren de una sola variable independiente. Otra función importante es la

estimación de las diferencias entre grupos específicos (Ejemplo de ANOVA de Un Solo Factor – Minitab).

El método que suele ser el más común a utilizar para detectar diferencias entre grupos en ANOVA de un solo factor es la Prueba F, la cual se basa en el supuesto de que las poblaciones de todas las muestras comparten una desviación estándar común, aunque por supuesto, es desconocida. (Análisis de La Varianza ANOVA).

11.2. REPETIBILIDAD

Este apartado mide la variación cuando el mismo operador usa el mismo instrumento para poder medir la misma muestra más de una sola vez todas y cada una de ellas bajo las mismas condiciones que la anterior; cabe destacar que si hay una alta variabilidad indica que el instrumento no es confiable (*ISO/IEC 17025:2017, n.d.*).

11.3. LINEALIDAD

Este parámetro evalúa si el sesgo del sistema de medición se mantiene constante dentro del rango de medición sin importar el tiempo en el que este sometido, es decir, a lo largo del rango de medición; para destacar tenemos que un sistema lineal debe de tener el mismo grado de precisión durante el largo del rango, esto mismo se utiliza para validar instrumentos. (*ISO/IEC 17025:2017, n.d.*).

11.4. LIMITE DE DETECCION

El límite de detección quiere decir que es la menor cantidad de una sustancia que puede detectarse, sin embargo, esto no indica que se cuantifique con precisión; esto es la señal mínima del ruido de fondo distinguible. Este es considerado un parámetro crucial en la química analítica y el control de calidad. (*ISO/IEC 17025:2017, n.d.*).

11.5. LIMITE DE CUANTIFICACION

Este parámetro es similar al de límite de cuantificación con la diferencia de que en este puede medirse con precisión y exactitud siendo aceptables; la diferencia entre límite de

detección y cuantificación es que el primero detecta presencia, pero no asegura precisión y el segundo cuantifica precisión y da resultados confiables. (ISO/IEC 17025:2017, n.d.).

IV. Diseño metodológico.

Reactivos

- Ácido gálico 98%, Fisher scientific.
- Ácido fosfórico 85%, Fisher scientific
- Carbonato de sodio 99.95%, Fisher scientific.
- Molibdato de sodio 99%, Fisher scientific.
- Tungstato de sodio 99%, Fisher scientific
- Alcohol etílico al 98%, DISCARSA.
- Agua destilada.

Materiales

- Matraz aforado de 10 ml, Pyrex clase A.
- Matraz aforado de 50 ml, tekk.
- Matraz aforado de 100ml, Pyrex.
- Matraz aforado de 1000 ml, kimax.
- Probeta de 500 ml, tekk.
- Probeta de 50 ml, Fisher brand.
- Pipeta de 1 ml, qualicolor.
- Pipeta de 5 ml, pyrex.
- Pipeta de 10 ml, MBL.
- Beaker de 100 ml, Pyrex.
- Espátula, Fisherbrand.
- Embudos, Pyrex.
- Papel filtro Wattman 0.4mm.
- Pizeta, Fisherbrand.
- Celdas de espectrofotómetro de plástico, Fisherbrand.

Equipos

- Espectrofotómetro UV-visible, Labquest Vernier, SpectroVis Plus.
- Balanza analítica Sartorius GMBH, (gottingen AC210S) d=0.0001g.

Preparación de soluciones

1. **Ácido gálico 1000 ppm:** Pesar 0.1g de ácido gálico y diluir en 100 ml de agua destilada.
2. **Carbonato de sodio 20%:** Pesar 10 g de carbonato de sodio en 50 ml de agua destilada.
3. **Reactivo Folin-Ciocalteu:** Pesar 1.14 g de tungstato de sodio y 1.78 de molibdato de sodio, diluir en 700 ml de agua destilada y añadir 3.5 ml de ácido fosfórico. Aplicar el método por reflujo en un rango de temperatura 65-70 °C en un tiempo de 2 a 2.5 horas. Después dejar reposar por 2 horas.

Verificación del equipo

Para la verificación del SpectroVis plus se realizó una curva de verificación de 5 puntos en distintas concentraciones de dicromato de potasio yendo de 100 ppm hasta 300 ppm en un intervalo de 50 ppm entre cada concentración como se muestra en la tabla 6, esto debido al rango de detección del equipo.

Tabla 6.

Preparación de patrones de dicromato de potasio para la curva de calibración y resultados de la verificación del espectrofotómetro SpectroVis plus.

N°	Concentración (mg/L)	Volumen de alícuota de solución madre tomada (ml)	Absorbancia (abs)
0	0	Blanco	0.0030
1	100	1.0	0.0305
2	150	2.0	0.4420
3	200	3.0	0.5800
4	250	4.0	0.7530
5	300	5.0	0.9102

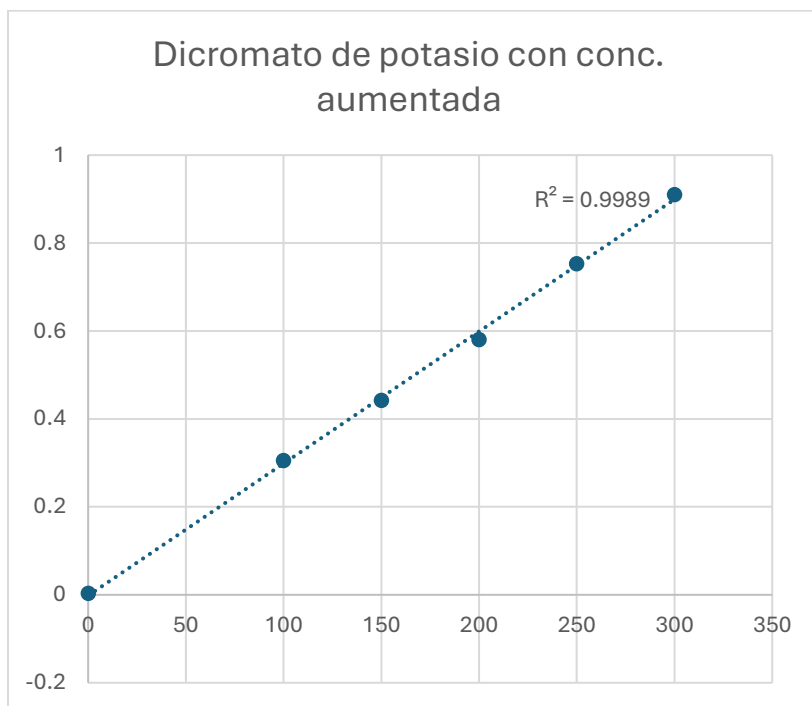
En la tabla 6 se mencionan los resultados de la lectura de dicromato de potasio para

cada solución patrón y solución blanco a 394.8 nm; los valores de absorbancia corresponden a los promedios de 10 lecturas por estándar.

En la figura 3, se presenta la curva de calibración de dicromato de potasio en base a los resultados de la tabla 6.

Figura 3.

Curva de calibración de dicromato de potasio con concentraciones aumentadas (100-300 ppm), elaborado con el SpectroVis plus.



El coeficiente de determinación (R^2), indica si el método utilizado es estadísticamente confiable, entre más cerca esté de 1 más confiable es. Como nuestro valor de aceptación es ≥ 0.995 , y como el R^2 obtenido de la curva de calibración de dicromato de potasio es 0.9989 decimos que el equipo es útil para este tipo de métodos.

Selección de frutas y especies

Para recolectar datos se encuestaron a 180 personas de nacionalidad nicaragüense, el formato de la encuesta se presenta en Anexo 3. A través de esta, se encontró que el 98.4 % consumen las frutas de estudio (mango, calala, jocote y pitahaya); además, los tipos

más consumidos de cada una de ellas fueron 41.5% para mango de rosa (*Mangifera indica* L.), 50.3% para jocote guaturco (*Spondias purpurea*), 94% para pitahaya roja (*Selenicereus costarricensis*), 84.2% para calala verde amarillenta (*Passiflora edulis* Sims). Los gráficos de los resultados de la encuesta se encuentran en Anexo 4.

En base a los resultados obtenidos en las encuestas, se procedió a adquirir las muestras en puestos comerciales del Mercado central “Raúl Cabezas Lacayo” y en la terminal de buses de la ciudad de León.

Tratamiento de las muestras

Las frutas recolectadas fueron lavadas con agua al tiempo y secadas a temperatura ambiente. Se descascararon las muestras de mango, pitahaya y calala, dejando la pulpa del mango y las pulpas de calala y pitahaya con semillas. En el caso del jocote se utilizó la pulpa con cáscara. Para la comparación entre los estados de madurez se emplearon solamente el mango y jocote. A continuación, la tabla 7 muestra la preparación para la extracción hidroalcohólica por maceración.

Tabla 7.

Preparación para la extracción de compuestos fenólicos en las muestras.

Muestra	Código	Cantidad de muestra en gramos (gr)	Proporción de extracción, Etanol: Agua en mL.
Mango maduro	MMP	20.0	80:20
Mango sazón	MSP	20.0	80:20
Jocote maduro	JMP	20.0	80:20
Jocote sazón	JSP	20.0	80:20
Calala madura	CMP	20.0	80:20
Pitahaya madura	PMP	20.0	80:20

MMP= Mango maduro pulpa, MSP= mango sazón pulpa*, JMP= jocote maduro pulpa*, JSP= jocote sazón pulpa*, CMP= calala madura pulpa*, PMP= pitahaya madura pulpa**

Se pesaron 20 g de cada muestra, posteriormente se realizó la extracción de compuestos fenólicos por maceración hidroalcohólica adicionando 80 ml de etanol al 98% y 20 ml de agua destilada dejando reposar por 2 horas. Por último, se filtraron los extractos con papel Whatman de 0.4 mm. El volumen final de cada extracto fue de 95 ml.

Preparación de estándares de ácido gálico

Se preparó una solución madre de 1000 ppm, disolviendo 0.1 g de ácido gálico en 100 ml de agua destilada. El peso experimental de estándar de AG fue 0.1008 g, ya que hubo una diferencia entre el valor experimental y el valor teórico, se debe calcular la concentración exp., para ello utilizaremos la Ec. 1.

$$C_{exp} = \frac{g_{solute}}{V_{disolución}} \quad Ec. 1.$$

Donde g_{solute} es el peso exp. en gramos y $V_{disolución}$ es el volumen de disolución final en litros (L). C_{exp} es la concentración exp. Entonces,

$$C_{exp} = \frac{0.1008 \text{ g}}{0.1 \text{ L}} = 1,008 \text{ ppm}$$

Para calcular las alícuotas de cada estándar se utilizó la Ec. 2, usando los datos experimentales.

$$C_1 V_1 = C_2 V_2 \quad Ec. 2.$$

$$V_1 = \frac{C_2 V_2}{C_1} \quad Ec. 3$$

Donde C_1 = concentración de solución madre en ppm; V_1 = Volumen de alícuota en ml; C_2 = concentración del estándar en ppm; V_2 = volumen final del estándar en ml.

Las concentraciones de los estándares, el volumen de solución final y el volumen de las alícuotas se muestran en la tabla 8.

Tabla 8

Preparación de estándares de AG para la elaboración de la curva de calibración.

N°	Concentración en ppm	Volumen final en mL	Volumen de alí- cuotas en mL
0	Blanco	50	0
1	50	50	2.4
2	100	50	4.8
3	150	50	7.1
4	200	50	9.5
5	250	50	11.9

La preparación de los estándares de AG y las muestras para medirlas por el espectrofotómetro SpectroVis plus fue la siguiente:

Para solución estándar: se tomaron las alícuotas correspondientes (según la tabla 8), se añadió 1.5 mL del reactivo de Follin-Ciocalteu, luego de agitar se dejó reposar 1 minuto y se añadió 0.5 ml de carbonato de sodio (Na_2CO_3) al 20%, luego se llevó a volumen (50 mL) con agua destilada, dejándolo reposar por 2 horas antes de su lectura.

Para las muestras: se transfirió 1ml de muestra a un matraz aforado de 10 ml, se añadió 1.5 mL del reactivo de Follin-Ciocalteu, luego de agitar se dejó reposar 1 minuto y se añadió 0.5 ml de carbonato de sodio (Na_2CO_3) al 20%, luego se llevó a volumen (10 mL) con agua destilada, dejándolo reposar por 2 horas antes de su lectura

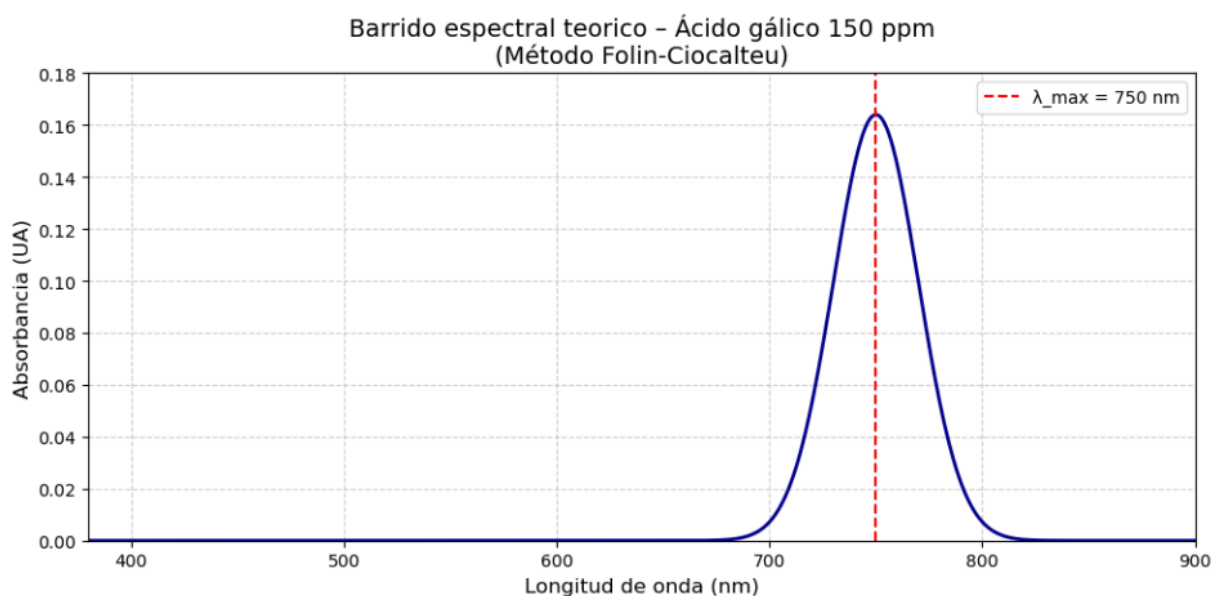
V. Resultados y discusión.

Detección del máximo de Absorbancia

Con el objetivo de encontrar el máximo de absorbancia para realizar las lecturas, se realizó un barrido espectral en todo el rango del visible, en vista que la literatura reporta que para el método de Folin- Ciocalteu, el máximo de absorbancia es de aproximadamente 750 nm como se muestra en la figura 4.

Figura 4.

Espectro teórico de ácido gálico usando el método de Folin-Ciocalteu.

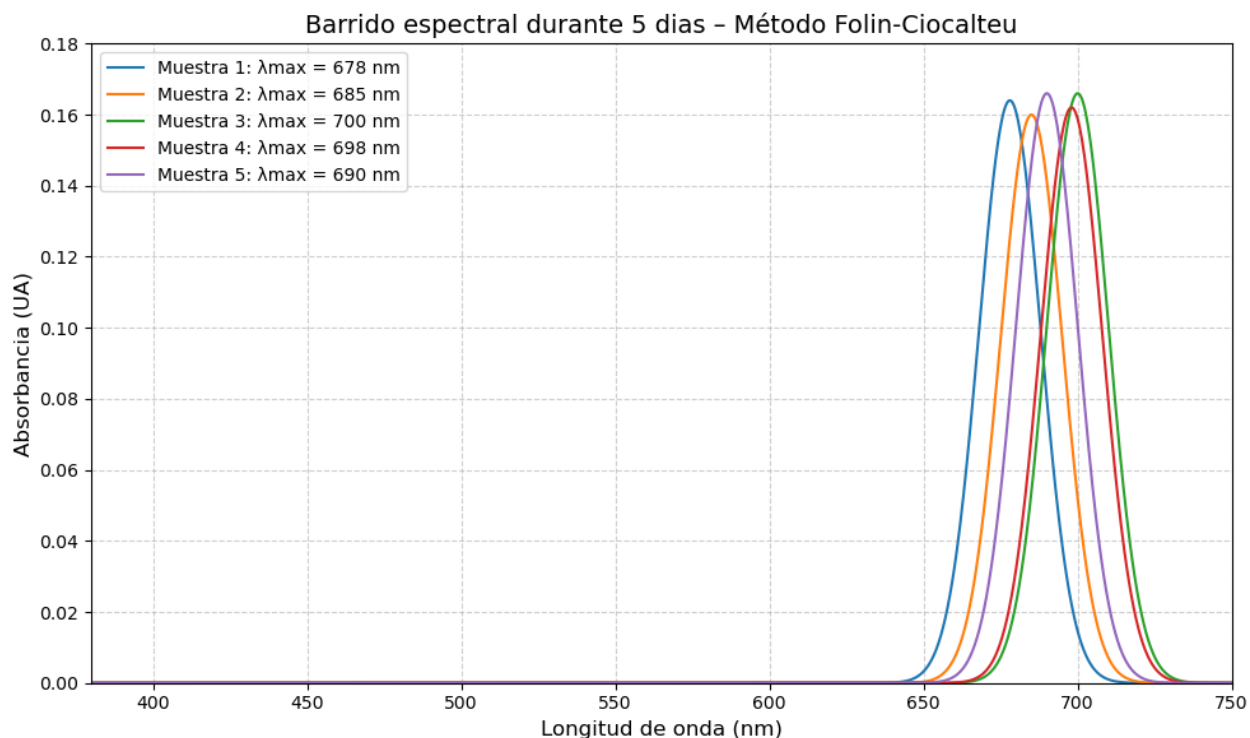


En la figura 4, se muestra un espectro teórico de ácido gálico a una longitud de onda máxima ($\lambda_{\text{máx.}}$) de 750, empleando el método de Folin-Ciocalteu.

Se realizó un barrido espectral con un estándar de 150 ppm de ácido gálico, se realizaron lecturas por 5 días encontrando que el máximo de absorbancia para nuestro estudio, en nuestras condiciones fue en promedio de 690 nm. Los resultados del barrido espectral durante los 5 días se muestran a continuación en la figura 5.

Figura 5.

Barrido espectral de ácido gálico usando el método Folin-Ciocalteu.



En promedio, la longitud de onda del máximo de absorbancia encontrada es 690 nm y es en esta que se realizaron las lecturas en el resto del estudio. Con el objetivo de garantizar la fiabilidad de los resultados de la determinación de ácido gálico en frutas tropicales, se realizaron algunos parámetros estadísticos.

Repetibilidad

Para realizar la prueba de repetibilidad, se preparó un estándar de AG de 150 ppm y se realizaron 20 lecturas diarias por 5 días consecutivos. Los resultados de estas lecturas se muestran en la tabla 9.

Tabla 9.

Resultados de lecturas de absorbancia de estándar de AG.

STD de AG 150 ppm					
	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
	(Dia 1)	(Dia 2)	(Dia 3)	(Dia 4)	(Dia 5)
1	0.1670	0.1619	0.1636	0.1669	0.1666
2	0.1640	0.1691	0.1669	0.1637	0.1679
3	0.1675	0.1644	0.1662	0.1656	0.1649
4	0.1651	0.1669	0.1637	0.1632	0.1663
5	0.1681	0.1642	0.1661	0.1638	0.1658
6	0.1647	0.1669	0.1658	0.1664	0.1663
7	0.1680	0.1676	0.1634	0.1622	0.1667
8	0.1640	0.1656	0.1657	0.1670	0.1664
9	0.1693	0.1678	0.1670	0.1658	0.1646
10	0.1649	0.1644	0.1678	0.1623	0.1630
11	0.1682	0.1648	0.1627	0.1622	0.1670
12	0.1674	0.1616	0.1664	0.1619	0.1691
13	0.1640	0.1644	0.1679	0.1645	0.1656
14	0.1675	0.1685	0.1656	0.1632	0.1622
15	0.1656	0.1658	0.1650	0.1631	0.1617
16	0.1658	0.1673	0.1680	0.1671	0.1662
17	0.1646	0.1692	0.1649	0.1680	0.1654
18	0.1662	0.1652	0.1678	0.1628	0.1646
19	0.1661	0.1676	0.1648	0.1612	0.1680
20	0.1636	0.1674	0.1710	0.1657	0.1691
Promedio	0.1661	0.1660	0.1660	0.1643	0.1659
S	0.0017	0.0022	0.0020	0.0021	0.0020
CV	1.0174	1.3044	1.1964	1.2554	1.2042

A las lecturas diarias se les calcularon las medias, desviación estándar (S) y coeficiente de variación (CV) a cada grupo de resultados como se muestra en la tabla 9, encontrando un valor de CV menor al 5%, siendo el valor mayor reportado 1.30; trabajos similares reportan valores menores al 5% como (Velioglu et al., 1998) y (Ghasemzadeh et al., 2010) Así mismo se realizó un análisis de varianza, los resultados se muestran a continuación en tabla 10.

Tabla 10.

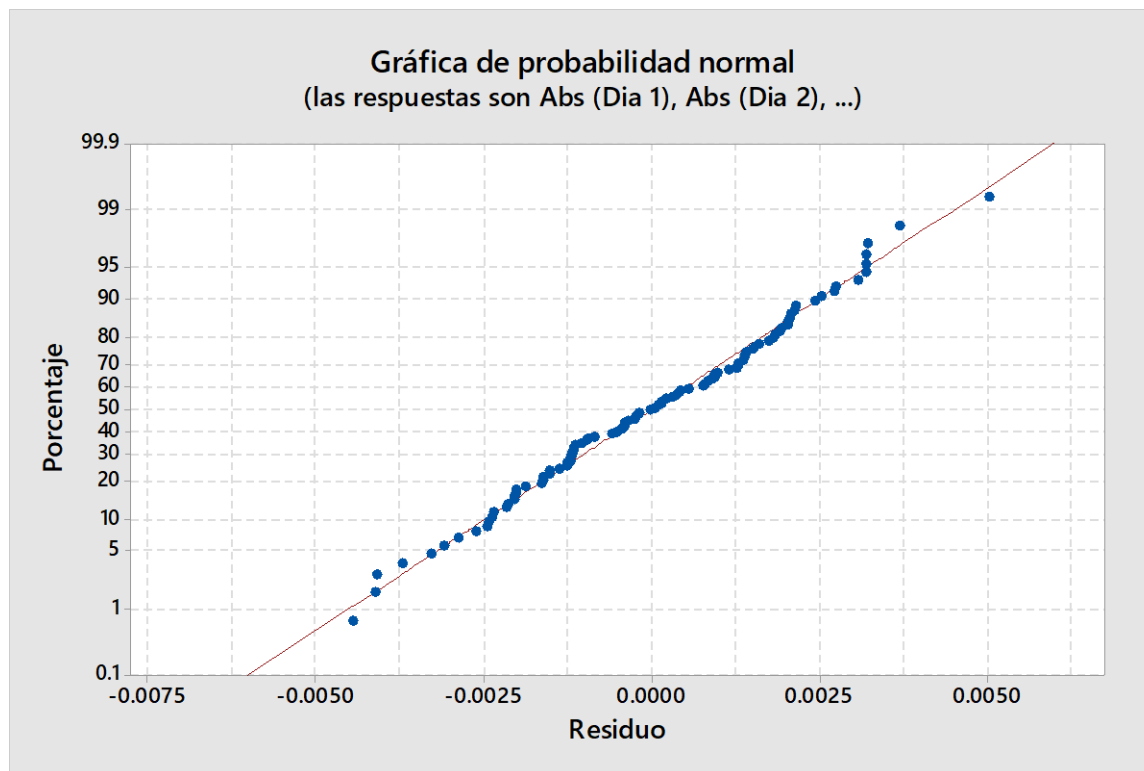
Análisis de varianza de estándar de Ácido Gálico.

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	4	0.000044	0.000011	2.81	0.03
Error	95	0.000375	0.000004		
Total	99	0.000419			

El valor $p=0.030$ es menor que 0.05, esto indica que hay diferencias estadísticamente significativas entre al menos dos de los cinco grupos evaluados, es decir, que no todas las medias son iguales ya que al menos una condición (por ejemplo, un día de análisis o un tipo de muestra), tiene una absorbancia promedio diferente a las demás. El valor de $F= 2.81$ es la razón de la variabilidad entre grupos (MC factor) y la variabilidad dentro de los grupos (MC error). Un valor $F>1$ sugiere que hay más variabilidad entre grupos que dentro de ellos, en este caso $F=2.81$ es moderado, pero suficientemente significativo dado el tamaño muestral ($n= 100$), con tantos grados de libertad en el error ($GL= 95$) incluso diferencias pequeñas pueden ser estadísticamente significativas. Con el objetivo de corroborar la normalidad de los residuos se realizó un análisis de estos como muestra en la Figura 6.

Figura 6.

Análisis de residuos vs probabilidad.



En la Figura 6 se muestran los residuos ordenados frente a sus percentiles esperados bajo distribución normal, los puntos siguen aproximadamente la línea diagonal, especialmente en el centro. Hay ligeras desviaciones en las colas (extremos superior e inferior) pero no hay desviaciones severas, con lo cual se puede asumir normalidad razonable, especialmente de los residuos.

El ANOVA es robusto ante ligeras desviaciones de normalidad, especialmente con un n grande (como aquí, $n=100$), estos resultados resultan excelentes para establecer el óptimo funcionamiento del método, ya que demuestra que el método es estable en el tiempo (aunque haya pequeñas fluctuaciones), y que las diferencias entre días son estadísticamente detectables pero pequeñas en magnitud, podemos declarar que el método espectrofotométrico es reproducible a lo largo de varios días, con variabilidad muy baja ($CV \approx 1.2\%$).

Linealidad.

La evaluación de la linealidad de un análisis de ácido gálico en frutas tropicales mediante el método de Folin- Ciocalteu no es un paso meramente técnico, sino que responde a objetivos analíticos y de confidencialidad científica. El método de Folin-Ciocalteu no mide directamente el ácido gálico, sino que reacciona con compuestos fenólicos en general, incluyendo el AG, para formar un complejo azul que se mide por espectrofotometría (generalmente a ~ 765 o ~ 750). Por tal motivo, se usa ácido gálico como estándar de referencia, se construye una curva de calibración y se asume que la respuesta de la muestra es equivalente a una cierta concentración de AG expresándola como “equivalentes de ácido gálico” (EAG); para que esta equivalencia sea válida, la relación entre concentración de AG y absorbancia debe ser lineal en el rango donde se encuentran las muestras (Mujic et al., 2009)

El ácido gálico puro en solución acuosa o metanólica presenta su máximo de absorbancia directa (sin reactivos) entre 260-270 nm, debido a transiciones $\pi \rightarrow \pi^*$ en su sistema aromático. Sin embargo, en la mayoría de estudios fitoquímicos no se mide la absorbancia directa del ácido gálico, sino la absorbancia del complejo azul formado tras su reacción con el reactivo Folin- Ciocalteu en medio alcalino. El ácido gálico (y otros fenoles) reduce los complejos fosfomolibdato/fosfotungstato del reactivo Folin-Ciocalteu, esta reducción produce ácidos molíbdico y túngsticos en estado reducido ($\text{Mo}^{5+}/\text{W}^{5+}$) que forman un complejo azul intenso conocido como “azul de molibdeno”.

Se realizaron curvas de calibración normal, en el rango desde 0 hasta 250 mg/L. Se leyeron los estándares de AG en el espectrofotómetro pasado el tiempo establecido, a la longitud de onda máxima, en este caso 690 nm. A continuación, se presentan los resultados de lectura espectrofotométrica de los estándares de AG en la tabla 11.

Tabla 11.

Resultados de lectura de los estándares de ácido gálico a 690 nm.

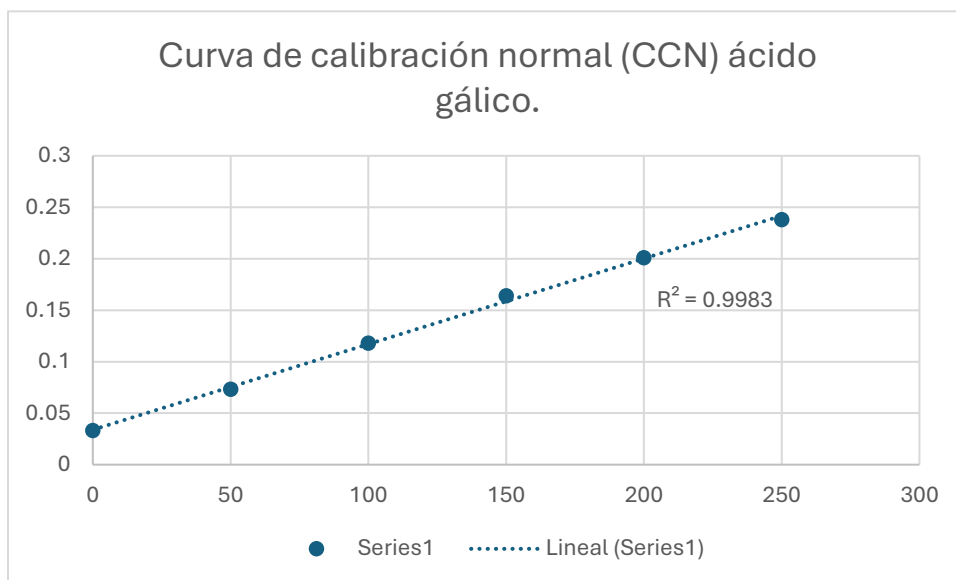
Concentración del estándar en ppm	Media de abs (nm)
0	0.033
50	0.073
100	0.118
150	0.164
200	0.201
250	0.238
Intercepto	0.0339
Pendiente	0.0008
r²	0.9983

La absorbancia del blanco (concentración 0 mg/L) es 0.033, lo cual indica una absorbancia de fondo o ruido instrumental la cual puede ser atribuible a la calidad del agua utilizada en la determinación, lo que debe considerarse en el cálculo de concentraciones reales; el coeficiente de determinación es mayor a >0.995 ($r^2 = 0.9983$), por lo que se considera un valor excelente, indicando que el 99.83% de la variabilidad en la absorbancia es lineal dentro del rango estudiado (0-250 mg/L).

La pendiente ($m = 0.00083$) representa la sensibilidad del método, lo que significa que cada incremento de 1mg/L de AG produce un aumento de 0.00083 unidades de absorbancia, un valor bajo pero estable que indica que el método es sensible, aunque no extremadamente amplificador de señal (lo cual es normal en métodos espectrofotométricos con reactivos como FeCl_3 o Folin-Ciocalteu), esto nos permite detectar cambios pequeños en concentración (Siddhuraju & Becker, 2003) (por ejemplo, diferencias entre frutas o etapas de madurez). En la Figura 7 se muestra la curva de calibración normal para estándares de AG.

Figura 7.

Curva de calibración normal (CCN) de ácido gálico.



La curva de calibración normal de AG a 690 nm es lineal y adecuada para la determinación de AG, obteniendo un R^2 de 0.9983, cumpliendo el parámetro de aceptación lineal ($R^2 \geq 0.995$). Sin embargo, como parte de un estudio de frutas tropicales, su verdadero valor radica en ser la base para comparar con la curva de adición patrón, lo que permitirá confirmar si existe efecto matriz y así, lograr obtener las concentraciones adecuadas y representativas de AG en cada fruta.

Efecto hipsocrómico

Como se menciona en el apartado 8.1 del marco teórico, este efecto es el causante de que la longitud de onda se desplazara de 760 nm a 690 nm en la lectura de los estándares de AG, ya que al tener dos solventes polares se genera un comportamiento solvato-crómico, es decir, que la modificación en la coloración (o de su espectro de absorción o emisión) de una sustancia ocurre por la polaridad del entorno y del disolvente en el que se encuentra.

Curvas de calibración de adición patrón

Las frutas tropicales contienen una matriz compleja compuesta por azúcares (glucosa, fructosa), ácidos orgánicos (cítrico, málico), pigmentos (carotenoides, antocianinas, betalainas), otros fenoles (flavonoides, taninos), proteínas y sales minerales.

Estos componentes interfieren en la reacción con el reactivo de Folin-Ciocalteu, absorbiendo luz en la misma longitud de onda (~765 nm en nuestro caso 690 nm), modificando el pH o la cinética de la reacción dando lugar a la formación de complejos que alteran la señal. Esto produce el efecto matriz, que invalida el uso de una curva de calibración en disolución estándar pura o calibración normal.

En la tabla 13, se muestran los resultados de las curvas de calibración de adición patrón para pitahaya, calala, mango y jocote, estos dos últimos en dos estados de maduración diferentes, sazón y maduro.

Tabla 13.

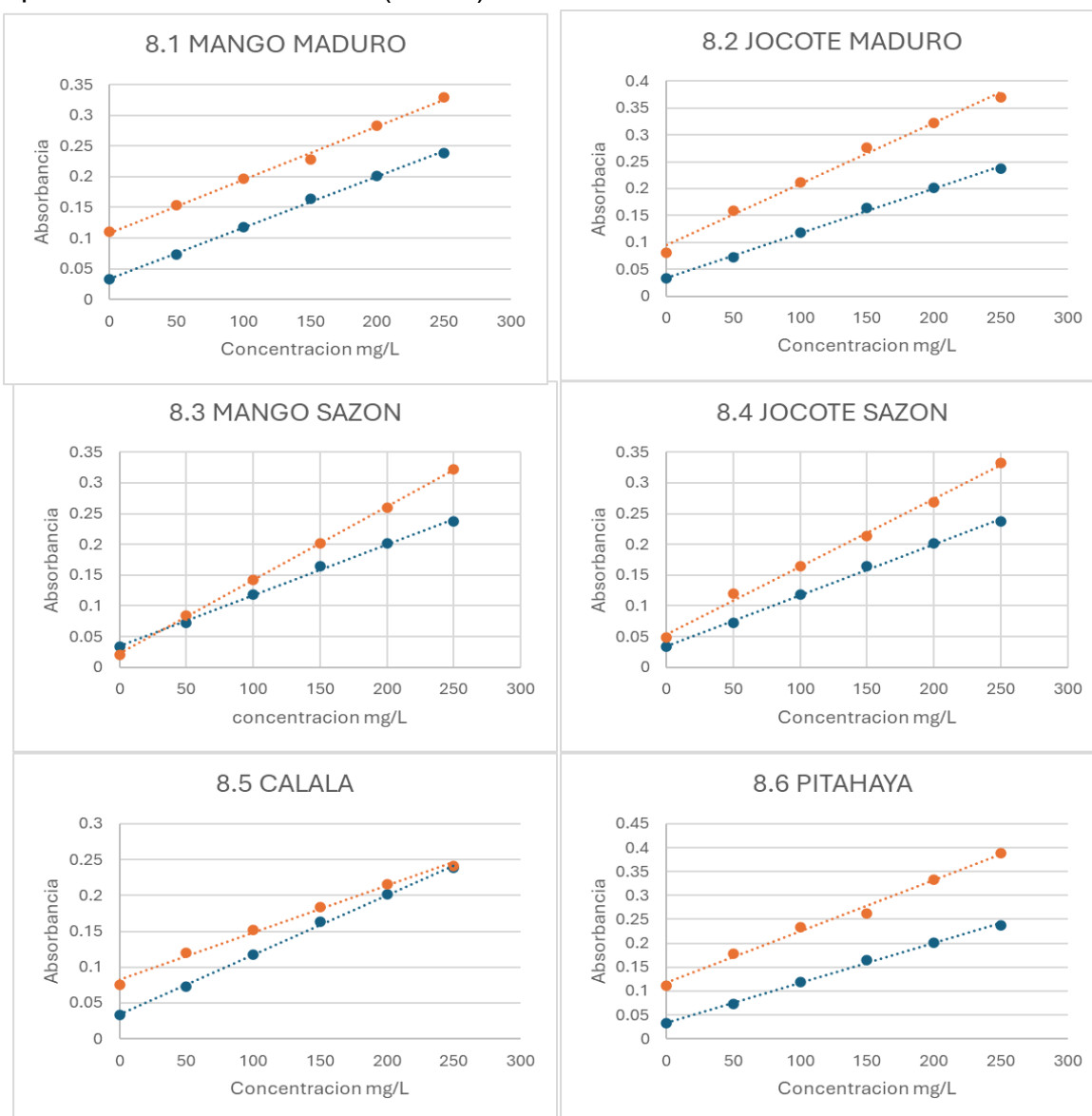
Resultados de curvas de calibración por adición patrón para las frutas tropicales estudiadas.

	Estándar	Pitahaya	Calala	Mango	Jocote	Mango	Jocote
	AG			(Maduro)	(Maduro)	(Sazón)	(Sazón)
Concentración				Abs			
0	0.033	0.1113	0.0753	0.1101	0.0813	0.0208	0.0480
50	0.073	0.1780	0.120	0.1540	0.1597	0.0839	0.1193
100	0.118	0.2343	0.152	0.1971	0.2120	0.1424	0.1650
150	0.164	0.2631	0.1833	0.2285	0.2764	0.2010	0.2132
200	0.201	0.3323	0.2159	0.2838	0.3227	0.2598	0.2693
250	0.238	0.3876	0.2418	0.3294	0.3691	0.322	0.3330
Intercepto	0.0339	0.1173	0.0824	0.1088	0.0946	0.0222	0.0539
Pendiente	0.0008	0.0011	0.0006	0.0008	0.0011	0.0012	0.0011
r²	0.9983	0.9918	0.9936	0.9959	0.9916	0.9998	0.9959

Se elaboraron las curvas por adición patrón en base a los resultados expresados en la tabla 13, los cuales se utilizan para compararlos con los resultados de la curva de calibración normal y así, poder confirmar si existe efecto matriz. En la figura 8 se muestra la comparativa con respecto a los resultados de la curva de calibración normal (CCN) vs curva de calibración de adición patrón (CCAP) para cada muestra.

Figura 8.

Curva de calibración normal de AG (CCN) vs curva de calibración de adición patrón correspondiente a cada muestra (CCAP).



Nota: el color azul representa la curva de calibración normal (CCN) y el color naranja representa la curva de calibración por adición patrón (CCAP).

En la figura 8.1. se observa que las curvas son paralelas entre sí, lo que significa que aparentemente no existe efecto matriz. Por otro lado, en la figura 8.5 pasa todo lo contrario, al encontrarse los puntos de la gráfica, decimos que hay un efecto depresor que

indica que si existe efecto matriz. En el caso de las figuras 8.2; 8.4 y 8.6, los puntos se abren, esto significa que las muestras presentan un efecto intensificador. En la figura 8.3, a pesar de aparentar un efecto depresor al inicio concluye con un efecto intensificador siendo este último al cual corresponde su efecto matriz.

A continuación, se muestran los porcentajes de recuperación obtenidos en el análisis realizado para cada muestra (tabla 14), los cuales confirmarán si existe efecto matriz en las muestras analizadas. Si el porcentaje se encuentra dentro del rango entre 95-110% no existe efecto matriz, pero si se encuentra por encima o por debajo del rango declaramos que si existe.

Tabla 14.

Porcentajes de recuperación (%R) de las muestras.

	Pitahaya	Calala	Mango sazón	Jocote sazón	Mango Maduro	Jocote Maduro
%R	128.7247	76.0745	143.8030	91.9159	104.24111	131.3393

El mango maduro (figura 8.1) presenta un %R de 104.24%, que es excelente ya que, indica que la matriz del mango maduro no interfiere con la detección del ácido gálico. Esto respalda la confiabilidad de los resultados cuantitativos para esta fruta, los cuales coinciden con estudios previos donde el mango maduro muestra buena recuperación. Debido a que el %R se encuentra dentro del rango establecido (95-110%), la concentración se calcula con la ecuación de curva de calibración normal (CCN; Ec.4).

$$x = \frac{y - a}{b} \quad \text{Ec. 4}$$

Donde x es la concentración de ácido gálico en EAG mg/g de fruto fresco; y es la absorbancia de la muestra; a es el intercepto de la CCN y b es la pendiente de la CCN. Siendo el resultado para mango maduro de 91.6987 mg EAG/g de fruto fresco.

El jocote sazón (figura 8.4) muestra %R de 91.92% el cual es aceptable, ligera sub-recuperación, posiblemente por taninos residuales que se unen al ácido gálico o lo precipitan, aun así, el valor es razonable para una matriz vegetal.

En el caso de la calala (figura 8.5) exhibe un %R de 76.07% el cual se considera baja recuperación, las posibles causas de este efecto podrían ser alta acidez del jugo de calala (pH bajo), que puede afectar la reacción con Folin-Ciocalteu, presencia de azúcares o ácidos orgánicos que compiten o inhiben la oxidación del ácido gálico, adsorción del analito en fibras o sólidos no filtrados, esto sugiere que la concentración real de ácido gálico en calala podría ser mayor que la reportada (Huang et al., 2005).

La pitahaya (figura 8.6), mango sazón (figura 8.3) y jocote maduro (8.2) presentan un %R mayor a 110% lo cual se considera una sobreestimación, esto puede ser causado por interferencia de otros compuestos fenólicos que también reaccionan con Folin-Ciocalteu (flavonoides, antocianinas, taninos) (Singleton et al., 1999). En la pitahaya roja, las betalainas (pigmentos rojos) pueden generar señal adicional en 426 nm, en el mango sazón el alto contenido de taninos hidrolizables que liberan más ácido gálico durante la reacción aumentan la señal. En el caso del jocote maduro la acumulación de otros fenóles (como catequina o epicatequina) a la absorbancia (Singleton & Rossi, 1965)

Esto implica que la concentración reportada podría estar sobreestimada, ya que el método mide fenoles totales como equivalentes de ácido gálico (EAG), no solo ácido gálico libre. En la mayoría de los casos (exceptuando el mango maduro) se observa que existe efecto matriz por lo cual se realiza el cálculo de concentración usando la curva de calibración por adición patrón con la Ec.5.

$$[Acido\ Galico\ mg/L] = \frac{b_0CAP}{b_1CAP} * FD \quad Ec. 5.$$

$$[Acido\ Galico\ mg/g\ fruto\ fresco] = \frac{[Acido\ Galico\ mg/L] * Volumen\ de\ extracto}{Masa\ de\ la\ muestra} \quad Ec. 6.$$

Donde b_0CAP es el intercepto de curva por adición patrón; b_1CAP es la pendiente de la curva por adición patrón; FD , es el factor dilución; $[Acido\ Galico\ mg/L]$ es el resultado de Ec.5; $Volumen\ de\ extracto$ en mililitros (ml), en este caso 95 ml; $Masa\ de\ la\ muestra$ en gramos (g), en este caso 20 g. Los resultados de las concentraciones de ácido gálico (Ec.6)

fueron, para jocote maduro de 39.4678 mg EAG/g de fruto fresco, la calala de 72.7748 mg EAG/g de fruto fresco, el mango sazón de 8.8215 mg EAG/g de fruto fresco, jocote sazón de 23.3190 mg/100g, y la pitahaya de 52.0579 mg EAG/g de fruto fresco.

Análisis e interpretación de los resultados de interacción entre *Mangifera indica* L y *Spondias purpurea* en distintos estados de maduración

Con el propósito de establecer correlaciones efectivas entre los tipos de frutas y su estado de madurez, se realizaron 10 determinaciones por cada fruta y estado de maduración, a continuación, se muestran los resultados en la tabla 15.

Tabla 15

Resultados de la determinación de AG en mango de rosa sazón, mango de rosa maduro, jocote guaturco sazón y jocote guaturco maduro.

Concentración de ácido gálico mg/g de fruto fresco			
Mango sazón	Mango maduro	Jocote sazón	Jocote maduro
8.2695	90.6236	30.1571	24.5329
8.9559	92.0916	29.0593	39.6833
8.3719	90.4309	27.2959	26.3729
7.7604	91.0129	29.7278	30.5133
9.0317	91.5791	28.0945	31.2380
8.3115	91.9987	20.9065	29.3401
8.4160	92.4219	21.8406	26.4870
8.0574	91.0852	25.6041	26.8078
7.9650	91.7823	26.8208	29.9108
8.3649	91.6994	31.8651	44.4189

A los resultados obtenidos en la tabla anterior utilizando el programa Minitab 18 ® se le aplicó ANOVA de dos factores con interacciones, esto nos permitirá conocer si el mango tiene más ácido gálico que el jocote (efecto principal de fruta), si la madurez aumenta el

contenido (efecto principal de estado), y si el aumento con la madurez es diferente entre frutas (interacción). Los resultados se presentan en la tabla 16.

Tabla 16.

Análisis de Varianza para el estado de madurez de las frutas (mango de rosa y jocote guaturco).

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Fruta	1	306.8	306.75	21.94	0.000
Estado	1	7906.6	7906.57	565.58	0.000
Fruta*Estado	1	5917.2	5917.19	423.28	0.000
Error	36	503.3	13.98		
Total	39	14633.8			

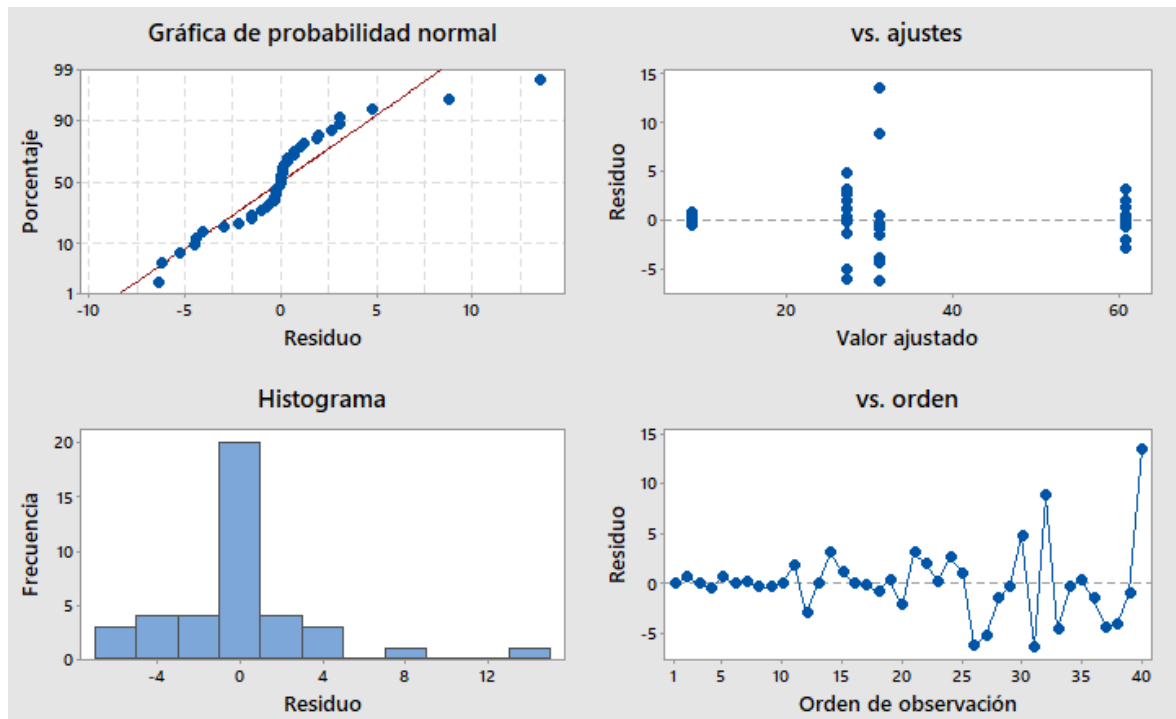
Los resultados de ANOVA indican que, en el caso de la fruta, $F = 21.94$ y un $p = 0.000$ (<0.05) significa que el tipo de fruta tiene un efecto significativo sobre la concentración de ácido gálico. Las medias de la respuesta cambian según la fruta.

En el caso del estado de maduración se tiene un $F = 565.58$ y un $p = 0.000$ (<0.05) lo que indica que el factor de madurez es altamente significativo. Es la fuente que explica mayor parte de la variabilidad, como se aprecia por su elevada SC (7906.6). De igual manera en el caso de las interacciones Fruta $\times$ Estado se observa $F = 423.28$, y un $p = 0.000$ (<0.05), la interacción entre el tipo de fruta y el estado de maduración también es altamente significativa. Esto significa que el efecto del estado no es igual para todas las frutas, dicho de otro modo, la respuesta cambia de forma distinta dependiendo de la combinación de ambos factores. A continuación, en la tabla 9 se muestran un análisis grafico por detallado del análisis de varianza (ANOVA), en él se muestran:

- Gráfica de Probabilidad Normal (Q-Q Plot)
- Residuos vs. Valores Ajustados (Fitted Values)
- Histograma de Residuos
- Residuos vs. Orden de Observación

Figura 9.

Análisis grafico del análisis de varianza (ANOVA).

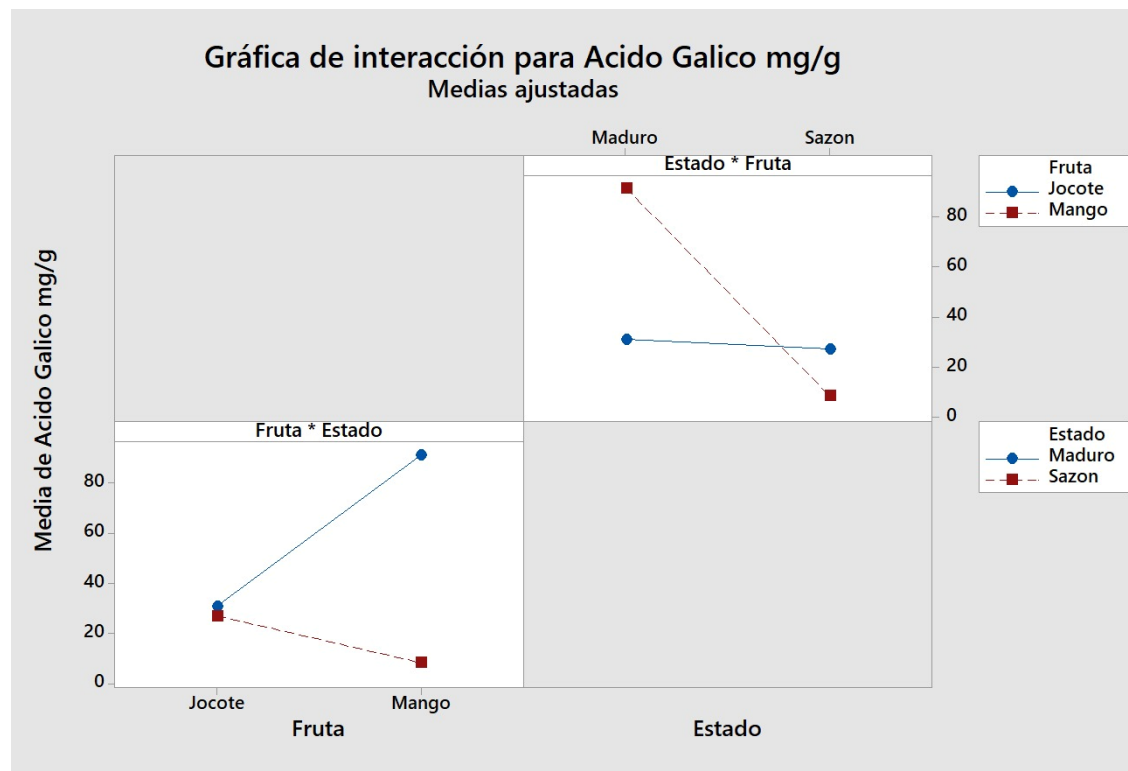


Iniciando con el grafico de probabilidad normal, aunque no es una normalidad perfecta, la desviación es leve y aceptable para un modelo ANOVA, especialmente con un tamaño muestral de 40 observaciones. El ANOVA es robusto ante pequeñas desviaciones de normalidad, por lo que la hipótesis se considera cumplido. En el caso del grafico de residuos contra valores ajustados se muestra que la hipótesis de homocedasticidad (varianza constante) se cumple. Esto significa que el modelo tiene la misma precisión en todas las condiciones evaluadas. Para el caso del grafico de histograma este confirma la idea de que los residuos siguen una distribución cercana a la normal. Finalmente se cumple la hipótesis de independencia de los residuos. Lo que indica que no hay autocorrelación, esto significa que el error en una observación no depende del error en la anterior.

En la siguiente grafica (figura 10) se presenta la interacción entre el estado de maduración y el tipo de fruta (mango y jocote).

Figura 10.

Gráfica de interacción de ácido gálico entre las frutas y entre sus estados de madurez.

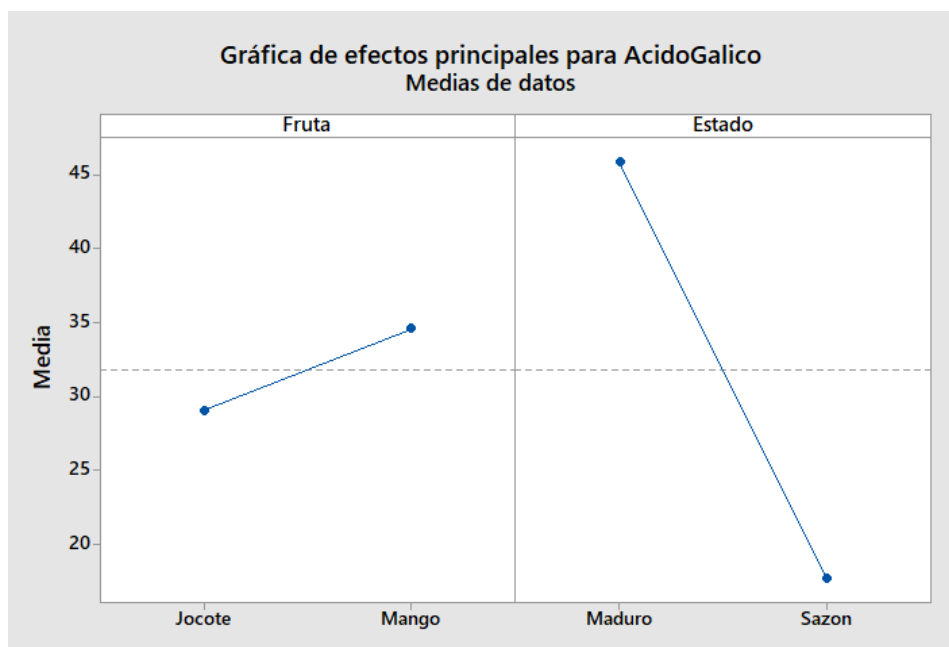


El gráfico de interacción muestra dos graficas; en la esquina superior derecha muestra la interacción en función del estado de madurez de la fruta, donde se aprecia un patrón cruzado de las líneas lo cual es el indicador visual más claro de interacción estadísticamente significativa con un $p < 0.001$, según el análisis de ANOVA. El efecto de la maduración sobre la concentración de ácido gálico no es el mismo en mango y jocote. El mango presenta una liberación bastante grande de ácido gálico durante la maduración de valores de entre 8-9 hasta 60 mg/g de fruto fresco, probablemente por la hidrólisis enzimática de taninos hidrolizables (como galotaninos) que se acumulan en el fruto inmaduro como mecanismo de defensa ((Scalbert, 1991a); (Palafox et al., 2011)).

También se realizó una comparación entre mango y jocote de los efectos en función de la maduración de las frutas, la cual se ve reflejado en la figura 11.

Figura 11.

Gráfica de efectos principales de ácido gálico en función del tipo de fruta y estado de madurez.



La figura 11 de efectos principales para el ácido gálico en función del tipo de frutas y grado de maduración, muestra una línea que sube ligeramente de Jocote a Mango, esto indica que el mango tiene una concentración promedio significativamente mayor de ácido gálico que el jocote con un $p < 0.05$ según el ANOVA. Sin embargo, existe una interacción significativa entre fruta y estado de maduración que, como se observa en la figura anterior, lo que significa que la diferencia promedio entre frutas no refleja la realidad en cada estado individual. Por ejemplo, en estado de maduración sazón, el jocote es mayor que el mango (27.13 vs. 8.35 mg/g), en cambio cuando están en estado maduro el mango es mayor que el jocote (91.47 vs. 30.93 mg/g), el promedio general favorece al mango porque su valor en maduro es muy alto, pero no necesariamente quiere decir que siempre tenga más ácido gálico (De Souza et al., 2014). En el caso de las frutas se observa que, para el caso de los tipos de fruta, el mango contiene un valor superior al del jocote. La gráfica de efectos principales es útil para ver tendencias generales, pero no reemplaza a la gráfica de interacción, que revela la verdadera dinámica entre los factores.

Como ya se ha mencionado en apartados anteriores, estás frutas al ser fuentes bastante solidas de compuestos bioactivos, son excelentes candidatas para investigaciones futuras dónde se les de uso a este potencial de tal forma que sea beneficioso para el ser humano, tal y como se muestra en la tabla 17.

Tabla 17.
Resultados de concentración de ácido gálico en frutas tropicales (Mango, jocote, calala y pitahaya) en otras investigaciones.

Fruta.	Resultados del estudio mg EAG/g de fruto fresco.	Literatura internacional
Mango maduro	91.6987	2–15 mg/g (variedades comunes) (Kim et al., 2021)
Jocote	23.3190 (sazón); 39.4678 (maduro)	No reportado (especie subutilizada)
Calala	72.7748	Similar a maracuyá (10–18 mg/g) (Weyya et al., 2024)
Pitahaya	52.0579	Baja en fenoles (5–10 mg/g)(Adnan et al., 2011)

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede ver que la variedad de mango nica-
ragüense analizado cuando está maduro tiene un contenido de ácido gálico superior que
la reportada en la literatura, mostrándose como una fuente muy interesante de compues-
tos bioactivos; por otro lado, el jocote, es una fruta nativa poco estudiada que muestra
niveles análogos o superiores a frutas reconocidas como arándanos o uvas en estado
de sazón.

VI. Conclusiones.

La selección de las especies de las frutas se realizó por medio de una encuesta en la cual se vieron involucrados 180 participantes voluntarios, siendo los resultados obtenidos del 42% para el mango de rosa, jocote guaturco con 50%, pitahaya roja con 94% y calala verde amarillenta con 84%.

La verificación del método Folin-Ciocalteu se llevó a cabo a través de la realización de distintos parámetros como la repetibilidad ($CV \approx 1.2\%$) y linealidad (99.83%). A partir del análisis precedente se indica que los resultados obtenidos confirman la presencia de ácido gálico en todas las frutas analizadas. Se logró cuantificar el contenido de ácido gálico empleando el método de Folin-Ciocalteu mediante espectrofotometría UV-Vis a una longitud de onda de 690 nm, esto debido al efecto hipsocrómico el cual significa que hubo una pérdida de energía y que, por lo tanto, hay un desplazamiento hacia la izquierda (zona azul).

Las concentraciones de ácido gálico determinadas fueron para mango de rosa maduro 91.6987 mg EAG/g de fruto fresco, mango de rosa sazón 8.8215 mg EAG/g fruto fresco, jocote guaturco maduro 39.4678 mg EAG/g de fruto fresco, jocote sazón 23.3190 mg EAG/g fruto fresco, calala amarilla 72.7748 mg EAG/g de fruto fresco, y pitahaya 52.0579 mg EAG/g de fruto fresco.

Se observó una variabilidad significativa de AG entre las especies siendo el mango maduro la fruta que presenta mayor concentración de ácido gálico. Además, que la cantidad de ácido gálico varía según su estado de madurez en ambas especies (mango de rosa y jocote guaturco); en este caso, se encontró que la concentración de ácido gálico es mayor cuando el fruto está maduro (mango de rosa 91.6987 mg EAG/g de fruto fresco; jocote 39.4678 mg EAG/g de fruto fresco), y es menor cuando está sazón (mango de rosa 8.8215 mg EAG/g de fruto fresco; jocote guaturco 23.3190 mg/100g).

VII.Recomendaciones.

- Elaborar análisis comparativo de la concentración de ácido gálico en frutas importadas y exportadas, para demostrar si este varía según el lugar del que proviene bajo los distintos sistemas de cultivos para cada fruta.
- Retomar la investigación, ampliando las muestras, realizando una comparación entre las hojas, cascara, pulpa y semillas para aportar información más asertiva.
- Investigar la cantidad ácido gálico recomendada en una dieta al día, esto con la intención de implementar productos alimenticios que contengan de forma más natural dicho compuesto fenólico.
- Realizar parámetros como límite de cuantificación y límite de detección, tanto para la curva de calibración normal como las curvas por adición patrón.

VII.Referencias.

- Abarca-Vargas, R., & Petricevich, V. L. (2018). Importancia biológica de los compuestos fenólicos. *Inventio*, 14(34), 33–38. <https://doi.org/10.30973/INVENTIO/2018.14.34/4>
- Adnan, L., Osman, A., & Abdul Hamid, A. (2011). Antioxidant Activity of Different Extracts of Red Pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) Seed. *International Journal of Food Properties*, 14(6), 1171–1181. <https://doi.org/10.1080/10942911003592787>
- Análisis de la Varianza (ANOVA). (n.d.). Retrieved October 12, 2025, from <https://www.probabilidadyestadistica.net/analisis-de-la-varianza-anova/>
- Cambio hipocrómico _ AcademiaLab. (n.d.). Retrieved October 6, 2025, from <https://academia-lab.com/enciclopedia/cambio-hipsocromico/>
- ¿Cómo funciona Folin-Ciocalteu en el método de contenido fenólico total? (n.d.). Retrieved October 29, 2025, from <https://es.scienceaq.com/Chemistry/1003236801.html>
- Cultivo de calala (maracuyá). (n.d.). Retrieved October 5, 2025, from <https://www.economiafamiliar.gob.ni/backend/vistas/doc/cartilla/documento4139350.pdf>
- cultivo de jocote. (n.d.). Retrieved October 5, 2025, from <https://www.economiafamiliar.gob.ni/backend/vistas/doc/cartilla/documento6127441.pdf>
- Cultivo del mango. (n.d.). Retrieved October 5, 2025, from <https://www.economiafamiliar.gob.ni/backend/vistas/doc/cartilla/documento5370367.pdf>
- Ejemplo de ANOVA de un solo factor - Minitab. (n.d.). Retrieved October 12, 2025, from <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/help-and-how-to/statistical-modeling/anova/how-to/one-way-anova/before-you-start/example/>

- Ghasemzadeh, A., Jaafar, H. Z. E., & Rahmat, A. (2010). Antioxidant Activities, Total Phenolics and Flavonoids Content in Two Varieties of Malaysia Young Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Molecules* 2010, Vol. 15, Pages 4324-4333, 15(6), 4324–4333. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES15064324>
- Githae, M. M., Coombes, C. A., Mutamiswa, R., Moore, S. D., & Hill, M. P. (2024). Suitability of false codling moth eggs from different sterile to fertile moth ratios in the sterile insect technique programme, to parasitism by *Trichogrammatoidea cryptophlebiae*. *Crop Protection*, 182. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2024.106744>
- Guía de espectroscopia UV/Vis | Principios, equipos y más. (n.d.). Retrieved October 5, 2025, from https://www.mt.com/es/es/home/applications/Application_Browse_Laboratory_Analytics/uv-vis-spectroscopy/uvvis-spectroscopy-explained.html
- Hernández Palacios, M. G. (2020). Producción de Pitahaya en Nicaragua Análisis de rentabilidad de la pitahaya ciclo 2017 – 2018 en las comunidades de San Ignacio, Palo Solo y Temua del Municipio de la Concepción [Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua]. <https://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/13795/>
- Huang, D., Boxin, O. U., & Prior, R. L. (2005). The Chemistry behind Antioxidant Capacity Assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(6), 1841–1856. <https://doi.org/10.1021/JF030723C>
- ISO/IEC 17025:2017. (n.d.). Retrieved October 12, 2025, from www.iso.org
- Kim, H., Castellon-Chicas, M. J., Arbizu, S., Talcott, S. T., Drury, N. L., Smith, S., & Mertens-Talcott, S. U. (2021). Mango (*Mangifera indica* L.) Polyphenols: Anti-Inflammatory Intestinal Microbial Health Benefits, and Associated Mechanisms of Actions. *Molecules* 2021, Vol. 26, Page 2732, 26(9), 2732. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES26092732>

Lucero Juarez Aguilar; Annyel, & Liz Elva Zevallos Escobar. (2018). ACTIVIDAD ANTI-OXIDANTE Y CONTENIDO DE POLIFENOLES TOTALES DEL EXTRACTO DEL FRUTO DE LA Genipa americana L “JAGUA.”

Mango (*Mangifera indica*). (n.d.). Retrieved October 29, 2025, from <https://catalogoflora-valleaburra.eia.edu.co/species/2>

MolView. (n.d.). Retrieved October 27, 2025, from <https://molview.com/>

Mujic, I., Dudaš, S., Živković, J., Tomin, J., Zekovic, Z., Alibabic, V., Jukic, H., & Šahinovic, R. (2009). Determination of total phenolic compounds in cultivars of *Castanea Sativa* Mill. *Acta Horticulturae*, 815, 63–68. <https://doi.org/10.17660/ACTAHORTIC.2009.815.8>

P, S., & K, B. (2003). Antioxidant properties of various solvent extracts of total phenolic constituents from three different agroclimatic origins of drumstick tree (*Moringa oleifera* Lam.) leaves. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(8), 2144–2155. <https://doi.org/10.1021/jf020444+>

Panoff, L. (2021, October). Gallic Acid: Benefits, Downsides, and Food Sources. <https://www.healthline.com/nutrition/gallic-acid>

Patricia, G., & Urquiza, C. (2022). Descripción botánica, taxonomía y clasificación. <https://doi.org/10.21930/AGROSAVIA.MODEL.7405170.CAP6>

Rahmawati, I., Pratama, A. W., Pratama, S. A., Khozin, M. N., Firmanda, A., Irawan, F. H., Asranudin, Ansori, A. N. M., & Sucipto, T. H. (2024). Gallic acid: A promising bioactive agent for food preservation and sustainable packaging development. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 10, 100776. <https://doi.org/10.1016/J.CSCEE.2024.100776>

- Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152–178. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144–158. <https://doi.org/10.5344/AJEV.1965.16.3.144>
- Spondias purpurea - Arboretum | Universidad Francisco Marroquín. (n.d.). Retrieved October 5, 2025, from <https://arboretum.ufm.edu/plantas/spondias-purpurea/>
- Teisher J; Stimmel H. (2023, March 14). Tropicos Specimens Non-MO. <https://www.gbif.org/dataset/e053ff53-c156-4e2e-b9b5-4462e9625424>
- Thea, A. E. (2013). Diferencias en los parámetros fisicoquímicos de calidad entre los distintos tipos de té (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) elaborados en Argentina [Universidad Nacional de Misiones.]. <https://1library.co/article/contenido-de-polifenoles-totales-m%C3%A9todo-de-folin-ciocalteu.ydm4ex6y?citationMarker=43dcd9a7-70db-4a1f-b0ae-981daa162054>
- Velioglu, Y. S., Mazza, G., Gao, L., & Oomah, B. D. (1998). Antioxidant Activity and Total Phenolics in Selected Fruits, Vegetables, and Grain Products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(10), 4113–4117. <https://doi.org/10.1021/JF9801973>
- Verona-Ruiz, A., Urcia-Cerna, J., & Paucar-Menacho, L. M. (2020). Pitahaya (*Hylocereus* spp.): Cultivo, características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos. *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 439–453. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.16>

- Weyya, G., Belay, A., & Tadesse, E. (2024). Passion fruit (*Passiflora edulis* Sims) by-products as a source of bioactive compounds for non-communicable disease prevention: extraction methods and mechanisms of action: a systematic review. *Frontiers in Nutrition*, 11, 1340511. <https://doi.org/10.3389/FNUT.2024.1340511/FULL>
- Xiang, Z., Guan, H., Zhao, X., Xie, Q., Xie, Z., Cai, F., Dang, R., Li, M., & Wang, C. (2024). Dietary gallic acid as an antioxidant: A review of its food industry applications, health benefits, bioavailability, nano-delivery systems, and drug interactions. *Food Research International*, 180. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114068>

Anexos

Anexo 1.



Espectrofotómetro UV-visible portátil, marca: Vernier.

Anexo 2



Muestras de las frutas (Pitahaya, Calala, Jocote sazón, Jocote maduro, Mango maduro, Mango sazón).

Anexos 3

1. Edad.

- ☐ 12-17
- ☐ 18-24
- ☐ 25-33
- ☐ 33-55
- ☐ +56

2. Situación académica. Si es estudiante, especifique secundaria o universitario.

3. ¿Sabe lo que es el ácido gálico?

- ☐ Si
- ☐ No

4. ¿Ha escuchado o leído acerca del ácido gálico?

- ☐ Si
- ☐ No

5. Solo leyendo el nombre ÁCIDO GÁLICO, ¿cree usted que el ácido gálico es malo o bueno para la salud?

- ☐ Bueno.
- ☐ Malo.

6. Si ha escuchado acerca de él, ¿sabe cuáles son los beneficios de su consumo?

- ☐ Si
- ☐ No

7. Consume usted mangos, jocotes, pitahayas y/o calalas (maracuyá).

- ☐ Si
- ☐ No

8. ¿Qué tipo de mango consume mayormente?

- ☐ Mango de rosa
- ☐ Mango tommy
- ☐ Mango mechudo

- ☐ Mango caraña
- ☐ Mango liso
- ☐ Ninguno

9. ¿Qué tipo de jocote consume mayormente?

- ☐ Jocote tronador
- ☐ Jocote corona
- ☐ Jocote guaturco
- ☐ Ninguno

10. ¿Qué tipo de pitahaya consume mayormente?

- ☐ Blanca
- ☐ Amarilla
- ☐ Roja
- ☐ Ninguna

11. ¿Qué tipo de calala (maracuyá) consume mayormente?

- ☐ Morada
- ☐ Verde amarillento
- ☐ Ninguna

12. ¿En qué etapa de maduración consume el mango?

- ☐ Maduro.
- ☐ Sazón.
- ☐ Verde.

13. ¿En qué etapa de maduración consume el jocote?

- ☐ Maduro.
- ☐ Sazón.
- ☐ Verde.

14. ¿Cómo consume la pitahaya?

- ☐ Fruto
- ☐ Fresco/Jugo.

15. ¿Cómo consume la calala?

- ☐ Fruto

☐ Fresco/Jugo.

16. ¿Con qué frecuencia consume mango? (más cerca de 1= de 1 a 3 veces por mes; más cerca de 5= +10 veces al mes)

- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ 4
- ☐ 5

17. ¿Con qué frecuencia consume jocotes? (más cerca de 1= de 1 a 3 veces por mes; más cerca de 5= +10 veces al mes).

- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ 4
- ☐ 5

18. ¿Con qué frecuencia consume pitahaya? (más cerca de 1= de 1 a 3 veces por mes; más cerca de 5= +10 veces al mes)

- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ 4
- ☐ 5

19. ¿Con qué frecuencia consume calala? (más cerca de 1= de 1 a 3 veces por mes; más cerca de 5= +10 veces al mes)

- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ 4
- ☐ 5

20. ¿Qué hace con los residuos de las frutas? (semillas, cáscaras, hojas).

- ☐ Usarlas como abono.
- ☐ Consumirlas.
- ☐ Desecharlas.

21. ¿usted consumiría algún producto elaborado a partir de estas frutas

- ☐ SI.
- ☐ NO.

Ácido gálico: breve concepto

El ácido gálico (AG) es un compuesto polifenólico natural presente en frutas, verduras y hierbas medicinales. Según estudios previos, el AG tiene muchas propiedades biológicas, incluidas propiedades antioxidantes, anticancerígenas, antiinflamatorias y antimicrobianas. Tiene un gran potencial para facilitar la defensa natural contra las infecciones microbianas y modular la respuesta inmunitaria. (Yang, y otros, 2020).

22. Sabiendo esto, ¿usted incluiría frutas o verduras que contengan ácido gálico?

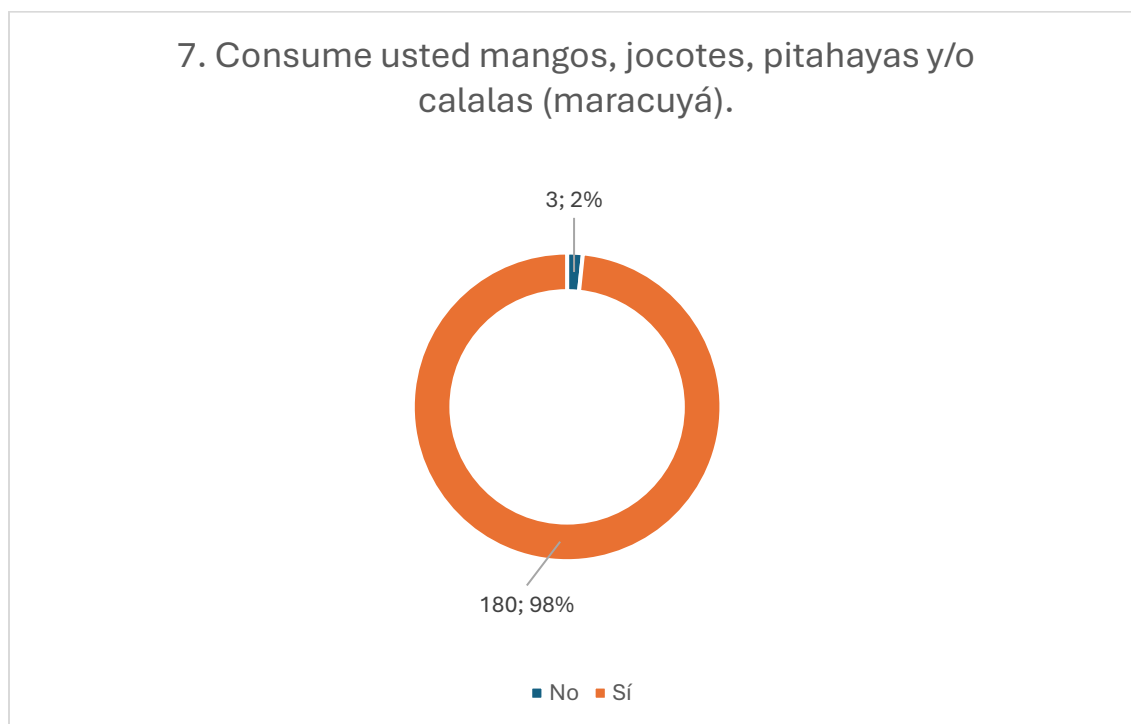
- ☐ SI.
- ☐ NO.

23. ¿usted apoyaría la concientización de incluir frutas que contengan ácido gálico en el país y/o fuera del país?

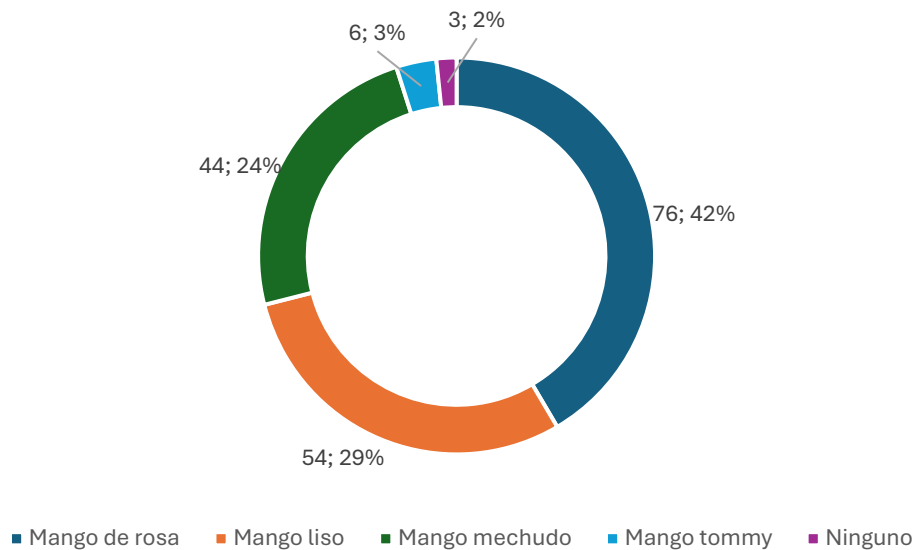
- ☐ SI.
- ☐ NO.

Anexo 4.

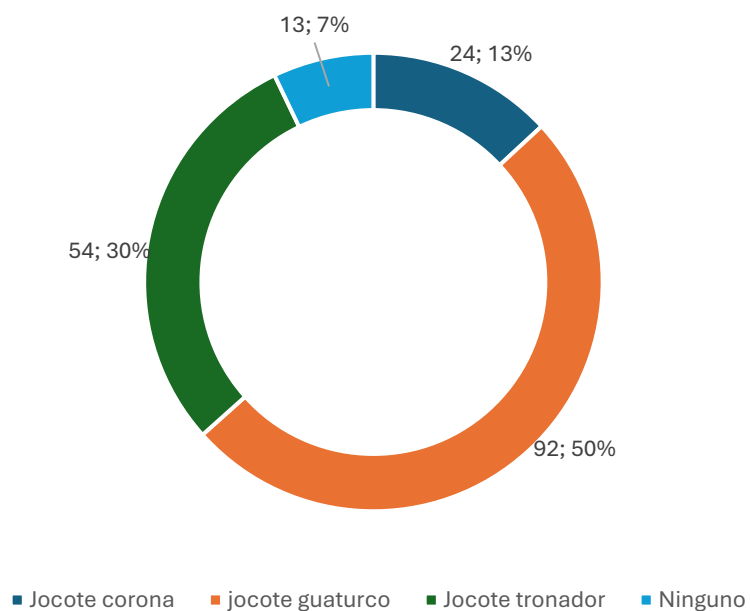
Gráficos representativos de las respuestas de la encuesta para las preguntas 3,7,8,9,10 y 11.



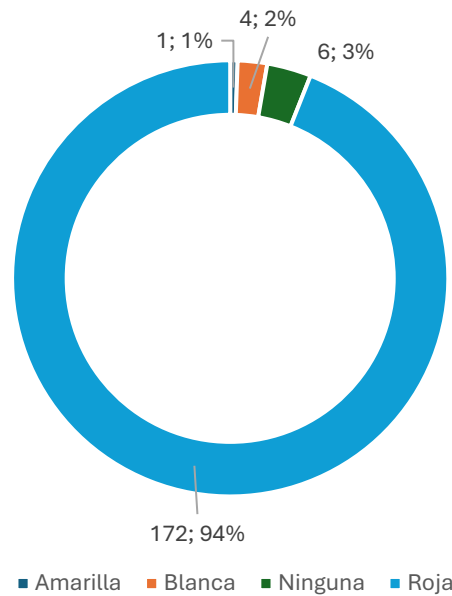
8. ¿Qué tipo de mango consume mayormente?



9. ¿Qué tipo de jocote consume mayormente?



10. ¿Qué tipo de Pitahaya consume mayormente?



11. ¿Qué tipo de calala consume mayormente?

