

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**Caracterización química y nutricional de la baya de *Synsepalum
dulcificum* y revisión de sus beneficios como restaurador del gusto
para potencial uso en productos consumidos por pacientes
oncológicos**

Luis Fernando Chimbo Gándara

Ingeniero químico

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito
para la obtención del título de
ingeniero químico

Quito, 20 de diciembre de 2022

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA

**Caracterización química y nutricional de la baya de *Synsepalum
dulcificum* y revisión de sus beneficios como restaurador del gusto
para potencial uso en productos consumidos por pacientes
oncológicos**

Luis Fernando Chimbo Gándara

Nombre del profesor, Título académico:

**Andrea C. Landázuri, Ph.D.
José Miguel Álvarez, Ph.D.**

Quito, 20 de diciembre de 2022

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Luis Fernando Chimbo Gándara

Código: 00207239

Cédula de identidad: 1724185762

Lugar y fecha: Quito, 18 de diciembre de 2022

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETheses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETheses>.

RESUMEN

La fruta milagrosa, *Synsepalum dulcificum*, es un arbusto procedente de África central que posee la propiedad de modificar sabores ácidos a dulces debido a la presencia de una glicoproteína llamada miraculina. En el presente proyecto se busca caracterizar las propiedades nutricionales y fitoquímicas de esta planta con la finalidad de proporcionar información química a una empresa ecuatoriana que busca desarrollar productos con fruta milagrosa para combatir los efectos secundarios de tratamientos en pacientes oncológicos. Estos estudios se realizaron dividiendo la fruta en tres partes fundamentales y en su totalidad. Se realizó un análisis proximal determinando cenizas, lípidos y proteínas; además de un análisis de capacidad antioxidante, que comprende, la cuantificación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu y la actividad antioxidante total por el método de FRAP. Se determinó que la fruta milagrosa posee 5.08 ± 0.73 g de ceniza, 10.24 ± 1.93 g de grasa y 40.71 ± 0.59 g de proteína por cada 100g de la totalidad de la fruta liofilizada. La fruta milagrosa presenta un contenido de polifenoles totales equivalente a 2.07 ± 0.15 mg de ácido gálico y una actividad antioxidante equivalente a 18.88 ± 0.90 μ mol de trolox por cada gramo de fruta liofilizada. Estos resultados sugieren una importante oportunidad de uso de la fruta como un suplemento alimenticio debido a sus propiedades nutricionales y una alta capacidad antioxidante, sin descartar su propiedad modificadora de sabor que resulta muy útil para su prescripción a pacientes oncológicos.

Palabras clave: Fruta milagrosa, *Synsepalum dulcificum*, Ecuador, modificador de sabor, cáncer, disgeusia, análisis proximal, capacidad antioxidante.

ABSTRACT

The miracle fruit, *Synsepalum dulcificum*, is a shrub from Central Africa that has the property of modifying acidic to sweet flavors due to the presence of a glycoprotein called miraculin. The present project seeks to characterize the nutritional and phytochemical properties of this plant in order to provide chemical information to an Ecuadorian company that aims to develop products with miracle fruit to combat the side effects of treatments in cancer patients. These studies were carried out by dividing the fruit into three fundamental parts and in its entirety. A proximate analysis was carried out to determine ash, lipids, and proteins; in addition to an analysis of antioxidant capacity, which includes the quantification of total polyphenols by the Folin-Ciocalteu method and total antioxidant activity by the FRAP method. It was determined that the miracle fruit has 5.08 ± 0.73 g of ash, 10.24 ± 1.93 g of fat and 40.71 ± 0.59 g of protein per 100 g of freeze-dried fruit. The miracle fruit presents a total polyphenolic content equivalent to 2.07 ± 0.15 mg of gallic acid and an antioxidant activity equivalent to 18.88 ± 0.90 μmol of trolox per gram of freeze-dried fruit. These results suggest an important opportunity for the use of the fruit as a food supplement due to its nutritional properties and high antioxidant capacity, without discarding its flavor modifying property which is very useful for its prescription to oncological patients.

Key words: Miracle fruit, *Synsepalum dulcificum*, Ecuador, flavor modifier, cancer, dysgeusia, proximal analysis, antioxidant capacity.

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción	11
2. Metodología	16
2.1 Preparación de la muestra	16
2.2 Determinación de cenizas	16
2.3 Determinación de lípidos	16
2.4 Determinación de proteínas	17
2.5 Determinación de polifenoles totales.....	18
2.6 Determinación de actividad antioxidante total	18
3. Resultados.....	19
4. Discusión	24
5. Conclusiones y recomendaciones.....	32
6. Referencias bibliográficas	34
Anexo A: Curva de calibración de ácido gálico a 760nm	40
Anexo B: Curva de calibración de Trolox a 539 nm.....	40
Anexo C: Cálculos de la cantidad de ceniza en la fruta milagrosa	41
Anexo D: Cálculos de la cantidad de lípidos en la fruta milagrosa.....	42
Anexo E: Cálculos de la cantidad de Proteínas en la fruta milagrosa.....	44
Anexo F: Cálculos de la cantidad de polifenoles totales en la fruta milagrosa.....	45
Anexo G: Cálculos de la capacidad antioxidante total en la fruta milagrosa.....	47
Anexo H: Análisis de varianza (anova) para la distribución de cenizas en la fruta milagrosa	48
Anexo I: Análisis de varianza (anova) para la distribución de lípidos en la fruta milagrosa.....	51
Anexo J: Análisis de varianza (anova) para la distribución de proteínas en la fruta milagrosa ..	54
Anexo K: Análisis de varianza (anova) para la concentración de polifenoles en la fruta milagrosa	57
Anexo L: Análisis de varianza (anova) para la capacidad antioxidante total en la fruta milagrosa	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición porcentual másica de la <i>Synsepalum dulcificum</i>	19
Tabla 2. Distribución de cenizas en los diferentes componentes de la fruta	20
Tabla 3. Distribución de lípidos en los diferentes componentes de la fruta	20
Tabla 4. Distribución de proteínas en los componentes de la fruta	21
Tabla 5. Información nutricional de la fruta milagrosa	21
Tabla 6. Concentración de polifenoles totales en los componentes de la fruta	22
Tabla 7. Capacidad antioxidante total en los componentes de la fruta	22
Tabla 8. Cálculos de cenizas para la fruta milagrosa	41
Tabla 9. Cálculos de lípidos para la fruta milagrosa.....	43
Tabla 10. Cálculos de proteínas para la fruta milagrosa	44
Tabla 11. Cálculos de concentración de polifenoles totales de la fruta milagrosa	45
Tabla 12. Cálculos de concentración de capacidad antioxidante total de la fruta milagrosa.....	47
Tabla 13. Método de análisis de varianzas para la distribución de cenizas en la fruta milagrosa	48
Tabla 14. Análisis de varianza (ANOVA) de la distribución de cenizas en la fruta milagrosa...	48
Tabla 15. Resumen del modelo de análisis de varianza para la distribución de cenizas en la fruta milagrosa.....	48
Tabla 16. Intervalos de confianza de 95% para la distribución de cenizas de la fruta milagrosa	48
Tabla 17. Comparaciones por el método de Tukey al 95% de confianza para la distribución de cenizas de la fruta milagrosa.....	48
Tabla 18. Método de análisis de varianzas para la distribución de grasas en la fruta milagrosa .	51
Tabla 19. Análisis de varianza (ANOVA) de la distribución de grasas en la fruta milagrosa	51
Tabla 20. Resumen del modelo de análisis de varianza para la distribución de grasas en la fruta milagrosa.....	51
Tabla 21. Intervalos de confianza de 95% para la distribución de grasas de la fruta milagrosa .	51
Tabla 22. Comparaciones por el método de Tukey al 95% de confianza para la distribución de grasas de la fruta milagrosa.....	51
Tabla 23. Método de análisis de varianzas para la distribución de proteínas en la fruta milagrosa	54
Tabla 24. Análisis de varianza (ANOVA) de la distribución de proteínas en la fruta milagrosa	54
Tabla 25. Resumen del modelo de análisis de varianza para la distribución de proteínas en la fruta milagrosa	54

Tabla 26. Intervalos de confianza de 95% para la distribución de proteínas de la fruta milagrosa	54
Tabla 27. Comparaciones por el método de Tukey al 95% de confianza para la distribución de proteínas de la fruta milagrosa.....	54
Tabla 28. Método de análisis de varianzas para la concentración de polifenoles en la fruta milagrosa.....	57
Tabla 29. Análisis de varianza (ANOVA) de la distribución la concentración de polifenoles en la fruta milagrosa	57
Tabla 30. Resumen del modelo de análisis de varianza para la concentración de polifenoles en la fruta milagrosa	57
Tabla 31. Comparaciones por el método de Tukey al 95% de confianza para la concentración de polifenoles en la fruta milagrosa.....	57
Tabla 32. Comparaciones por el método de Tukey al 95% de confianza para la concentración de polifenoles en la fruta milagrosa.....	57
Tabla 33. Método de análisis de varianzas para la capacidad antioxidante total en la fruta milagrosa.....	60
Tabla 34. Análisis de varianza (ANOVA) para la capacidad antioxidante total en la fruta milagrosa.....	60
Tabla 35. Resumen del modelo de análisis de varianza para la capacidad antioxidante total en la fruta milagrosa	60
Tabla 36. Comparaciones por el método de Tukey al 95% de confianza para capacidad antioxidante total en la fruta milagrosa.....	60
Tabla 37. Comparaciones por el método de Tukey al 95% de confianza para la capacidad antioxidante total en la fruta milagrosa.....	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comparación de análisis proximal en diferentes partes del mundo.	26
Figura 2. Comparación de capacidad antioxidante total y cantidad de polifenoles totales en diferentes partes del mundo.	28
Figura 3. Curva de calibración de ácido gálico	40
Figura 4. Curva de calibración de Trolox	40
Figura 5. Diferencias de medias de la distribución de cenizas de la fruta milagrosa	49
Figura 6. Intervalos de confianza al 95% de la distribución de cenizas de la fruta milagrosa	49
Figura 7. Diagrama de caja para la distribución de cenizas de la fruta milagrosa.....	50
Figura 8. Gráficas de residuos para la distribución de cenizas de la fruta milagrosa	50
Figura 9. Diferencias de medias de la distribución de grasas de la fruta milagrosa	52
Figura 10. Intervalos de confianza al 95% de la distribución de grasas de la fruta milagrosa	52
Figura 11. Diagrama de caja para la distribución de grasas de la fruta milagrosa	53
Figura 12. Gráficas de residuos para la distribución de grasas de la fruta milagrosa.....	53
Figura 13. Diferencias de medias de la distribución de proteínas de la fruta milagrosa	55
Figura 14. Diferencias de medias de la distribución de proteínas de la fruta milagrosa	55
Figura 15. Diagrama de caja para la distribución de proteínas de la fruta milagrosa.....	56
Figura 16. Gráficas de residuos para la distribución de proteínas de la fruta milagrosa	56
Figura 17. Diferencias de medias de la concentración de polifenoles en la fruta milagrosa	58
Figura 18. Diferencias de medias de la concentración de polifenoles en la fruta milagrosa	58
Figura 19. Diagrama de caja para la concentración de polifenoles en la fruta milagrosa	59
Figura 20. Gráficas de residuos para la concentración de polifenoles en la fruta milagrosa.....	59
Figura 21. Diferencias de medias de la capacidad antioxidante total en la fruta milagrosa	61
Figura 22. Diferencias de medias de la capacidad antioxidante total en la fruta milagrosa	61
Figura 23. Diagrama de caja para la capacidad antioxidante total en la fruta milagrosa	62
Figura 24. Gráficas de residuos para la capacidad antioxidante total en la fruta milagrosa.....	62

1. INTRODUCCIÓN

El cáncer es una de las enfermedades más relevantes en la actualidad. Tan solo en el 2020 había sido la causa de muerte de 10 millones de personas a nivel global (OMS, 2022). La enfermedad surge debido a una multiplicación acelerada de células que se diseminan a diferentes tejidos del cuerpo de forma descontrolada y causan neoplasia, es decir, tumores (NIH, 2021). Debido a su gran incidencia en la población mundial, se han desarrollado múltiples tratamientos para combatirla; sin embargo, en la mayoría de los casos sus consecuencias son irreversibles.

Existen varios tratamientos para combatir el cáncer, entre los más comunes se encuentran la quimioterapia y la radioterapia. La quimioterapia es un procedimiento donde se utilizan diferentes químicos, dependiendo la histología del tumor, para eliminar las células cancerosas de un paciente; mientras que, la radioterapia se basa en la aplicación de radiación ionizante a un tumor para dañar la estructura de ADN de las células malignas y prevenir su multiplicación (Hosseinzadeha et al., 2017). Estos métodos han sido utilizados a lo largo de los años como una alternativa para los pacientes oncológicos; sin embargo, los efectos secundarios que implica llevar este tipo de tratamientos no son considerados (Hutton et al., 2007).

Los tratamientos oncológicos poseen múltiples efectos secundarios que limitan la calidad de vida y el proceso de recuperación de los pacientes con cáncer. Una de las afectaciones más grandes es la disgeusia. Esta es una enfermedad que surge como efecto secundario de tratamientos oncológicos y afecta directamente al sistema gustativo. Esta enfermedad provoca alteraciones en el gusto como sabores metálicos, amargos y ácidos, esto permanece incluso si se ha dejado de suministrar los fármacos debido al daño irreparable en las papilas gustativas (Epstein & Barasch, 2010). Lo cual puede desencadenar problemas asociados a la salud alimenticia en los pacientes oncológicos, durante su recuperación (Nolden et al., 2019).

Las alteraciones en el gusto provocadas por los tratamientos contra el cáncer reducen la disposición de los pacientes para ingerir alimentos, ya que no disfrutan de los sabores normales de la comida. Se ha demostrado que el 90% de personas de un grupo de 66 pacientes con algún tipo de cáncer registran una ingesta dietética inadecuada o poseen un alto riesgo de malnutrición, debido a disturbios quimio sensoriales (Hutton et al., 2007). Estas consecuencias han provocado cierto interés en la comunidad científica para buscar alternativas que pudieran prevenir las alteraciones del gusto y garantizar la calidad de vida de los pacientes oncológicos.

Los datos acerca de la disgeusia en el Ecuador son limitados. Esto se debe a que la prevención de los efectos secundarios de los tratamientos oncológicos es un tema relativamente nuevo. Sin embargo, es posible realizar una comparación para dimensionar el problema, tomando en cuenta que Ecuador, en el 2020, tuvo 4 millones de personas diagnosticadas con cáncer (MSP, 2022). Además de que, la mal nutrición de los pacientes oncológicos representa al 67.8% de la población y los pacientes con alteraciones gustativas representan el 62.9% (Sánchez & Rihuete, 2016). Por lo tanto, en el Ecuador la disgeusia, como un efecto secundario del cáncer, podría representar un problema para 2 millones y medio de personas, lo que representa aproximadamente el 14% de la población del país. Esto refleja la importancia de la búsqueda de una solución que brinde una mejor calidad de vida para las personas en recuperación del cáncer.

Entre los tratamientos contra estos efectos secundarios, para prevenir la disgeusia y combatir la desnutrición de los pacientes con cáncer, se encuentran los complejos de zinc y el uso de compuestos bioactivos, de origen vegetal o fungi. Con respecto a la suplementación con zinc, se ha comprobado que el gusto mejora tras las afectaciones de la radioterapia; sin embargo, se vuelve imposible la recuperación de este tras un tratamiento quimioterapéutico (Hoppe et al., 2021). Por otro lado, cuando se complementa el tratamiento oncológico con compuestos bioactivos

como, estilbenos, flavonoides, terpenos, curcumina y otras familias estructurales, es posible minimizar los efectos secundarios; además de, potenciar la concentración efectiva de las drogas suministradas para la recuperación del paciente (Redondo-Blanco et al., 2017). Por lo tanto, el uso de compuestos nutraceuticos mejora el alcance del tratamiento y previene los efectos secundarios que este conlleva. Una de las opciones más prometedoras es la fruta milagrosa, dado que posee compuestos bioactivos como antioxidantes, glicoproteínas como la miraculina, entre otros (Akinmoladun et al., 2020).

La fruta milagrosa, *Synsepalum dulcificum*, es un arbusto nativo del oeste de África que produce bayas de color rojizo y forma ojival que llegan a medir aproximadamente 2 cm (Inglett & May, 1968). Las poblaciones locales utilizan esta fruta para producir su típico pan de maíz rancio y para endulzar el vino de palma y la cerveza agria (Kurihara & Beidler, 1968). Esto se debe a que las bayas poseen una propiedad modificadora de sabor gracias a la glicoproteína llamada miraculina, que impide a los receptores de las papilas gustativas detectar los sabores ácidos, por un periodo de 30 a 120 minutos dependiendo el usuario que la consuma (Petruzzello, 2019). Esta característica ha provocado que el cultivo de esta planta se haya llevado a diferentes partes del mundo con las condiciones climáticas adecuadas: clima cálido, suelos húmedos y ácidos y alta luminosidad; con el objetivo de aprovechar las propiedades que posee la baya.

El Ecuador, en su región costera, posee condiciones climáticas tropicales durante todo el año. Esta característica ha favorecido a la introducción de la fruta milagrosa al país para el cultivo desde el 2014. Esto se debe a que la baya se desarrolla mejor en un clima cálido húmedo con suelos ricos y medios ácidos (Shayeb, 2021). Por ello, la diversidad del tipo de suelo en el Ecuador ha sido determinante para su reproducción dado que la planta requiere un medio ácido de crecimiento (Petruzzello, 2019). Por lo tanto, ha comenzado a cultivarse a pequeña escala en diferentes zonas

ecuatorianas como Santo Domingo, El Carmen o Quinindé (Lara, 2021). Esta oportunidad ha hecho posible que emprendedores ecuatorianos aprovechen la posibilidad de cultivar la fruta milagrosa para utilizar sus propiedades nutraceuticas.

Por ello, esta investigación aborda las propiedades nutricionales y fitoquímicas de la *Synsepalum dulcificum* o fruta milagrosa para generar un producto nutraceutico que pueda prevenir los daños asociados con los tratamientos oncológicos. Tanto la radioterapia como la quimioterapia pueden modificar el sentido del gusto por sus efectos negativos sobre las papilas gustativas y los receptores del epitelio nasal (Brook, 2021). Dado esto, es importante reconocer las propiedades de la fruta milagrosa cultivada en el Ecuador, a diferencia de las cultivadas alrededor del mundo. Un estudio comparativo es pertinente para reconocer las fortalezas y debilidades del uso de la fruta cultivada en la costa ecuatoriana. De esta manera, es posible garantizar la calidad de vida de los pacientes con cáncer durante y después de su tratamiento. Su importancia radica en que se aproveche la habilidad modificadora de sabor de la miraculina y el alto contenido nutricional de la fruta, para potenciar el tratamiento oncológico y prevenir sus efectos secundarios.

Existen múltiples estudios clínicos que demuestran la habilidad de la fruta milagrosa para combatir la disgeusia. En un estudio clínico de pacientes oncológicos tratados con un suplemento de fruta milagrosa fue posible demostrar que los sabores metálicos de los alimentos desaparecieron y, en general, el suplemento mejoró el gusto de todos los pacientes aumentando la ingesta de alimentos para algunos de ellos (Wilken & Satiroff, 2012). Por otro lado, en un estudio del impacto de la miraculina a nivel sistemático se ha concluido que este compuesto bioactivo tiene la capacidad de reducir el estrés metabólico asociado a enfermedades crónicas como la obesidad, el síndrome metabólico, la diabetes y el cáncer (de Cedrón et al., 2020). Por lo tanto, es posible corroborar el potencial de la fruta como un suplemento alimenticio que puede favorecer a mejorar

la calidad de vida los pacientes oncológicos. Por lo tanto, el cultivo y desarrollo de un suplemento alimenticio a partir de la fruta milagrosa es prometedor y requiere mayor investigación científica.

De igual manera, es importante tomar en cuenta la capacidad antioxidante que pueda poseer el suplemento. Dado que, los antioxidantes son compuestos, que tienen la habilidad de reducir el estrés oxidativo de las células, es decir, previenen que los radicales libres producidos en el metabolismo lleguen a dañar las células causando distintas complicaciones como: enfermedades del corazón, diabetes o cáncer (Mamta et al., 2014). En consecuencia, la fruta milagrosa al presentar una alta capacidad antioxidante y propiedades nutritivas puede prevenir futuras enfermedades asociadas a la oxidación de las células.

Para esto se ha realizado una colaboración con una empresa productora de fruta milagrosa en Ecuador, con el objetivo de brindarles información relevante acerca de la composición química de la fruta y con ello lanzar al mercado un suplemento alimenticio que pueda beneficiar a la comunidad oncológica. Esta industria está localizada en la provincia de Esmeraldas, Cantón Quinindé, Parroquia la Unión, Recinto El Limón, en el Km. 111 de la vía Esmeraldas - Santo Domingo (Shayeb, 2021).

En consecuencia, este proyecto se realiza con el objetivo de analizar cualitativa y cuantitativamente macromoléculas y fitoquímicos en la *Synsepalum dulcificum* mediante un análisis proximal, un estudio de su capacidad antioxidante total y cantidad de polifenoles para obtener un perfil nutricional de la fruta que pueda ser utilizada como un suplemento alimenticio que reduzca los efectos secundarios de los tratamientos oncológicos.

2. METODOLOGÍA

2.1 Preparación de la muestra

La fruta milagrosa fue obtenida de una plantación en Esmeraldas, cantón Quinindé. Las bayas analizadas fueron previamente liofilizadas y se mantuvieron en sobres cerrados herméticamente para su transporte. Dado que se estudian las muestras por componente de la fruta, las bayas fueron separadas en sus constituyentes principales: piel y pulpa, semilla y cascarilla; mediante una manipulación rigurosa. Tras obtener las muestras clasificadas, se procedió a moler cada una de ellas para obtener un tamaño de partícula menor que propicie la efectividad de los análisis próximos a realizarse. No obstante, la cascarilla que recubre la semilla es dura y seca, por lo que, no fue posible disminuir su tamaño al mismo punto que las otras dos partes de la fruta.

2.2 Determinación de cenizas

Se realizó un método de calcinación (Marshall, 2010). Para esto, se pesaron nueve crisoles de porcelana y se colocó una masa promedio de 0.20 ± 0.01 g de fruta en cada uno. Posteriormente, se calienta la muestra progresivamente en una plancha de calentamiento hasta alcanzar $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ con el objetivo de eliminar la materia orgánica presente y evitar la formación de llamas. Tras observar que todo el material de los crisoles se torne de color negro, se sube la temperatura de una mufla hasta aproximadamente $600\text{ }^{\circ}\text{C}$, se colocan los crisoles con las muestras previamente degradadas y se las deja reposar por 12 horas. Finalmente, una vez se hayan cumplido las doce horas, se deja enfriar los crisoles en desecadores para poder pesarlos y obtener la masa de la ceniza obtenida.

2.3 Determinación de lípidos

Para cuantificar los ácidos grasos presentes en la fruta milagrosa se utilizó un método de Soxhlet (Hewavitharana et al., 2020). El método utiliza solventes orgánicos para la extracción de

grasas en una muestra determinada. Este se realizó en una unidad semiautomática que consta de tres etapas principales: inmersión, lavado y recuperación. En la primera etapa se sumergen 0.50 ± 0.001 g de muestra, previamente vertida en tubos de celulosa, en 50 mL de hexano. El solvente se calienta progresivamente hasta los $130\text{ }^{\circ}\text{C}$; por lo que, se propicia la transferencia de ácidos grasos desde la muestra hacia el disolvente, a través del medio poroso. Una vez se ha completado este procedimiento, se levantan los tubos de celulosa y se los deja escurrir. Luego, se evapora el solvente y se lo precipita en un compartimento diferente para su recuperación. Por último, se recogen los vasos con grasas remanentes en la base para colocarlos en un desecador hasta que alcancen una temperatura ideal para ser pesados y así conocer la masa de grasa de la muestra.

2.4 Determinación de proteínas

El contenido proteico de la fruta se cuantificó a través del método de Kjeldahl (Sáez-Plaza et al., 2013). Este procedimiento consta de tres etapas: la digestión, la destilación y la titulación. Primero, la digestión se realiza en un digestor semiautomático con 12.0 ± 0.50 mL de ácido sulfúrico, 1.00 ± 0.001 g de muestra, 1 pastilla antiespumante y 1 pastilla catalizadora. A partir de esto, se utiliza una unidad de destilación con una solución de ácido bórico al 3%, una solución de hidróxido de sodio al 30% y 3 gotas de indicador de Tashiro. Por último, se realiza una titulación con una solución de ácido clorhídrico 0.2 N para encontrar el porcentaje de nitrógeno en la muestra. Para conocer la cantidad de proteínas presentes en la muestra se multiplica la cantidad de nitrógeno por un factor de 6.25

A partir de la información nutricional obtenida, se procedió a realizar un estudio de capacidad antioxidante. Para esto, se ejecutó un análisis de actividad antioxidante total y se determinó la cantidad de polifenoles totales. Ambos brindan una imagen completa de la influencia de este parámetro en la capacidad nutracéutica de la fruta.

2.5 Determinación de polifenoles totales

Para cuantificar los polifenoles totales en los constituyentes de la fruta se utilizó el método de Folin-Ciocalteu (Blainski et al., 2013). Es necesario realizar una mezcla hidroalcohólica de etanol y agua 80:20, para la extracción de polifenoles de los diferentes componentes de la fruta desengrasada. Adicionalmente, se realizó una curva de calibración con un estándar de ácido gálico (Anexo A). Se reaccionó 100 μL de muestra o estándar con 500 μL del reactivo de Folin-Ciocalteu 0.02 N e incubarlos por cinco minutos. Esto da como resultado un cromóforo de color azul después de la reacción de los polifenoles con el reactivo de Folin-Ciocalteu. Tras este lapso, se procede a añadir 400 μL de una solución de carbonato de sodio 75g/L y se lo deja incubar por dos horas en total oscuridad ya que el reactivo de Folin-Ciocalteu es fotosensible. Una vez terminado este proceso, se analiza la muestra o el estándar en un espectrofotómetro UV-Vis a 760 nm.

2.6 Determinación de actividad antioxidante total

La actividad antioxidante total de la fruta se determinó mediante el método de FRAP (Amarowicz & Pegg, 2019). El procedimiento requiere la creación de una mezcla hidroalcohólica de etanol agua en una proporción 80:20 de las muestras desengrasadas. Este método consiste en la reducción de un complejo de Fe^{3+} - TPTZ (cloruro de 2,3,5-trifeniltetrazolio) hacia un complejo Fe^{2+} - TPTZ para su posterior análisis por espectrofotometría UV-Vis a 539 nm. Se realiza una curva de calibración con Trolox (Anexo B). Para esto, se genera el reactivo FRAP que es la mezcla en proporción 10:1:1 de una solución de acetato de sodio trihidrato 300 mM, una solución de 10 mM de TPTZ en una solución de 40 mM de ácido clorhídrico y una solución de cloruro férrico hexahidrato 20 mM. Tras esto, se mezcla 900 μL de FRAP con 100 μL de muestra o estándar para el análisis. Esta mezcla se debe incubar por cinco minutos en la oscuridad previo a su estudio.

3. RESULTADOS

Para obtener un perfil nutricional de la fruta milagrosa se realizó un análisis proximal que contiene información acerca de la cantidad de material inorgánico, lípidos, proteínas, capacidad antioxidante total y cantidad de polifenoles totales de la fruta milagrosa liofilizada. Este estudio se llevó a cabo con el fin de proporcionar información nutricional y fitoquímica a una empresa ecuatoriana para la elaboración de un producto nutracéutico. Por ello, es importante tomar en cuenta las proporciones de cada uno de los componentes de la fruta para conseguir un perfil certero con respecto a cada uno de los constituyentes de esta.

Tabla 1. Composición porcentual másica de la *Synsepalum dulcificum*

Componentes de la fruta	Porcentaje [%]
Piel y pulpa	33.57 ± 0.36
Semilla	65.62 ± 0.26
Cascarilla	0.82 ± 0.01
Total	100 ± 0.40

Como es posible observar en la Tabla 1, la mayor cantidad de masa se concentra en la semilla donde el valor porcentual es casi el doble del que se puede encontrar en la piel y la pulpa. Estos aportes másicos serán importantes más adelante para el análisis de los atributos de cada uno de los componentes de la fruta milagrosa.

Tabla 2. Distribución de cenizas en los diferentes componentes de la fruta

Componentes de la fruta	Masa promedio de muestra [mg]	Masa promedio de cenizas [mg]	Porcentaje de ceniza [%]
Piel y pulpa	202.80 ± 0.82	6.90 ± 1.40	3.40 ± 0.67
Semilla	201.60 ± 0.80	2.00 ± 0.30	1.01 ± 0.15
Cascarilla	200.10 ± 1.70	1.30 ± 0.50	0.67 ± 0.26
Total	604.60 ± 1.11	10.3 ± 2.20	5.08 ± 0.73

La Tabla 2 muestra un resumen de los resultados obtenidos de las cenizas de la fruta milagrosa (ver Anexo C para mayor detalle). Tras un estudio estadístico, es posible verificar que la cantidad de ceniza en la semilla y en la cascarilla no son significativamente diferentes (Anexo H). Por otro lado, la semilla ocupa casi el doble de masa que la piel y la pulpa como se detalla en la Tabla 1, se puede agregar que la semilla está compuesta en su mayoría de compuestos orgánicos, como podrían ser grasas. Para comprobar esto, se realizó la determinación de lípidos en los diferentes componentes de la fruta.

Tabla 3. Distribución de lípidos en los diferentes componentes de la fruta

Componentes de la fruta	Masa promedio de muestra [mg]	Masa promedio de grasa [mg]	Porcentaje de grasa [%]
Piel y pulpa	502.20 ± 1.50	18.00 ± 9.00	3.58 ± 1.80
Semilla	501.00 ± 0.49	32.20 ± 3.50	6.43 ± 0.71
Cascarilla	500.40 ± 0.40	1.20 ± 0.30	0.24 ± 0.06
Total	1503.60 ± 2.40	51.40 ± 12.90	10.24 ± 1.93

La Tabla 3 corresponde al estudio de grasas realizado para los constituyentes de la fruta milagrosa (ver Anexo D para mayor detalle). Esta hace evidente que la mayor cantidad de ácidos grasos presentes en la baya corresponde a la semilla con casi el doble de cantidad porcentual con

respecto a la piel y la pulpa. Además, se comprueba mediante un análisis estadístico que los porcentajes obtenidos son significativamente diferentes (Anexo I).

Tabla 4. Distribución de proteínas en los componentes de la fruta

Componentes de la fruta	Masa promedio de muestra [mg]	Porcentaje de nitrógeno [%]	Porcentaje de proteína [%]
Piel y pulpa	1001.5 ± 2.63	2.28 ± 0.08	14.28 ± 0.47
Semilla	1002.1 ± 0.20	2.75 ± 0.01	17.21 ± 0.09
Cascarilla	1002.5 ± 0.50	1.48 ± 0.05	9.23 ± 0.33
Total	3006.1 ± 3.33	6.51 ± 0.14	40.71 ± 0.59

La Tabla 4 presenta la cantidad de proteínas que se obtienen en cada uno de los componentes de la fruta milagrosa (ver Anexo E para mayor detalle). Aquí se puede observar cómo en cada uno de los constituyentes de la baya existe una cantidad alta de proteínas que en conjunto llegan a representar casi la mitad de la masa total de la fruta. Adicionalmente, todos los valores son significativamente diferentes (Anexo J).

Tabla 5. Información nutricional de la fruta milagrosa

Parámetro	Cantidad [g]
Cenizas	5.08 ± 0.73
Lípidos	10.24 ± 1.93
Proteínas	40.71 ± 0.59

Información nutricional por cada 100 g de fruta liofilizada

En la Tabla 5, es posible observar otra perspectiva de la calidad nutricional de la fruta milagrosa donde se demuestra la oportunidad nutricional de la baya en su totalidad. Gracias a esto, es fácil identificar que más de la mitad de la masa de la fruta corresponde a indicadores nutricionales importantes, que pueden representar una oportunidad para la creación de nuevos productos.

Tabla 6. Concentración de polifenoles totales en los componentes de la fruta

Componentes de la fruta	Concentración promedio [mM]	Concentración promedio [mgAG/gSol]
Piel y pulpa	4.11 ± 0.45	1.40 ± 0.15
Semilla	0.187 ± 0.01	0.06 ± 0.002
Cascarilla	1.80 ± 0.03	0.61 ± 0.009
Total	6.10 ± 0.45	2.07 ± 0.15

En la Tabla 6 se muestra el resumen de resultados del análisis de polifenoles totales en los constituyentes de la fruta milagrosa (ver Anexo F para mayor detalle). Como es posible observar, el mayor aporte de polifenoles es de la piel y la pulpa. Sin embargo, la cascarilla no posee el valor más bajo a pesar de representar tan solo el 0.82 ± 0.01 % de la masa de la fruta. Es posible verificar la concentración de polifenoles en los componentes de la fruta es significativamente diferente (Anexo K).

Tabla 7. Capacidad antioxidante total en los componentes de la fruta

Componentes de la fruta	Concentración promedio [mM]	Concentración promedio [μmolT/gSol]
Piel y pulpa	7.55 ± 0.18	15.09 ± 0.37
Semilla	0.28 ± 0.02	0.56 ± 0.05
Cascarilla	1.62 ± 0.41	3.23 ± 0.82
Total	9.44 ± 0.45	18.89 ± 0.90

Una vez más, se puede demostrar que los cálculos del Anexo G resumidos en la Tabla 7 sugieren que la piel y pulpa de la fruta milagrosa aportan enormemente a la capacidad antioxidante total de la baya. Además, todos los resultados demostraron ser significativamente diferentes, tras un estudio estadístico.

4. DISCUSIÓN

El análisis proximal es un estudio de vital importancia para establecer características nutricionales de cualquier producto alimenticio. Este se usa para la estimación cuantitativa de la comida e incluye humedad, proteína cruda, grasa total, carbohidratos totales y fibra dietética (Ganogpichayagrai & Suksaard, 2020). En esta investigación, se abordan los aspectos más relevantes a compararse con frutas de diferentes partes del mundo, en este caso, África, Asia y América. Se vuelve crucial identificar las diferencias nutricionales de las frutas de diferentes partes del mundo para ratificar su potencial aplicación.

Como se puede observar en la Tabla 2, el contenido de material inorgánico en la fruta ecuatoriana es mayor en la piel y la pulpa, con un valor de 3.40 ± 0.67 % en la sección comestible y 5.08 ± 1.07 % en su totalidad, lo que sugiere un alto contenido de vitaminas y minerales que se pueden aportar al consumidor. Esto es comparable con un estudio realizado en Nilai, Malasia donde se refleja que la pulpa y la piel de la fruta milagrosa poseen 1 ± 0.06 % de cenizas (He et al., 2016). Por otro lado, un estudio realizado en Ibadan, Nigeria demuestra que la fruta milagrosa, en su totalidad, posee 3.95 ± 0.25 % de cenizas (Awotedu & Ogunbamowo, 2019). Por lo tanto, es posible comprobar el potencial de la fruta milagrosa ecuatoriana para poseer un alto contenido de vitaminas y minerales que puedan aportar positivamente a la salud de las personas.

Los resultados de la Tabla 3 demuestra que la semilla contiene un valor de grasas correspondiente a 6.43 ± 0.71 %, además de un valor de 10.24 ± 1.93 % para toda la fruta. Esto confirma la hipótesis de que la semilla contiene una gran cantidad de lípidos y concuerda con los resultados de la Tabla 2, al tener menor cantidad de cenizas remanentes tras la calcinación de las muestras en comparación con la piel y la pulpa. Es posible comparar estos resultados con los contenidos de grasa obtenidos en Nigeria y Malasia. En Nilai se comprueba que la pulpa y la

semilla poseen 0 ± 0 % de grasas (He et al., 2016a); mientras que, en Ibadan se demuestra que la fruta tiene 2.32 ± 0.63 % de grasa (Awotedu & Ogunbamowo, 2019). Por lo tanto, este resultado refleja un importante aumento del contenido de grasa en la fruta, principalmente en la semilla, lo que demuestra el potencial de la semilla para la extracción de aceites naturales, así como, el aporte nutricional de lípidos en el componente comestible de la baya.

En la Tabla 4, es sencillo verificar el alto contenido proteico de la fruta milagrosa en cada uno de sus componentes, siendo así 14.28 ± 0.47 % para la sección comestible y 40.71 ± 0.89 % en su totalidad. La semilla representa la mayor cantidad de proteínas en la fruta con 17.21 ± 0.09 %, lo que podría ser utilizado en procesos alternativos como una fuente de péptidos bioactivos, siendo esta parte de la fruta no comestible. Por lo tanto, es posible que la baya ecuatoriana posea un gran potencial como fuente de proteínas. Estos resultados son comparables con los obtenidos en Nigeria, donde se encontró que la cantidad de proteínas es 10.26 ± 1.46 % (Awotedu & Ogunbamowo, 2019). Entonces, es posible demostrar que la cantidad de proteínas que posee la baya ecuatoriana es muy alta en comparación con sus homólogas en diferentes partes del mundo. Esto refleja diferencias significativas en las composiciones proximales de las frutas cosechadas en distintos lugares del mundo, como se esboza en la Figura 1.

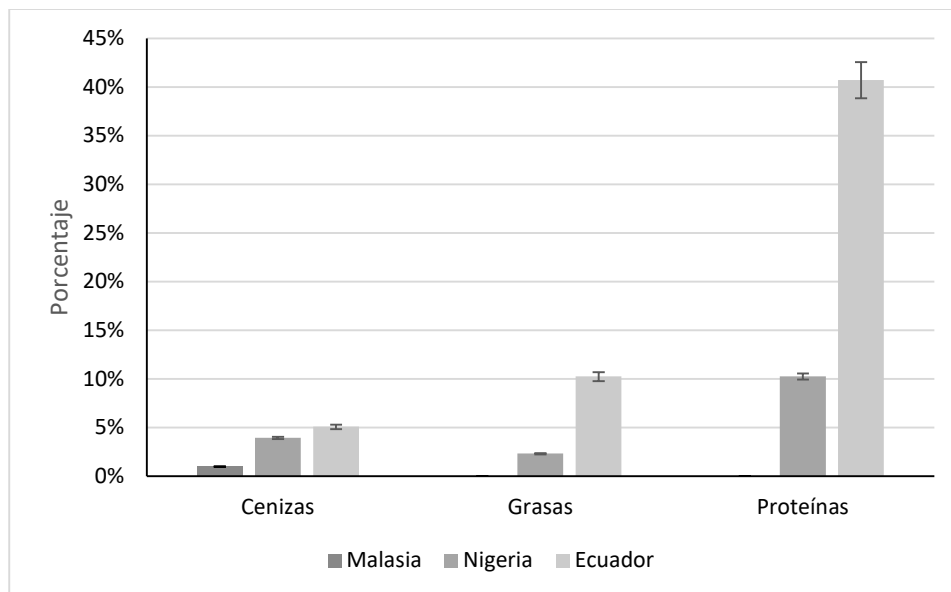


Figura 1. Comparación de análisis proximal en diferentes partes del mundo.
Información obtenida de (Awotedu & Ogunbamowo, 2019; He et al., 2016)

Se hace evidente la gran capacidad nutricional que posee la fruta milagrosa cultivada en el Ecuador. Esto se debe a los altos contenidos proteicos que posee esta fruta en comparación a las cultivadas en otras partes del mundo. Esta ventaja comparativa podría significar una potencial aplicación de esta fruta como base para un suplemento alimenticio que favorezca el gusto y aporte una alta cantidad de proteína al usuario. Por otro lado, el alto contenido de grasa de la fruta cultivada en Ecuador podría ser beneficioso para su extracción y uso comercial. Además, la cantidad de contenido inorgánico presente sugiere una cantidad de vitaminas y minerales alta que podría resultar positivo para la nutrición humana.

Dado que existen diferencias en los valores proximales de las frutas cosechadas en diferentes partes del mundo, es lógico pensar que la capacidad antioxidante puede también variar dependiendo de este factor. Como se puede observar en la Tabla 6 la mayor concentración de polifenoles totales en la fruta se encuentra en la piel y pulpa con un valor de 1.40 ± 0.15 mg de ácido gálico por gramo, siendo 2.07 ± 0.15 mg/g el contenido total, lo que sugiere que la ingesta

de la baya puede favorecer a la prevención de enfermedades relacionadas al estrés metabólico en los consumidores. Estos resultados se pueden comparar con los obtenidos en Zhanjiang, China, donde se encontró que el contenido fenólico en la fruta milagrosa corresponde a $14.48 \pm \text{mg/g}$ (Du et al., 2014). Por otro lado, en Florida, Estados Unidos, se determinó un contenido de polifenoles de $19.44 \pm 0.55 \text{ mg/g}$ (Inglett & Chen, 2011). A diferencia del estudio realizado en Malasia, donde se hallaron $9.26 \pm 0.22 \text{ mg/g}$ de contenido fenólico (He et al., 2016a). Esto demuestra que la fruta cosechada en el Ecuador no posee una cantidad elevada de polifenoles totales; sin embargo, esto no representa una desventaja nutricional de la fruta ya que puede tener una mayor capacidad antioxidante proveniente de otro tipo de moléculas. Para comprobarlo, es posible analizar los resultados obtenidos con respecto a la actividad antioxidante total.

Como se puede observar en la Tabla 7, el mayor aporte de capacidad antioxidante total está dado por la piel y la pulpa de la fruta, con un valor de $15.09 \pm 0.37 \mu\text{mol}$ de Trolox por gramo; mientras que, en su totalidad, es de $18.89 \pm 0.90 \mu\text{molT/g}$. Estos resultados se pueden comparar con los obtenidos alrededor del mundo. En China, se obtuvo una actividad antioxidante total correspondiente a $22.9 \pm \mu\text{mol/g}$ (Du et al., 2014). Por otro lado, en Florida, el valor encontrado es de $16.99 \pm 0.14 \mu\text{mol/g}$ de actividad antioxidante total (Inglett & Chen, 2011). Además, en una investigación en Malasia se comprobó que la actividad antioxidante es de $7.85 \pm 0.63 \mu\text{mol/g}$ (He et al., 2016). Por lo tanto, se hace evidente que la capacidad antioxidante total de la fruta cultivada en Ecuador es competitiva con respecto a los valores reportados en otros países. Por ello, se sugiere una variabilidad de las bayas con respecto a su capacidad antioxidante y contenido de polifenoles con respecto a su lugar de origen, como se esquematiza en la Figura 2.

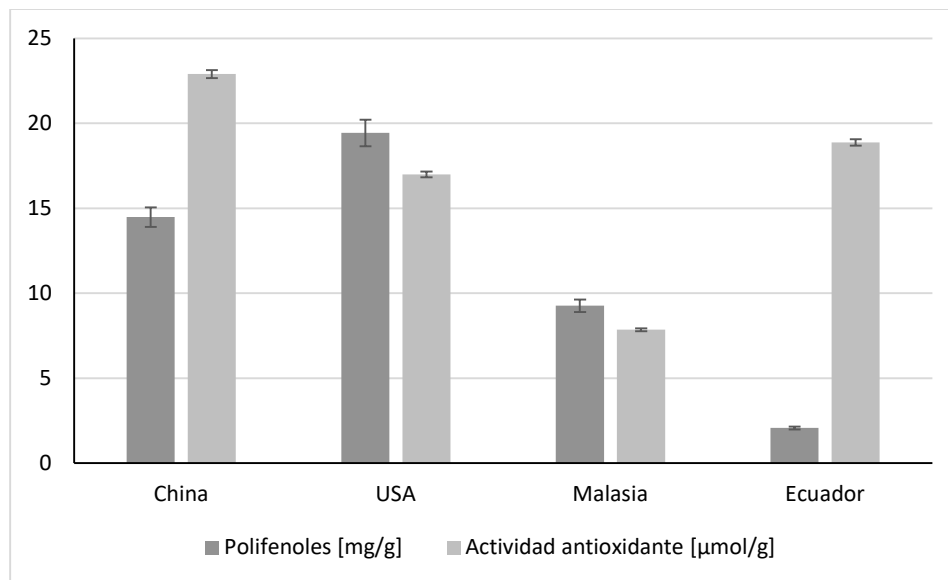


Figura 2. Comparación de capacidad antioxidante total y cantidad de polifenoles totales en diferentes partes del mundo.

Información obtenida de (Du et al., 2014; He et al., 2016b; Inglett & Chen, 2011)

La fruta cultivada en Ecuador no posee la mayor cantidad de polifenoles totales; sin embargo, esto no quiere decir que la actividad antioxidante no sea útil para beneficiar la salud del consumidor. De hecho, se debe tomar en cuenta la competitividad de la actividad antioxidante total de la fruta cultivada en Ecuador con la de China, Malasia y Estados Unidos, lo que sugiere que, en Ecuador, el aporte del contenido fenólico no es el principal dentro de la capacidad antioxidante total de la fruta. Además, esto significa que la fruta, en sí misma, tiene un gran potencial como un agente antioxidante; sin embargo, la fruta cultivada en el Ecuador y China tienen una ventaja con respecto a este parámetro.

Como se ha podido evidenciar con los resultados de la investigación, es prometedor el uso de la fruta milagrosa cultivada en el Ecuador para hacer un suplemento alimenticio que pueda ayudar a combatir la disgeusia, a través del efecto modificador de sabor de la miraculina y a mejorar la ingesta nutricional de los pacientes oncológicos gracias al alto contenido proteico y la

gran capacidad antioxidante que posee. Siendo así, la fruta milagrosa una oportunidad que requiere desarrollo ingenieril e investigación científica exhaustiva, en diferentes partes del mundo.

El estudio comparativo de estas propiedades de la fruta milagrosa sugiere que existe una diferencia sustancial en el desarrollo de esta especie en distintas partes del mundo. El lugar geográfico de crecimiento de las bayas implica una variación en condiciones climáticas y caracterización química de los suelos. Por lo tanto, es pertinente realizar una comparación de las condiciones de plantación y climas de las diferentes partes del mundo estudiadas. Sin embargo, se puede tomar como modelo un país de cada uno de los continentes comparados para facilitar el análisis de los resultados.

Para esto, es posible ejemplificar el caso de Florida, que posee suelos, en su mayoría, arenosos que reducen ampliamente la pérdida de humedad y fósforo en el sustrato (Harris et al., 2010). Por otro lado, según el departamento de agricultura de Malasia, Nilai cuenta con suelos aluviales fluviales, lo que favorece la humedad del suelo y, dado que son suelos enriquecidos por el río, se tiene una gran presencia de todo tipo de arcillas (Department of Agriculture, 2017). Por último, el suelo de la costa ecuatoriana es arenoso, con un buen grado de humedad y accesible a una alta luminosidad (Lara, 2021). Por lo tanto, se hace evidente que la conformación de los suelos donde se han desarrollado las plantas del estudio comparativo posee condiciones relativamente iguales. Debido a esto, no se le puede atribuir al tipo de suelo las diferencias encontradas en el análisis proximal ni en la capacidad antioxidante. No obstante, es posible que las condiciones climáticas de las zonas donde se desarrollaron las plantaciones del estudio difieran, provocando la variabilidad de resultados exhibida.

La fruta milagrosa requiere climas cálidos, usualmente, crece en lugares tropicales o subtropicales. Por ello, ha sido posible estudiarla en ubicaciones que cumplen con estos requisitos

como: Florida, Nigeria, Malasia y Ecuador. Por ejemplo, en Florida el clima durante el verano alcanza los 28°C y los 20°C en invierno, en promedio; además con respecto a la precipitación, alcanza los 569 mm en verano y los 212 mm en invierno, en promedio (Powell, 2022). Por otro lado, en Nigeria es posible encontrar una temperatura similar durante todo el año, alrededor de los 25°C (Eludoyin & Adelekan, 2013). Además, la lluvia promedio en el estado de Oyo, en Nigeria, corresponde a 2475.2 mm en promedio (Igwenagu, 2014). A diferencia de Malasia que presenta una temperatura promedio anual de 25.4 °C y una precipitación de 3085.5 mm por año (World Bank Group & Asian Development Bank, 2021). Por último, el Ecuador presenta una temperatura anual en la zona de Esmeraldas de 25.7 °C y una precipitación de 723.3 mm por año (Pourrut, 1983). Por lo tanto, es posible deducir que la temperatura de las zonas estudiadas es relativamente similar; sin embargo, lo que diferencia a estos lugares geográficos es la cantidad de lluvia anual que reciben. Esto puede ser un factor determinante para diferenciar fitoquímicamente las bayas obtenidas de diferentes partes del mundo.

Además, es posible encontrar diferentes factores que podrían afectar los valores de polifenoles totales y capacidad antioxidante total obtenidos en diferentes muestras de plantas. En los alimentos, la cantidad de polifenoles totales se puede ver afectada por las condiciones ambientales, las condiciones de almacenamiento, la exposición al sol o incluso el nivel de maduración del fruto; donde entre más maduro esté, menor será la cantidad de polifenoles de la muestra (Li et al., 2014). Por otro lado, es posible que exista una cantidad abultada de factores que influyan en la capacidad antioxidante total como la composición del agua, suelo y aire, es decir, el ecosistema, además de, las diferencias genómicas entre las especies (Zargoosh et al., 2019). Esto sugiere que las posibilidades de variación de los valores de polifenoles totales y capacidad antioxidante total, obtenidas alrededor del mundo, son muy altas, dado que, dependen no solo de

factores climáticos y de crecimiento, sino de todo el ecosistema y cómo este influye en el crecimiento de la planta, así como, sus rasgos genéticos únicos otorgados por la selección natural y evolución de las especies en un lugar geográfico específico.

Como ha sido posible establecer, la fruta milagrosa posee una potencial aplicación como suplemento alimenticio para los pacientes oncológicos en recuperación ya que favorece directamente a la mejora del gusto y a su nutrición. Sin embargo, es posible encontrar más potenciales aplicaciones para esta especie. La *Synsepalum dulcificum* posee actividad antidiabética, actividad antihiperuricémica, actividad anticonvulsionante, un efecto reductor de colesterol y una mejora de la rotura capilar en mujeres con el cabello dañado (Akinmoladun et al., 2020). Además, es posible encontrar usos para su semilla y cascarilla aprovechando su contenido de grasa y proteína para diferentes procesos industriales tanto para alimentos como para cosméticos, entre otras áreas. Esto tan solo demuestra el potencial que tiene la fruta milagrosa para múltiples aplicaciones dentro del campo farmacológico o industrial. Sin embargo, la fruta milagrosa también puede provocar consecuencias negativas en los usuarios. Esto se debe a que, cambiando los sabores ácidos a dulces, es posible propiciar la ingesta de alimentos altamente ácidos que puedan afectar el sistema digestivo de la persona (Shayeb et al., 2022). Por lo tanto, es importante consumir la fruta con moderación y mejor aún utilizar su perfil versátil para la creación de potenciales productos que puedan beneficiar a la humanidad.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En conclusión, la *Synsepalum dulcificum* o fruta milagrosa es una planta de origen africano que se ha ido cultivando en diferentes partes del mundo, que cuenten con condiciones climáticas y de suelo adecuadas para su crecimiento y se caracteriza por poseer una glicoproteína modificadora de sabor llamada miraculina, que cambia los sabores ácidos a dulces por un tiempo determinado. Sin embargo, la fruta en sí misma posee un alcance muy grande debido a la versatilidad de sus propiedades, ya que puede ser utilizada en diferentes ramas científicas e industriales por sus múltiples atributos. Especialmente, el uso de la fruta para generar un suplemento alimenticio que ayude a mejorar la calidad de vida de los pacientes oncológicos que sufren de disgeusia debido a sus tratamientos. Además, por su alto contenido proteico y su gran capacidad antioxidante es posible que el suplemento tras mejorar el gusto de los pacientes oncológicos también favorezca a su nutrición, evitando así, la gran probabilidad que poseen de tener problemas alimenticios. Por otro lado, ha sido posible comprobar, después de un estudio comparativo, con los resultados de análisis proximal y capacidad antioxidante de frutas cultivadas alrededor del mundo que, el suelo no es un factor determinante en las diferencias encontradas entre cada una de las investigaciones ya que todas ellas poseen las mismas condiciones de suelo, sin importar, que se encuentren en diferentes ubicaciones geográficas.

Adicionalmente, es posible encontrar múltiples limitaciones al estudio comparativo realizado ya que es necesario estudiar más a fondo las propiedades tanto de la fruta milagrosa como del medio de cultivo que ha tenido para conocer mejor los factores que favorecen o perjudican a su potencial nutricional. Además, las amplias diferencias de las metodologías encontradas en la literatura dificultan el estudio comparativo de las características de la fruta; por

lo que sería recomendable establecer un modelo de estudio para esta especie y sus aplicaciones que facilite el despliegue de información entre investigadores de todo el mundo.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akinmoladun, A. C., Adetuyi, A. R., Komolafe, K., & Oguntibeju, O. O. (2020). Nutritional benefits, phytochemical constituents, ethnomedicinal uses and biological properties of Miracle fruit plant (*Synsepalum dulcificum* Shumach. & Thonn. Daniell). *Heliyon*, 6(12), e05837. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2020.E05837>
- Amarowicz, R., & Pegg, R. B. (2019). Natural antioxidants of plant origin. *Advances in Food and Nutrition Research*, 90, 1–81. <https://doi.org/10.1016/BS.AFNR.2019.02.011>
- Awotedu, O., & Ogunbamowo, P. (2019). Nutritional, Anti-nutritional and Phytochemical Profile of the Leaves and Fruits of *Synsepalum dulcificum*. *American Journal of Biological Chemistry*, 7(5), 53–59.
- Blainski, A., Lopes, G. C., & de Mello, J. C. P. (2013). Application and analysis of the folin ciocalteu method for the determination of the total phenolic content from *limonium brasiliense* L. *Molecules*, 18(6), 6852–6865. <https://doi.org/10.3390/molecules18066852>
- Brook, I. (2021). Early side effects of radiation treatment for head and neck cancer | Effets secondaires aigus de la radiothérapie des cancers de la tête et du cou. *Cancer/Radiotherapie*, 25(5), 507–513. <https://doi.org/10.1016/j.canrad.2021.02.001>
- de Cedrón, M. G., Wagner, S., Reguero, M., Menéndez-Rey, A., & de Molina, A. R. (2020). Miracle berry as a potential supplement in the control of metabolic risk factors in cancer. *Antioxidants*, 9(12), 1–15. <https://doi.org/10.3390/antiox9121282>
- Department of Agriculture. (2017). *Soils of Peninsular Malaysia*. Ministerio de Agricultura e Industrias Alimenticias.

- Du, L., Shen, Y., Zhang, X., Prinyawiwatkul, W., & Xu, Z. (2014). Antioxidant-rich phytochemicals in miracle berry (*Synsepalum dulcificum*) and antioxidant activity of its extracts. *Food Chemistry*, *153*, 279–284. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.12.072>
- Eludoyin, O. M., & Adelekan, I. O. (2013). The physiologic climate of Nigeria. *International Journal of Biometeorology*, *57*(2), 241–264. <https://doi.org/10.1007/s00484-012-0549-3>
- Epstein, J. B., & Barasch, A. (2010). Taste disorders in cancer patients: Pathogenesis, and approach to assessment and management. *Oral Oncology*, *46*(2), 77–81. <https://doi.org/10.1016/J.ORALONCOLOGY.2009.11.008>
- Ganogpichayagrai, A., & Suksaard, C. (2020). Proximate composition, vitamin and mineral composition, antioxidant capacity, and anticancer activity of *Acanthopanax trifoliatum*. *Journal of Advanced Pharmaceutical Technology and Research*, *11*(4), 179–183. https://doi.org/10.4103/japtr.JAPTR_61_20
- Harris, W. G., Chrysostome, M., Obreza, T. A., & Nair, V. D. (2010). Soil properties pertinent to horticulture in Florida. *HortTechnology*, *20*(1), 10–18. <https://doi.org/10.21273/horttech.20.1.10>
- He, Z., Tan, J. S., Abbasiliasi, S., Lai, O. M., Tam, Y. J., & Ariff, A. B. (2016a). Phytochemicals, nutritionals and antioxidant properties of miracle fruit *Synsepalum dulcificum*. *Industrial Crops and Products*, *86*, 87–94. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.03.032>
- He, Z., Tan, J. S., Abbasiliasi, S., Lai, O. M., Tam, Y. J., & Ariff, A. B. (2016b). Phytochemicals, nutritionals and antioxidant properties of miracle fruit *Synsepalum*

dulcificum. *Industrial Crops and Products*, 86, 87–94.

<https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2016.03.032>

Hewavitharana, G. G., Perera, D. N., Navaratne, S. B., & Wickramasinghe, I. (2020). Extraction methods of fat from food samples and preparation of fatty acid methyl esters for gas chromatography: A review. *Arabian Journal of Chemistry*, 13(8), 6865–6875.

<https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2020.06.039>

Hoppe, C., Kutschan, S., Dörfler, J., Büntzel, J., Büntzel, J., & Huebner, J. (2021). Zinc as a complementary treatment for cancer patients: a systematic review. *Clinical and Experimental Medicine*, 21(2), 297–313. <https://doi.org/10.1007/s10238-020-00677-6>

Hosseinzadeha, E., Banaeeb, N., & Nedaie, H. A. (2017). Cancer and treatment modalities. *Current Cancer Therapy Reviews*, 13(1), 17–27.

<https://doi.org/10.2174/1573394713666170531081818>

Hutton, J. L., Baracos, V. E., & Wismer, W. V. (2007). Chemosensory Dysfunction Is a Primary Factor in the Evolution of Declining Nutritional Status and Quality of Life in Patients With Advanced Cancer. *Journal of Pain and Symptom Management*, 33(2), 156–165.

<https://doi.org/10.1016/j.jpainsymman.2006.07.017>

Igwenagu, C. (2014). Trend Analysis of Rainfall in Nigeria by some States from 2002 to 2012. *IJSER*, 5, 1317–1322.

Inglett, G. E., & Chen, D. (2011). Contents of phenolics and flavonoids and antioxidant activities in skin, pulp, and seeds of miracle fruit. *Journal of Food Science*, 76(3), C479–C482.

<https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02106.x>

- Inglett, G. E., & May, J. F. (1968). Tropical plants with unusual taste properties. *Economic Botany*, 22(4), 326–331. <https://doi.org/10.1007/BF02908127>
- Kurihara, K., & Beidler, L. M. (1968). Taste-modifying protein from miracle fruit. *Science*, 161(3847), 1241–1243. <https://doi.org/10.1126/science.161.3847.1241>
- Lara, C. (2021). *Plan de negocios para la producción y comercialización de liofilizado de la fruta milagrosa (Synsepalum dulcificum) en la ciudad de Guayaquil, provincia del Guayas, Ecuador* [Magister en Administración de Empresas]. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Li, A.-N., Li, S., Zhang, Y.-J., Xu, X.-R., Chen, Y.-M., & Li, H.-B. (2014). Resources and biological activities of natural polyphenols. *Nutrients*, 6(12), 6020–6047. <https://doi.org/10.3390/nu6126020>
- Mamta, Misra, K., Dhillon, G. S., Brar, S. K., & Verma, M. (2014). Antioxidants. In *Biotransformation of Waste Biomass into High Value Biochemicals* (Vol. 9781461480). https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8005-1_6
- Marshall, M. (2010). Ash Analysis. In *Food Analysis. 4 ed* (pp. 105–115). https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1478-1_7
- MSP. (2022, February 4). *Diagnóstico y detección oportunas son claves para mejorar calidad de vida de pacientes con cáncer*. Ministerio de Salud Pública. <https://www.salud.gob.ec/diagnostico-y-deteccion-oportunas-son-claves-para-detectar-el-cancer/#:~:text=Tasa%20de%20incidencia%20y%20mortalidad%20por%20c%3%A1ncer%20en%20Ecuador&text=Se%20estima%20que%20cuatro%20millones,de%20edad%20o%20m%3%A1s%20j%3%B3venes.>

NIH. (2021, May 5). *What Is Cancer?* National Institute of Health.

<https://www.cancer.gov/about-cancer/understanding/what-is-cancer>

Nolden, A. A., Hwang, L.-D., Boltong, A., & Reed, D. R. (2019). Chemosensory changes from cancer treatment and their effects on patients' food behavior: A scoping review. *Nutrients*, *11*(10). <https://doi.org/10.3390/nu11102285>

OMS. (2022, February 2). *Cáncer*. Organización Mundial de La Salud.

Petruzzello, M. (2019). Miracle fruit. In *Encyclopedia Britannica*. Encyclopedia Britannica.
<https://www.britannica.com/plant/miracle-fruit>

Pourrut, P. (1983, July). Los climas del Ecuador - Fundamentos explicativos. *ORSTOM* .

Powell, E. (2022, January 21). *2021 FLORIDA WEATHER AND CLIMATE SUMMARY*. Florida Climate Center.
https://climatecenter.fsu.edu/images/docs/Fla_Annual_climate_summary_2021.pdf

Redondo-Blanco, S., Fernández, J., Gutiérrez-del-Río, I., Villar, C. J., & Lombó, F. (2017). New insights toward colorectal cancer chemotherapy using natural bioactive compounds. *Frontiers in Pharmacology*, *8*(MAR). <https://doi.org/10.3389/fphar.2017.00109>

Sáez-Plaza, P., Navas, M. J., Wybraniec, S., Michałowski, T., & Asuero, A. G. (2013). An Overview of the Kjeldahl Method of Nitrogen Determination. Part II. Sample Preparation, Working Scale, Instrumental Finish, and Quality Control. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, *43*(4), 224–272. <https://doi.org/10.1080/10408347.2012.751787>

Sánchez, L., & Rihuete, M. (2016). Influencia de las distorsiones sensoriales sobre el estado nutricional del paciente oncológico. *Index de Enfermería*, *25*(4).

- Shayeb, A. (2021). *Diseño y evaluación de una planta para la producción de una formulación edulcorante con fruta milagrosa como aditivo modificador de sabor*. Universidad San Francisco de Quito.
- Shayeb, A., Viveros, C., Landázuri, A., & Tapia, D. (2022). Uses and benefits of the miracle fruit. *In preparation*.
- Wilken, M. K., & Satiroff, B. A. (2012). Pilot study of “miracle fruit” to improve food palatability for patients receiving chemotherapy. *Clinical Journal of Oncology Nursing*, 16(5). <https://doi.org/10.1188/12.CJON.E173-E177>
- World Bank Group, & Asian Development Bank. (2021). *Climate Risk Country Profile: Malaysia*. World Bank Publications.
- Zargoosh, Z., Ghavam, M., Bacchetta, G., & Tavili, A. (2019). Effects of ecological factors on the antioxidant potential and total phenol content of *Scrophularia striata* Boiss. *Scientific Reports*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52605-8>

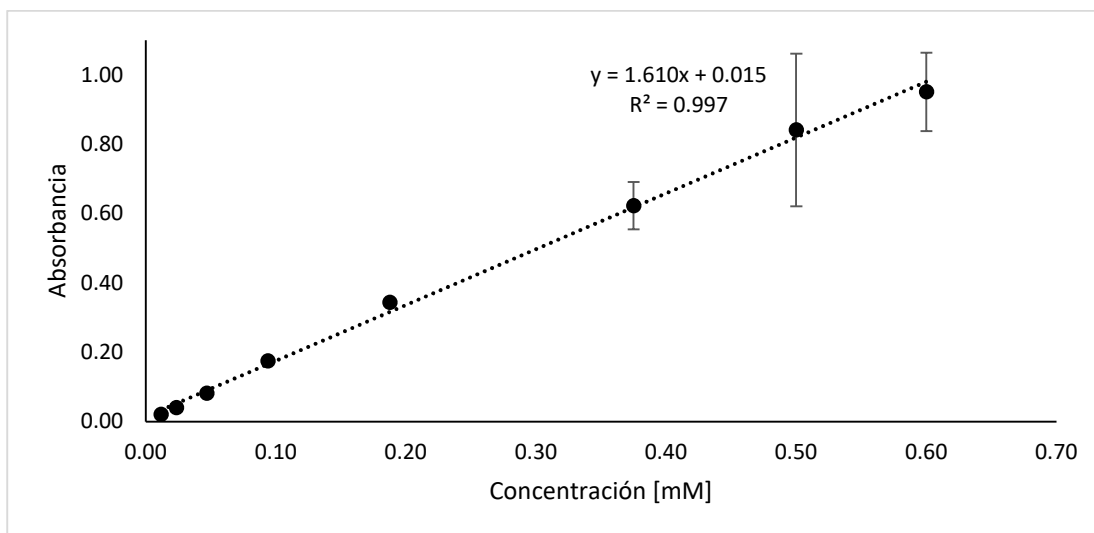
ANEXO A: CURVA DE CALIBRACIÓN DE ÁCIDO GÁLICO A 760NM

Figura 3. Curva de calibración de ácido gálico

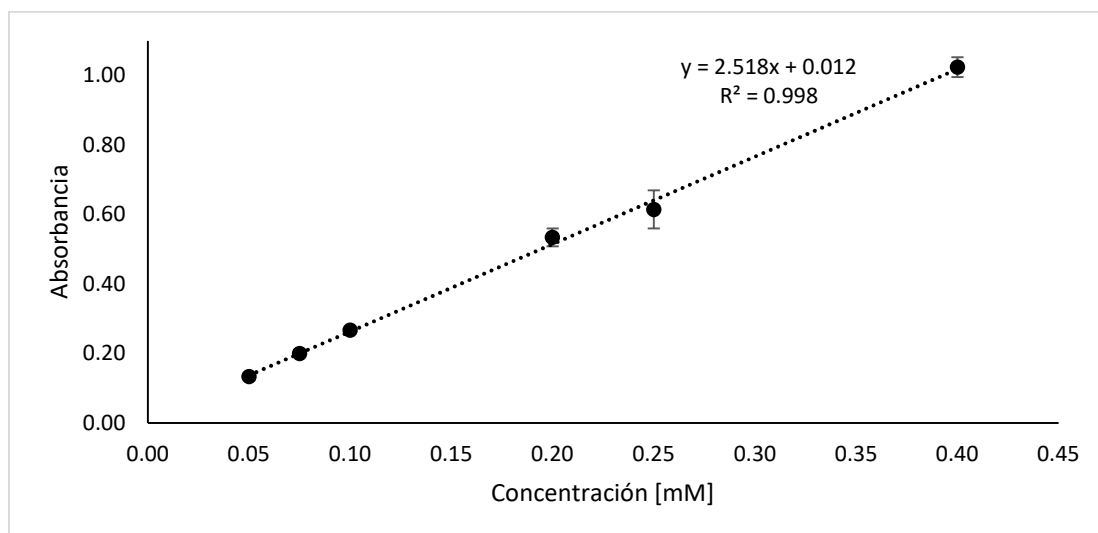
ANEXO B: CURVA DE CALIBRACIÓN DE TROLOX A 539 NM

Figura 4. Curva de calibración de Trolox

ANEXO C: CÁLCULOS DE LA CANTIDAD DE CENIZA EN LA FRUTA MILAGROSA

Para encontrar el porcentaje de ceniza en las muestras de la fruta milagrosa se utilizó la siguiente ecuación.

$$\%Ceniza = \sum_{i=0}^n \frac{\frac{\sum mf_i - mi_i}{n}}{\frac{\sum mm_i}{n}} \cdot 100 \quad [1]$$

i: componente de la fruta

mf_i: masa i del crisol final [g]

mi_i: masa i del crisol inicial [g]

mm_i: masa i de la muestra [g]

n: número de repeticiones (por triplicado; n=3)

Tabla 8. Cálculos de cenizas para la fruta milagrosa

CF	N	Mm [g]	Mm prom [g]	Mc [g]	Mcc [g]	Mc [g]	Mc prom [g]	Desv. Std	% C	Desv. Std %C
Piel y pulpa	1	0.2021	0.2028	19.18	19.18	0.0070	0.0069	0.0014	3.40	0.67
	2	0.2037		20.40	20.41	0.0082				
	3	0.2026		28.98	28.99	0.0055				
Semilla	4	0.2009	0.2016	27.20	27.21	0.0023	0.0020	0.0003	1.01	0.15
	5	0.2015		27.43	27.43	0.0021				
	6	0.2025		21.47	21.47	0.0017				
Cascarilla	7	0.1985	0.2001	20.50	20.51	0.0009	0.0013	0.0005	0.67	0.26
	8	0.2001		34.01	34.01	0.0019				
	9	0.2018		39.15	39.15	0.0012				
Total			0.6046	Total			0.0103	0.0022	5.08	0.73

CF: componente de la fruta

N: número de muestra

Mm: masa de la muestra en gramos

Mm prom: masa de la muestra promedio en gramos

Mc: masa del crisol en gramos

Mcc: masa del crisol + cenizas en gramos

Mc: masa de ceniza en gramos

Mc prom: masa de ceniza promedio en gramos

Desv. Std: desviación estándar en gramos

%C: porcentaje de ceniza

Desv. Std %C: desviación estándar del porcentaje de ceniza

ANEXO D: CÁLCULOS DE LA CANTIDAD DE LÍPIDOS EN LA FRUTA MILAGROSA

Para encontrar el porcentaje de grasas en las muestras de la fruta milagrosa se utilizó la siguiente ecuación.

$$\%Grasa = \sum_{i=0}^n \frac{\frac{\sum mf_i - mi_i}{n}}{\frac{\sum mm_i}{n}} \cdot 100 \quad [2]$$

i: componente de la fruta

mf_i: masa i del vaso final [g]

mi_i: masa i del vaso inicial [g]

mm_i: masa i de la muestra [g]

n: número de repeticiones (por triplicado; n=3)

Tabla 9. Cálculos de lípidos para la fruta milagrosa

CF	N	Mm [g]	Mm prom [g]	Mv [g]	Mvg [g]	Mg [g]	Mg prom [g]	Desv Std	%G	Desv Std %G
Piel y pulpa	1	0.5008	0.5022	75.15	75.17	0.0273	0.0180	0.0090	3.58	1.80
	2	0.5038		74.31	74.33	0.0173				
	3	0.5020		72.68	72.69	0.0093				
Semilla	4	0.5013	0.5010	73.03	73.06	0.0295	0.0322	0.0035	6.43	0.71
	5	0.5004		73.36	73.40	0.0362				
	6	0.5012		72.34	72.37	0.0309				
Cascarilla	7	0.5000	0.5004	72.21	72.21	0.0015	0.0012	0.0003	0.24	0.06
	8	0.5008		76.75	76.75	0.0009				
	9	0.5005		73.30	73.31	0.0012				
Total							0.0514	0.0129	10.24	1.93

CF: componente de la fruta

Mm: masa de la muestra en gramos

N: número de muestra

Mm prom: masa de la muestra promedio en gramos

Mv: masa del vaso en gramos

Mvg: masa del vaso + grasa en gramos

Mg: masa de grasa en gramos

Mg prom: masa de grasa promedio en gramos

Desv. Std: desviación estándar en gramos

%G: porcentaje de grasa

Desv. Std %G: desviación estándar del porcentaje de grasa

ANEXO E: CÁLCULOS DE LA CANTIDAD DE PROTEÍNAS EN LA FRUTA MILAGROSA

Para encontrar el porcentaje de proteína en las muestras de la fruta milagrosa se utilizó la siguiente ecuación.

$$\%Proteína = \%N_2 \cdot 6.25 \quad [3]$$

$$\%N_2 = \frac{N_{HCl} \cdot V_{HCl} \cdot PE_{N_2}}{M_m[mg]} \cdot 100 \quad [4]$$

N_{HCl} : normalidad de ácido clorhídrico

V_{HCl} : volumen de ácido clorhídrico

PE_{N_2} : peso equivalente de nitrógeno

M_m : masa de la muestra en mg

Tabla 10. Cálculos de proteínas para la fruta milagrosa

CF	N	Mm [g]	V_{HCl} [mL]	$\%N_2$	$\%Prot$	$\%Prot$ prom	Desv Std %P
Piel y pulpa	1	1.0045	7.90	2.20	13.77	14.28	0.47
	2	1.0000	8.20	2.30	14.36		
	3	0.9999	8.40	2.35	14.71		
Semilla	4	1.0019	9.80	2.74	17.13	17.21	0.09
	5	1.0021	9.90	2.77	17.30		
	6	1.0023	9.85	2.75	17.21		
Cascarilla	7	1.0026	5.15	1.44	8.99	9.23	0.33
	8	1.0030	5.20	1.45	9.08		
	9	1.0020	5.50	1.54	9.61		
Total						40.71	0.59

CF: componente de la fruta

N: número de muestra

Mm: masa de la muestra en gramos

V_{HCl}: volumen de ácido clorhídrico en mL

%N₂: porcentaje de nitrógeno

%Prot: porcentaje de proteína

Mg: masa de grasa en gramos

Mg prom: masa de grasa promedio en gramos

Desv. Std: desviación estándar en gramos

%G: porcentaje de grasa / Desv. Std %G: desviación estándar del porcentaje de grasa

ANEXO F: CÁLCULOS DE LA CANTIDAD DE POLIFENOLES TOTALES EN LA FRUTA MILAGROSA

Para encontrar la concentración de las muestras estudiadas se utiliza la ecuación de ajuste de la curva de calibración del Anexo A.

Tabla 11. Cálculos de concentración de polifenoles totales de la fruta milagrosa

CF	ABS	ABS prom	FD	C [mM]	C prom [mM]	Desv Std	C [mgAG/gSol]	C prom [mgGA/gSol]	Desv Std
Piel y pulpa	0.1627	0.1471	0.02	4.597	4.110	0.450	1.5642	1.40	0.15
	0.1342		0.02	3.711			1.2626		
	0.1442		0.02	4.022			1.3686		
Semilla	0.3067	0.3160	1.00	0.181	0.187	0.005	0.0617	0.06	0.002
	0.3218		1.00	0.191			0.0649		
	0.3195		1.00	0.189			0.0644		
Cascarilla	0.3031	0.3045	0.10	1.791	1.800	0.026	0.6095	0.61	0.009
	0.3012		0.10	1.780			0.6055		
	0.3091		0.10	1.829			0.6223		
Total					6.097	0.45	-	2.07	0.15

CF: componente de la fruta

ABS: absorbancia

ASB prom: absorbancia promedio

FD: factor de dilución

C [mM]: concentración de ácido gálico en milimolar

C prom [mM]: concentración promedio de ácido gálico en milimolar

Desv. Std: desviación estándar

C [gAG/gSol]: concentración de ácido gálico en miligramos de ácido gálico por gramo de solución.

Para poder comparar los valores de concentración obtenidos con la literatura es necesario indagar acerca de cuántos mg de polifenoles existen por cada gramo de fruta. Para ello, se utilizó el siguiente factor de conversión. Los valores resultantes ya están detallados en la Tabla 11.

$$PF = \frac{\frac{\sum C}{n} \cdot M_m \cdot 0.001}{M_{MF}} \quad [5]$$

PF: polifenoles totales [mg de ácido gálico / g de muestra]

C: Concentración de ácido gálico

M_m : masa molar de ácido gálico

M_{MF} : masa de fruta milagrosa por mL de solución hidroalcohólica

n: número de repeticiones (por triplicado; n=3)

ANEXO G: CÁLCULOS DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE TOTAL EN LA FRUTA MILAGROSA

Para encontrar la concentración de las muestras estudiadas se utiliza la ecuación de ajuste de la curva de calibración del Anexo B.

Tabla 12. Cálculos de concentración de capacidad antioxidante total de la fruta milagrosa

CF	ABS	ABS prom	FD	C [mM]	C prom [mM]	Desv Std	C [$\mu\text{molT/gSol}$]	C prom [$\mu\text{molT/gSol}$]	Desv Std
Piel y pulpa	0.3984	0.3901	0.02	7.7181	7.55	0.18	15.4362	15.0916	0.37
	0.3911		0.02	7.5670			15.1340		
	0.3807		0.02	7.3523			14.7046		
Semilla	0.3333	0.3646	0.50	0.2549	0.28	0.02	0.5098	0.5615	0.05
	0.3725		0.50	0.2873			0.5746		
	0.3880		0.50	0.3001			0.6002		
Cascarilla	0.1257	0.1029	0.02	2.0876	1.62	0.41	4.1751	3.2349	0.82
	0.0889		0.02	1.3281			2.6563		
	0.0941		0.02	1.4367			2.8734		
Total					9.44	0.45	-	18.8880	0.90

Para poder comparar los valores de concentración obtenidos con la literatura es necesario indagar acerca de cuántos mg de polifenoles existen por cada gramo de fruta. Para ello, se utilizó el siguiente factor de conversión. Los valores resultantes ya están detallados en la Tabla 12.

$$CAT = \frac{\sum C}{n} \cdot 1000 \quad [5]$$

CAT: capacidad antioxidante total [μmol de Trolox / g de muestra]

C: Concentración de Trolox

M_{MF} : masa de fruta milagrosa por mL de solución hidroalcohólica

n: número de repeticiones (por triplicado; n=3)

ANEXO H: ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) PARA LA DISTRIBUCIÓN DE CENIZAS EN LA FRUTA MILAGROSA

Tabla 13. Método de análisis de varianzas para la distribución de cenizas en la fruta milagrosa

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Tabla 14. Análisis de varianza (ANOVA) de la distribución de cenizas en la fruta milagrosa

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	0.000055	0.000028	37.84	0.000
Error	6	0.000004	0.000001	-	-
Total	8	0.000060	-	-	-

Tabla 15. Resumen del modelo de análisis de varianza para la distribución de cenizas en la fruta milagrosa

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
0.0008537	92.65%	90.21%	83.47%

Tabla 16. Intervalos de confianza de 95% para la distribución de cenizas de la fruta milagrosa

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Piel y Pulpa	3	0.006900	0.001353	(0.005694, 0.008106)
Semilla	3	0.002033	0.000306	(0.000827, 0.003239)
Cascarilla	3	0.001333	0.000513	(0.000127, 0.002539)

Desv.Est. agrupada = 0.000853750

Tabla 17. Comparaciones por el método de Tukey al 95% de confianza para la distribución de cenizas de la fruta milagrosa

Factor	N	Media	Agrupación
Piel y Pulpa	3	0.006900	A
Semilla	3	0.002033	B
Cascarilla	3	0.001333	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

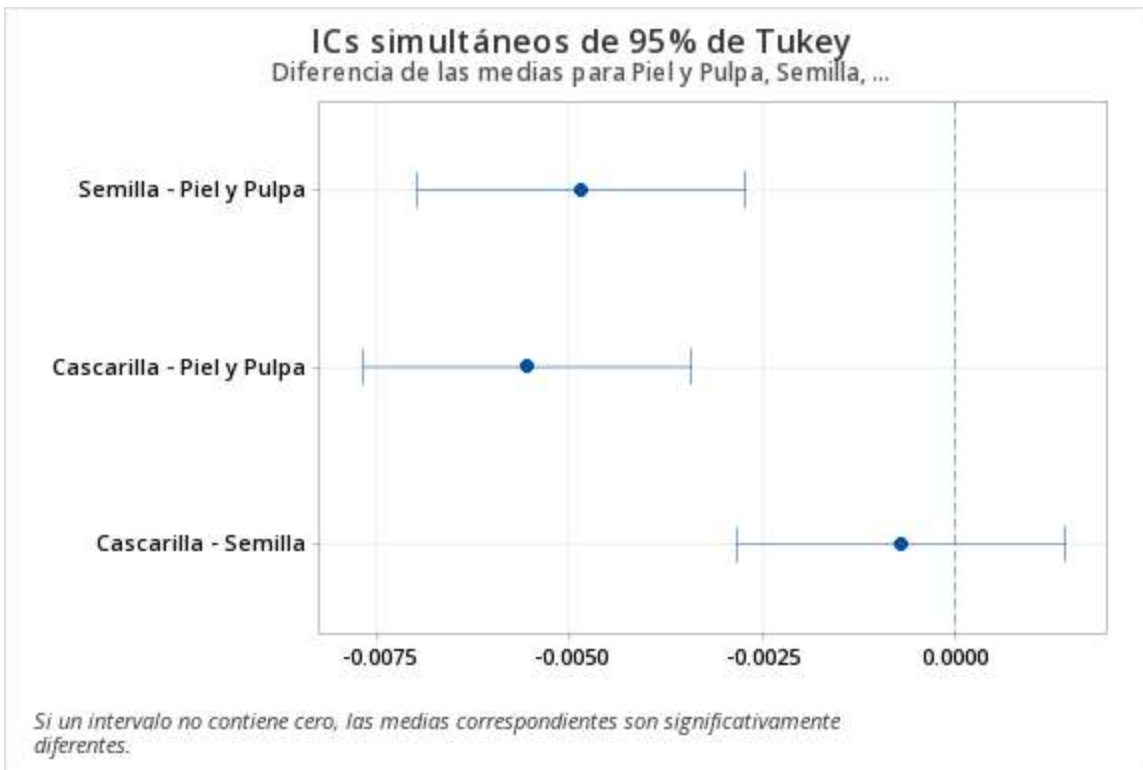


Figura 5. Diferencias de medias de la distribución de cenizas de la fruta milagrosa

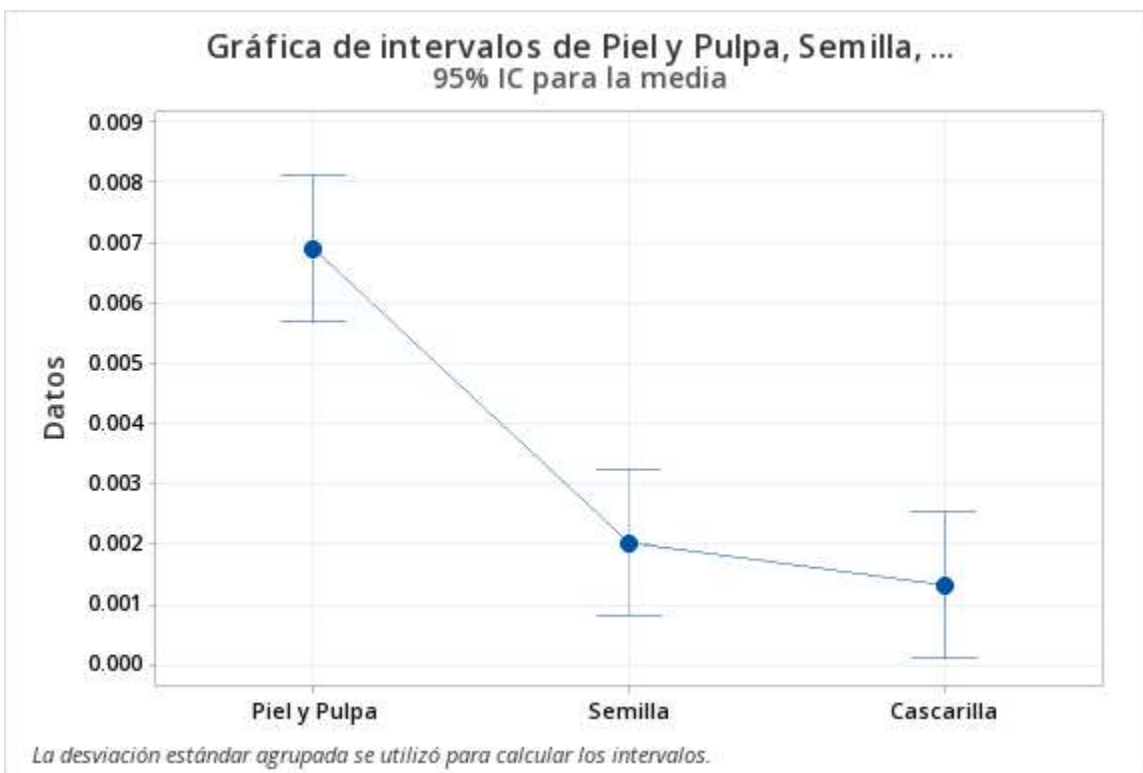


Figura 6. Intervalos de confianza al 95% de la distribución de cenizas de la fruta milagrosa

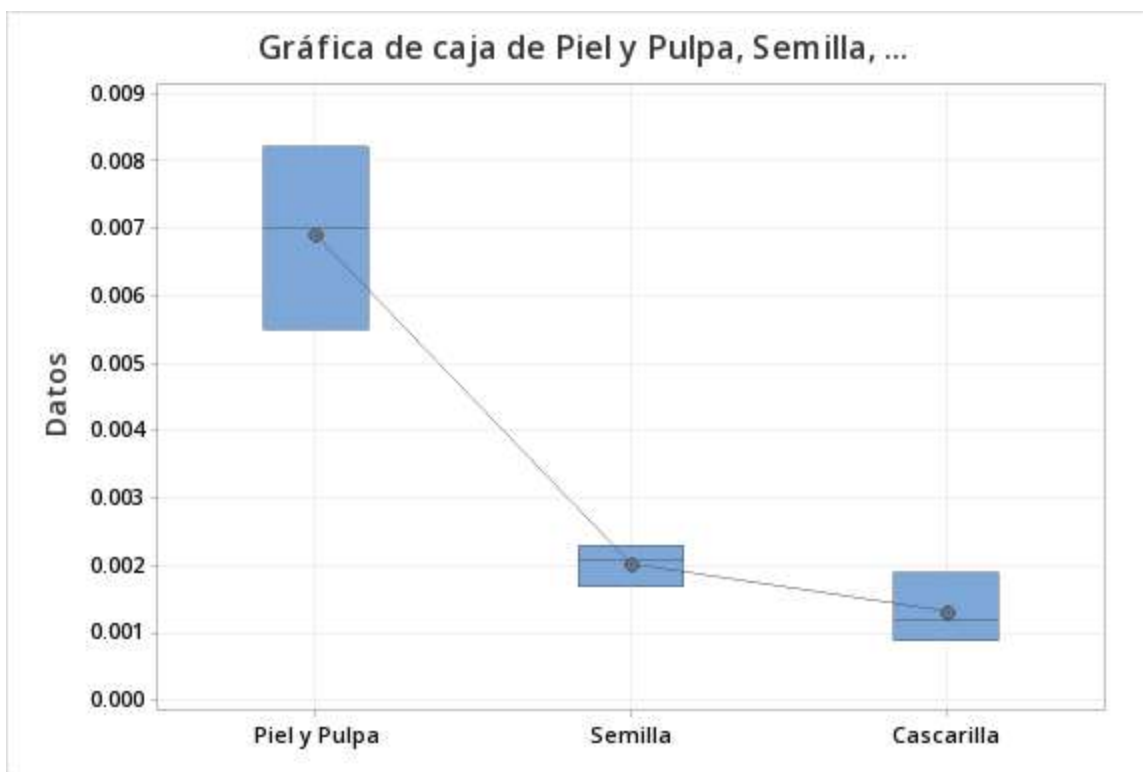


Figura 7. Diagrama de caja para la distribución de cenizas de la fruta milagrosa

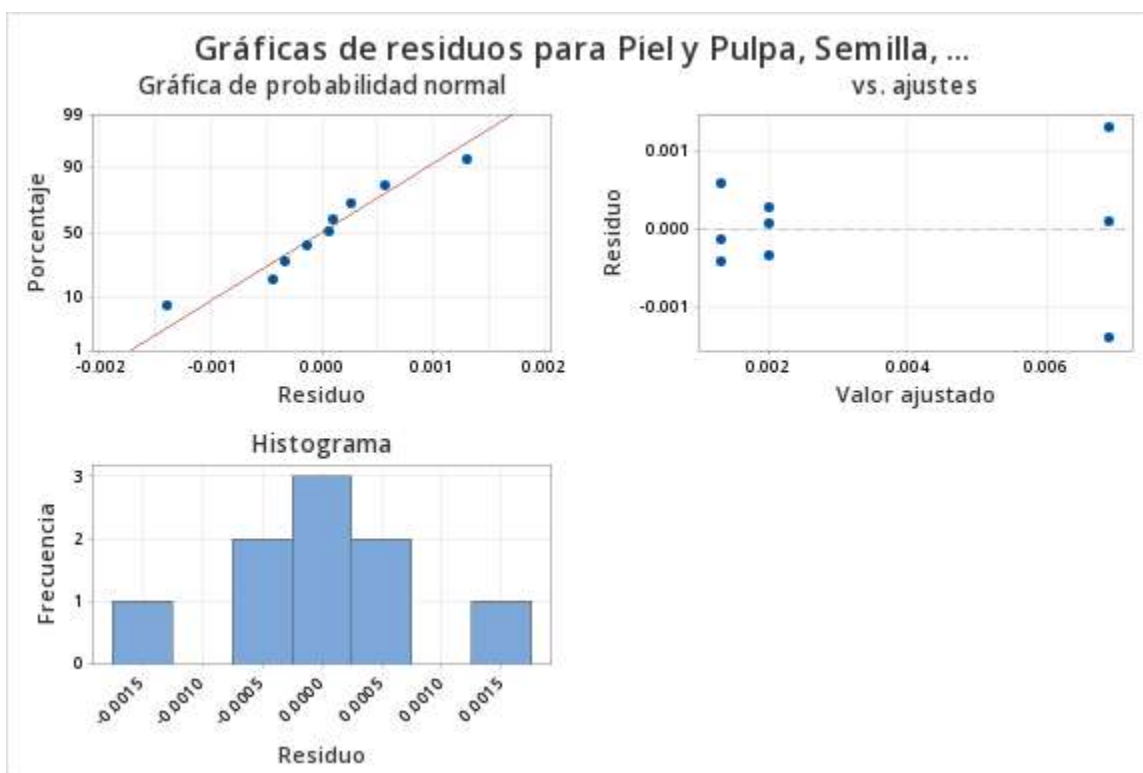


Figura 8. Gráficas de residuos para la distribución de cenizas de la fruta milagrosa

ANEXO I: ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) PARA LA DISTRIBUCIÓN DE LÍPIDOS EN LA FRUTA MILAGROSA

Tabla 18. Método de análisis de varianzas para la distribución de grasas en la fruta milagrosa

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Tabla 19. Análisis de varianza (ANOVA) de la distribución de grasas en la fruta milagrosa

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	0.001445	0.000722	23.08	0.002
Error	6	0.000188	0.000031	-	-
Total	8	0.001633	-	-	-

Tabla 20. Resumen del modelo de análisis de varianza para la distribución de grasas en la fruta milagrosa

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
0.0055950	88.49%	84.66%	74.11%

Tabla 21. Intervalos de confianza de 95% para la distribución de grasas de la fruta milagrosa

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Piel y Pulpa	3	0.01797	0.00902	(0.01006, 0.02587)
Semilla	3	0.03220	0.00353	(0.02430, 0.04010)
Cascarilla	3	0.001200	0.000300	(-0.006704, 0.009104)

Desv.Est. agrupada = 0.00559504

Tabla 22. Comparaciones por el método de Tukey al 95% de confianza para la distribución de grasas de la fruta milagrosa

Factor	N	Media	Agrupación
Semilla	3	0.03220	A
Piel y Pulpa	3	0.01797	B
Cascarilla	3	0.001200	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

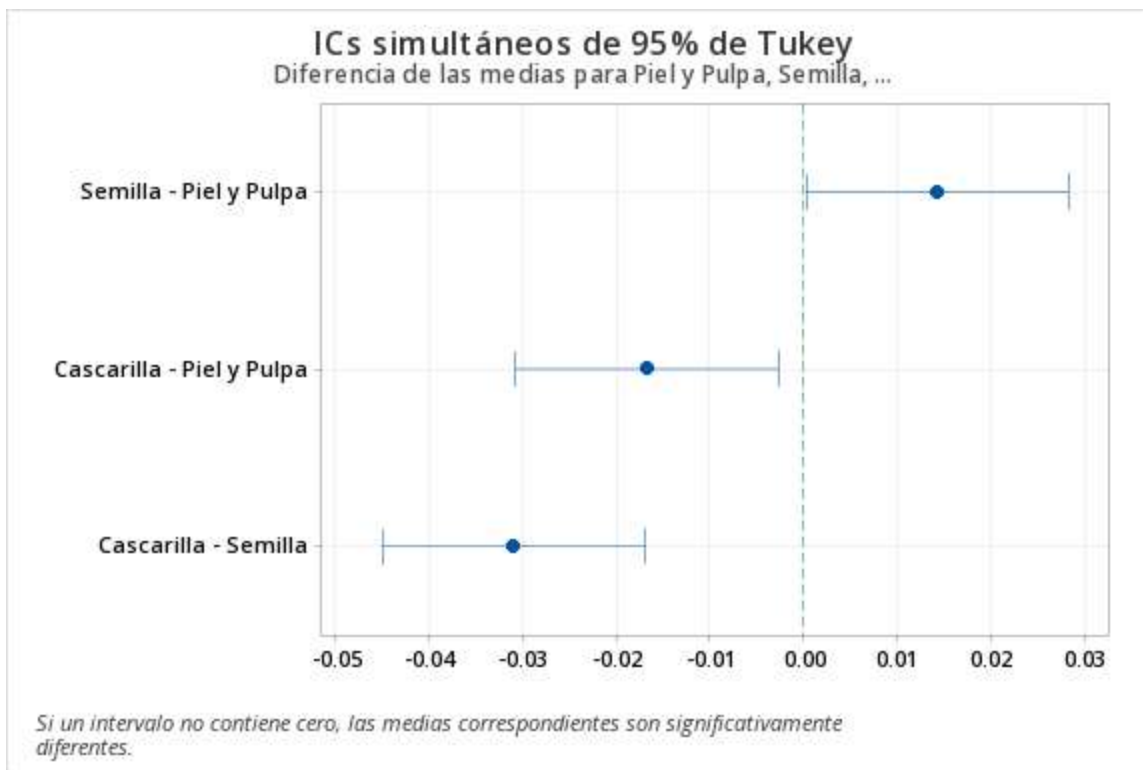


Figura 9. Diferencias de medias de la distribución de grasas de la fruta milagrosa

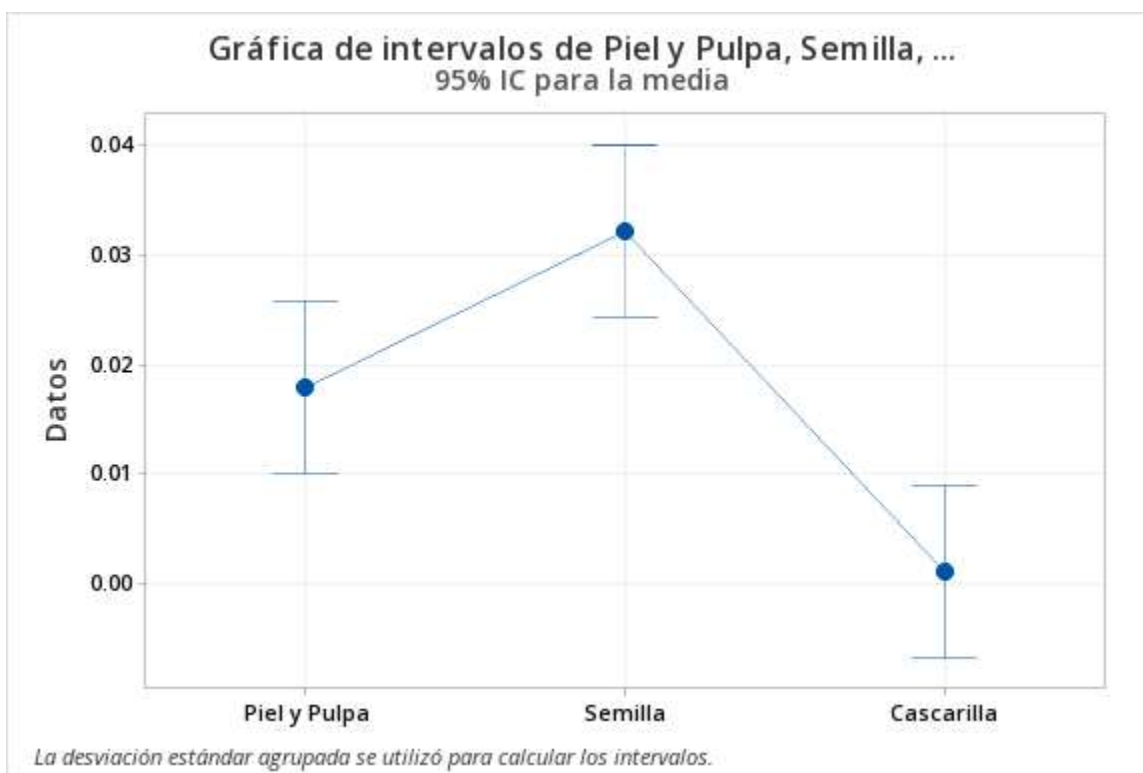


Figura 10. Intervalos de confianza al 95% de la distribución de grasas de la fruta milagrosa

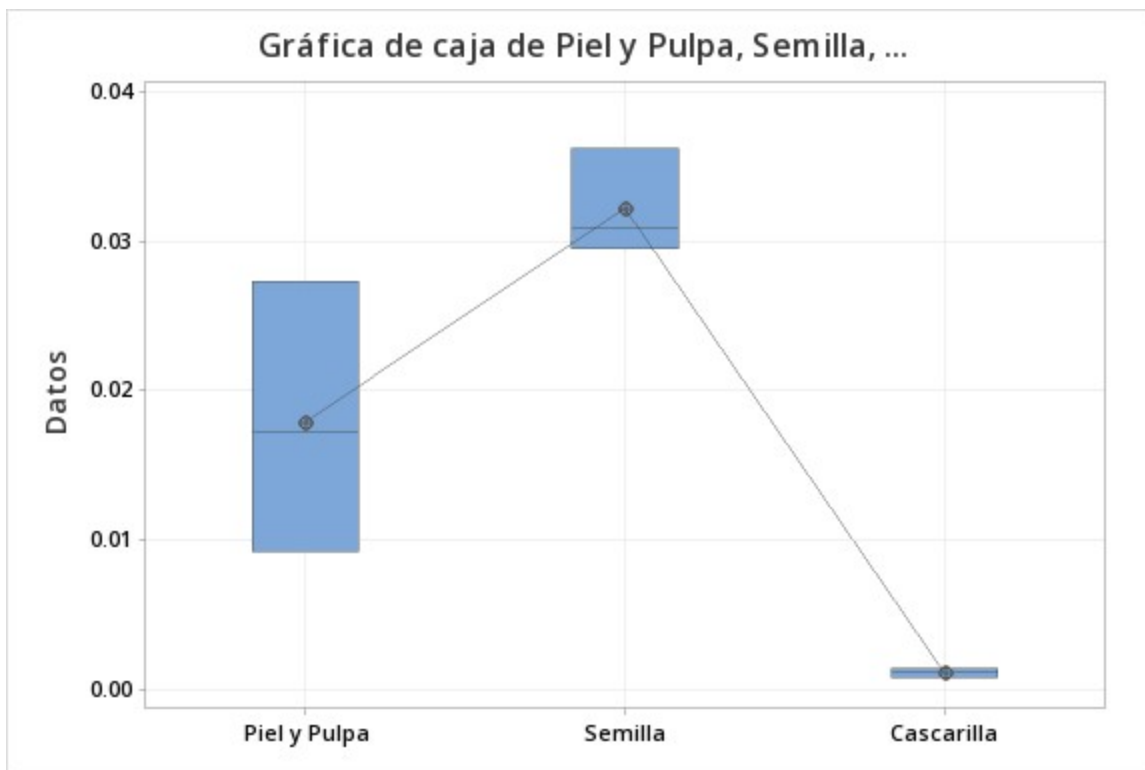


Figura 11. Diagrama de caja para la distribución de grasas de la fruta milagrosa

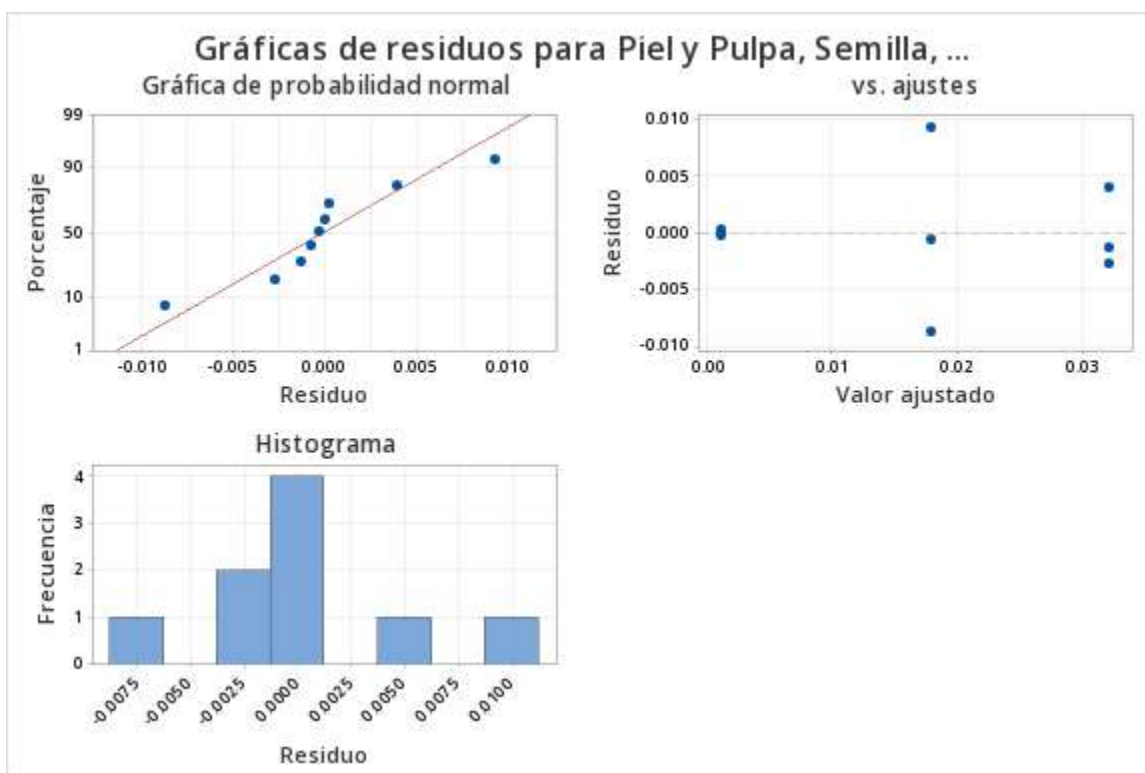


Figura 12. Gráficas de residuos para la distribución de grasas de la fruta milagrosa

ANEXO J: ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) PARA LA DISTRIBUCIÓN DE PROTEÍNAS EN LA FRUTA MILAGROSA

Tabla 23. Método de análisis de varianzas para la distribución de proteínas en la fruta milagrosa

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Tabla 24. Análisis de varianza (ANOVA) de la distribución de proteínas en la fruta milagrosa

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	97.9275	48.9637	425.57	0.000
Error	6	0.6903	0.1151	-	-
Total	8	98.6178	-	-	-

Tabla 25. Resumen del modelo de análisis de varianza para la distribución de proteínas en la fruta milagrosa

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
0.339198	99.30%	99.07%	98.42%

Tabla 26. Intervalos de confianza de 95% para la distribución de proteínas de la fruta milagrosa

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Piel y Pulpa	3	14.280	0.475	(13.801, 14.759)
Semilla	3	17.2133	0.0850	(16.7341, 17.6925)
Cascarilla	3	9.227	0.335	(8.747, 9.706)

Desv.Est. agrupada = 0.339198

Tabla 27. Comparaciones por el método de Tukey al 95% de confianza para la distribución de proteínas de la fruta milagrosa

Factor	N	Media	Agrupación		
Semilla	3	17.2133	A		
Piel y Pulpa	3	14.280		B	
Cascarilla	3	9.227			C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

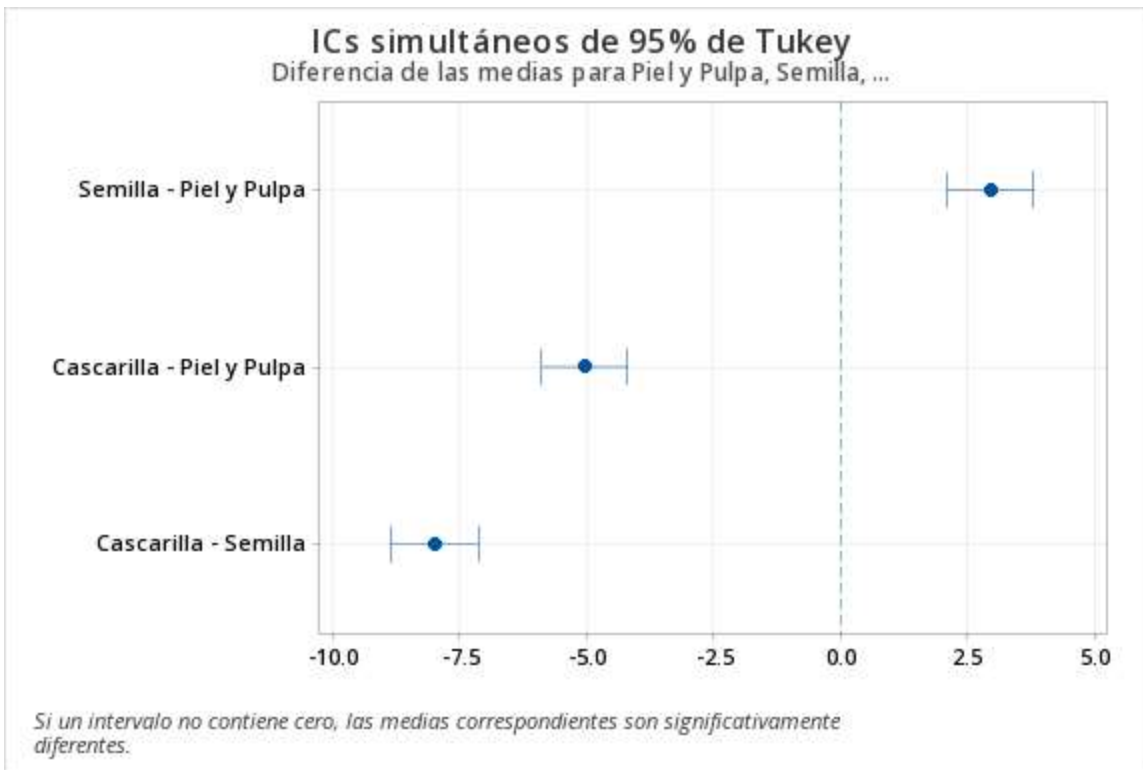


Figura 13. Diferencias de medias de la distribución de proteínas de la fruta milagrosa

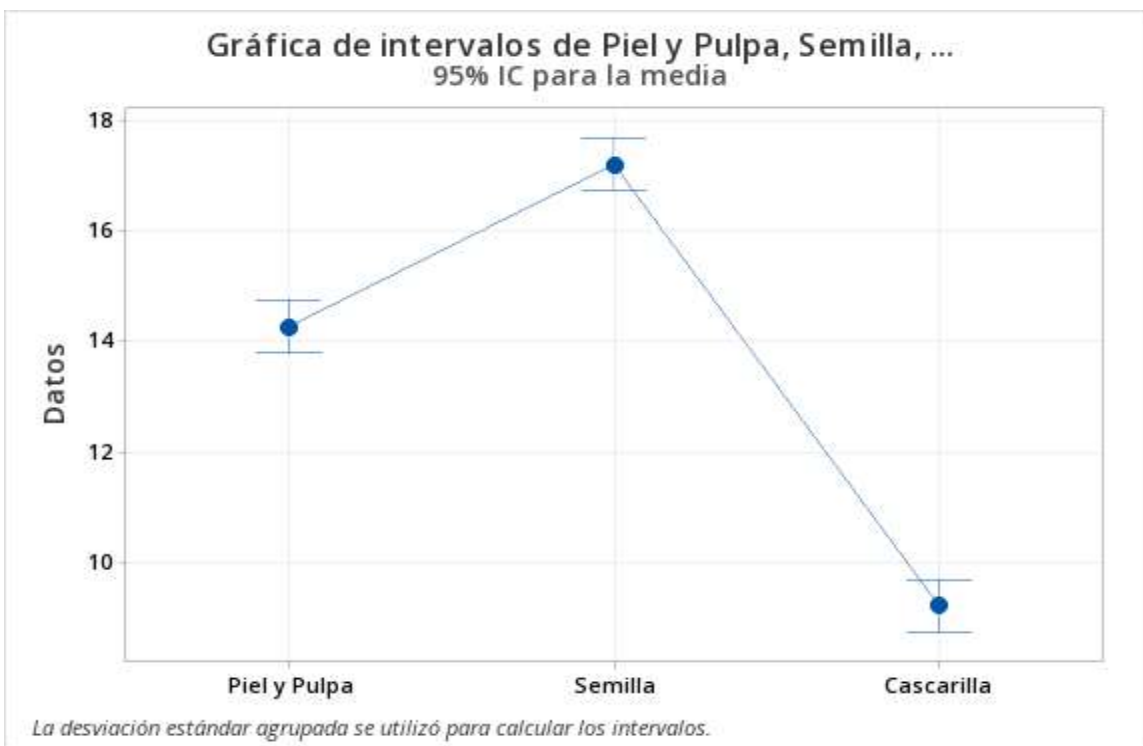


Figura 14. Diferencias de medias de la distribución de proteínas de la fruta milagrosa

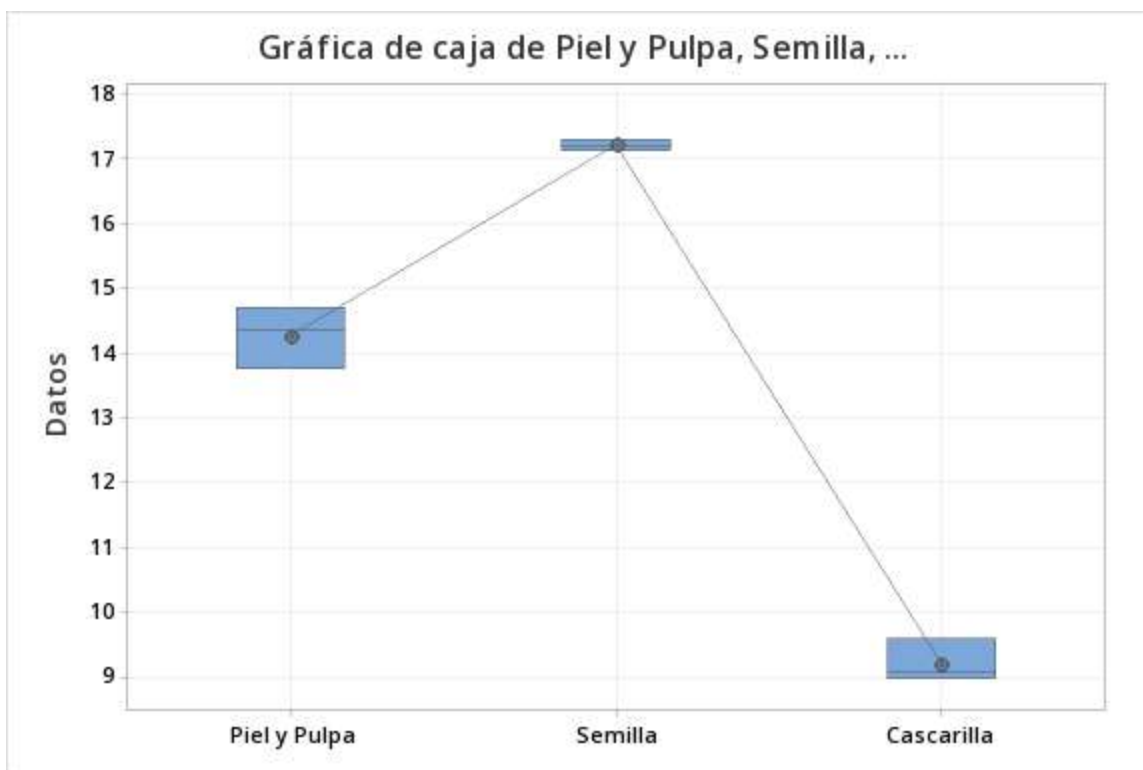


Figura 15. Diagrama de caja para la distribución de proteínas de la fruta milagrosa

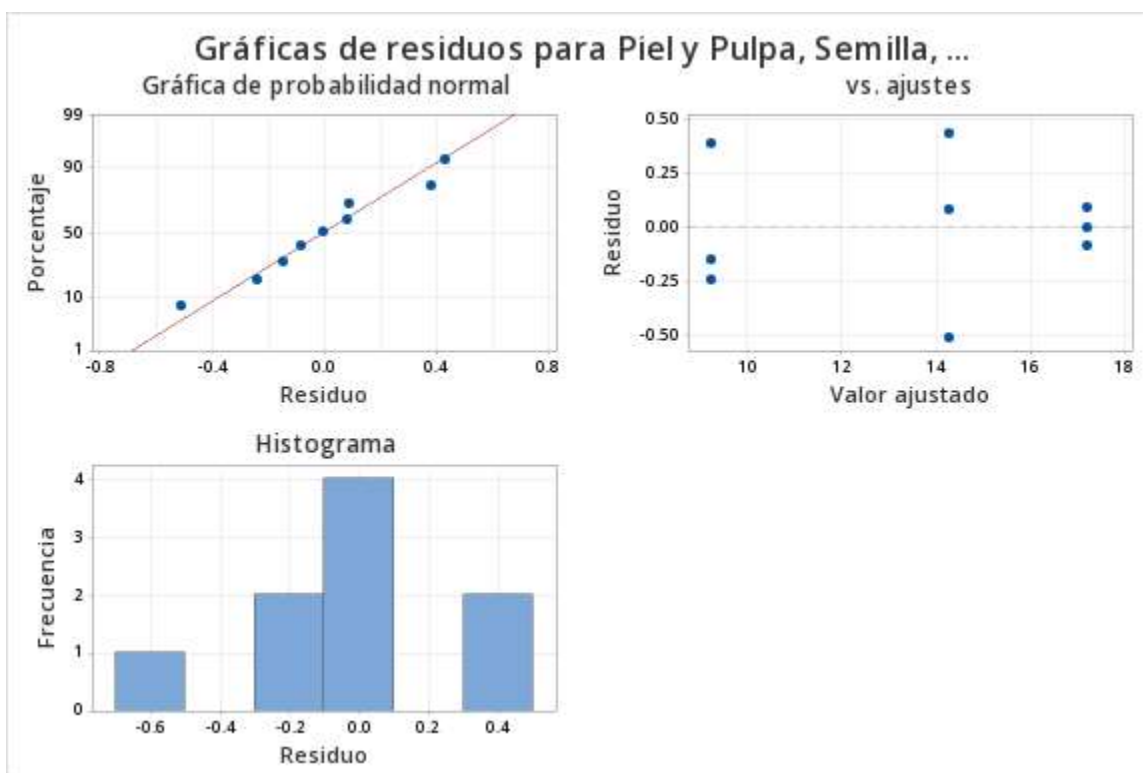


Figura 16. Gráficas de residuos para la distribución de proteínas de la fruta milagrosa

ANEXO K: ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) PARA LA CONCENTRACIÓN DE POLIFENOLES EN LA FRUTA MILAGROSA

Tabla 28. Método de análisis de varianzas para la concentración de polifenoles en la fruta milagrosa

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Tabla 29. Análisis de varianza (ANOVA) de la distribución la concentración de polifenoles en la fruta milagrosa

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	23.3278	11.6639	172.59	0.000
Error	6	0.4055	0.0676	-	-
Total	8	23.7333	-	-	-

Tabla 30. Resumen del modelo de análisis de varianza para la concentración de polifenoles en la fruta milagrosa

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
0.259965	98.29%	97.72%	96.16%

Tabla 31. Comparaciones por el método de Tukey al 95% de confianza para la concentración de polifenoles en la fruta milagrosa

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Piel y Pulpa	3	4.110	0.450	(3.743, 4.477)
Semilla	3	0.18700	0.00529	(-0.18026, 0.55426)
Cascarilla	3	1.8000	0.0257	(1.4327, 2.1673)

Desv.Est. agrupada = 0.259965

Tabla 32. Comparaciones por el método de Tukey al 95% de confianza para la concentración de polifenoles en la fruta milagrosa

Factor	N	Media	Agrupación		
Piel y Pulpa	3	4.110	A		
Cascarilla	3	1.8000		B	
Semilla	3	0.18700			C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

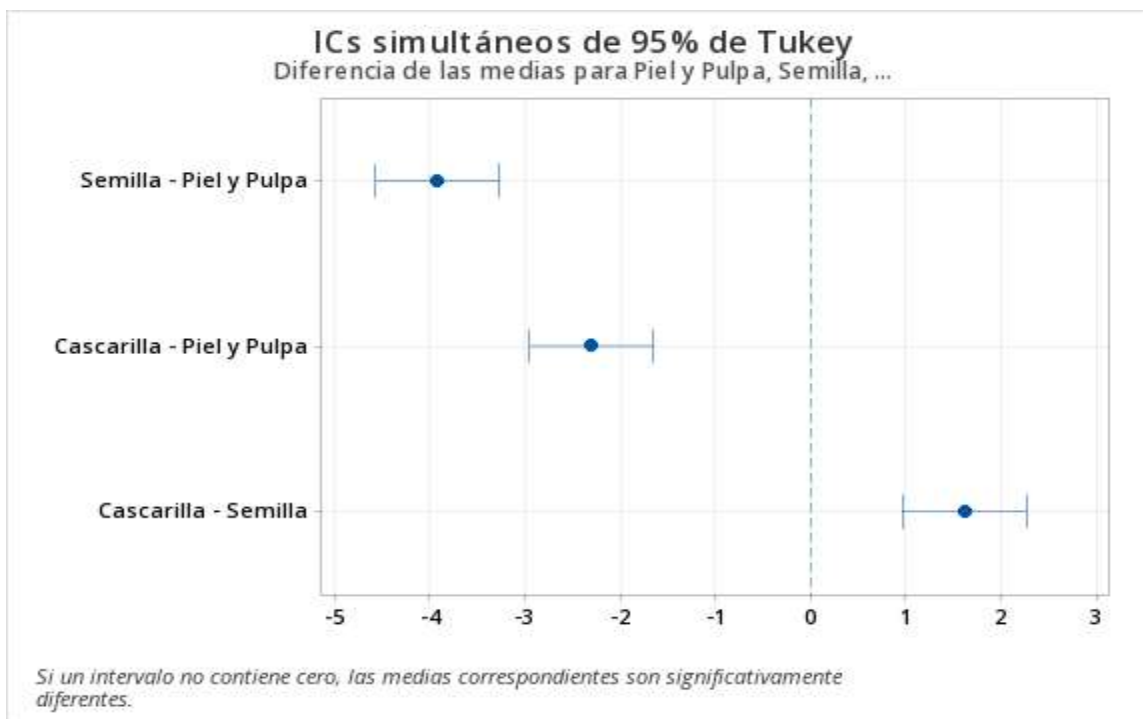


Figura 17. Diferencias de medias de la concentración de polifenoles en la fruta milagrosa

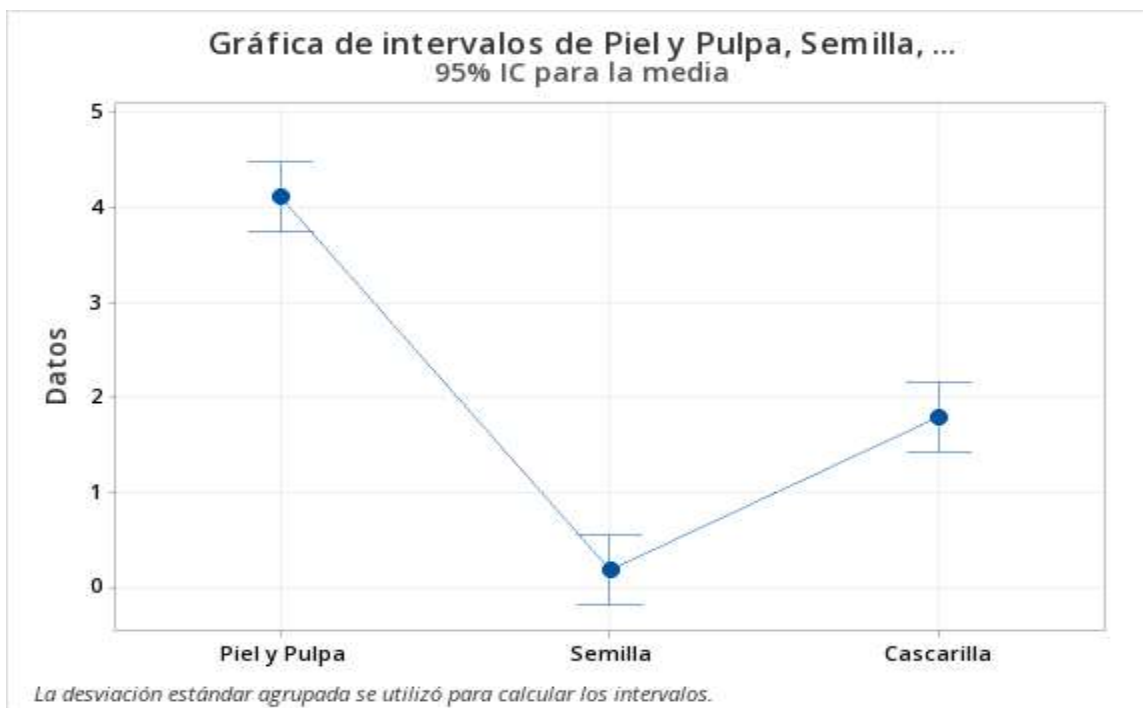


Figura 18. Diferencias de medias de la concentración de polifenoles en la fruta milagrosa

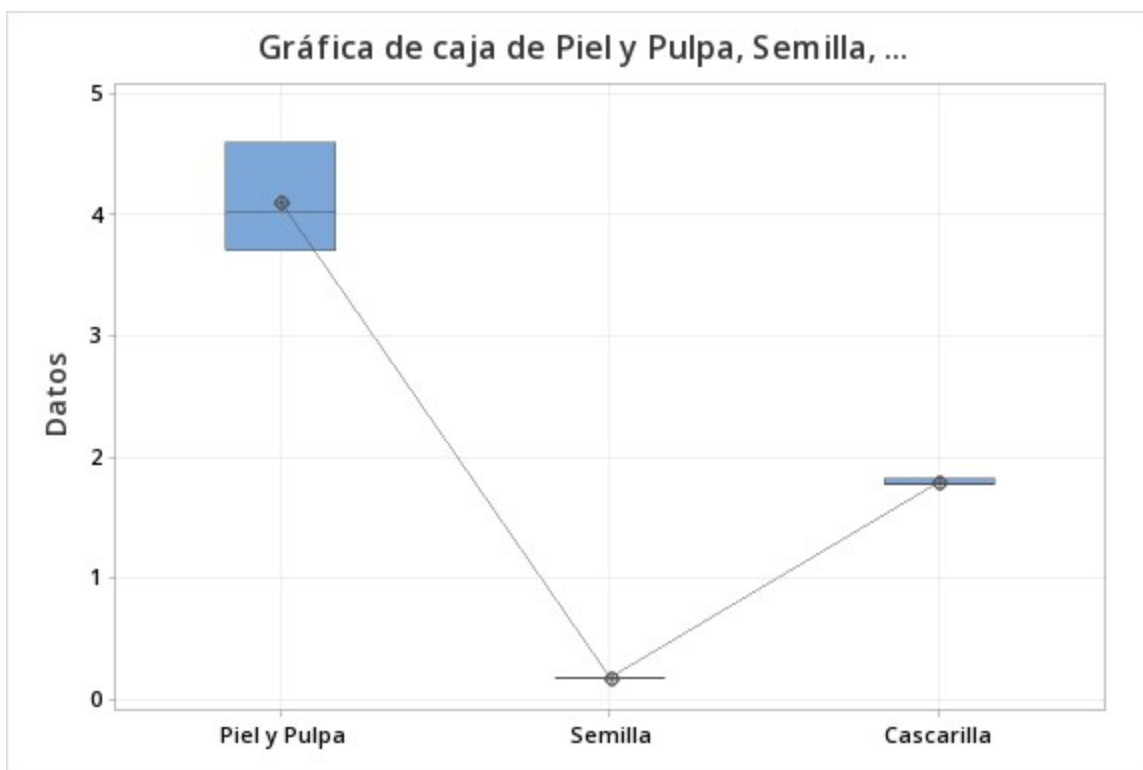


Figura 19. Diagrama de caja para la concentración de polifenoles en la fruta milagrosa

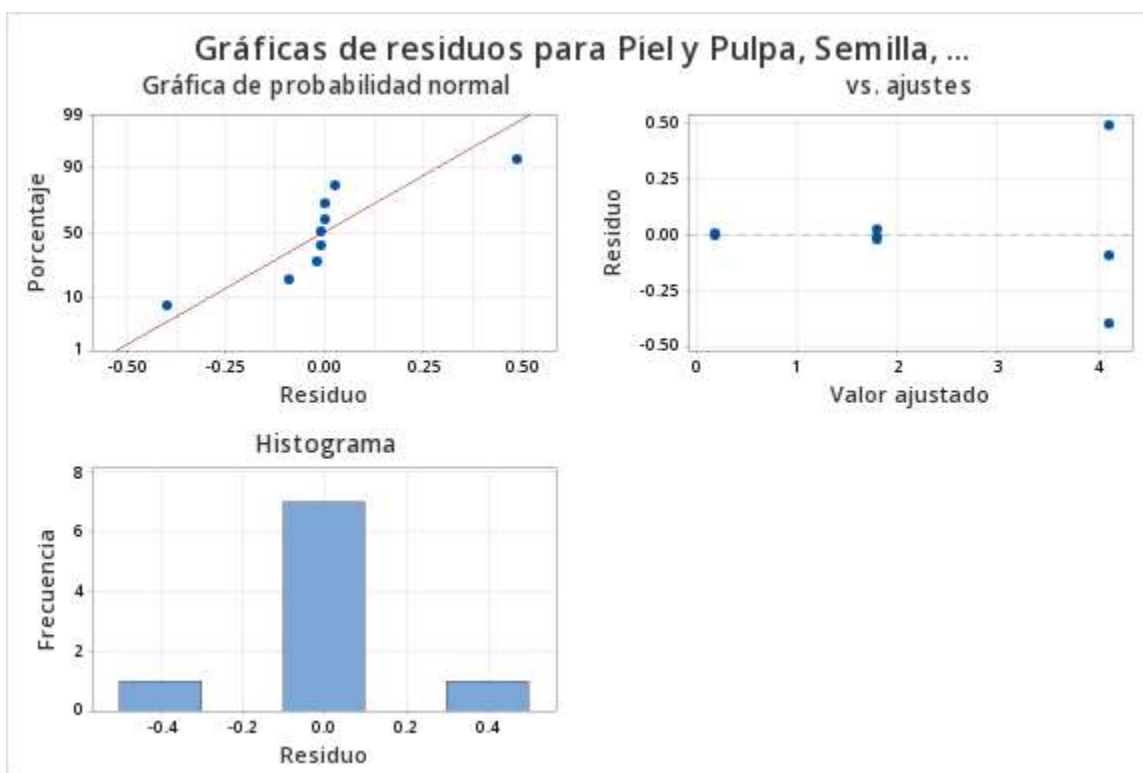


Figura 20. Gráficas de residuos para la concentración de polifenoles en la fruta milagrosa

ANEXO L: ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) PARA LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE TOTAL EN LA FRUTA MILAGROSA

Tabla 33. Método de análisis de varianzas para la capacidad antioxidante total en la fruta milagrosa

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Tabla 34. Análisis de varianza (ANOVA) para la capacidad antioxidante total en la fruta milagrosa

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	89.7126	44.8563	662.74	0.000
Error	6	0.4061	0.0677	-	-
Total	8	90.1187	-	-	-

Tabla 35. Resumen del modelo de análisis de varianza para la capacidad antioxidante total en la fruta milagrosa

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
0.260160	99.55%	99.40%	98.99%

Tabla 36. Comparaciones por el método de Tukey al 95% de confianza para capacidad antioxidante total en la fruta milagrosa

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Piel y Pulpa	3	7.546	0.184	(7.178, 7.913)
Semilla	3	0.2808	0.0233	(-0.0868, 0.6483)
Cascarilla	3	1.617	0.411	(1.250, 1.985)

Desv.Est. agrupada = 0.260160

Tabla 37. Comparaciones por el método de Tukey al 95% de confianza para la capacidad antioxidante total en la fruta milagrosa

Factor	N	Media	Agrupación		
Piel y Pulpa	3	7.546	A		
Cascarilla	3	1.617		B	
Semilla	3	0.2808			C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

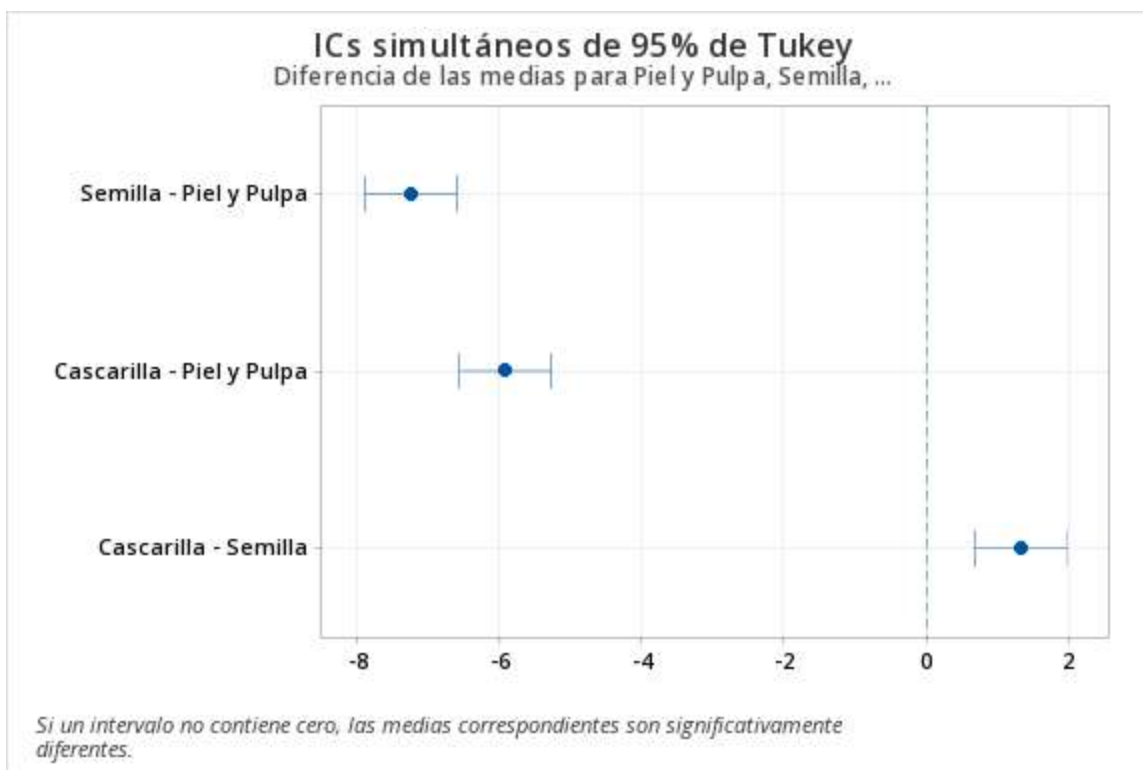


Figura 21. Diferencias de medias de la capacidad antioxidante total en la fruta milagrosa

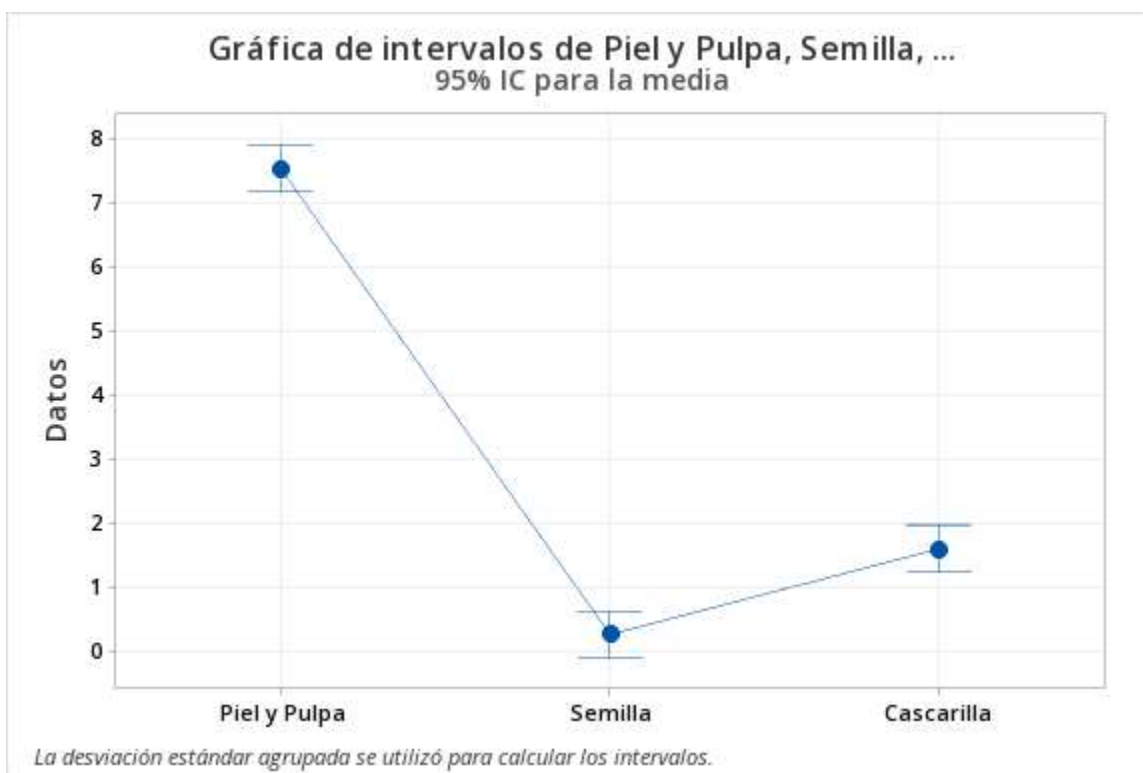


Figura 22. Diferencias de medias de la capacidad antioxidante total en la fruta milagrosa

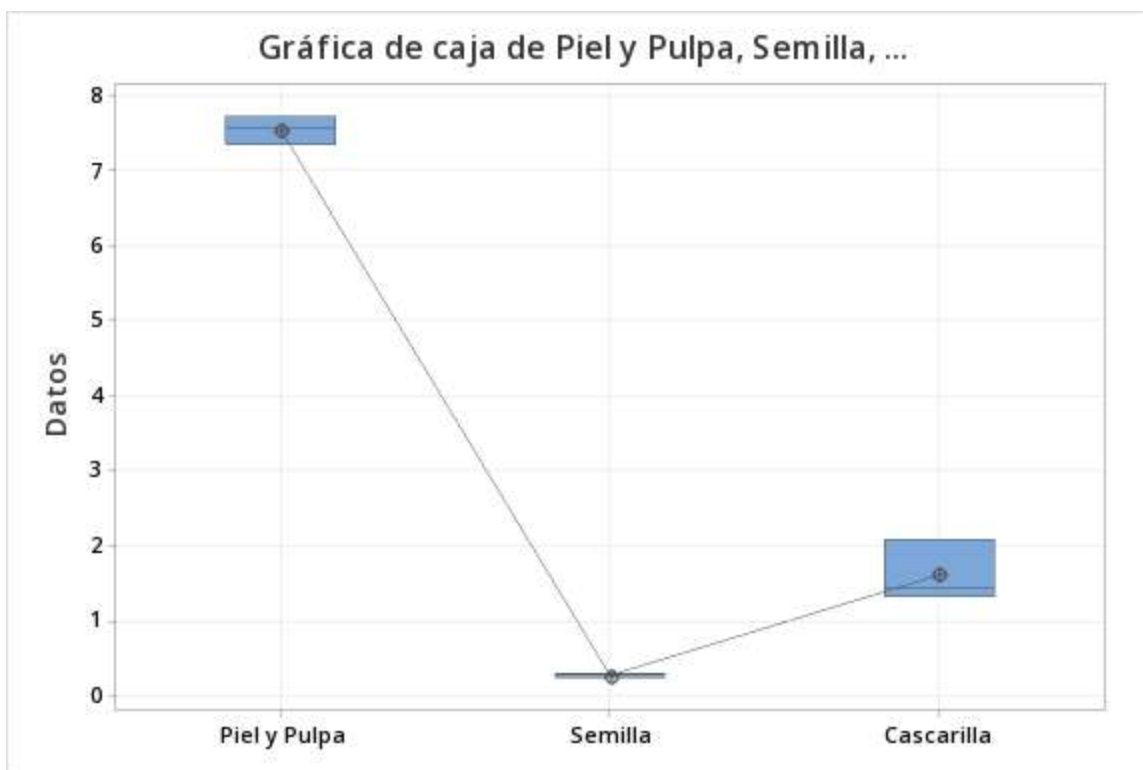


Figura 23. Diagrama de caja para la capacidad antioxidante total en la fruta milagrosa

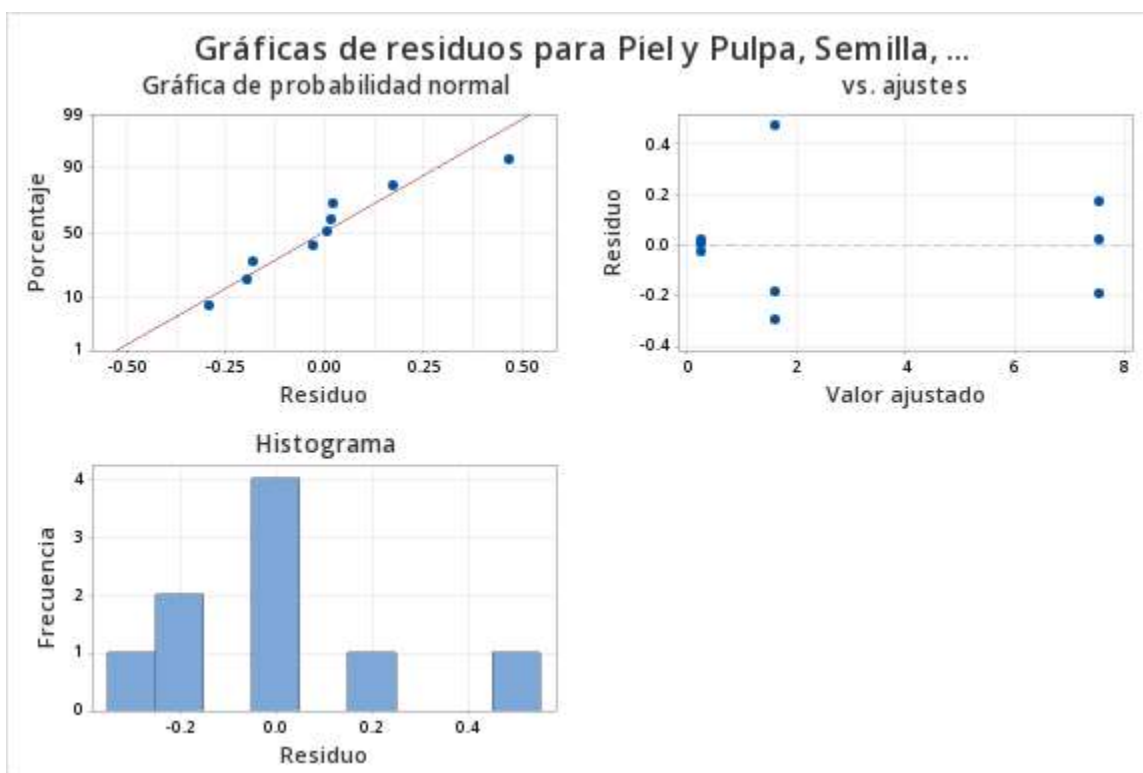


Figura 24. Gráficas de residuos para la capacidad antioxidante total en la fruta milagrosa