

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA AGRÍCOLA



**DETERMINACIÓN DE ANÁLISIS PROXIMAL Y CUANTIFICACIÓN DE MINERALES EN
ARRAYÁN (*Psidium friedrichsthalianum*) CULTIVADO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL Y
DE PRÁCTICAS DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR, SAN LUIS TALPA, LA PAZ.**

Presentado por:

ANGEL ANTONIO PORTILLO ESCOBAR

Requisito para optar al título de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Asesor:

LIC. M.Sc FREDDY ALEXANDER CARRANZA ESTRADA

CIUDAD UNIVERSITARIA JUNIO DE 2022

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

LIC. M.Sc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL:

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

DECANO:

DR. FRANCISCO LARA ASCENCIO

SECRETARIO:

ING. AGR. BALMORE MARTÍNEZ SIERRA

JEFE DE DEPARTAMENTO DE QUÍMICA AGRÍCOLA

LIC. EMERSON GUSTAVO MARTÍNEZ

DOCENTE DIRECTOR

LIC. M.Sc. FREDDY ALEXANDER CARRANZA ESTRADA

COORDINADO DE PROCESO DE GRADUACIÓN

ING.M.Sc. JUAN MILTON FLORES TENSOS

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|----|
| 1. RESUMEN | 1 |
| 2. INTRODUCCIÓN..... | 2 |
| 3. OBJETIVOS..... | 3 |
| 3.1. Objetivo general | 3 |
| 3.2. Objetivos específicos: | 3 |
| 4. MARCO TEÓRICO | 4 |
| 4.1. Descripción botánica del arrayán (<i>Psidium friedrichsthalianum</i>)..... | 4 |
| 4.2. Condiciones edafoclimáticas del cultivo..... | 5 |
| 4.3. Estacionalidad del cultivo | 5 |
| 4.4. Plagas y enfermedades | 6 |
| 4.5. Composición nutricional del fruto de arrayán..... | 7 |
| 4.6. Consumo y procesamiento del fruto de arrayán..... | 7 |
| 4.7. Análisis bromatológico de los alimentos | 8 |
| 4.8. Contenido de minerales en los alimentos. | 9 |
| 4.9. Ingesta de minerales..... | 10 |
| 4.10. Clasificación de los minerales. | 10 |
| 5. METODOLOGÍA | 12 |
| 5.1. Metodología de campo..... | 12 |
| 5.2. Metodología de laboratorio | 13 |
| 5.3. Análisis bromatológico proximal (AOAC 1980.)..... | 13 |
| 5.4. Cuantificación de minerales | 22 |
| 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 31 |
| 6.1. Análisis bromatológico..... | 31 |

| | |
|--|----|
| 6.2. Cuantificación de minerales | 36 |
| 8. CONCLUSIONES..... | 42 |
| 9. RECOMENDACIONES..... | 43 |
| 10. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA | 44 |
| 11. ANEXOS | 47 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 ubicación de la parcela del cultivo de arrayán | 12 |
| Figura 2. Humedad parcial: A) homogenización de la muestra, B) pesaje de muestra y C) estufa de aire circulante..... | 14 |
| Figura 3. Determinación de humedad total: A) muestra resultante de la humedad parcial B) molido de la muestra y C) peso de muestra..... | 15 |
| Figura 4. Determinación de cenizas: A) muestra a la que se determinó humedad total, B) peso de muestra en crisol y C) resultado de la calcinación..... | 17 |
| Figura 5. Determinación de extracto etéreo: peso de muestra sobre papel filtro, B) peso de balón y C) aparato Soxhlet..... | 18 |
| Figura 6. Determinación de fibra cruda: A) peso de muestra en bolsas de filtro de fibra y C) analizador de fibra ANKOM 200..... | 20 |
| Figura 7. Determinación de % de nitrógeno: A) digestión, B) destilación y C) titulación..... | 21 |
| Figura 8. Solubilización de cenizas: A) vía seca con ácido clorhídrico y B) filtrado obtenido..... | 23 |
| Figura 9. Cuantificación de fosforo: A) solución madre y B) Lectura de muestra en equipo UV-1280..... | 24 |
| Figura 10. Equipo de absorción atómica utilizado para la determinación de minerales..... | 30 |
| Figura 11. Contenido de humedad en muestras de arrayán..... | 31 |
| Figura 12. Contenido de cenizas en muestras de arrayán..... | 32 |
| Figura 13. Proteína en muestra de arrayán..... | 32 |
| Figura 14. Extracto etéreo obtenido en muestras de arrayán..... | 33 |
| Figura 15. Fibra cruda en muestras de arrayán..... | 34 |
| Figura 16. Carbohidratos totales en muestras de arrayán..... | 35 |
| Figura 17 Contenido de fósforo en porción comestible de 100 g de arrayán..... | 36 |
| Figura 18 Contenido de calcio en porción comestible de 100 g de arrayán..... | 37 |

| | |
|---|----|
| Figura 19 Contenido de magnesio en porción comestible de 100 g de arrayán. | 38 |
| Figura 20 Contenido de hierro en porción comestible de 100 g de arrayán..... | 39 |
| Figura 21 Contenido de zinc en porción comestible de 100 g de arrayán. | 39 |
| Figura 22 Contenido de sodio en porción comestible de 100 g de arrayán..... | 40 |
| Figura 23 Contenido de potasio en porción comestible de 100 g de arrayán. | 41 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|--|----|
| Cuadro 1 Clasificación taxonómica del arrayán (<i>Psidium friedrichsthalianum</i>)..... | 4 |
| Cuadro 2 Deficiencia de minerales en el organismo humano..... | 11 |
| Cuadro 3. Parámetros de lectura para la cuantificación de minerales en muestras de arrayán..... | 29 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|--|----|
| Cuadro A- 1 promedios obtenidos en estudios realizado en muestras de arrayán. | 47 |
| Cuadro A- 2 registro de datos en la determinación de humedad parcial. | 47 |
| Cuadro A- 3 registro de datos en la determinación de humedad total..... | 48 |
| Cuadro A- 4 registro de datos en la determinación de cenizas..... | 48 |
| Cuadro A- 5 registro de datos en la determinación de extracto etéreo. | 48 |
| Cuadro A- 6 registro de datos en la determinación de fibra cruda. | 49 |
| Cuadro A- 7 registro de datos en la determinación de proteína..... | 49 |
| Cuadro A- 8 registro de datos en la cuantificación del mineral fósforo..... | 50 |
| Cuadro A- 9 registro de datos en la cuantificación de calcio. | 50 |
| Cuadro A- 10 registro de datos en la cuantificación de magnesio. | 51 |
| Cuadro A- 11 registro de datos en la cuantificación de hierro..... | 51 |
| Cuadro A- 12 registro de datos en la cuantificación de zinc. | 52 |
| Cuadro A- 13 registro de datos en la cuantificación de sodio. | 52 |
| Cuadro A- 14 registro de datos en la cuantificación de potasio..... | 53 |

1. RESUMEN

El arrayán es un fruto de consumo de temporada en El Salvador, su intenso aroma y sabor ácido característico, son las principales propiedades organolépticas de este fruto. La producción y comercialización de este fruto es local, en mercados y plazas comerciales de pueblos. Las formas de consumirlo son variadas, desde su consumo directo, la elaboración de bebidas naturales y de helados artesanales. A pesar de gran demanda, la información sobre estudios realizados para la descripción nutricional o propiedades funcionales del fruto es poca.

La investigación tuvo como objetivo el análisis proximal y cuantificación de minerales en muestra de arrayán, para ello se aplicaron métodos gravimétricos y métodos espectroscópicos. El cultivar del cual se realizó la recolección de muestras está ubicado en el campo Experimental y de Prácticas (EEP) de la Facultad de Ciencias Agronómicas, en el cantón Tecualuya, San Luis Talpa, departamento de La Paz. Los análisis se realizaron en el laboratorio de química agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas, de la Universidad de El Salvador, en el periodo comprendido de septiembre a diciembre del año 2021. Los valores obtenidos correspondientes al análisis proximal fueron: 85.2% Humedad, 0.75% cenizas, 1.05% proteína, 0.52% extracto etéreo, 3.98% fibra y 8.66 %carbohidratos en la cuantificación de minerales, el elemento mayoritario fue potasio obteniendo 174.49 mg/100g, seguido de calcio con 32.56 mg/100g.

Los valores obtenidos fueron comparados con las tablas de composición de alimentos del INCAP (2007) para establecer alguna relación en los valores o diferencias. Los resultados analíticos obtenidos del arrayán servirán para desarrollar un banco de datos con la información nutricional de frutos no tradicionales, con el objetivo de generar investigaciones y tener información de referencia en el país.

2. INTRODUCCIÓN

Durante muchos siglos, el ser humano se ha alimentado de un modo rutinario, aunque algunas de sus prácticas empíricas, seguidas desde muy antiguo, pueden considerarse totalmente acertadas. Desde un primer momento, el ser humano se planteó la necesidad de alimentarse y trató, con todos los medios a su alcance, de encontrar soluciones prácticas que permitieran cubrir sus necesidades alimenticias (Gutiérrez 2000).

La bromatología es la ciencia de los alimentos que estudia todo lo relacionado con el alimento antes de su entrada en el organismo del ser humano o el organismo animal si se trata de alimentos balanceados. La bromatología incluye diferentes disciplinas relacionadas con los alimentos como: tecnología alimentaria, higiene y toxicología, análisis y control, legislación alimentaria, antropología de la alimentación, entre otras (Kuklinski 2002).

Los minerales son elementos inorgánicos esenciales para el organismo como componentes estructurales y reguladores de los procesos corporales. No pueden ser sintetizados y deben formar parte de la alimentación diaria, se han descrito aproximadamente 20 minerales esenciales para el ser humano (Carbajal 2013).

Actualmente la importancia de la nutrición y la bromatología es enorme, y en un futuro todavía será mayor, los consumidores son exigentes con las características organolépticas de los alimentos. La elección de los alimentos está condicionada por diferentes factores que resultan importantes para el consumidor: valor nutritivo del producto, el costo, aspecto, color, textura y flavor (Kuklinski 2002).

El presente trabajo se realizó el análisis proximal y cuantificación de minerales en muestras de arrayán cultivados en la Estación experimental y de Prácticas de la Universidad de El Salvador, las muestras fueron analizadas en el laboratorio de química agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas. Los resultados obtenidos son de beneficio para los productores de arrayán, ya que se presenta un certificado de análisis para el fruto de arrayán, partiendo de este documento los productores pueden elaborar el etiquetado comercial de su producto e incursionar en nuevos mercados.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Determinar el análisis proximal y cuantificación de minerales en muestras de arrayán (*Psidium friedrichsthalianum*), cultivado en la Estación Experimental y de Prácticas de la Universidad de El Salvador, San Luis Talpa, La Paz.

3.2. Objetivos específicos:

- Realizar el análisis bromatológico proximal: Contenido de humedad, cenizas, grasa, fibra, proteína y carbohidratos en arrayán.
- Cuantificar los minerales: hierro, sodio, calcio, fósforo, potasio, zinc y magnesio, presentes en las muestras de arrayán.
- Comparar los resultados obtenidos en las determinaciones analíticas con los valores presentados en las tablas de composición de alimentos, del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Descripción botánica del arrayán (*Psidium friedrichsthalianum*)

El arrayán (*Psidium friedrichsthalianum*) es un fruto nativo de América Latina. Su origen es en el territorio Costarricense donde se le conoce con el nombre de Cas. Recibe diferentes nombres a lo largo de América Latina; Arrayan (El Salvador), guayaba de danto (Honduras), cas (Costa Rica), guayaba agria o guayaba coronilla (Colombia), guayaba de agua (Panamá), Costa Rica guava (Estados Unidos de América) (Morton 1987).

Cuadro 1 Clasificación taxonómica del arrayán (*Psidium friedrichsthalianum*).

| | |
|----------|------------------------------------|
| Reino | <i>Plantae</i> |
| Subreino | <i>Viridiplantae</i> |
| División | <i>Tracheophyta</i> |
| Clase | <i>Magnoliopsida</i> |
| Orden | <i>Myrtales</i> |
| Familia | <i>Myrtaceae</i> |
| Genero | <i>Psidium L.</i> |
| Especie | <i>Psidium friedrichsthalianum</i> |

Fuente: Mercedes y Rojas-Garbanzo 2019.

Descripción del árbol. Árbol de 6-10 m de altura. Copa: ramitas angulares, a menudo con cuatro alas, rojizo oscuras y finamente pubescentes. Corteza: café rojiza con manchas grisáceas (Barrance et al 2003).

Descripción de hojas. Elípticas u ovals, puntiagudas, verde oscuras y lisas en el haz, más pálidas en el envés, de 5-12 cm de largo, 1-2 cm de ancho (Barrance et al 2003).

Descripción de flores. Perfectas, blancas, fragantes, solitarias o en pares, 2.5 cm de ancho. Con buen manejo nutricional y sanitario se forman grupos de 20 flores o más (Barrance et al 2003).

Descripción de frutos. Redondos u ovals, 3-6 cm de diámetro, de cáscara verde a amarillenta, con una areola en el sitio donde estaba el cáliz; pulpa suave, blanca, muy ácida, que envuelve las semillas aplanadas, de 5 mm de largo (Barrance *et al* 2003).

4.2. Condiciones edafoclimáticas del cultivo

El árbol crece naturalmente en Centro América y el sur de México, en zonas de bosque húmedo tropical y subtropical con pluviometría de 1,400 a 3,000 mm, a una altitud de 0 a 1,300 m, con temperaturas de 15° a 25°C, en suelos con pH ácido, no tolera heladas ni zonas con sequías prolongadas (Barrance *et al* 2003).

4.3. Estacionalidad del cultivo

Es un cultivar con potencial de producción durante todo el año, su producción se ve disminuida por los largos periodos secos se logran de enero a marzo en clima tropical, limitando así su producción, ocasionando un crecimiento lento en zonas con sequía marcada durante el año. Es excelente el uso en asocio de cultivos como el café, por la sombra que genera, el cultivo tiene una variabilidad entre cultivares, esto depende de la forma de propagación que generalmente es por semilla, generando diferencias entre algunos ejemplares tanto en producción como en características morfológicas (Mercedes y Rojas-Garbanzo 2019).

Floración. La floración, aunque es principalmente cíclica, presenta períodos de traslape entre floración y fructificación. A pesar de que hay flores todo el año, el período máximo comienza en marzo y continúa hasta julio (Baraona y Rivera 1994).

Fructificación. El cuaje varía de 0% a 12%, según época y árbol. Se considera que un cuaje de 7% es un valor medio y normal. La mayor parte de las flores caen una vez abiertas, posiblemente por fallas en la polinización y por otros factores bióticos y abióticos. Desde el cuaje a la maduración el fruto dura entre 12 y 13 semanas. El fruto es una baya amarillo verdosa al madurar, con un peso que puede variar entre 10 g y 160 g; dependiendo éste de una serie de factores, entre ellos: el número de semillas, época del año y nutrición del árbol (Baraona y Rivera 1994).

Recolección de fruto. La cosecha se realiza en los meses de agosto a noviembre obteniendo frutos maduros, color amarillento, textura suave. Algunos indicadores de cosecha de este fruto son: desprendimiento fácil del fruto, cambio de color. Por su corteza gruesa el fruto puede ser recolectado directamente del suelo, seleccionando aquellos que no tengan daño físico o daño por insectos (Mercedes y Rojas-Garbanzo 2019). A partir de la novena semana de fructificación la caída de frutos incrementa debido a diversas enfermedades que atacan a la planta solamente un 45,5% de los frutos llega a cosecha (Baraona y Rivera 1994).

4.4. Plagas y enfermedades

El cultivo de arrayán es considerado de poco manejo agronómico esto por la resistencia que presenta a muchas plagas y enfermedades, por ser árboles que no han sufrido selección para obtener variedades específicas o cultivadas bajo sistemas intensivos. Las principales plagas y enfermedades son: (Baraona y Sancho 1992).

Mal del clavo. Es una enfermedad causada por *Gloesporium psidii* En frutos tempranos se puede observar pequeñas manchas circulares, durante el desarrollo del fruto dichas manchas generan el brote de la epidermis, no tiene impacto en la pulpa por lo cual los frutos pueden ser procesados realizando clasificación (Baraona y Sancho 1992).

Antracnosis. *Colletotrichum sp.* Enfermedad que afecta ramas jóvenes, brotes y fruto, en frutos se observan manchas amarillentas y marrón, generando la momificación y caída del fruto (Baraona y Sancho 1992).

Mancha del asfalto. A partir de la octava semana se pueden detectar afectaciones por hongos ocasionada por *Phyllachora sp.* El arrayán presenta una alta resistencia a nematodos del género *Meloidogyne sp.* (Mercedes y Rojas-Garbanzo 2019).

Mosca de la fruta. También conocida como mosca de la guayaba, la plaga es causada por (*Anastrepha striata*), los adultos habitan en la planta hospedera o plantas vecinas, después de la cópula la hembra deposita los huevos en el interior del fruto, donde las larvas se alimentan de la pulpa. Causan desestimulo al incremento de áreas de cultivo, costos

adicionales por los tratamientos cuarentenarios de pre y post cosecha en los cuales se debe incurrir para prevenir la entrada a países o áreas en donde la plaga no está presente.

4.5. Composición nutricional del fruto de arrayán.

Las investigaciones sobre las propiedades nutricionales en el fruto de arrayán son menores comparados con los estudios realizados en otros frutos del género *Psidium*. El arrayán contiene una humedad del 86%, proteína 1.20%, grasa 0.80%, ceniza 1.10%, carbohidratos 10.40% INCAP (2007) Es fuente de las vitaminas B1, B2, B3 y de los minerales como: calcio, hierro, fósforo. Dentro del género *Psidium* aporta una mayor cantidad de vitamina C por cada 100g de producto en fresco, lo cual contribuye a suplir el requerimiento diario de vitamina C (Mercedes y Rojas-Garbanzo 2019).

El creciente interés de la población por el consumo de alimentos funcionales, ha logrado posicionar el fruto de arrayán como un producto apetecido tanto por su contenido de bioactivos y vitaminas. En el género *Psidium*, las especies comestibles más cultivadas en Centro América y México son: guayaba fresa (*P. cattleianum Sabine*), la guayaba brasileña (*P. guineense Sw.*), la guayaba rosada (*Psidium guajaba L.*) y arrayán (*Psidium friedrichsthalianum*). Tienen similitudes en los frutos como: forma de fruto, textura de pulpa, estacionalidad de cultivo. El arrayán por su aroma y pulpa ácida genera mayor interés, destacando como un fruto exótico tropical (Mercedes y Rojas-Garbanzo 2019).

4.6. Consumo y procesamiento del fruto de arrayán.

El fruto es aprovechado en su totalidad, la forma de consumo habitual es directa o mínimamente procesado (lavado y desinfección), esta es la forma en la que los pequeños productores comercializan sus productos, llevándolos a mercados locales, restaurantes y supermercados, el fruto en su estado maduro es llamativo y atractivo por su acidez y olor característico, los daños observados en el fruto no tienen impacto en la preferencia de los consumidores, las pérdidas son mínimas, se procesa y obtiene concentrado de pulpa el cual es utilizado como materia prima para la elaboración de diversos productos como: frescos naturales, jugos pasteurizados, jaleas, mermeladas, helados artesanales (Sibaja 2015).

4.7. Análisis bromatológico de los alimentos

La bromatología es una ciencia aplicada y multidisciplinaria que, se ocupa del estudio de los alimentos, desde diferentes puntos de vista: composición, estructura, función, valor nutritivo, características higiénico-sanitarias, fabricación, calidad, alteraciones, conservación, análisis y legislación. Esta rama de la ciencia aporta información sobre los alimentos, obtención y procesamiento de materias primas; así como, el procesamiento para obtener los alimentos, información sobre el almacenamiento y actividades para la preparación y consumo, (caso que el producto no sea de consumo directo) los aspectos que componen la bromatología ayudan a mantener la calidad del alimentos y el valor nutricional (Bello 2000).

El análisis de alimentos, es también conocido como: análisis proximal o método de Weende, se tienen registro de más de un ciclo de análisis poco robustos realizados a los alimentos. El propósito del análisis bromatológico es: el estudio a detalle de un producto o alimentos en función de los componentes que lo constituyen, analizando sus características físico-químicas. Los parámetros que se cuantifican dentro del análisis bromatológico son: humedad, cenizas, proteína, fibra, grasa y carbohidratos entre otros (Apraéz 2020).

- **Contenido de humedad.** Todos los alimentos contienen agua en su composición, la cantidad es muy variada tanto así que se pueden observar productos con 1% o con más del 90%(según su origen tanto vegetal como animal). El agua se puede presentar como agua superficial o agua ligada. La humedad guarda relación con la estabilidad que tiene un alimento durante su vida de anaquel, reduciendo la humedad se logra un control de los microorganismos y los procesos enzimáticos (Mendieta y Reyes 2000).
- **Cenizas.** Representan la parte inorgánica de un alimento, son obtenidas por la eliminación de materia orgánica. La información que este análisis proporciona es utilizado como indicador de la identificación o adición de adulterantes en los alimentos; así como, la fuente del mineral agregado (Ortiz 2006).
- **Proteína cruda.** La importancia de la determinación de proteína bruta está dada por la clasificación de los alimentos generalmente admitida, se basa en su contenido de proteína (alimentos básicas son pobres en proteína; alimentos concentrados son ricos

en proteína). Además el contenido de proteína de un alimento constituye una medida directa de su digestibilidad por que el componente proteico es en general altamente digestible si se compara con los carbohidratos estructurales (Mendieta y Reyes 2000).

- **Fibra.** Son las sustancias orgánicas como; hemicelulosa, celulosa y lignina. La importancia de su determinación radica en, la baja capacidad que tienen los monogástricos para su digestión. En el área agropecuaria esta información se utiliza para calcular raciones alimenticias (Murillo 1994).
- **Extracto etéreo.** Son estructuras que en su composición se encuentran ligadas a un ácido graso, también se definen como sustancias insolubles en agua pero solubles en compuestos orgánicos, están constituidos por: ácidos grasos libres, colesterol, vitaminas liposolubles y lecitinas (Mendieta y Reyes 2000).
- **Carbohidratos o extracto libre de nitrógeno.** Se encuentra una mezcla de sustancias orgánicas dentro de las cuales no figura ninguna que contenga nitrógeno. Estas se caracterizan por disolverse en las soluciones ácidas y alcalinas durante la determinación de la fibra (Mendieta y Reyes 2000).

4.8. Contenido de minerales en los alimentos.

Se puede definir a los minerales como: componente inorgánico indispensable para el funcionamiento del organismo, como reguladores en procesos corporales y forma estructurales en los tejidos. Los minerales por su naturaleza inorgánica, el ser humano no es capaz de realizar su síntesis, por lo que, deben ser provisto externamente en la alimentación o directamente como suplementos minerales, cuando se identifica una déficit de estos. Los minerales representan entre el cuatro y cinco % del peso corporal; dos kilogramos en un hombre de 70 kg y una mujer de 50 kg: el 50% es calcio, 25% fósforo y 25% el resto de minerales (Carbajal 2013).

Los minerales están ampliamente distribuidos en alimentos y son relativamente resistentes a los tratamientos tecnológicos y culinarios. No les afecta la luz y el calor, pero se pueden perder en los lixiviados, en las aguas de cocción, retenidos en la fibra que no se absorbe. El contenido en minerales es variable según la procedencia del alimento. Además,

existen algunos alimentos que contienen sustancias que actúan como anti nutrientes impidiendo la absorción de los minerales porque forman con ellos complejos, como por ejemplo el ácido fítico presente en muchos vegetales (FEN 2015).

4.9. Ingesta de minerales.

Los minerales son adicionados en los alimentos mediante materias primas con alto contenido de minerales o adicionados durante el procesamiento de un alimento, porque cumplen una función en el proceso, en países en vías de desarrollo las regulaciones imponen las adiciones de ciertos minerales y vitaminas en los alimentos para contribuir a la salud de su población. Los minerales no forman parte de los seres vivos de manera natural, a pesar de ser indispensables en el metabolismo de los seres vivos. Ayudan en múltiples funciones en el organismo; funciones fisiológicas, actividades estructurales, constituyentes esenciales de hormonas, los minerales pueden ser encontrados mayoritariamente formando parte de ácidos y álcalis en el cuerpo (Latham 2002). La deficiencia de minerales es la causa de diferentes enfermedades, ver cuadro 2.

4.10. Clasificación de los minerales.

El aporte de minerales se realizara, según las necesidades de cada organismo; esta demanda, no es equitativa para todos los nutrientes; se han identificado alrededor de 20 minerales indispensables para el organismo, (Carbajal 2013). Los minerales de mayor demanda son: calcio, fósforo, potasio, sodio, cloro, azufre, magnesio, manganeso, hierro, yodo, flúor, zinc, cobalto y selenio. Si bien son indispensables en muchas funciones del organismo, las cantidades de ingesta son bajas, comparadas por ejemplo con carbohidratos, grasa y proteínas. Por los valores de ingesta diaria recomendada se clasifican como: macro, micro elementos y componentes trazas (FEN 2015). Se pueden clasificar en tres grupos:

- **Macro elementos:** tiene una ingesta recomendada arriba de cien miligramos por día; Entre ellos están: Ca, P, Na, K, Cl), Mg y S. (Carbajal 2013).
- **Micro elementos:** ingesta recomendada, cantidades menores a cien miligramos por día; estos son: I, Cr, Mo y Se (Carbajal 2013).

- **Elementos traza o contaminantes:** muchos de ellos se desconoce sus cantidades requeridas por lo que se estima una ingesta recomendada inferior a un miligramos por día; entre estos están: Pb, Cd, Hg, As, B, Al, Li, y Ba. (Carbajal 2013).

Cuadro 2 Deficiencia de minerales en el organismo humano

| Deficiencia de minerales en el organismo | |
|---|---|
| Hierro | Anemia (palidez, fatiga, debilidad, uñas quebradizas, problemas respiratorios) |
| Yodo | Bocio (aumento de la glándula tiroides) Hipotiroidismo (debilidad, ganancia de peso, edemas, mialgias, piel seca) Cretinismo (deficiencia de yodo en el feto) |
| Zinc | Retraso en maduración sexual, retraso en el crecimiento, fatiga, perdida de la sensación gustativa y olfato, cicatrización lenta de heridas. |
| Selenio | Dolor muscular y debilidad, enfermedad de Keshan |
| Calcio | Desmineralización ósea, osteoporosis, irritabilidad, palpitaciones. |
| Cobre | Diarrea, debilidad general y malformaciones óseas |
| Cromo | Intolerancia a la glucosa |
| Flúor | Caries dental. |
| Fósforo | Fatiga, respiración irregular, alteraciones nerviosas, debilidad muscular |
| Magnesio | Desorientación, irritabilidad, nerviosismo, temblar, disfunción muscular, pérdida del control muscular. |
| Manganeso | Alteraciones en la motilidad, vértigo pérdida de la audición. |

Fuente: 1 Tomado de Carbajal A. 2013 p

5. METODOLOGÍA

5.1. Metodología de campo

Ubicación de parcela.

La parcela está ubicada atrás de la estación meteorológica de la Estación Experimental de Practicas de la Universidad de El Salvador; ubicada en cantón Tecualuya, municipio de San Lui Talpa, departamento de La Paz a una elevación de 50 msnm, coordenadas geográficas 13°28'25.0"N 89°05'45.4"W.

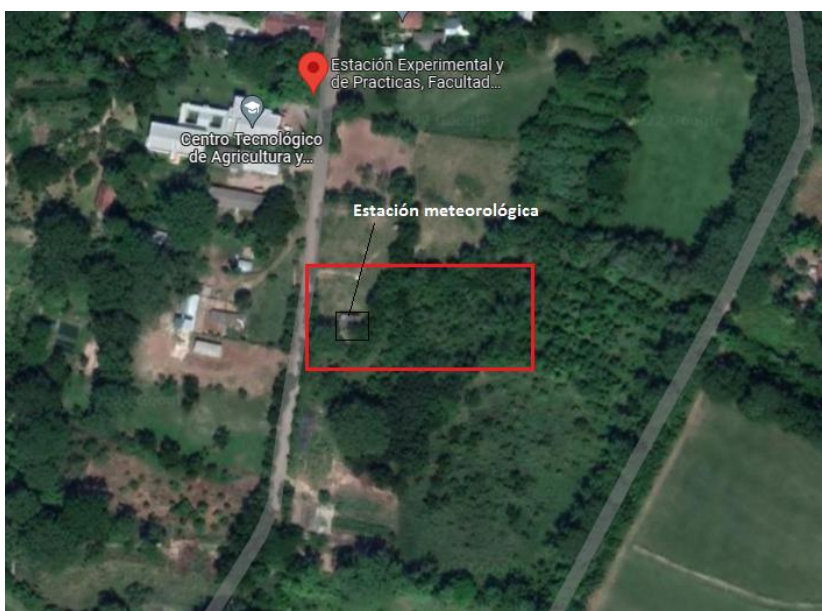


Figura 1 ubicación de la parcela del cultivo de arrayán

Muestreo.

El muestreo se realizó aplicando la técnica denominada, muestreo dirigido, la parcela del cultivo de arrayán de 2,500 m² se dividió en tres sub áreas para la toma de muestra obteniendo así una representatividad en toda la parcela, teniendo identificadas las sub áreas, se realizó la recolección de frutos, por el tipo de cultivo y características físicas del fruto (estado de madurez conocido localmente como sazón) la recolección se facilita,

realizando la recolección de manera manual, recolectando muestras de diferentes ramas del árbol (bajas, medias y superiores), así como diferentes puntos de muestreo dentro de las sub área de la parcela. La cantidad recolectada por muestra fueron diez frutos (diámetro de fruto de 5 cm) para tener homogeneidad en la muestra y representatividad en la misma.

Manejo de las muestras.

Luego de la recolección, las muestras se depositaron en bolsas herméticas previamente identificadas para cada punto de muestreo con la siguiente información: nombre del fruto, nombre del investigador, fecha de muestreo, lugar de muestreo y un número correlativo que identificaba su repetición dentro de la parcela. Posteriormente se colocaron las bolsas en hieleras para su transporte desde la zona de muestreo hasta el laboratorio de química agrícola, en la Facultad de Ciencias Agronómicas, de la Universidad de El Salvador.

Preparación de las muestras.

Las muestras previas a ser sometidas a las diferentes metodologías de análisis, deben ser examinadas, para ello se realizó una revisión visual y física de cada fruto, identificando frutos con marcas por daño de insectos, manchas como signo enfermedades (mal de clavo y antracnosis). Luego se lavaron con abundante agua potable, eliminando cualquier suciedad o contaminante que pudiera estar presente en la superficie del fruto y posteriormente se utilizó agua destilada para eliminar el agua potable remanente.

5.2. Metodología de laboratorio

5.3. Análisis bromatológico proximal (AOAC 1980.)

Humedad parcial. Se basa en la determinación de la pérdida de peso que sufre una muestra cuando se calienta a una temperatura entre 60° y 70 °C por un período de 24 horas en un equipo conocido como estufa de aire circulante o ventilación forzada.

Procedimiento

- Las muestras por su tamaño se cortaron en rodajas de 2 a 3 mm de grosor.
- Sobre una bandeja de aluminio se colocaron las muestras y se obtuvo un primer peso denominado peso inicial.
- Las bandejas con muestras se introdujeron en la estufa de aire circulante, con una temperatura de 70°C durante 24 horas.
- Se retiraron las bandejas de la estufa y se colocaron en un desecador para reducir su temperatura durante 30 minutos.
- Se realizó el segundo pesaje y se registran los valores en la bitácora de procedimientos, ver cuadro A-2.
- La determinación del porcentaje de humedad parcial se obtuvo calculando la diferencia de peso en las muestras antes y después del secado, ver ecuación 1.

Ecuación 1

$$\% \text{ de Humedad parcial} = \frac{\text{Pérdida de peso (g)}}{\text{Peso de muestra (g)}} \times 100$$

Pérdida de peso = (Peso de muestra antes de secar) – (Peso de muestra después de secar).

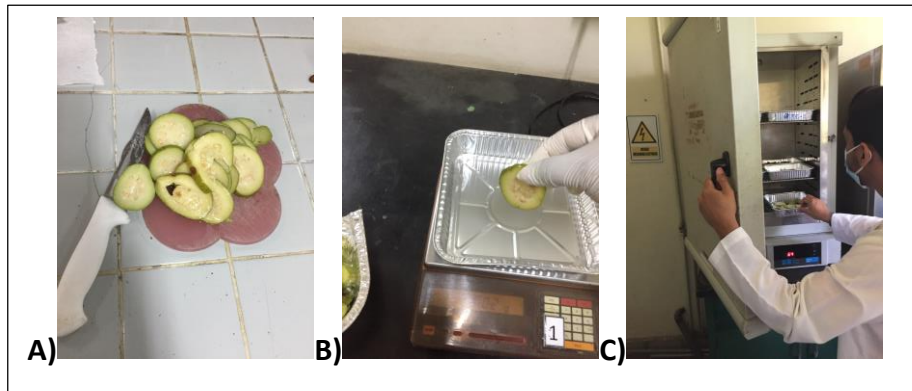


Figura 2. Humedad parcial: A) homogenización de la muestra, B) pesaje de muestra y C) estufa de aire circulante.

Humedad total. El agua se elimina por calentamiento de la muestra en una estufa de vacío a temperatura de 105 °C durante cinco horas y presión de 100 mm de Hg.

Procedimiento

- Las muestras a las que se le realizó humedad parcial fueron trituradas en un molino de cuchillas para obtener una muestra con partículas muy finas y homogéneas.
- En una caja de aluminio previamente tarada y anotado su peso, se agregó ± 4 gramos de muestra se registró el peso en la bitácora de procedimientos.
- La caja de aluminio con muestra se introdujo en la estufa de vacío, durante 5 horas a una temperatura de 105°C y presión de 100 mm de Hg.
- La humedad total se obtiene por la diferencia de peso entre el peso inicial de muestra más caja y el peso final de muestra más caja. Ver ecuación 2.
- La muestra obtenida se almacena herméticamente, esta sirvió de material para diferentes análisis, en el cuadro A-3 se muestra la bitácora de procedimiento para la determinación de humedad total.

Ecuación 2.

$$\% \text{ de Humedad total} = \frac{\text{Pérdida de peso (g)}}{\text{Peso de muestra (g)}} \times 100$$

- Pérdida de peso = (Peso de caja con muestra antes de secar) – (Peso de caja con muestra después de secar). Peso de muestra = (Peso de caja con muestra – Peso de caja vacía)

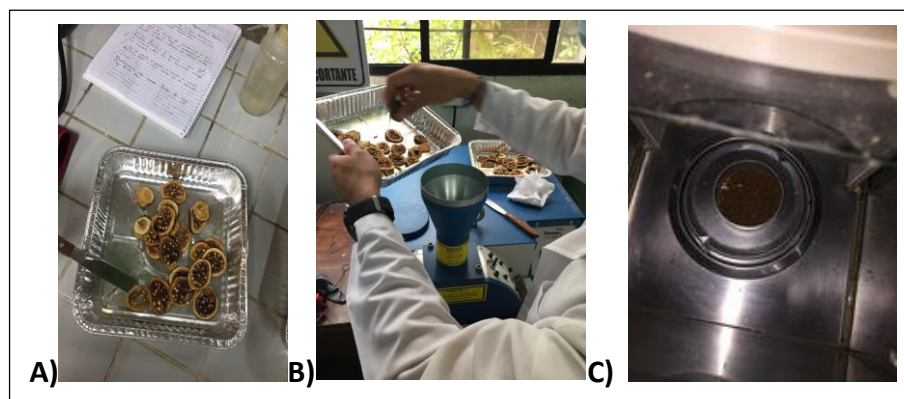


Figura 3. Determinación de humedad total: A) muestra resultante de la humedad parcial B) molido de la muestra y C) peso de muestra.

Determinación de cenizas. La muestra es calcinada en un horno de mufla a temperatura de 550 °C por un período de dos horas, para quemar todo el material orgánico quedando solo el material inorgánico llamado ceniza.

Procedimiento

- En un crisol limpio, seco, identificado y previamente pesado, en el crisol tarado se pesó 2.0 gramos de muestra a la que se le determinó humedad parcial y se registró el peso inicial.
- Se colocó el crisol en el horno de mufla el cual se programó para alcanzar una temperatura de 550 °C durante dos horas, el proceso de calcinación duro en total de cinco horas, este fue el tiempo necesario para obtener un material de color blanco o grisáceo, eliminando cualquier punto negro, lo cual se asume como presencia de materia orgánica.
- Los crisoles fueron retirados del horno mufla y almacenados en desecadores para enfriarlos hasta una temperatura ambiente y pesados, los pesos se registraron en la bitácora de procedimiento ver cuadro A-4.
- La determinación del porcentaje de cenizas se realizó mediante la ecuación 3.
- Estas cenizas fueron utilizadas posteriormente para la determinación de minerales presentes en las muestras.

Ecuación 3.

$$\% \text{ de ceniza} = \frac{\text{Peso de ceniza (g)}}{\text{Peso de muestra (g)}} \times 100$$

Peso de muestra = (peso de crisol con muestra – peso de crisol vacío)

Peso de ceniza = (peso de crisol con muestra después de incinerar – peso de crisol vacío)

Determinación de extracto etéreo. El éter se evapora y se condensa continuamente y al pasar a la muestra, extrae materiales solubles. El extracto se recoge en un matraz o balón volumétrico (previamente pesado) y cuando el proceso se completa, el éter se destila y se

recolecta en otro recipiente y la grasa cruda que queda en el recipiente que se seca y se pesa.

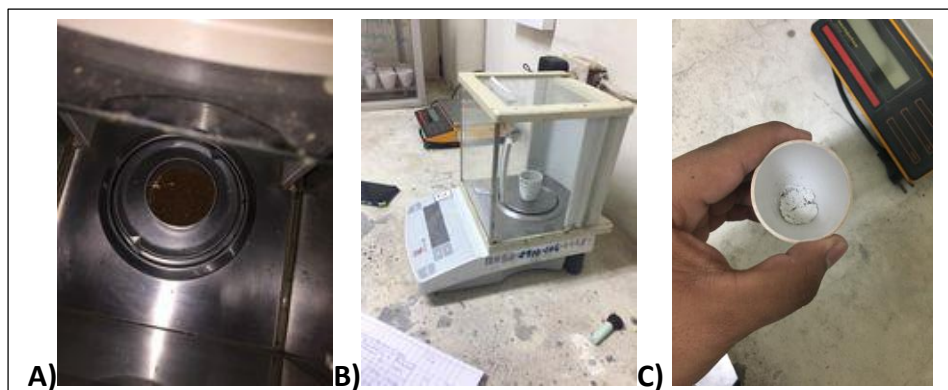


Figura 4. Determinación de cenizas: A) muestra a la que se determinó humedad total, B) peso de muestra en crisol y C) resultado de la calcinación.

Procedimiento

- Sobre papel filtro corriente se pesaron dos gramos de muestra (este valor se denomina peso de muestra).
- El papel filtro se dobló de manera que la muestra quede en el interior del papel y no se salga, se introduce la muestra en el dedal y se cubrió con algodón. Esto para logra que el éter se distribuya de manera uniforme en la muestra.
- De los balones previamente lavados con detergente, identificados y secados a 105°C por 2 horas, se pesaron (tomándolos con pinzas o guantes) y se registró su peso como peso de balón vacío.
- Se colocó el dedal con la muestra en el recipiente para muestras (corneta) del extractor de Soxhlet, el balón se fijó bajo el condensador de aparato de extracción Soxhlet.
- Se agregaron 200 mililitros de éter de petróleo al 35 % en la corneta. El tiempo de extracción fue de ocho horas, con un flujo de cinco a seis gotas por segundo. Se realizaron revisiones en la cristalería para identificar fugas de vapor de éter durante la condensación.
- Luego de transcurrido el tiempo se desmonto el extractor y el balón se secó en una estufa a 100°C durante 30 minutos, se deja enfriar a temperatura ambiente y se registró el peso en la bitácora de procedimiento ver cuadro A-5

Ecuación 4

$$\% \text{ Extracto Etéreo} = \frac{\text{Peso de Extracto Etéreo}}{\text{Peso de muestra}} \times 100$$

Peso de muestra = (Peso papel filtro más muestra) - (Peso papel filtro vacío).

Peso de extracto etéreo = (Peso de frasco más extracto etéreo) - (peso de frasco vacío).

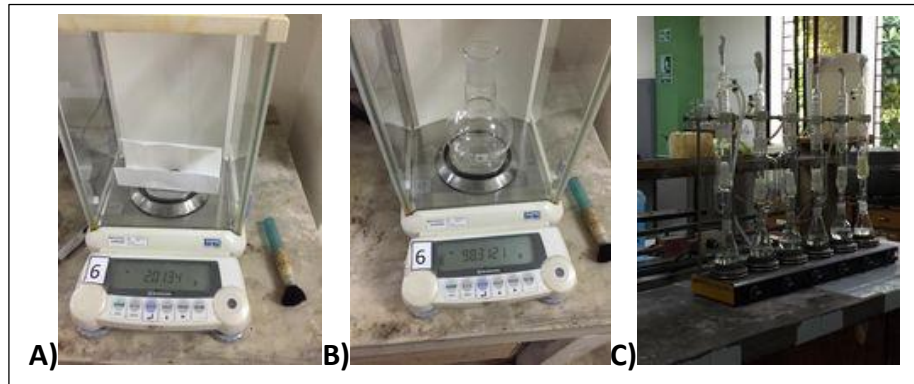


Figura 5. Determinación de extracto etéreo: peso de muestra sobre papel filtro, B) peso de balón y C) aparato Soxhlet.

Determinación de fibra cruda. La Fibra cruda es la pérdida de masa que corresponde al residuo orgánico que queda después de una primera digestión con solución de ácido sulfúrico de concentración al 0.255 N y una segunda digestión con hidróxido de sodio al 0.3125 N en condiciones específicas (muestra previamente desengrasada).

Procedimiento

- El material obtenido en la determinación de extracto etéreo fue utilizado como muestra para este proceso.
- Para este análisis se hizo uso de bolsas Ankom F57, las cuales se pesaron y registro su peso, las bolsa fueron identificadas con un numero correlativo asignado a cada muestra.
- En cada las bolsa Ankom se pesó 0.5 gramos de material para cada muestra, las bolsas fueron selladas haciendo de una selladora térmica, tomando en consideración un margen de cero punto cinco centímetros en el borde superior de la bolsa.

- Las muestras se colocaron en la cesta del digestor, se colocaron tres bolsas por canasta del suspendedor del digestor el cual se introdujo en el equipo y se colocó sobre la última canasta un contrapeso, manteniendo sumergido el suspendedor.
- En la cámara del digestor se añadieron 2 litros de ácido sulfúrico 0.255 N y se cerró herméticamente el digestor para iniciar con la digestión acida durante 45 min.
- Después de transcurridos 45 min, se dejó de aplicar calor en el digestor y se drenó todo el líquido alojado en la cámara del digestor, y se agregó dos litros de agua destilada caliente (90°C a 100°C) y se dejó mezclar durante 5 minutos (este paso se realizó 3 veces seguidas)
- Se añadió dos litros de solución de hidróxido de sodio a 0.3125 N en la cámara del digestor y se cerró herméticamente el digestor e inicio la digestión alcalina durante 45 minutos.
- Después de transcurridos 45 min, se dejó de aplicar calor en el digestor y se drenó todo el líquido alojado en la cámara del digestor, y se agregó dos litros de agua destilada caliente (90°C a 100°C) y se dejó mezclar durante 5 minutos (este paso se realizó 3 veces seguidas)
- Se añadió dos litros de solución de hidróxido de sodio a 0.3125 N en la cámara del digestor y se cerró herméticamente el digestor e inicio la digestión alcalina durante 45 minutos.
- Se retiraron las bolsas del digestor y se sumergieron en un recipiente con acetona hasta cubrirse completamente (se hizo con el objeto de disolver cualquier remanente que pueda interferir el análisis).
- Sobre una bandeja metálica se colocaron las bolsas hasta que el olor a acetona desaparezca.
- La bandeja con bolsas se introdujo en una estufa a 100° C.
- Las bolsas previamente secadas se tomó el peso final y se registró en la bitácora de procedimientos, ver cuadro A-6.
- La determinación del porcentaje de fibra cruda se realizó mediante la ecuación 5.

Ecuación 5

$$\% \text{ Fibra Cruda} = \frac{\text{Peso de bolsa con muestra después de digestión} - \text{Peso de bolsa vacía}}{\text{Peso de muestra}} \times 100$$

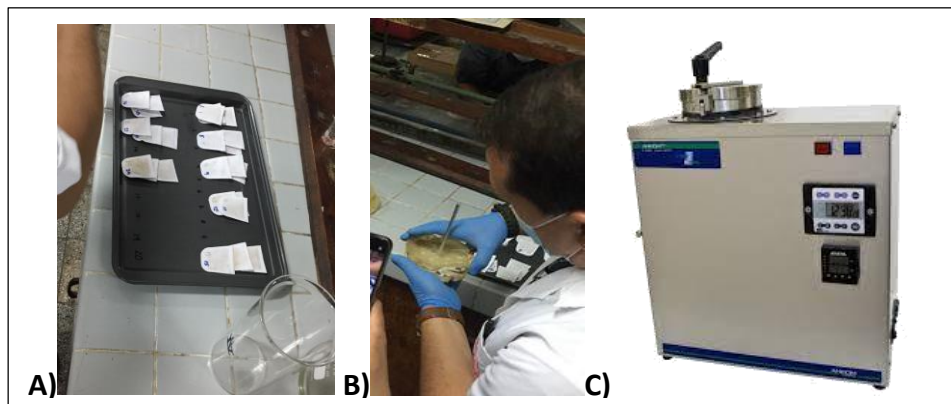


Figura 6. Determinación de fibra cruda: A) peso de muestra en bolsas de filtro de fibra y C) analizador de fibra ANKOM 200.

Determinación de proteína cruda. El método utilizado fue el Kjeldahl, donde se cuantifica en primer momento el nitrógeno en una muestra alimenticia que posteriormente es convertido a su equivalente en proteína al ser multiplicado por un factor. Esta se desarrolla en 3 etapas:

- **Digestión:** se pesó aproximadamente cero punto un gramo de muestra y se colocó en un tubo tecator de capacidad de 250 mililitros; luego se adiciono 6.0 ml de H_2SO_4 concentrado y 3.0 gramos de mezcla de catalizadores (sulfato de potasio y sulfato de cobre pentahidratado) se homogenizó el contenido en el tubo tecator durante cinco minutos. Se colocó el tubo en el digestor Kjeldhal, y se procedió en el armado del sistema de extracción de vapores y se inició la digestión, cuando el contenido en el tubo se observó transparente, fue indicador del fin de la digestión.
- **Destilación:** se agregó 80 mililitros de agua destilada en el tubo tecator luego de la digestión, en un Erlenmeyer de 250 mililitros se agregó 25 mililitros de la mezcla de ácido bórico al cuatro por ciento e indicadores verde de bromocresol y rojo de metilo. Se colocó el tubo tecator y el beaker en el destilador y este se programó para que

agregara 60 mililitros de hidróxido de sodio en un tiempo de cinco minutos. Se observó un cambio de coloración de rojo a verde, indicando el final de la destilación.

- **Titulación:** el destilado obtenido se titula utilizando como valorante ácido clorhídrico en concentración aproximada de cero punto un normal. El punto final de la titulación se observa por un cambio de color de verde a rojo, la determinación del porcentaje de proteína se obtuvo mediante las ecuaciones 6 y 7, en el cuadro A-7 se muestra la bitácora de procedimientos.

Ecuación 6

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{(\text{Volumen de HCl en ml}) \times N \text{ de HCl} \times 0.014 \times 100}{\text{Peso de muestra (g)}}$$

0.014 = Mili equivalente del nitrógeno.

Ecuación 7

% de proteína cruda= % nitrógeno x 6.25

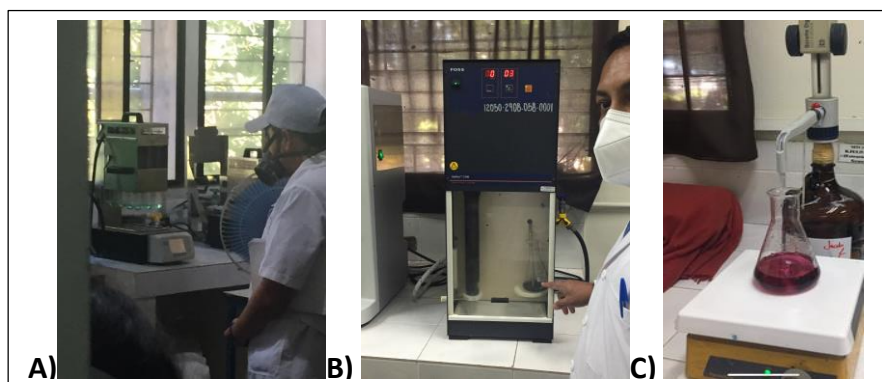


Figura 7. Determinación de % de nitrógeno: A) digestión, B) destilación y C) titulación.

Determinación de carbohidratos solubles o extracto libre de nitrógeno (E.L.N)

Esta fracción es calculada con base en las otras determinaciones, mediante la ecuación 8.

Ecuación 8

$$\% \text{ Carbohidratos} = 100 - (\% \text{ CZ} + \% \text{ PC} + \% \text{ EE} + \% \text{ FC})$$

CZ: Cenizas

PC: Proteína Cruda

EE: Extracto Etéreo

FC: Fibra Cruda

5.4. Cuantificación de minerales

Solubilización de cenizas para la determinación de minerales. La ceniza se trata con ácido clorhídrico concentrado y agua destilada. Se agita y calienta cerca del punto de ebullición. Después se filtra a través de un papel filtro libre de cenizas quedando en el filtrado los minerales; y en el papel filtro sílice (AOAC 1980).

Procedimiento

- La ceniza contenida en el crisol fue humedecida con agua destilada.
- La ceniza humedecida se le agregó 5 ml de HCl al 37%, luego se agregó 20 ml de agua destilada.
- El crisol se colocó sobre un hot plate y se calentó a 80°C logrando evaporar a la mitad el líquido y evitando la ebullición del mismo.
- Cuando se redujo el volumen se agregó 10 ml de agua destilada y se llevó a 90°C durante 15 minutos y dejar enfriar.
- Se realizó el filtrado del contenido de cenizas en el crisol haciendo uso del papel whatman n° 42, agitador, embudo de vidrio y un balón volumétrico para recibir el líquido filtrado.
- Después de agregar todo el contenido del crisol se realizaron pequeños lavados del crisol para arrastrar el sedimento en su totalidad.
- El balón con el líquido filtrado se aforo con agua destilada hasta un volumen de 100ml.
- El balón aforado se selló con papel parafilm, se identificó con el tipo de muestra y se almaceno en refrigeración.

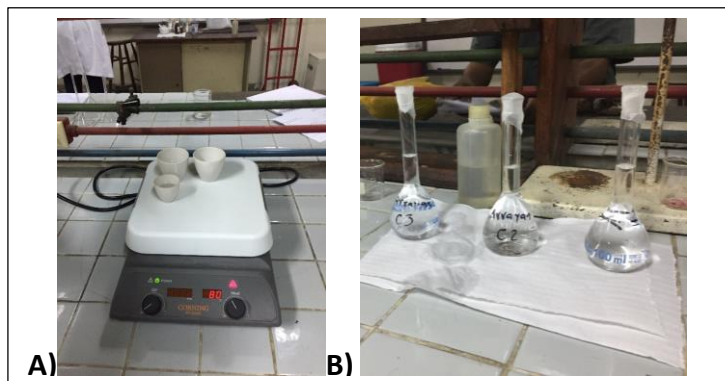


Figura 8. Solubilización de cenizas: A) vía seca con ácido clorhídrico y B) filtrado obtenido.

Cuantificación de fósforo por el método de espectrofotometría. El método de análisis para determinar fósforo consiste en una extracción del elemento con una solución acuosa. Una vez extraído, el fósforo se determina con el método colorimétrico del Vanadato-Molibdato de Amonio (AOAC 1980).

Estándar de fósforo

Partiendo de la solución madre de 1,000 ppm de fósforo, se preparó una solución stock de 100 ppm.

Curva de calibración en fósforo

De la solución stock, se prepararon los siguientes estándares mediante dilución: 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm y 20 ppm. Los estándares son registrados en el espectrofotómetro y así generar el grafico de Lamber y Beer para la cuantificación de analito.

Acondicionamiento de muestra y lectura en espectrofotómetro de luz UV-visibles.

- Se tomó una alícuota de cinco mililitros de la solución de cenizas y se depositó en un tubo de ensayo.
- Se agregó dos mililitros de la solución de molibdato-vanadato en el tubo de ensayo con la solución de ceniza.
- luego se realizó una dilución de 1/25 mililitros. Se agitó hasta homogenizar la solución y se dejó en reposo durante 30 minutos.

- La lectura se realizó a una longitud de onda de 420 nm, para ajustar en cero la absorbancia del equipo en necesario utilizar un blanco en nuestro caso utilizamos agua destilada.
- La cuantificación de fosforo se realiza haciendo uso del grafico de lamber y Beer y la ecuación 9, en el cuadro A-8 se presenta la bitácora de procedimiento.

Ecuación 9

$$C_{mx} = \frac{A_{mx} * C_{st}}{A_{st}} * FD$$

Donde:

CMx: Concentración de la muestra.

AMx: Absorbancia de la muestra.

CSt: Concentración del estándar.

ASt: Absorbancia del estándar.

FD: Factor de Dilución de la muestra.

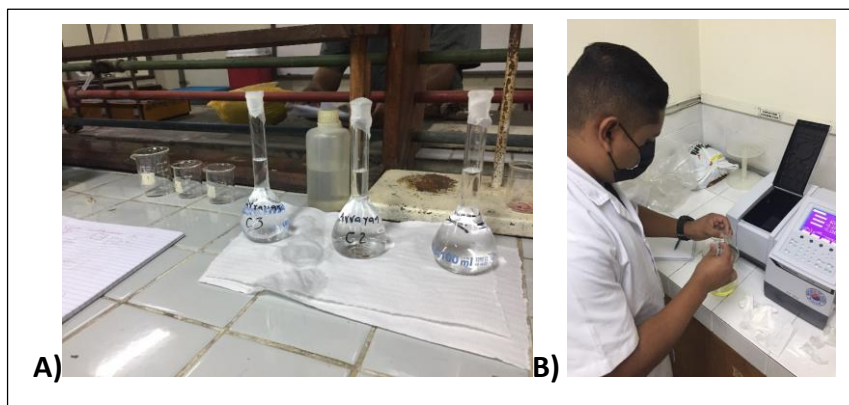


Figura 9. Cuantificación de fosforo: A) solución madre y B) Lectura de muestra en equipo UV-1280.

Determinación de minerales por el método de espectrofotometría de absorción atómica de llama. (Método AOAC 985.35). Al suministrar una determinada cantidad de energía a un átomo cualquiera en estado fundamental, esta es absorbida por el átomo de tal forma que se incrementará el radio de giro de sus electrones de la capa externa llevando el átomo a un nuevo estado energético que se llama excitado. Cuando el átomo vuelve a su estado fundamental cede una cantidad de energía cuantitativamente idéntica a su energía de excitación, emitiendo radiaciones a longitudes de onda determinadas.

Los átomos en estado fundamental se encuentran con las radiaciones que ellos mismos son capaces de emitir, se produce una absorción de la misma, pasando los átomos del estado fundamental al excitado. El fenómeno de absorción de radiaciones a determinadas longitudes de onda en el caso particular en que el medio absorbente sean los átomos en estado fundamental, se conoce como espectroscopia de absorción atómica.

Cuantificación de calcio (Ca)

Preparación del blanco:

- Agregar en un balón volumétrico de 100 ml, 5.0 ml de ácido clorhídrico concentrado y 6.0 ml de solución de lantano (50 g/L), se llevó a un volumen de 100 ml con agua destilada y homogenizo.
- Colocar esta solución en el equipo de Absorción Atómica y leer. El valor obtenido se utilizó para la corrección del valor en la medición de la muestra.

Preparación de soluciones Estándar

- A partir de la solución madre de calcio de 1000 ppm Ca, se preparó una solución stock de 100 ppm.
- A partir de la solución stock, se hicieron las diluciones necesarias para obtener soluciones estándar de 0.3, 2.0, 3 y 6.0 ppm Ca.

Muestra

- Se tomó una alícuota con pipeta de 25.0 ml del filtrado obtenido en la Solubilización de cenizas de la muestra a un balón volumétrico de 100 ml, se agregó 6.0 ml de solución de Lantano (50 g/L).
- Para calcio se realizó una dilución de la muestra de 5/10 ml.

- La muestra se colocó en el equipo de Absorción Atómica y se realizó la lectura, los valores se registraron en la bitácora de procedimiento presentada en el cuadro A-9.

Cuantificación de magnesio (Mg)

Preparación del blanco:

- Agregar en un balón volumétrico de 100 ml, 5.0 ml de ácido clorhídrico concentrado y 6.0 ml de solución de lantano (50 g/L), se llevó a volumen de 100 ml con agua destilada y homogenizo.
- Colocar esta solución en el equipo de Absorción Atómica y leer. El valor obtenido se utilizó para la corrección del valor en la medición de la muestra.

Preparación de soluciones Estándar

- A partir de la solución madre de calcio de 1000 ppm Mg, se preparó una solución stock de 100.0 ppm.
- A partir de la solución stock, se hicieron las diluciones necesarias para obtener soluciones estándar de 0.1, 0.25, 0.5 y 1.0 ppm Mg.

Muestra

- Se tomó una alícuota con pipeta de 25.0 ml del filtrado obtenido en la solubilización de cenizas de la muestra a un balón volumétrico de 100 ml, se agregó 6.0 ml de solución de Lantano (50 g/L).
- Para magnesio se realizó una primera dilución de la muestra de 5ml/10 ml y una segunda dilución de 5ml/10 ml.
- La muestra se colocó en el equipo de Absorción Atómica y se realizó la lectura los valores se registraron en la bitácora de procedimiento ver cuadro A-10.

Cuantificación de hierro (Fe)

Preparación del blanco:

- Agregar en un balón volumétrico de 100 ml, 5.0 ml de ácido clorhídrico concentrado se llevó a volumen de 100 ml con agua destilada y homogenizo.

- Colocar esta solución en el equipo de Absorción Atómica y leer. El valor obtenido se utilizó para la corrección del valor en la medición de la muestra.

Preparación de soluciones Estándar

- A partir de la solución madre de calcio de 1000 ppm Fe, se preparó una solución stock de 100 ppm.
- A partir de la solución stock, se hicieron las diluciones necesarias para obtener soluciones estándar de 0.1, 0.25, 0.5 y 1.0 ppm Fe.

Muestra

- Se tomó una alícuota con pipeta de 25.0 ml del filtrado obtenido en la solubilización de cenizas de la muestra a un balón volumétrico de 100 ml, se agregó 6.0 ml de solución de Lantano (50 g/L).
- La muestra se colocó en el equipo de Absorción Atómica y se realizó la lectura y se registró en la bitácora de procedimiento, ver cuadro A-11.

Cuantificación de zinc (Zn)

Preparación del blanco:

- Agregar en un balón volumétrico de 100 ml, 5.0 ml de ácido clorhídrico concentrado se llevó a volumen de 100 ml con agua destilada y homogenizo.
- Colocar esta solución en el equipo de Absorción Atómica y leer. El valor obtenido se utilizó para la corrección del valor en la medición de la muestra.

Preparación de soluciones Estándar

- A partir de la solución madre de calcio de 1000 ppm Zn, se preparó una solución stock de 100 ppm.
- A partir de la solución stock, se hicieron las diluciones necesarias para obtener soluciones estándar de 0.05, 0.1, 0.5 y 1.0 ppm Zn.

Muestra

- Se tomó una alícuota con pipeta de 25.0 ml del filtrado obtenido en la solubilización de cenizas de la muestra a un balón volumétrico de 100 ml, se agregó 6.0 ml de solución de Lantano (50 g/L).
- La muestra se colocó en el equipo de Absorción Atómica y se realizó la lectura y se registró en la bitácora de procedimiento, ver cuadro A-12.

Cuantificación de sodio (Na)

Preparación del blanco:

- Agregar en un balón volumétrico de 100 ml, 5.0 ml de ácido clorhídrico concentrado se llevó a volumen de 100 ml con agua destilada y homogenizo.
- Colocar esta solución en el equipo de Absorción Atómica y leer. El valor obtenido se utilizó para la corrección del valor en la medición de la muestra.

Preparación de soluciones Estándar

- A partir de la solución madre de calcio de 1000 ppm Na, se preparó una solución stock de 100 ppm.
- A partir de la solución stock, se hicieron las diluciones necesarias para obtener soluciones estándar de 0.05, 0.1, 0.5, y 1.0 ppm Na.

Muestra

- Se tomó una alícuota con pipeta de 25.0 ml del filtrado obtenido en la solubilización de cenizas de la muestra a un balón volumétrico de 100 ml, se agregó 6.0 ml de solución de Lantano (50 g/L).
- Se realizó una dilución de 1ml/100 ml.
- La muestra se colocó en el equipo de Absorción Atómica se realizó la lectura y registro en la bitácora de procedimiento ver cuadro A-13.

Cuantificación de potasio (K)

Preparación del blanco:

- Agregar en un balón volumétrico de 100 ml, 5.0 ml de ácido clorhídrico concentrado se llevó a volumen de 100 ml con agua destilada y homogenizo.

- Colocar esta solución en el equipo de Absorción Atómica y leer. El valor obtenido se utilizó para la corrección del valor en la medición de la muestra.

Preparación de soluciones Estándar

- A partir de la solución madre de calcio de 1000 ppm K, se preparó una solución stock de 100 ppm.
- A partir de la solución stock, se hicieron las diluciones necesarias para obtener soluciones estándar de 0.1, 0.25, 0.5, y 1.0 ppm K.

Muestra

- Se tomó una alícuota con pipeta de 25.0 ml del filtrado obtenido en la solubilización de cenizas de la muestra a un balón volumétrico de 100 ml, se agregó 6.0 ml de solución de Lantano (50 g/L).
- Se realizó una dilución de 1ml/1000 ml.
- La muestra se colocó en el equipo de Absorción Atómica se realizó la lectura y se registró en la bitácora de procedimiento ver cuadro A-14.

Parámetros de lectura para la determinación de minerales por el método de espectrofotometría de absorción atómica de llama.

Cuadro 3. Parámetros de lectura para la cuantificación de minerales en muestras de arrayán.

| Resumen de parámetros de lectura de minerales en AA-Llama (Fe, Na, K, Zn, Ca, Mg) | | | | | |
|---|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------------|
| Elemento | Estándar 1 (ppm) | Estándar 2 (ppm) | Estándar 3 (ppm) | Estándar 4 (ppm) | Longitud de onda (nm) |
| Calcio | 0.3 | 1.0 | 3.0 | 6.0 | 422.7 |
| Magnesio | 0.1 | 0.3 | 0.5 | 1.0 | 285.0 |
| Zinc | 0.1 | 0.1 | 0.5 | 1.0 | 213.9 |
| Hierro | 0.3 | 1.0 | 3.0 | 6.0 | 248.3 |
| Sodio | 0.1 | 1.0 | 0.5 | 1.0 | 589.0 |
| Potasio | 0.1 | 0.3 | 0.5 | 1.0 | 766.5 |

Fuente: 2 elaboración propia



Figura 10. Equipo de absorción atómica utilizado para la determinación de minerales .

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Análisis bromatológico

Contenido de humedad. El contenido de humedad en las muestras analizadas se determinó en dos fases, humedad parcial y humedad total o ligada. La suma de estos valores nos dio como resultados el contenido de humedad de las muestras de arrayán. En la figura 11 se presentan los valores correspondientes al contenido de humedad en las muestras de arrayán.

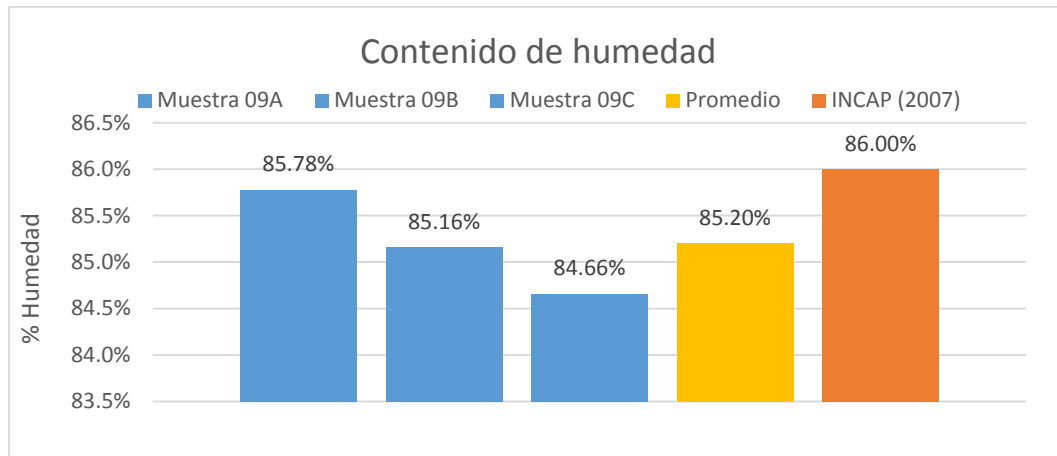


Figura 11. Contenido de humedad en muestras de arrayán.

El promedio obtenido fue de 85.20% este valor es mayor a los promedios presentados en los estudios realizados por: Morton J. (1987) 83.15% y Mitra S. (2012) 83.20%. Estos promedios comparados con los valores de referencia del INCAP (2007) 86.5% son menores.

Contenido de cenizas. Las muestras luego de ser calcinada para eliminar el contenido orgánico en las muestras de arrayán, se obtuvieron los resultados presentados a continuación en la figura 12.

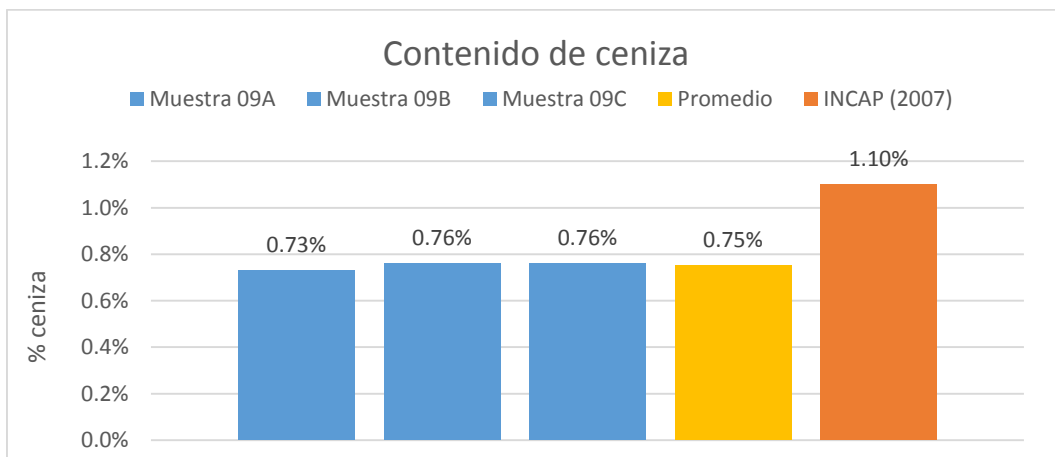


Figura 12. Contenido de cenizas en muestras de arrayán.

Para el valor para ceniza reportado por el INCAP (2007) fue de 1.1%. Este valor es mayor al resultado promedio obtenido en las muestras de arrayán de la EEP, el cual fue de 0.75%. Este valor es menor que el valor reportado por Morton J. (1987) de 0.80%. Para esta determinación Mitra S. (2012) no presentó resultados.

Proteína cruda. En la figura 13 se presentan los resultados obtenidos en el análisis de proteína cruda en muestras de arrayán los cuales fueron comparados con los valores referencia prestados en la tablas de composición del INCAP (2007).

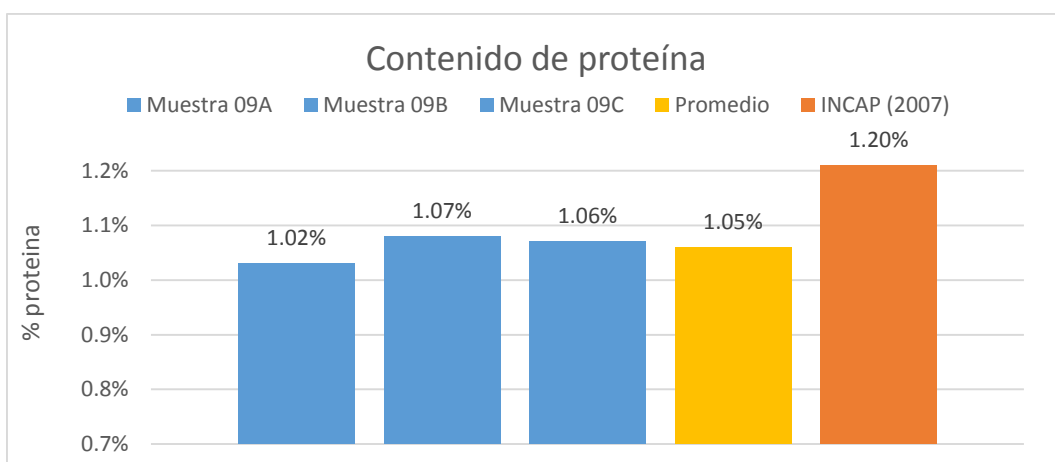


Figura 13. Proteína en muestra de arrayán.

Al comparar el promedio de las muestras analizadas de 1.05%, este valor es mayor al promedio obtenido en el estudio realizado por Morton J. (1987) 0.83%, en cultivos establecidos en Guatemala, las muestras analizadas por Carabalí A. (1989) en 0.80%. El valor presentado por Mitra S. (2012) 0.82%. Al comparar estos promedios con el valor de referencia de 1.2% presentado en las tablas del INCAP (2007) son menores. Se puede observar que nuestro análisis obtuvo el valor más cercano al valor de referencia del INCAP.

El valor dietético diaria recomendado para el nutriente proteína es de aproximadamente 50 g en personas mayores de 18 años (FDA 2020). Al consumir 2 frutos de arrayan de pesos promedio de 50 g se suple el requerimiento diario en un 2.1%.

Extracto etéreo. Los valores obtenidos en el análisis de extracto etéreo en muestras de arrayan y el valor de referencia del INCAP, se muestran en la figura 14.

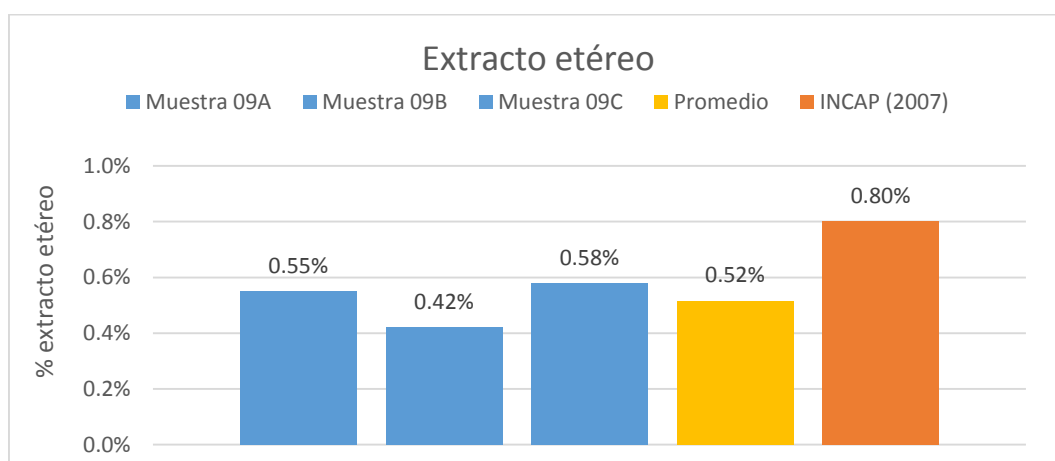


Figura 14. Extracto etéreo obtenido en muestras de arrayán.

En contenido de grasa en las muestras analizadas fue de 0.52%, dicho valores es mayor los promedios reportados por: Mitra S. (2012) con un valor de 0.44% y Morton J. (1987) con un valor de 0.45% E.E. Estos promedios son menores al ser comparados con los valores de referencia de INCAP (2007) 0.80%. Este valor fue idéntico en el estudio realizado en Colombia por Carabalí A. (1989) 0.80% E.E. La cantidad dietética recomendada para el

nutriente grasa es de 78 g para personas mayores de 18 años. El consumo de 100g de arrayán aporta menos del 1% de grasa de la recomendación de ingesta diaria (FDA 2020).

Fibra cruda. El contenido promedio de fibra cruda obtenido en el análisis realizado por el método Ankom, se presentan en la figura 15. Para este parámetro el INCAP (2007) no proporciona un valor de referencia, por lo que se presentan datos de los autores: Morton J. (1987), Carabalí A. (1989).

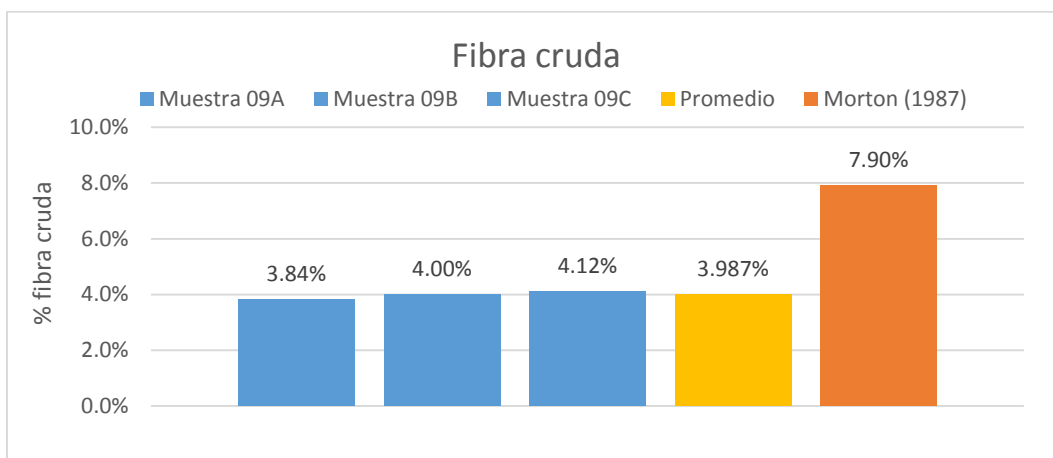


Figura 15. Fibra cruda en muestras de arrayán.

Morton J. 1987. Reporta un valor de 7.90%, Carabalí A. (1989) en su estudio reporto un valor de 4.6%. Estos promedios son mayores que los resultados obtenido en la determinación en muestras de la EEP 3.99%. El FDA (2020) determina un valor de ingesta diaria para fibra de 28g para personas mayores de 18 años, el consumo de 100 g de fruto de arrayán aporta un 14.24% al valore de ingesta diario.

Carbohidratos. Con los parámetros anteriores se hace la estimación del valor de carbohidratos, los resultados se presentan en la figura 16.

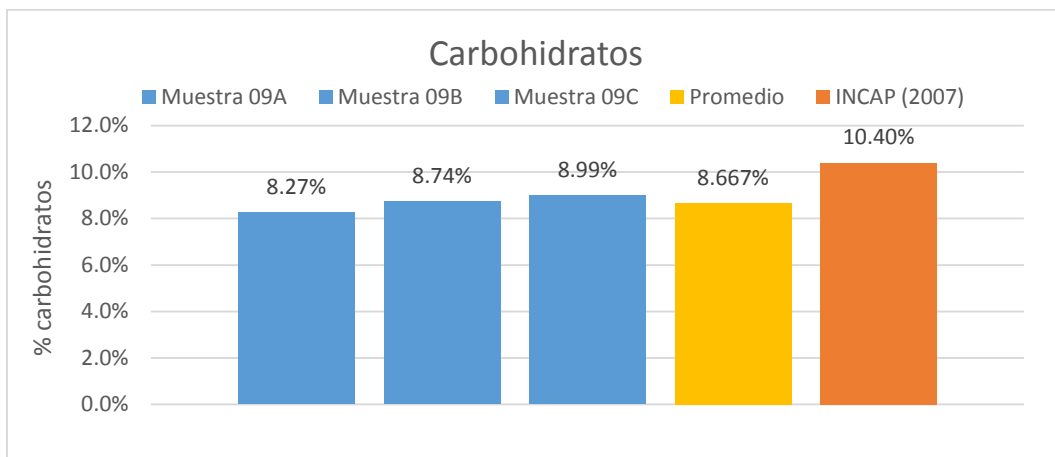


Figura 16. Carbohidratos totales en muestras de arrayán.

El resultado obtenido en el parámetro de carbohidratos fue de 8.66%, este resultado es mayor comparado con los valores reportados por: Morton J. (1987) con un valor de 6.25% y Mitra S. (2012) presentando un valor de 6.20%. El valor de referencia es mayor, este valor fue reportado por el INCAP (2007) con un valor de 10.40%. Para personas mayores de 18 años el valor de ingesta diario para los carbohidratos es de 275 g, 100 g de fruto de arrayán aporta un 3.15% del valor diario recomendado.

6.2. Cuantificación de minerales

Cuantificación de fósforo. Los resultados obtenidos en la cuantificación del mineral fósforo y su promedio se presentan en la figura 17.

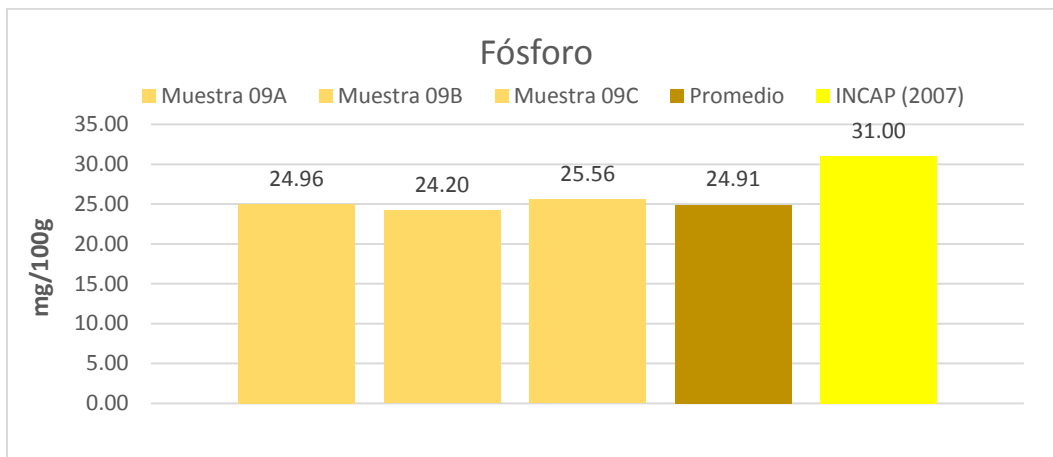


Figura 17 Contenido de fósforo en porción comestible de 100 g de arrayán.

El resultado promedio de fósforo en muestra fue de (24.91 mg), comparado con el valor de referencia presentado en las tablas nutricionales del INCAP (31.00 mg), presenta una pequeña variación, este elemento es el segundo más abundante en el cuerpo humano, esto debido a que forma parte de los huesos en asociación con el calcio, esta se presenta en todas las células y es un componente del material genético (ADN y ARN). El valor de ingesta diaria es de 1,250 mg (FDA 2020), en consumo de 100 g de arrayán aporta un aproximado de 2% del valor diario recomendado.

Cuantificación de calcio. La lectura de las muestras para la cuantificación del calcio se realizó en el equipo AA-7000, fue necesario hacer una segunda dilución de la muestra tomando una alícuota de 5 ml y llevándola a un volumen de 10 ml. Esto debido a la alta concentración del mineral en la solución madre.

Los resultados obtenidos en la determinación se presentan en la figura 18.

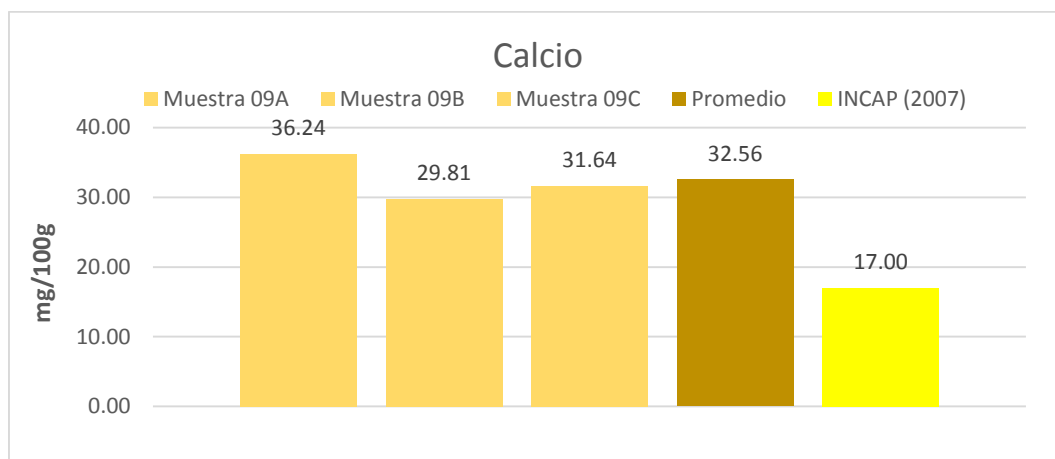


Figura 18 Contenido de calcio en porción comestible de 100 g de arrayán.

Al comparar los resultados obtenidos en las muestras de arrayán fue de 32.56 mg. Este valor fue mayor a valor reportado en las tablas nutricionales del INCAP (2007) 17 mg. El calcio es el elemento de mayor presencia en el cuerpo humano, su valor de ingesta diaria corresponde a 1,300 mg FDA (2020), con el consumo de 100 g de las muestras analizadas de arrayán presenta 2.5% del valor de ingesta diario para calcio reportado por el FDA (2020), para cumplir el requerimiento puede ser suplido a través de otras fuentes dentro de la dieta diaria.

Cuantificación de magnesio. En la determinación del contenido de magnesio se realizaron 2 diluciones, la primera dilución se tomó de la solución madre una alícuota de 5 ml y se llevó a un volumen de 10 ml, la segunda dilución fue partiendo de la primera dilución se tomó una alícuota de 5 ml y se llevó a un volumen de 10 ml., los resultados para las muestras analizadas se presentan en la figura 19.

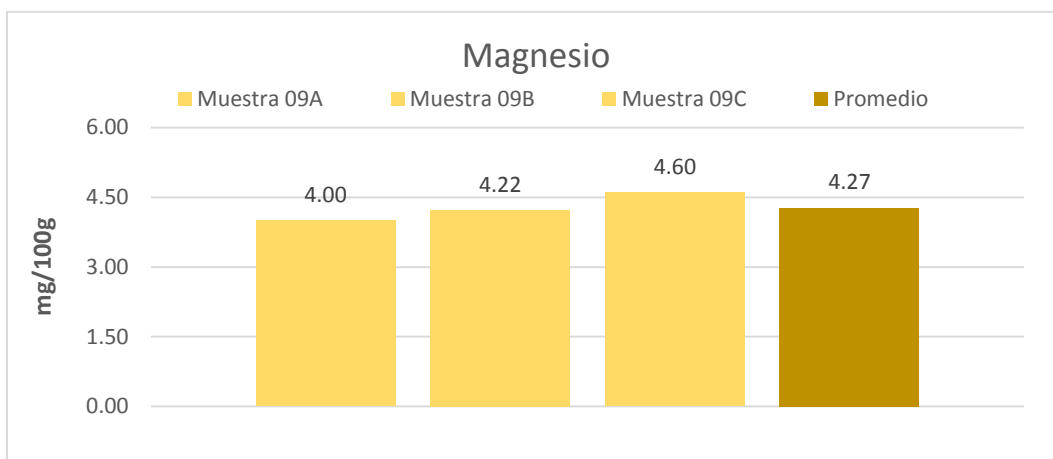


Figura 19 Contenido de magnesio en porción comestible de 100 g de arrayán.

Los estudios sobre el aporte de magnesio en frutos de arrayán (*Psidium friedrichsthalianum*) es nula. El valor promedio obtenido en la determinación de magnesio fue de 4.27 mg. El valor de ingesta diaria recomendada por la FDA (2020) es de 420mg, el consumo de 100 g de arrayán aporta un 1% del valor de ingesta recomendado, para dar cumplimiento a la recomendación de ingesta se debe suplirse a través de otras fuentes.

Cuantificación de hierro. La determinación de contenido de hierro en las muestras se realizó haciendo uso del equipo AA-7000 y las muestras fuere leídas de manera directa en una alícuota de la solución madre, los valores obtenidos para cada replica se muestran en la figura 20.

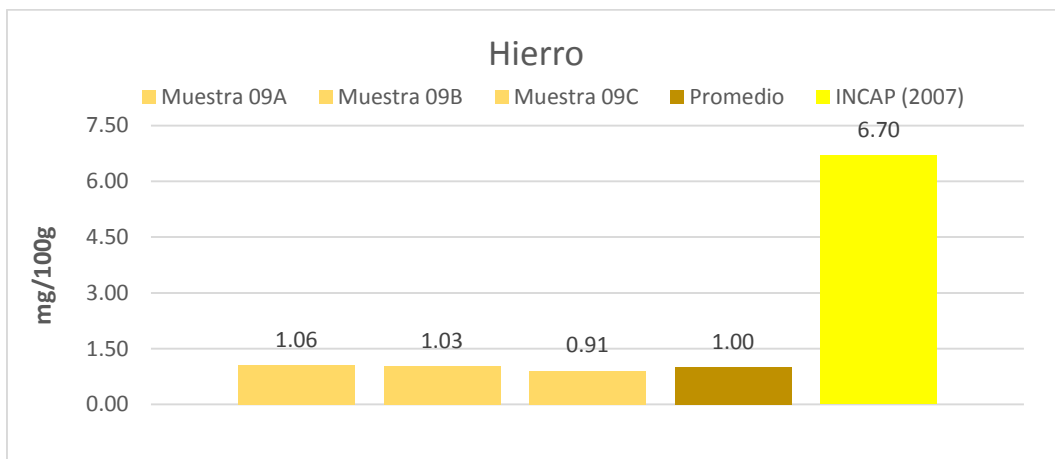


Figura 20 Contenido de hierro en porción comestible de 100 g de arrayán.

El valor promedio obtenido en las muestras analizadas fue de 1.00 mg, este valor es menor al reportado en las tablas nutricionales del INCAP (2007) con un valor de 6.70 mg. La recomendación de ingesta diaria presentada por la FDA (2020) para el mineral hierro es de 18mg, en consumo de 2 frutos de arrayán de pesos promedio de 50 a 60 g aporta un 5.5% del valor diario recomendado.

Cuantificación de zinc. La determinación de zinc se realizó tomando una alícuota de la solución madre y colocándola en el muestreador del equipo AA-7000, los resultados obtenidos y su promedio se presentan en la figura 21.

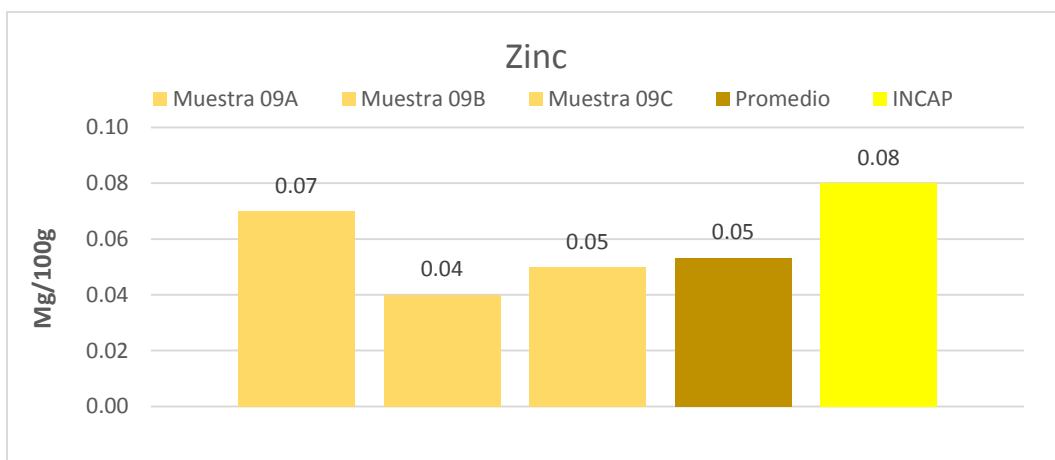


Figura 21 Contenido de zinc en porción comestible de 100 g de arrayán.

Los resultados obtenidos en las muestras analizadas para el mineral zinc fue de 0.05 mg. El valor de ingesta recomendada por la FDA (2020) para zinc es de 11mg, el consumo de arrayán de un peso aproximado de 100 g aporta menos del 1% al valor de ingesta recomendado. La información sobre estudios relacionados con el aporte de zinc en frutos de arrayán (*Psidium friedrichsthalianum*) es poca.

Cuantificación de sodio. Para la determinación del contenido de sodio haciendo uso de equipo AA-7000 en las muestras fue necesario hacer dilución a partir de la solución madre, tomando una alícuota de 1 ml y llevándola a un volumen de 100 ml y realizar la lectura en el equipo. Los valores de resultado para cada replica de las muestra se presentan en la figura 22.

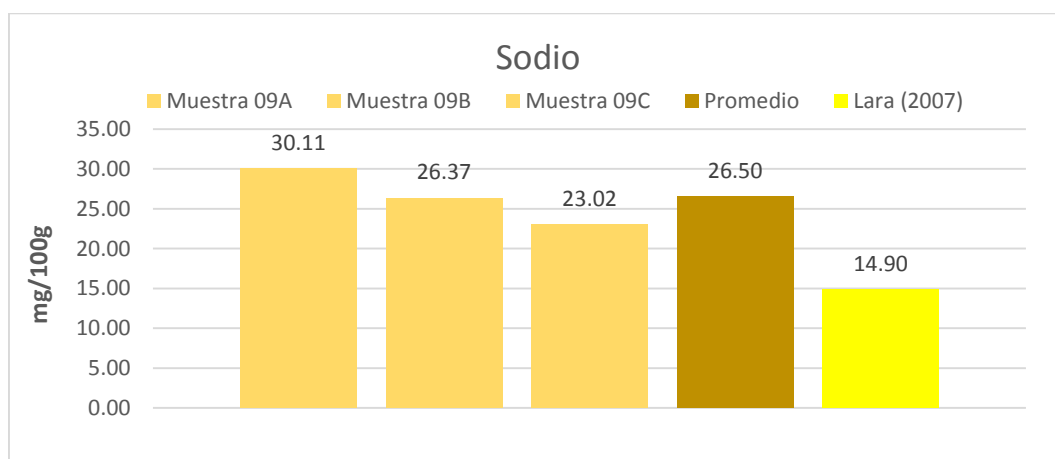


Figura 22 Contenido de sodio en porción comestible de 100 g de arrayán.

Las tablas nutricionales del INCAP (2007), no reportan un valor de referencia para sodio, Lara C. (2007), realizó la determinación y presento en siguiente valor 14.90 mg, el cual es inferior a nuestro resultado, el sodio tiene la función de balance ácido-base, transmisión de impulsos nerviosos, en los alimentos funciona como un conservante, por esta función tiene estrecha relación con el contenido de agua en los alimentos. El valor de ingesta diario

recomendado por el FDA (2020) para personas mayores de 18 años es de 2,300mg, el consumo de 100g de muestra aporta un 1.1% del valor de ingesta recomendado.

Cuantificación de potasio. Los resultados obtenidos en la cuantificación de potasio en muestras de arrayan se presentan en la figura 23.

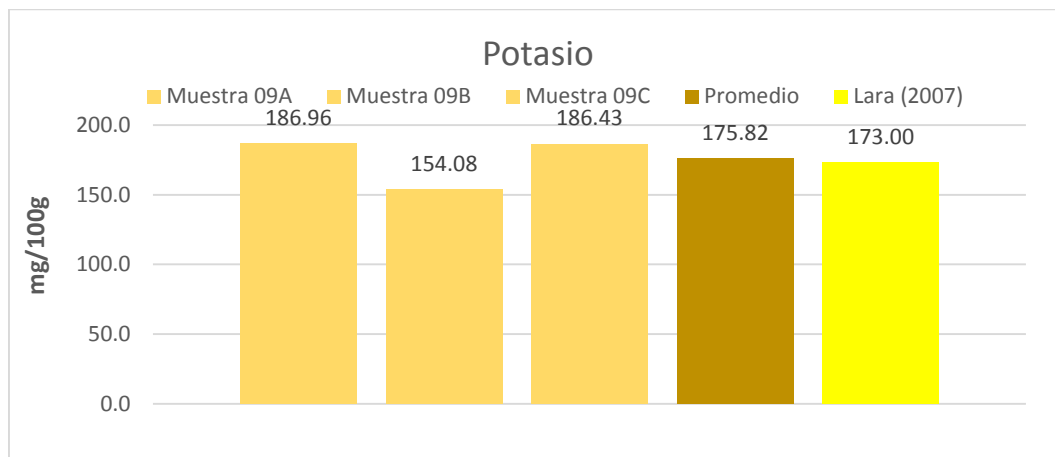


Figura 23 Contenido de potasio en porción comestible de 100 g de arrayan.

Los resultados obtenidos en la cuantificación de potasio presenta valores muy cercanos a los valores reportado por Lara C. (2007), el arrayán presenta un aporte significativo en el valor de ingesta diaria estimado en 4,700 mg (FDA 2020), el consumo de arrayán aporta un 3.7% al valor de ingesta diaria por cada 100g de fruto. Es un elemento asociado al sodio para mantener un buen funcionamiento de las células, funcionando como un regulador hidroelectrolítico, además de contribuir en la transmisión nerviosa y contracciones celulares.

8. CONCLUSIONES

- El análisis proximal realizado al fruto de arrayan presenta importante información sobre los componentes nutricionales contenidos en las muestras analizadas, la información puede utilizarse en la descripción nutricional del fruto y presenta una base de información para la aplicación de tecnologías de transformación y conservación del fruto arrayán.
- La disponibilidad de información sobre el contenido de minerales en arrayan en EL Salvador es poca o nula, los resultados obtenidos servirán como una base de referencia para investigaciones futuras, dada la importancia de la ingesta de minerales para el ser humano y la búsqueda constante de fuentes alternativas accesibles económicamente y de producción local.
- Los resultados obtenidos en el análisis proximal y la cuantificación minerales, comparados con los valores de referencia proporcionados por el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, son diferentes esto puede deberse, a las condiciones climáticas de las zonas de los cultivos, estado fisiológico del fruto durante el muestreo, manejo del cultivo y la variabilidad genética en los árboles.
- Según los resultados obtenidos, el potasio es el mineral que se encuentra en mayor concentración en el fruto de arrayan, sin embargo, todos los valores de los minerales obtenidos, aportan una cantidad mínima del valor de ingesta diaria para el humano.

9. RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio con mayor número de muestras, de manera que los resultados obtenidos tengan una mayor representatividad de toda el área cultivada.
- Procesar y evaluar el contenido nutricional en frutos de arrayán cultivado en parcelas con diferentes elevaciones sobre el nivel del mar y estado de madurez.
- Evaluar el contenido nutricional de la pulpa o frutos de arrayán que son sometidos a conservas, almibares u otro método de conservación, para identificar si algún método reduce o mejora los valores nutricionales.
- Cuando se realice un muestreo mantener una adecuada cadena de custodia para las muestras recolectadas, reduciendo al máximo la contaminación con materiales ajenos a las muestras.
- Manipular las muestras con utensilios previamente desinfectados y evitar el daño físico durante la recolección, con el fin de obtener resultados confiables.
- La información obtenida mediante los análisis realizados en este estudio, deben emplearse como valores base o de referencia para el etiquetado comercial de este producto.

10. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Apraéz J. 2020. Análisis químico de alimentos para animales. Primera edición, San Juan de Pasto, Colombia, editorial Universidad de Nariño 290 p.

Association Of Official Analytical Chemists (AOAC). 1980. Official Methods of Analysis 13th Ed. Whashington, Horwitz.

Baraona M. y Rivera G. 1994. Agronomía mesoamericana: desarrollo del jocote (*Spondias purpurea* L.) Y del cas (*Psidium friedrichsthalianum* (berg.) Niedz) en el bosque húmedo Premontano de Costa Rica, Heredia, Costa Rica, p. 23-31.

Baraona M. y Sancho E. 1992. Fruticultura II: La guayaba y el cas. Primera edición. San José, Costa Rica, editorial Universidad Estatal a Distancia, p. 58-67

Barrance A; Berr J; Bhoshier D.H; Chamberlain J; Cordero J; Detlefsen G; Finegan B; Galloway G; Gómez M; Gordon J; Hands M; Hellin J; HughesC; Ibrahim M; Kass D; Leakey R; Mesén F; Montero M; Rivas C; Somarriba E; Stewart J; Pennington T. 2003. Árboles de CentroAmerica. Ed.Cordero J. y Boshier D.H, Turrialba, Costa Rica, p 813-816.

Bello J. 2000. Ciencia bromatológica, principios generales de alimentos. Pamplona, España, editorial Díaz de Santos, S.A, 596 p.

Carabalí A; Libreros J; Muñoz J; De la Cruz G. 1989. CONTRIBUCION AL ESTUDIO DE LA GUAYABA CORONILLA, *Psidium friedrichsthalianum* BENG- NIEDENZU. Palmira. Colombia 10p.

Carbajal A. 2013. Manual de nutrición y dietética: minerales. Madrid, España, editorial Universidad Complutense Madrid, cap.10, 33 p.

EcuRed sf. Mosca de la guayaba (en línea) consultado el 25 de enero del 2022 disponible en: https://www.ecured.cu/Mosca_de_la_Guayaba

FDA (Food and Drug Administration, por sus siglas en inglés) 2020. Valor Diario y Porcentaje de Valor Diario: Cambios en las nuevas etiquetas de información nutricional y complementaria (en línea) consultado 25 de enero del 2022 Disponible en:

<https://www.fda.gov/food/nutrition-education-resources-materials/new-nutrition-facts-label>

FEN (Fundación Española de la Nutrición) 2015. Principales funciones de los minerales (En línea), consultado el 05 de febrero del 2020 disponible en: <https://www.fen.org.es/blog/principales-funciones-de-los-minerales-en-la-alimentacion/>

Gutiérrez J. 2000. Ciencia bromatológica: principios generales de los alimentos. Edición Díaz de Santos, S.A. Madrid, España. 596 p.

INCAP (Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá) 2007. Tabla de composición de alimentos de Centroamérica. Segunda edición, Guatemala, 137 p.

Kuklinski C. 2002. Nutrición y bromatología: tecnología vinícola y alimentaria Edición Omega, S.A. 432 p.

Latham M. 2002. Nutrición humana en el mundo en desarrollo. Edición 29 Nueve York, Estado Unidos de América.

Mendieta B. y Reyes N. 2000. Determinación del valor nutritivo de los alimentos. Managua, Nicaragua, 75 p.

Mercedes A. y Rojas-Garbanzo C 2019. Alimentos vegetales autóctonos de Iberoamericanos subutilizados: cas. Capítulo 4. San José. Costa Rica. Fabro editores. 23 p.

Mitra, SK, Ireneo, TKS, Gurung, MR y Pathak, PK (2012). TAXONOMÍA E IMPORTANCIA DE MYRTACEAE . Acta Hortica. 959, 23-3

Morton J. 1987. Frutos de climas cálidos: guayaba costarricense. Miami florida, Estados Unidos de América. 365 p.

Murillo B. 1994. Manual de laboratorio nutrición animal. San Antonio de Oriente, Honduras, editorial Universidad agrícola panamericana, 120 p.

Ortiz S. 2006. Determinación de la composición química proximal y fibra dietaría de 43 variedades criollas de maíz de 7 municipios de sureste del estado de hidalgo. Tesis Lic. Nutrición. Pachuca, México, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 79 p.

Sibaja P. 2015. Evaluación del efecto de aplicación de tecnologías emergentes (ultrasonido y ultravioleta) sobre la calidad fisicoquímica, microbiológica y sensorial del jugo de cas (Psidium friedrichsthalianum (berg.) Niedz) y agua de pipa (Cocos nucifera L.).Tesis Lic. Ingeniería de Alimentos. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica, p. 38-40.

11. ANEXOS

Cuadro A- 1 promedios obtenidos en estudios realizado en muestras de arrayán.

| Parámetro | Carabalí(1989) | Mitra(2012) | Morton(1987) |
|-----------------|----------------|--------------|--------------|
| Humedad | 85.80 | 83.20 | 83.15 |
| Cenizas | 0.20 | | 0.80 |
| Extracto etéreo | 0.80 | 0.44 | 0.45 |
| Proteína | 0.80 | 0.82 | 0.83 |
| Fibra | 4.60 | No reportado | 7.90 |
| Carbohidratos | No reportado | 6.20 | 6.25 |

Cuadro A- 2 registro de datos en la determinación de humedad parcial.

| Humedad parcial | | | | | | | |
|-----------------|-----------------|----------------|-----------------------|-------------------------------------|-----------------|---------------------------------------|--------------|
| No. | Tipo de muestra | No. de bandeja | Peso de bandeja vacía | Peso de bandeja + Mx antes de secar | Peso de muestra | Peso de bandeja + Mx después de secar | % de humedad |
| 1 | Arrayán | Angel 1 | 17.66g | 191.60g | 173.94g | 50.79g | 81% |
| 2 | Arrayán | Angel 2 | 17.59g | 193.97g | 176.38g | 51.05g | 81% |
| 3 | Arrayán | Angel 3 | 17.61g | 186.92g | 169.31g | 51.34g | 80% |

Cuadro A- 3 registro de datos en la determinación de humedad total.

| Humedad total | | | | | | | |
|----------------------|-----------------|-------------------------|--------------------|----------------------------------|-----------------|------------------------------------|--------------------|
| No. | Tipo de muestra | No. de caja (tapa/caja) | Peso de caja vacía | Peso de caja + Mx antes de secar | Peso de muestra | Peso de caja + Mx después de secar | % de humedad total |
| 1 | Arrayán | 67/039 | 14.555g | 18.568g | 4.013g | 18.376g | 4.78% |
| 2 | Arrayán | 1616/6730 3 | 15.522g | 19.534g | 4.012g | 19.367g | 4.16% |
| 3 | Arrayán | 2-SM/19 | 14.556g | 18.562g | 4.006g | 18.375g | 4.66% |

Cuadro A- 4 registro de datos en la determinación de cenizas.

| Cenizas | | | | | | | |
|----------------|-----------------|---------------|----------------------|---------------------------------------|-----------------|--------------------------|--------------|
| No. | Tipo de muestra | No. de crisol | Peso de crisol vacío | Peso de crisol + Mx antes de calcinar | Peso de muestra | Peso de crisol + cenizas | % de cenizas |
| 1 | Arrayán | 13 | 76.951g | 78.976g | 2.025g | 77.029g | 3.85% |
| 2 | Arrayán | 4 | 68.102g | 70.149g | 2.047g | 68.185g | 4.05% |
| 3 | Arrayán | 301/s | 29.955g | 32.004g | 2.049g | 30.033g | 3.80% |

Cuadro A- 5 registro de datos en la determinación de extracto etéreo.

| Extracto etéreo | | | | | | |
|------------------------|-----------------|---------------|-----------------|------------------|-------------------|------------------|
| No. mx | Tipo de muestra | Peso de balón | Peso de muestra | Peso de extracto | % extracto etéreo | % fibra cruda BH |
| 1 | Arrayán | 98.312 | 2.004 g | 0.077 g | 3.84 | 0.55% |
| 2 | Arrayán | 98.336 | 2.014 g | 0.057 g | 2.83 | 0.42% |
| 3 | Arrayán | 137.901 | 2.017 g | 0.077 g | 3.81 | 0.58% |

Cuadro A- 6 registro de datos en la determinación de fibra cruda.

| Fibra cruda | | | | | | | |
|--------------------|------------------------|---------------------|----------------------|------------------------|--|----------------------|-------------------------|
| No. mx | Tipo de muestra | No. De bolsa | Peso de bolsa | Peso de muestra | Peso de mx después de digestión | % fibra cruda | % fibra cruda BH |
| 1 | Arrayán | 25 | 0.506 g | 1.004 g | 0.836 g | 26.99 | 3.84% |
| 2 | Arrayán | 26 | 0.545 g | 1.001 g | 0.815 g | 26.97 | 4.00% |
| 3 | Arrayán | 27 | 0.585 g | 1.001 g | 0.853 g | 26.87 | 4.12% |

Cuadro A- 7 registro de datos en la determinación de proteína.

| Proteína cruda | | | | | | | |
|-----------------------|------------------------|--------------------------------|------------------------|---------------------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|
| No. mx | Tipo de muestra | No. de caja (tapa/caja) | Peso de muestra | MI de HCL gastados | N de HCL | % de nitrógeno | % proteína cruda |
| 1 | Arrayán | 67/039 | 0.201 g | 1.38ml | 0.1192 | 1.1457 | 7.16% |
| 2 | Arrayán | 1616/67303 | 0.220 g | 1.53ml | 0.1192 | 1.1605 | 7.25% |
| 3 | Arrayán | 2-SM/19 | 0.202 g | 1.34ml | 0.1192 | 1.1070 | 6.92% |

Cuadro A- 8 registro de datos en la cuantificación del mineral fósforo.

| Mineral: fósforo | | | | | | | | |
|---------------------------|---------------------|----------|--------|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| Identificación de muestra | Peso de muestra (g) | FD | Abs. | Ecuación de la curva (y=mx+b) | Concentración leída (ppm) | Resultado en la muestra (ppm) | Resultado expresado en mg/100 g | Resultado expresado en % p/p |
| 1 | 2.025 | 1,234.56 | 0.0470 | " " | 1.12 | 1,313.57 | 131.36 | 0.131 |
| 2 | 2.047 | 1,221.19 | 0.0461 | " " | 1.12 | 1,273.80 | 127.38 | 0.127 |
| 3 | 2.049 | 1,220.10 | 0.0461 | " " | 1.12 | 1,273.80 | 127.38 | 0.127 |

Cuadro A- 9 registro de datos en la cuantificación de calcio.

| Mineral: calcio | | | | | | | | |
|---------------------------|---------------------|--------|------|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| Identificación de muestra | Peso de muestra (g) | FD | Abs. | Ecuación de la curva (y=mx+b) | Concentración leída (ppm) | Resultado en la muestra (ppm) | Resultado expresado en mg/100 g | Resultado expresado en % p/p |
| 1 | 2.025 | 493.82 | | " " | 3.8630 | 1,907.62 | 190.76 | 0.190 |
| 2 | 2.047 | 488.51 | | " " | 3.2184 | 1,572.22 | 157.22 | 0.157 |
| 3 | 2.049 | 488.04 | | " " | 3.2522 | 1,587.20 | 158.72 | 0.158 |

Cuadro A- 10 registro de datos en la cuantificación de magnesio.

| Mineral: magnesio | | | | | | | | |
|---------------------------|---------------------|--------|------|-------------------------------|-------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| Identificación de muestra | Peso de muestra (g) | FD | Abs. | Ecuación de la curva (y=mx+b) | Conc. Leída (ppm) | Resultado en la muestra (ppm) | Resultado expresado en mg/100 g | Resultado expresado en % p/p |
| 1 | 2.025 | 197.53 | | " " | 1.0681 | 210.98 | 21.09 | 0.021 |
| 2 | 2.047 | 195.40 | | " " | 1.1377 | 222.30 | 22.23 | 0.022 |
| 3 | 2.049 | 195.21 | | " " | 1.1790 | 230.15 | 23.01 | 0.023 |

Cuadro A- 11 registro de datos en la cuantificación de hierro.

| Mineral: hierro | | | | | | | | |
|---------------------------|---------------------|-------|--------|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| Identificación de muestra | Peso de muestra (g) | FD | Abs. | Ecuación de la curva (y=mx+b) | Concentración leída (ppm) | Resultado en la muestra (ppm) | Resultado expresado en mg/100 g | Resultado expresado en % p/p |
| 1 | 2.025 | 49.38 | 0.0310 | $Y = 0.0272X + 0.0002$ | 1-13 | 55.80 | 5.58 | 0.0055 |
| 2 | 2.047 | 48.85 | 0.0306 | $Y = 0.0272X + 0.0002$ | 1.11 | 54.22 | 5.42 | 0.0054 |
| 3 | 2.049 | 48.80 | 0.0256 | $Y = 0.0272X + 0.0002$ | 0.93 | 45.38 | 4.53 | 0.0045 |

Cuadro A- 12 registro de datos en la cuantificación de zinc.

| Mineral: zinc | | | | | | | | |
|---------------------------|---------------------|-------|--------|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| Identificación de muestra | Peso de muestra (g) | FD | Abs. | Ecuación de la curva (y=mx+b) | Concentración leída (ppm) | Resultado en la muestra (ppm) | Resultado expresado en mg/100 g | Resultado expresado en % p/p |
| 1 | 2.025 | 49.38 | 0.0578 | $Y = 0.6955X + 0.0053$ | 0.0754 | 3.72 | 0.372 | 0.00037 |
| 2 | 2.047 | 48.85 | 0.0388 | $Y = 0.6955X + 0.0053$ | 0.0481 | 2.33 | 0.233 | 0.00023 |
| 3 | 2.049 | 48.80 | 0.0453 | $Y = 0.6955X + 0.0053$ | 0.0575 | 2.80 | 0.280 | 0.00028 |

Cuadro A- 13 registro de datos en la cuantificación de sodio.

| Mineral: sodio | | | | | | | | |
|---------------------------|---------------------|----------|------|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| Identificación de muestra | Peso de muestra (g) | FD | Abs. | Ecuación de la curva (y=mx+b) | Concentración leída (ppm) | Resultado en la muestra (ppm) | Resultado expresado en mg/100 g | Resultado expresado en % p/p |
| 1 | 2.025 | 4,938.27 | | " " | 0.3209 | 1,584.69 | 158.46 | 0.158 |
| 2 | 2.047 | 4,885.19 | | " " | 0.2841 | 1,387.88 | 138.79 | 0.138 |
| 3 | 2.049 | 4,880.42 | | " " | 0.2359 | 1,151.29 | 115.12 | 0.115 |

Cuadro A- 14 registro de datos en la cuantificación de potasio.

| Mineral: potasio | | | | | | | | |
|---------------------------|---------------------|------------|--------|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| Identificación de muestra | Peso de muestra (g) | FD | Abs. | Ecuación de la curva (y=mx+b) | Concentración leída (ppm) | Resultado en la muestra (ppm) | Resultado expresado en mg/100 g | Resultado expresado en % p/p |
| 1 | 2.025 | 49,382.716 | 0.0189 | $Y = 0.0865X + 0.002$ | 0.0189 | 9,629.6 3 | 962.96 | 0.962 |
| 2 | 2.047 | 48,851.978 | 0.0164 | $Y = 0.0865X + 0.002$ | 0.0164 | 8,109.4 3 | 810.94 | 0.810 |
| 3 | 2.049 | 48,804.294 | 0.0186 | $Y = 0.0865X + 0.002$ | 0.0186 | 9,321.6 2 | 932.16 | 0.932 |

