

Universidad Autónoma de Sinaloa
COLEGIO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
Maestría en Ciencias Agropecuarias



TESIS

**Extracción mineral y calidad del fruto de mango 'Ataulfo',
'Manila', 'Haden' y 'Criollo' producido en la Costa Chica de
Guerrero**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN
CIENCIAS AGROPECUARIAS**

PRESENTA:

NIEVES BRICEIDA PÉREZ MEZA

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. CARLOS ALFONSO LÓPEZ ORONA

CO-DIRECTOR DE TESIS:

Dr. CESAR SAN MARTÍN HERNÁNDEZ

CULIACÁN ROSALES, SINALOA, FEBRERO DE 2021

Esta Tesis titulada “EXTRACCIÓN MINERAL Y CALIDAD DEL FRUTO DE MANGO ‘ATAULFO’, ‘MANILA’, ‘HADEN’ Y ‘CRIOLLO’ PRODUCIDO EN LA COSTA CHICA DE GUERRERO” fue realizada por la C. Nieves Briceida Pérez Meza, bajo la dirección del Consejo Particular que se indica, ha sido Aprobada por el mismo y Aceptada como Requisito Parcial para obtener el Título de:

MAESTRA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

CONSEJO PARTICULAR

DIRECTOR: 

DR. CARLOS ALFONSO LÓPEZ ORONA

CO-DIRECTOR: 

DR. CESAR SAN MARTIN HERNÁNDEZ

ASESOR: _____

DRA. MARÍA DOLORES MUY RANGEL

ASESOR: 

DR. JOSÉ ÁNGEL MARTÍNEZ GALLARDO

ASESOR: 

DR. FELIPE AYALA TAFOYA

Culiacán Rosales, Sinaloa, febrero de 2021.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA

COLEGIO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA CULIACÁN

FACULTAD DE AGRONOMÍA VALLE DEL FUERTE

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

FACULTAD DE AGRONOMÍA VALLE DEL CARRIZO

En la Ciudad de Culiacán Rosales, Sinaloa, el día 18 de febrero del año 2021, la que suscribe Nieves Briceida Pérez Meza, alumna del Programa de Maestría en Ciencias Agropecuarias, con número de cuenta 18574041, de la Unidad Académica Facultad de Agronomía, del Colegio de Ciencias Agropecuarias de la UAS, manifiesta que es autora intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de la Dr. Carlos Alfonso López Orona y del Dr. Cesar San Martín Hernández y cede los derechos del trabajo titulado “Extracción mineral y calidad del fruto de mango ‘Ataulfo’, ‘Manila’, ‘Haden’ y ‘Criollo’ cultivados en la Costa Chica de Guerrero”, a la Facultad de Agronomía, del Colegio de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Sinaloa, para su difusión, con fines académicos y de investigación por medios impresos y digitales, todo esto en apego al artículo 27 de la Ley Federal de Derechos de Autor.

La Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México) protege el contenido de la presente tesis. Los usuarios de la información contenida en ella deberán citar obligatoriamente la tesis como fuente, dónde la obtuvo y mencionar al autor intelectual. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ATENTAMENTE

Nieves Briceida Pérez Meza

DOMICILIO: Calle Pablo Macías Valenzuela 4864, Col. López Mateos. Culiacán, Sinaloa, México.

TELÉFONO: 667-2232147

CORREO ELECTRÓNICO: perez.briceida@hotmail.com

CURP: PEMN890111MSLRZV03

Dedicatoria

Dedico esta tesis con todo mi amor, cariño y respeto
a mis padres, hermanos, esposo, hijos y amigos.

Juan Pérez, Antonia Meza

Juan, Luis, María, Elvira y Jesús, Pérez Meza

Oscar Armenta, Alejandro, Fernando y Sebastián†

Agradecimientos

Al consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico otorgado durante los estudios de posgrado.

Al apoyo financiero recibido para realizar esta obra, mediante el proyecto: FORDECYT 2017-10 del CONACYT, número 292474. Estrategias multidisciplinarias para incrementar el valor agregado de las cadenas productivas del café, frijol, mango, agave mezcalero y productos acuícolas (tilapia) en la región Pacífico sur a través de la ciencia, la tecnología y la innovación. Subproyecto 3.8. Transformación e innovación tecnológica de procesos y productos a base de mango como alternativa de valor comercial, que permitió formar parte de sus objetivos entregables y formación de recursos humanos.

Al Colegio de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Sinaloa, en lo particular a la Facultad de Agronomía, porque me permitió formar parte de sus alumnos de posgrado y al personal que labora en ambas instituciones, especialmente a Gaby.

Al Centro de Investigación en alimentación y Desarrollo A.C. por abrir sus puertas y permitir realizar el proyecto de investigación, es como mi segunda casa y a cada una de las personas que laboran en ese centro.

Al Dr. Tomás Díaz Valdés, por aceptar que formara parte de sus alumnos dentro del programa de posgrado de la Facultad de Agronomía.

A mi comité de tesis que está integrado por el Dr. Carlos Alfonso López por sus aportaciones en este trabajo, atención y disposición en todo momento; al Dr. José Ángel Martínez por estar siempre en disposición de apoyarme y orientarme cada vez que se requirió, así como también por sus asesorías y aportaciones para enriquecer el trabajo; al Dr. Felipe Ayala Tafoya por la atención brindada, disposición y aportaciones a esta investigación. A la Dra. Ma. Dolores Muy por facilitar el camino en CIAD, tanto en cuestiones administrativas, de laboratorio, reactivos y equipos para la realización de cada uno de los objetivos, así como también su conocimiento y aportaciones al trabajo de investigación. En especial al Dr. Cesar San Martín, por inculcar en mí la resiliencia, por su paciencia, su enseñanza en cada una de las cosas desconocidas, por ser parte de mis maestros de formación profesional, gracias.

A la M.C. Rosabel Vélez de la Rocha por estar allí cada vez que la necesité, por ser mi mentora, por todos sus conocimientos transmitidos desde el primer día que llegue a CIAD, por todos esos gratos momentos que se pasan en el área de la ciencia, simplemente gracias.

A los maestros de la formación profesional en el transcurso de la maestría, Dr. Romo, Dr. Portillo, Dr. Azareel, Dr. Martin Parra, Dr. Carlos, Dr. Tomás Osuna, Dra. Adriana Sañudo, Dr. Cesar San Martín y al Dr. Basilio Heredia, formaron parte fundamental de mi formación académica.

Al Ing. Enrique Soto, la Lic. Rosario Morales, al Ing. Fernando Mascada Viviano, a Fernando Mascada jr., al Dr. Mancillas y todas las personas que me acompañaron en Guerrero, gracias, fueron parte importante en esta investigación.

A los técnicos de laboratorio de CIAD, Ing. Werner Rubio, M.C. Eduardo Sánchez, M.C: Verónica Pérez, M.C. Pedro Bastidas, M.C. Laura Contreras, Ing. Rosalba Contreras, Ing. Brissa Plata, M.C. Isidro Márquez, QFB. Célida Martínez, Ing. Jorge Pineda, gracias por facilitarme el acceso a su área de trabajo y manejo de equipos.

A los compañeros y amigos de CIAD Griselda, Yeni, Marilyn, Edith, Iliana, Nancy, Leslie, Juan Ángel, Alcino, Carlos, Cesar, Ignacio, Dulce, Doña Lety, y por supuesto no podía faltar Don Goyo, gracias por hacer que las situaciones difíciles fuesen más llevaderas.

Al personal administrativo de CIAD, Marcela, Xiomara, Karen, Víctor, Paty, Mayra y Basilio, gracias por facilitarme los trámites administrativos.

A mis compañeros generación de maestría, Gamaliel, Daniel, Dulce, Carolina, Anabel, Yesica, Yesenia, Roberto, Rosalba y Mario, por esos viernes de convivencia y estrés que vivimos en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

A los estudiantes de licenciatura de CIAD, y a cada una de las personas que directa o indirectamente formaron parte de esta etapa de mi vida.

¡Gracias... totales!

Índice

Índice de cuadros	xi
Índice de Figuras	xii
Resumen	xiii
Abstract	xiv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES.....	3
2.1 Aspectos agroeconómicos del cultivo de mango	3
2.1.1 Importancia económica.....	3
2.1.2 Producción nacional.....	4
2.1.3 Usos y composición nutrimental	4
2.2 Aspectos botánicos.....	6
2.2.1 Origen y distribución	6
2.2.2. Taxonomía.....	7
2.2.3 Morfología.....	7
2.3 Principales cultivares producidas en Guerrero	9
2.3.1 Ataulfo.....	9
2.3.2 Manila	10
2.3.3 Haden	11
2.3.4 Criollo.....	11
2.4 Condiciones climáticas y edáficas	12
2.4.1 Clima.....	12
2.4.2 Suelo.....	12
2.5 Factores que influyen en la producción del cultivo.....	13
2.5.1 Humedad del suelo	13
2.5.2 Manejo del suelo.....	13
2.5.3 Riego y drenaje.....	13

2.6 Nutrición del cultivo.....	15
2.6.1 Concentración de nutrientes en hoja	15
2.7 Calidad poscosecha del fruto.....	17
2.7.1 Color	18
2.7.2 Firmeza.....	18
2.7.3 Sólidos solubles totales (°Brix)	18
2.7.4 Potencial de hidrógeno (pH)	19
2.7.5 Acidez titulable.....	19
2.8 Calidad nutrimental.....	19
2.8.1. Azúcares.....	19
2.8.2. Vitaminas y minerales.....	19
2.8.3. Compuestos fenólicos.....	20
2.8.4. Carotenoides (CAT).....	21
2.8.5. Fibra dietaria.....	21
III. HIPÓTESIS	23
IV. OBJETIVO GENERAL	24
Objetivos específicos:.....	24
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
5.1 Descripción de la zona de estudio	25
5.2 Toma de muestras.....	27
5.2.1. Muestreo de suelo	27
5.2.2. Muestreo de hojas y tallo	27
5.2.3. Muestreo de fruto.....	28
5.3 Análisis del suelo	29
5.3.1. Textura.....	29
5.3.2. Potencial de hidrógeno (pH)	29
5.3.3. Fertilidad.....	29
5.3.4. Salinidad.....	31

5.4	Análisis mineral de tejido vegetal (hojas, tallos y frutos)	32
5.4.1.	Minerales	32
5.4.2.	Fósforo	33
5.4.3.	Sulfatos	33
5.4.4.	Nitrógeno total	33
5.5	Análisis de calidad poscosecha	34
5.5.1.	Color	34
5.5.2	Firmeza	35
5.5.3.	Potencial de hidrógeno (pH)	35
5.5.4	Acidez titulable	36
5.5.5	Sólidos solubles totales	36
5.6	Análisis nutricional	36
5.6.1.	Extracción de compuestos antioxidantes	36
5.6.2.	Fenoles totales (FT)	36
5.6.3.	Carotenoides totales (CAT)	37
5.6.4.	Fibra dietaria total (FDT)	37
5.6.5.	Azúcares totales (AZT)	38
5.8	Análisis estadístico	39
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
6.1	Análisis descriptivo	40
6.1.1.	Características físicas y químicas de suelos	40
6.2	Extracción mineral	44
6.2.1.	Macronutrientes	44
6.2.2.	Micronutrientes	48
6.3	Calidad poscosecha	51
6.3.1.	Atributos físicos	51
6.3.2.	Atributos químicos	53
6.4	Calidad nutrimental	56
6.4.1.	Compuestos fenólicos totales	56

6.4.2. Carotenoides totales	56
6.4.3. Fibra dietaria total	56
6.4.4. Azúcares totales	57
VIII. CONCLUSIONES.....	59
IX. LITERATURA CITADA.....	61

Índice de cuadros

Cuadro 1. Calendario de riego sugerido para huertos de mango en el pacífico-sur de México.....	14
Cuadro 2. Clasificación textural de los suelos cultivados con mango en la costa chica de Guerrero.....	41
Cuadro 3. Características químicas de los suelos cultivados con mango en la costa chica de Guerrero.....	42
Cuadro 4. Contenido de macronutrientes y micronutrientes de los suelos cultivados con mango.....	43
Cuadro 5. Contenido de macronutrientes en tallo, hoja y fruto de cuatro cultivares de mango	47
Cuadro 6. Concentración de micronutrientes en tallo, hoja y fruto de cuatro cultivares de mango	50
Cuadro 7. Atributos de calidad poscosecha en cuatro cultivares de mangos.....	55

Índice de Figuras

Figura 1. Mango ‘Ataulfo’	9
Figura 2. Mango ‘Manila’	10
Figura 3. Mango ‘Haden’	11
Figura 4. Mango ‘Criollo’	12
Figura 5. Ubicación geográfica de la zona de estudio	25
Figura 6. Temperaturas máximas (Tmax), mínimas (Tmin), media (Tmed) y precipitación	26
Figura 7. Toma de muestra de suelo en huerto de Alto de Ventura con mango ‘Ataulfo’	27
Figura 8. Toma de muestra biomasa vegetativa en huerto localizado en San Marcos con mango ‘Manila’	28
Figura 9. Muestra de mango ‘Criollo’. Huerto “La Parota” Cuajinicuilapa, Guerrero. 28	
Figura 10. Diagrama del sistema de notación de color CIELab (KONICA-MINOLTA, 2007).....	35
Figura 11. Concentración en parámetros de calidad nutricional en pulpa de cuatro cultivares de mango	58

Resumen

En México anualmente se producen 2,000,000 t de mango, pero a nivel nacional el estado de Guerrero contribuye con el 20% de la producción. Cifra, genera preguntas de investigación que han sido poco exploradas en la actualidad como ¿Cómo es la fertilidad física y química del suelo en los huertos de cultivo de mango en la Costa Chica de Guerrero?, ¿Cuál es la extracción mineral y como se distribuyen en la hoja, tallo y fruto de mango?, ¿Cómo es la calidad poscosecha y nutricional de los cultivares ‘Ataulfo’, ‘Manila’, ‘Haden’ y ‘Criollo’, representativos de la Costa Chica de Guerrero? Por tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar la extracción mineral y calidad de mango ‘Ataulfo’, ‘Manila’, ‘Haden’ y ‘Criollo’ cultivados en la Costa Chica de Guerrero. En este estudio se seleccionaron cuatro huertos de cuatro cultivares de mango representativos con prácticas de manejo local estándar, en los cuales se recolectó lo siguiente: seis muestras compuestas de suelo por cada huerto; material vegetal para analizar la extracción mineral en tallo, hoja y fruto; fruto para estudiar la calidad física y química poscosecha y la calidad nutricional del fruto de mango recolectado en madurez fisiológica. La textura de los suelos fue franco, franco-arenosa y arcillosa, con pH de ligeramente ácido a ligeramente alcalino (5.73 a 7.28), contenido de materia orgánica fue menor a 2.0%, conductividad eléctrica menor a 2.0 dS m⁻¹ y capacidad de intercambio catiónico menor a 20 meq 100 g⁻¹ suelo. Entre cultivares la demanda nutricional o serie de extracción mineral global cambia, en ‘Ataulfo’ es N>Ca>K>Mg>P>S>Mn>Fe>Zn>Cu, en ‘Manila’ Ca>N>K>Mg>P>S>Mn>Fe>Zn>Cu, en ‘Haden’ K>Ca>N>P>Mg>S>Fe>Mn>Zn>Cu y en ‘Criollo’ Ca>N>K>P>Mg>S>Mn>Fe>Zn>Cu. En la calidad poscosecha el cultivar ‘Ataulfo’ al día 12 fue el que presentó mayor contenido de sólidos solubles totales (15.03 °Brix) y por último en la calidad nutricional el cultivar ‘Criollo’ fue el que presentó el mayor contenido de fibra dietaria (171,219 mg kg⁻¹ materia seca) y ‘Haden’ fue superior en carotenoides totales con 3925 mg kg⁻¹ materia seca. La calidad de los frutos de mangos producidos en la Costa Chica de Guerrero es aceptable, sin embargo por cuestiones fitosanitarias no cumple con las características que se requieren para el mercado de exportación.

Abstract

In Mexico 2,000,000 t of mango are produced annually, but at the national level the State of Guerrero contributes 20% of the production. Figure, generates research questions that have been little explored at present, such as How is the physical and chemical fertility of the soil in the mango orchards in the Costa Chica of Guerrero? What is the mineral extraction and how are they distributed? on the mango leaf, stem and fruit? How is the postharvest and nutritional quality of the 'Ataulfo', 'Manila', 'Haden' and 'Criollo' cultivars, representative of the Costa Chica de Guerrero? Therefore, the objective of this research was to evaluate the mineral extraction and quality of mango 'Ataulfo', 'Manila', 'Haden' and 'Criollo' grown in the Costa Chica of Guerrero. In this study, four orchards of four representative mango cultivars were selected with standard local management practices, in which the following were collected: six composite soil samples for each orchard; plant material to analyze the mineral extraction in stem, leaf and fruit; fruit to study the postharvest physical and chemical quality and nutritional quality of mango fruit harvested at physiological maturity. The texture of the soils was loamy, sandy-loam and clayey, with a pH of slightly acid to slightly alkaline (5.73 to 7.28), organic matter content was less than 2.0%, electrical conductivity less than 2.0 dS m⁻¹ and capacity of cation exchange less than 20 meq 100 g⁻¹ soil. Among cultivars, the nutritional demand or global mineral extraction series changes, in 'Ataulfo' it is N> Ca> K> Mg> P> S> Mn> Fe> Zn> Cu, in 'Manila' Ca> N> K> Mg> P> S> Mn> Fe> Zn> Cu, in 'Haden' K> Ca> N> P> Mg> S> Fe> Mn> Zn> Cu and in 'Criollo' Ca> N> K> P> Mg> S> Mn> Fe> Zn> Cu. In the postharvest quality, the cultivar 'Ataulfo' on day 12 was the one that presented the highest content of total soluble solids (15.03 °Brix) and finally in the nutritional quality the cultivar 'Criollo' was the one that presented the highest content of dietary fiber (171,219 mg kg⁻¹ dry matter) and 'Haden' was superior in total carotenoids with 3925 mg kg⁻¹ dry matter. The quality of the mango fruits produced in the Costa Chica of Guerrero is acceptable, however, due to phytosanitary reasons, it does not meet the characteristics required for the export market.

I. INTRODUCCIÓN

El mango (*Mangifera indica* L.) nativo de Asia, es la fruta de mayor importancia económica en la familia Anacardiaceae. El mango es el alimento más importante para los habitantes de los trópicos después del plátano. Hay 150 cultivares de mango producidos en el mundo. En 2018, México fue el cuarto productor mundial con 202,631 ha cultivadas (SIAP, 2018).

En México el mango se cultiva en 23 entidades, pero de éstas, solo ocho representan el 94% de la producción total; el estado de Guerrero destaca con el 19% del volumen de producción, con una superficie sembrada de 25,000 ha (SIAP, 2018). A nivel estatal el mango se produce en municipios de la Costa Chica y la Costa Grande, donde los principales cultivares son 'Ataulfo', 'Manila', 'Haden' y 'Criollo' (SIAP 2018). Entre cultivares la demanda nutricional es diferente ya que el rendimiento en la producción de mango en gran medida es afectado por la nutrición del cultivo (Cruz-Barrón et al., 2014). En mango existe diversos estudios que señalan variaciones en las reacomodaciones con fertilización de ambos nutrientes sin embargo, estas variaciones son en parte debidas al cultivar, la condición climática, el estado fenológico del cultivo y la oferta nutrimental edáfica. Por lo tanto, la dosis de fertilización adecuada resulta variable entre los cultivares. En mango 'Ataulfo' producido en la costa de Guerrero se cuenta con la recomendación de fertilización de 30(N)-13(P₂O₅)-13(K₂O) (Noriega *et al.*, 2014), aunque no se indica la edad del huerto, el rendimiento y la oferta nutrimental del suelo. Sin embargo, hasta el momento no existen reportes de evaluación de dosis de fertilización que indiquen el rendimiento y la calidad del fruto.

La fertilización anual en el manejo agronómico del huerto juega un papel muy importante y de su eficiencia dependen, en gran medida, la producción y calidad de los frutos. Una fertilización balanceada considera la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo, incluyendo los que utiliza el árbol para su desarrollo y los que

son removidos por la producción de fruto, lo que asegura el suministro adecuado de macro y micro elementos (García, *et al.*, 2015).

El cultivo de mango es una de las actividades agrícolas de mayor importancia en esa región, debido a que presenta una de las principales fuentes de ingresos en el estado, provocando un impacto social y económico que percute en cientos de familias que dependen directamente e indirectamente de los procesos de producción, empaque, comercialización, asesoría y administración. El éxito que han tenido los productores de la costa, se debe principalmente a las condiciones ambientales del lugar que permite que las cosechas de mango se prolonguen durante diez meses por año.

El rendimiento y la calidad de fruto en los huertos de mango están determinados por diversos factores ambientales y así como al manejo agronómico; entre los que destacan la selección de cultivares que se adaptan al ambiente, tipo de suelo, poda, nutrición, control de plagas y enfermedades, clima y humedad del suelo. Por lo tanto tomando en consideración la falta de asesoría agronómica en la zona productora, el objetivo de este trabajo es analizar el contenido nutricional y la calidad de cuatro cultivares de mango producidos en la costa chica de Guerrero.

II. ANTECEDENTES

2.1 Aspectos agroeconómicos del cultivo de mango

2.1.2 Importancia económica

El mango es un fruto succulento, carnoso de forma arriñonada u oval, de color verdoso, amarillento, rojizo, muy dulce y que encierra un como el mango 'Manila', un tipo de mango muy popular (SAGARPA, 2017).

El mango ocupa el tercer lugar en cuanto a superficie sembrada en México dentro de los frutales, siendo el café el principal, seguido de la naranja. El mango es uno de los productos con alto potencial económico en el extranjero y representa para México una importante fuente de divisas (Ayala-Garay, et al., 2009).

Actualmente el 100% de los requerimientos nacionales se satisface con la producción interna, al tener una producción de 1.89 millones de t al año en 2016 y un consumo nacional de 1.53 millones de t; en la última década, han incrementado las exportaciones mexicanas con destino a Estados Unidos y Canadá, donde el mayor flujo comercial, de acuerdo a la estacionalidad de las exportaciones, es entre abril y junio (SAGARPA, 2017). Esta destacada participación de México en el mercado internacional, es debido a que el país cuenta con las condiciones climáticas y geográficas adecuadas para que se tenga un pleno desarrollo de este cultivo (Ayala-Garay, 2009).

En el 2016 las exportaciones mexicanas representaron un porcentaje muy significativo de las importaciones de mango en Estados Unidos con un 65.41%, seguido por Canadá con un 63.86% y Japón con un 47.66%. Colocando la producción del mango el registro de 0.87% del PIB agrícola nacional. Se estima que para el año 2024 el valor de exportación del mango sea de 70,330 millones de dólares, 0.67 millones de t de exportación y una producción potencial de 2.24 millones de t de acuerdo con las estimaciones realizadas por la Coordinación de Asesores de la Subsecretaría de Agricultura de México (SAGARPA, 2017).Producción nacional

El Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) reportó que, en el 2016, la producción de mango en el país fue de un 1,911,108 t, esto representa el quinto lugar a nivel mundial, lo que significa que una de cada 25 t de mango disponible en el mundo es de origen mexicano. La producción de mango aumentó 10% durante el año 2016 en comparación con el año previo, registrando un volumen estimado de 114 mil t de acuerdo con los datos de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). En el 2018 hubo un incremento de la producción de mango con un volumen de 1,958,491 t, posicionando a México como el cuarto productor mundial de mango (SICDE – SAGARPA, 2017).

A nivel nacional, Guerrero es el principal estado productor de mango al tener una medida de rendimiento que va de 15 a 20 t ha⁻¹ por ciclo de año, en el 2018 se produjeron 286 mil t en todos sus cultivares siendo sus principales cultivares, el mango ‘Ataulfo’, ‘Manila’, ‘Tomy’, ‘Queen’ y ‘Haden’ (CEDRSSA, 2019).

El mango se cosecha en 23 estados de la República Mexicana; siendo los principales productores Guerrero con un 22%, Nayarit con 17% y Sinaloa con 14%, estos tres estados suman el 53% de la producción nacional, seguido de Veracruz y Chiapas. Guerrero encabeza la lista debido a su extensa superficie sembrada, así como, el excelente rendimiento del cultivo. Los principales cultivares del mango que se producen en México son ‘Ataulfo’, ‘Manila’, ‘Haden’, ‘Kent’, entre otros (Cárdenas-Coronel, *et al.*, 2012; Forbes, 2014).

2.1.3 Usos y composición nutrimental

El mango usualmente es llamado “el rey de las frutas” debido a su alta aceptabilidad, su dulzura, sabor, gran variabilidad y volumen de producción, aunado al valor nutritivo. Esta fruta se produce aproximadamente en 100 países y se cultiva ampliamente en regiones tropicales y subtropicales, principalmente en India, China,

Tailandia, Indonesia, Filipinas, Brasil, Pakistán y en México, siendo un producto consolidado en el mercado global (Farina, 2020).

Debido a que los atributos de calidad de la fruta como el color, aroma, sabor, textura, contenido de fructosa y la acidez dependen del cultivo, siendo cultivos alimenticios comercialmente valiosos, tanto frescos como las frutas procesadas forman parte importante de nuestra dieta. Las frutas proporcionan reservas de alimentos útiles y son una fuente importante de micronutrientes esenciales, vitaminas y otros compuestos fitoquímicos, siendo generalmente bajos en grasas y en proteínas. La calidad de la fruta está influenciada por el cultivar, el estado nutricional y las condiciones ambientales durante el crecimiento de la planta (Tharanathan *et al.*, 2007).

El mango se consume tanto en fruta inmadura en trozos al natural, o en salmuera, en vinagre y para salsas. Asimismo el mango en su etapa madura se consume fresco y también se utiliza en almíbar, como mango deshidratado, en trozos congelados, pulpa, néctar, jugos, helados, dulces, mermeladas, compotas, yogurt y conservas, etc. Industrialmente se procesa en pulpa, encurtido y en productos congelados (Gamboa *et al.*, 2010; SAGARPA, 2017).

Por otro lado, las frutas juegan un papel muy importante en la nutrición humana, al proporcionar una fuente de energía, factores de crecimiento necesarios, carbohidratos, fibra dietética y antioxidantes, que son esenciales para mantener la salud en un óptimo estado (Tharanathan *et al.*, 2007). El mango es una rica fuente de antioxidantes y compuestos fitoquímicos los cuales han llevado a este fruto a ser incluido en las primeras diez frutas con mayor actividad de eliminación de radicales libres. Recientemente ha surgido el creciente interés por las grandes propiedades nutritivas de este fruto; además es considerado una fruta altamente saludable y su elevado contenido de agua es del 86.1%, constituye una rica fuente de hidratación al estar el fruto fresco (Gentile *et al.*, 2018).

Los atributos de esta fruta, dependen en gran medida del genotipo, los factores climáticos y las condiciones de almacenamiento que tiene. Además de que su calidad está influenciada por la etapa de maduración en la cosecha después del

almacenamiento. El mango posee un alto porcentaje de almidón y es una excelente fuente de vitaminas y minerales, donde 100 g de mango crudo cubre más del 50% de la cantidad diaria recomendada de cada una de las vitaminas. Los principales minerales que contiene el mango son el calcio (Ca), fósforo (P), potasio (K), hierro (Fe) y vitaminas esenciales como A, C y complejo B (Farina, *et al.*, 2020).

2.2 Aspectos botánicos

2.2.1 Origen y distribución

El origen del mango se ubica en el continente asiático, entre la zona geográfica del noreste de la India y el norte de Birmania, donde todavía existen arboles silvestres. De esta zona se expandió rápidamente a otras áreas tropicales y subtropicales, a países vecinos y de forma intensiva en el sudeste asiático a partir de los siglos IV o V a.C. (CNUCED, 2016).

Se piensa que los árabes introdujeron el mango en la costa este de África, y en los puertos del océano Índico. De esta manera, los africanos también desempeñaron un papel importante en la propagación del mango en toda el África intertropical antes de la colonización. Los navegantes portugueses propagaron el mango hasta Brasil, desde donde se extendió a América del sur y posteriormente a América del norte. En Europa hubo algunas implantaciones entre los siglos XVII y XIX, pero sin verdadero éxito, por otra parte, en Australia no se introdujo hasta el siglo XIX (CNUCED, 2016).

Se estima que la mayoría de los cultivares comerciales provienen de materiales importados de la India donde hoy en día se tienen reportados más de 1000 cultivares avanzadas procedentes de la India y Sri Lanka y más de 100 cruza de mango (Gamboa *et al.*, 2010).

Los mangos comercializados suelen proceder por lo general de una hibridación libre o controlada de cultivares originales poliembriónicas o monoembriónicas, cuyas características cruzadas permiten obtener frutas que corresponden a las necesidades del mercado. Durante el siglo XX se han realizado importantes trabajos de investigación y selección que han dado como resultado la producción del cultivar 'Haden', procedente del cultivar india Mulgoba y obtenida mediante un injerto en

yema. Tras ésta, aparecieron otras muchos cultivares que actualmente están muy extendidas en todo el mundo (CNUCED, 2016).

El cultivo del mango es más favorable en la zona intertropical pero, recientemente, se ha desarrollado en regiones periféricas como la cuenca mediterránea, donde prospera en Israel, Egipto, Marruecos y España. El mango fresco dependió durante mucho tiempo del comercio local, incluso regional, debido a su carácter perecedero. No empezó a comercializarse más allá hasta después de la Segunda Guerra Mundial, paralelamente al desarrollo del transporte aéreo. El transporte marítimo refrigerado de los años 1980 y 1990 incrementó los flujos de mango hacia América del Norte y Europa, principales centros de consumo (CNUCED, 2016).

México ocupa el 4to lugar después de India, China y Tailandia, pero es el primer exportador de fruta en fresco (FAO, 2018).

2.2.2. Taxonomía. De acuerdo con la clasificación taxonómica, el mango se ubica de la siguiente manera:

Clase: Dicotyledoneae

Subclase: Rosidae

Orden: Sapindales

Suborden: Anacardiineae

Familia: Anacardiaceae

Género: *Mangifera*

Especie: *indica*

Existen varias especies de *Mangifera*, utilizadas comercialmente y muy relacionadas con el mango, entre ellas *M. cambodiana*, *M. cochinchinensis*, *M. odorata* y *M. zeylanica* (Santos-Villalobos *et al.*, 2011).

2.2.3 Morfología

El mango es el alimento más importante para los habitantes de los trópicos después del plátano. Hay 150 cultivares de mango producidos en todo el mundo. Es una

especie tropical arbolea, de vegetación permanente, que puede alcanzar de 10 a 40 m de altura. Su sistema radicular es bastante particular: cuando la planta es joven ésta se profundiza rápidamente, pero tiene muy pocas raíces laterales. El mayor porcentaje de las raíces del mango se encuentran concentrado hasta 1.2 m de profundidad. Prefiere clima cálido y seco, que se encuentra desde la zona costera del oriente, centro y occidente del país, hasta zonas de media altura, con una temperatura de 26 a 32 °C y una precipitación promedio de 1000 a 1500 mm.

El fruto de mango es una drupa con el pericarpio dividido en exocarpio, mesocarpio y endocarpio, que cubre la semilla. El crecimiento sigue una curva sigmoide y se divide en tres etapas (Mukherjee, 1997; Tharanathan *et al.*, 2007).

El árbol del mango es de tamaño mediano a grande, alcanza de 10 a más de 20 m de altura, es simétrico, de copa redondeada y color verde, sus raíces son fuertes y profundas (6 a 8 m), de savia irritante y tóxica conocida como látex que puede causar lesiones en la piel. Se considera un árbol vigoroso, que permite se desarrolle en suelos pocos profundos, relativamente pobres y hasta cierto punto impermeables.

Las hojas son lanceoladas de entre 15 y 40 cm de largo y de 2 a 10 cm de ancho, en algunos casos con un intenso color rojo al inicio de su crecimiento que pasa a verde claro y luego a verde oscuro en su madurez (Gamboa *et al.*, 2010).

Las flores se dan en panículas terminales ramificadas, donde un árbol puede tener de 2000 a 4000 panículas, las cuales pueden poseer entre 400 y 5000 flores cada una; la mayoría son masculinas o estaminadas y unas pocas flores perfectas. La aparición de la floración está condicionada por el clima, principalmente por los factores de temperatura y precipitación; esta floración ocurre naturalmente entre octubre y mayo con tendencia de un pico en diciembre y enero (Gamboa *et al.*, 2010).

El fruto es una drupa de tamaño variable que va desde los 100 hasta 1500 g, contiene una sola semilla grande rodeada por mesocarpio carnoso. Su color va del amarillo hasta el rojo o morado, pasando por distintos grados de coloración dependiendo del cultivar, clima, etc. La fruta tarda entre 100 y 120 días, en términos generales, de la floración a la cosecha (Tharanathan, *et al.*, 2007).

2.3 Principales cultivares producidas en Guerrero

2.3.1 Ataulfo

El mango 'Ataulfo' es una de las principales cultivares que más se comercializan en el extranjero, además de ser el único mango de origen mexicano (Figura 1), éste cuenta con una composición promedio de 69% de pulpa, 19% de cascara y 8.5% de hueso o semilla. La pulpa es de consistencia firme con muy poco contenido de fibra; su sabor es dulce, cremoso y de baja acidez, con cascara firme y de color amarillo, además es resistente al manejo poscosecha (Vázquez-Valdivia *et al.*, 2009).

En el año 2003 el enlistado mexicano reconoció al mango 'Ataulfo' del Soconusco, Chiapas, como denominación de origen, gracias a su gran calidad y sabor. Desde entonces, tanto la cantidad como el valor de las exportaciones han ido en aumento, y hoy en día generan una derrama económica de 75.4 millones de dólares (SAGARPA, 2017).

Para consolidar la posición del mango 'Ataulfo' en el mercado nacional e internacional, en el año 2012 se expidió la norma oficial mexicana NOM-188.SCFI-2012 "Mango 'Ataulfo' del Soconusco, Chiapas (*Mangifera Caesia Jack Ex Wall*). Especificaciones y Métodos de prueba" que regula la producción y comercialización de ese producto (SAGARPA, 2017).



Figura 1. Mango 'Ataulfo'

2.3.2 Manila

Los mangos 'Manila' (Figura 2) miden entre 14 y 15 cm de largo, de 5.5 a 6 cm de ancho y de 5 a 5.5 cm de espesor, tienen un peso que varía entre 180 y 260 g, su cáscara es fina y un poco dura, fácilmente extraíble, la pulpa es jugosa con firmeza media. Cuando se encuentra maduro tiene un color amarillo intenso con un sabor rico y agradable, su contenido de azúcares alcanza más del 20%.

Los principales estados recolectores del mango 'Manila' son Guerrero y Veracruz con 45% y 35% de la producción nacional, respectivamente, obteniendo un volumen generado en el país del 80%. La mayor parte de la cosecha del mango 'Manila' proviene de la comercialización de los principales mercados nacionales; Guerrero, Sinaloa y Veracruz (SAGARPA, 2015).

Todo el año hay cultivo; sin embargo, entre los meses de abril y agosto se cosechan ocho de cada 10 t, este cultivar de mango es considerado uno de los más apreciados, en conjunto con el mango 'Ataulfo', su contenido alcanza más del 20% de azúcares. Este cultivar es el que tiene menor participación en el mercado internacional, principalmente con EUA, sin embargo es el cultivar es el más producido en México (SAGARPA, 2017).



Figura 2. Mango 'Manila'

2.3.3 Haden

El mango 'Haden' (Figura 3) inspiró la creación de una producción de mango a gran escala en el sur de la Florida, Estados Unidos en 1910, sin embargo, su producción se ha visto muy reducida debido al impacto de los huracanes y la urbanización. Su sabor es mantecoso con matices aromáticos, su pulpa es firme y su color es rojo vivo con matices verdes y amarillos y puntitos blancos; las áreas verdes del mango se tornan amarillas a medida que madura (Mellado-Vázquez *et al.*, 2012).

México es el principal productor del cultivar de mango 'Haden', su disponibilidad es más alta entre los meses de abril y agosto. Los principales estados que producen este cultivar es Michoacán con un 47%, Guerrero con 30% y Nayarit con un 8% de la producción nacional (SAGARPA, 2015).



Figura 3. Mango 'Haden'

2.3.4 Criollo

El mango 'Criollo' (Figura 4) es uno de los principales cultivares producidos en Guerrero, seguido de mango 'Ataulfo', 'Manila', 'Haden', 'Kent' y 'Keitt'. Este cultivar es uno de los que contienen mayor cantidad de vitamina C, sin embargo a medida que va madurando, el contenido de vitamina C disminuye y el contenido de azúcares y carotenos aumenta marcadamente (Maldonado-Astudillo *et al.*, 2016).



Figura 4. Mango 'Criollo'

2.4 Condiciones climáticas y edáficas

2.4.1 Clima

El cultivo del mango está limitado a zonas de clima tropical y subtropical, debido principalmente a su susceptibilidad al frío. Las zonas adecuadas para su desarrollo son las que presentan una temperatura media anual entre 22 y 27 °C (Gamboa, 2010).

Las altas temperaturas que se dan en los trópicos favorecen un desarrollo vegetativo vigoroso de las plantas de mango, que tiende a ir en detrimento de la producción de frutos. Las temperaturas altas durante la noche (28 a 32 °C) en el periodo de desarrollo de los frutos, favorecen que estos maduren y sean más dulces.

La distribución anual de la lluvia es importante principalmente en zonas tropicales, puesto que el mango requiere un clima en el cual se alternen la época lluviosa con la época seca; con un rango de adaptación que va de 700 a 2500 mm de precipitaciones al año, con un temporada seca definida en 4 a 6 meses aproximadamente (Gamboa *et al.*, 2010).

2.4.2 Suelo

Aun cuando el mango se puede cultivar en un amplio rango de suelos, se ha señalado que los suelos aluviones y arcillosos son los más adecuados (Gangolly *et*

al., 1957); por lo cual deben ser descartados los suelos extremadamente arenosos, suelos pedregosos y someros, inundables y suelos alcalinos o calcáreos (Arias, 1999). El suelo más apropiado es aquel de textura media, de capa profunda, con alto contenido de materia orgánica, buen drenaje y un pH entre 5 y 7.5. El mango no soporta suelos alcalinos ni condiciones de salinidad, una conductividad eléctrica (C.E.) de 1.4 dS m^{-1} en el suelo es tóxico al cultivo, aunque depende del tipo de sales que contenga (Durán *et al.*, 2014)

Arias (1999) indica que el mango puede producirse en cualquier suelo que sea de buen drenaje y con una profundidad de al menos dos metros, observándose un buen crecimiento tanto en los suelos aluviales, así como del tipo laterítico ferruginoso y además, en suelos con una apreciable cantidad de cascajo o carbonatos de calcio (CaCO_3) siempre que no sea muy alcalino.

2.5 Factores que influyen en la producción del cultivo

2.5.1 Humedad del suelo

Los suelos no deben estar sujetos a fuentes de humedad como recarga de ríos, quebradas o cultivos cercanos bajo inundación, como el arroz. Suelos con texturas medias con contenidos medios de arena, pueden ser los más indicados, siempre y cuando presenten bajas condiciones de salinidad. Se deben evitar las áreas sujetas a inundaciones y mal drenados de tipo aluvial, a menos que se disponga de una buena infraestructura para drenaje (Asohofrucol, 2013).

2.5.2 Manejo del suelo

Los cultivos de mango deben, en lo posible, establecerse en áreas de baja precipitación pluvial menores a 1500 mm al año, con presencia al menos de un periodo seco bien definido. Suelos bien drenados, sin limitantes a la profundidad efectiva como capas endurecidas, horizontes internos de gravas o arenas y niveles freáticos altos (Asohofrucol, 2013).

2.5.3 Riego y drenaje

La cantidad de agua en el suelo disponible no solamente afecta la velocidad de transpiración de la planta, sino que también afecta la cantidad de nutrimentos

absorbidos por la raíz dado que una deficiencia de agua afecta los mecanismos de flujo de masas y difusión a través de los cuales varios nutrimentos son abastecidos a la raíz (Arias, 1999). El agua, de riego o de lluvia, es un factor que afecta el funcionamiento del árbol de mango, sin embargo, el manejo integrado del agua está relacionado con otros factores como nutrición y aplicación al follaje de fitorreguladores. La deficiencia de agua previa a la floración es crítica; el manejo del riego debe de ser proporcionado en la cantidad y momento adecuado para asegurar una buena producción y calidad del fruto (Arias, 1999), en conjunto con los otros factores mencionados forman parte del manejo integral de los huertos de cultivo. Resultados obtenidos de huertos experimentales concluyen que la planta de mango requiere por lo menos 15 días de sequía, aplicación de fertilizantes al suelo y aplicación foliar de nitrato de potasio para producir brotes florales.

Arias (1999) menciona que durante el desarrollo vegetativo y reproductivo del árbol, se debe realizar riegos frecuentes y ligeros para evitar variaciones drásticas de humedad y por lo tanto el estrés de los árboles. La recomendación de riegos es de entre cada 18 y 20 días, para obtener el amarre y desarrollo del fruto. En el término de la temporada es cuando el árbol requiere condiciones de sequía, lo que permite la madurez fisiológica de la yema terminal. El riego no se debe de limitar a más de 35 días ya que lapsos más largos de sequía, pueden favorecer la infestación de “escoba de bruja”, aborto de flores y caída de fruto pequeño. En el Cuadro 1 se presenta el calendario de riego por el método gravimétrico para la zona productora pacífico-sur de México.

Cuadro 1. Calendario de riego sugerido para huertos de mango en el pacífico-sur de México.

Fecha	Lámina de riego (cm)	Intervalo de tiempo (días)
Enero-Abril	10	15-17
Mayo-Julio	15	18-25
Septiembre	20	20
Octubre	10	20

Fuente: (Arias, 1999).

2.6 Nutrición del cultivo

2.6.1 Concentración de nutrientes en hoja

Diversos investigadores señalan los niveles nutrimentales adecuados que deben existir en las hojas de mango. Pero estos varían de acuerdo al cultivar, el clima, el suelo y las mismas prácticas de manejo (Cruz-Barrón *et al.*, 2014). La tendencia general de la concentración de los nutrientes con respecto a la edad de la hoja en la mayoría de los árboles frutales es que el contenido de NPK disminuye con la edad de la planta u órgano vegetal, por lo que las hojas jóvenes muestran relativamente altos contenidos de N, P, y K (Mengel y Kirby, 1978). El contenido de P y K en las hojas jóvenes de mango disminuye conforme estas son de mayor edad (Arias, 1999) y las hojas basales de mango en los cultivares 'Tommy Atkins', 'Kent', 'Parvin' y 'Keitt' tienen un contenido bajo de N y alto de P y K en comparación con las hojas terminales. El contenido de K aumenta en las hojas de la parte baja de la copa del árbol y disminuye en la parte alta (Arias, 1999). Existen pequeñas diferencias nutrimentales entre hojas de ramas con y sin frutos en los cultivares 'Tommy Atkins', 'Kent', 'Parvin' y 'Keitt'. Las diferencias en la composición nutrimental en la hoja de mango en cuanto a una posición diferente en la copa del árbol, es debido a la movilización de los nutrimentos en la planta de ahí que la distribución nutrimental en la copa del árbol no es homogénea (Vázquez-Valdivia, *et al.*, 2009). Cruz-Barrón *et al.*, (2014) determinaron que los niveles adecuados para el mango según el análisis foliar varían de 1.2 a 1.4% para N, para P de 0.1 a 0.2%, K de 1.0 a 1.2% y para Mg de 0.3 a 0.6%. Por su parte Cruz-Barrón *et al.* (2014) indicaron como adecuados las siguientes concentraciones: N de 1.0 a 1.5%, P de 0.08 a 0.17%, K de 0.3 a 0.8%, Ca de 2.0 a 3.5% y Mg de 0.15 a 0.4%. Los mismos autores determinaron que los niveles adecuados de Mn son de 73 a 183 ppm, Cu de 21 a 43 ppm, Fe de 38 a 120 ppm y Zn de 56 a 119 ppm, para hojas de 6 meses de edad.

Arias, (1999) observó que al aplicar la fórmula 80-30-30, en cultivares de mango 'Kent' y 'Smith', se incrementó el rendimiento en un 48% respecto al testigo. Al realizar el análisis foliar, encontró que los niveles de nitrógeno en las hojas estaban altamente correlacionados con el rendimiento. Guzmán (1988) al evaluar y definir la

dinámica del nitrógeno, fósforo y potasio en las hojas, encontró que el N estuvo de un nivel adecuado a excesivo, el P deficiente a adecuado y el K en un nivel adecuado a excesivo. Lo anterior tomando como base los intervalos de suficiencia de N 1.0 a 1.5%, K 0.40 a 0.90%, y P 0.08 a 0.25%, propuestos por Young y Koo, citados por Arias (1999).

El mango al igual que todas las plantas requiere de nutrimentos para su desarrollo y fructificación, y debido a su porte necesita altas dosis de fertilizantes para cubrir sus necesidades de nutrición. Sin embargo, el mango tiene la característica de extraer los nutrimentos minerales de la mayor parte de los suelos en los que prospera; además, su raíz es muy extensa y explora una gran cantidad de suelo en busca de agua y nutrimentos (Moreno, 2006). Las necesidades nutrimentales del mango son muy similares a los del aguacate y los cítricos (Avilán *et al.*, 1978).

La fertilización que el mango requiere en un lugar determinado dependerá del tipo de suelo, de la precipitación pluvial y distribución del agua de riego, del tipo de fertilización, el cultivar de mango empleado, del espaciamiento entre árboles, del tamaño del árbol y de la magnitud de la cosecha anterior. Por estos motivos, debe afinarse la fertilización a través de los análisis de suelos y foliar (Cruz-Barrón *et al.*, 2014).

Laborem *et al.*, citados por Arias (1999), al estudiar la forma de estimar la extracción de nutrientes por una cosecha de mango, de 14 cultivares en producción plena, analizaron los constituyentes de la cáscara, pulpa, testa y almendra con respecto a su contenido de macro y micronutrientes. Las conclusiones fueron las siguientes:

- a) El nitrógeno y el potasio son los elementos extraídos en mayor proporción por la cosecha.
- b) En orden decreciente los elementos extraídos por una cosecha promedio son: macronutrientes, K, N, Ca, Mg, P (0.60, 0.57, 0.51, 0.28, y 0.077% en base a materia seca, respectivamente).
- c) Una producción promedio de 15,895 kg ha⁻¹ de frutos, o una producción de 220 kg/planta representa una extracción de: 23 kg ha⁻¹ de N, 25 kg ha⁻¹ de K, 20 kg ha⁻¹

de Ca, y 11 kg ha^{-1} de Mg, lo cual considerando el $N=1$, representa una relación N: P: K: Ca: Mg de 1: 0.13; 1: 0.86: 0.47.

Arias (1999) al estudiar la dinámica del crecimiento del fruto de mango 'Manila' en Veracruz, en función de la acumulación de N, P, y K en las diferentes partes del fruto, para obtener una estimación de los requerimientos de dichos nutrimentos, determinó que el patrón de crecimiento, de cada uno de los tejidos así como del fruto base de peso fresco y seco a través de su desarrollo es de forma simple sigmoideal. La extracción de N, P, y K por unidad de fruto, fue de 348.6 mg de N, 42.1 mg de P y 529.5 mg de K, lo cual representa una relación de que de N y mucho menor para P. La dinámica del N, P y K a través del desarrollo y crecimiento del fruto, mostró que la tasa de demanda de estos es más intensa de los 30 a 50 días después del cuajado, de tal forma que en un periodo de 20 días el fruto extrae del 47% de N, el 52% de P y el 72% de K, lo que coincide con el periodo de máxima tasa de crecimiento. Se concluyó entonces que la dosificación de 17-17-17 es incorrecta, ya que la producción de frutos demanda cantidades diferentes de cada uno de los nutrimentos, siendo necesario, un complemento de fertilizante nitrogenado y potásico.

La mayoría de los reportes señalan que los nutrimentos más importantes para el mango son nitrógeno, potasio, magnesio, fósforo y calcio. Los microelementos como el hierro, zinc y cobre se deben proporcionar cuando el mango está creciendo en suelos con problemas de sales. Por su parte, Arias (1999) señala que una alta fructificación dependerá de la correcta relación nutritiva del árbol, principalmente entre nitrógeno-potasio-fósforo.

2.7 Calidad poscosecha del fruto

De acuerdo con Arias (1999) la finalidad de la aplicación de fertilizantes no consiste solamente en obtener elevadas producciones, sino que también una alta calidad de los frutos. Tanto los productores como los consumidores están interesados en que los frutos sean de excelente calidad. El productor desea vender sus productos a un buen precio, y por eso intenta conseguir aquellos aspectos de calidad que lo eleven. El consumidor desea un fruto de buen aspecto, agradable, nutritivo y carente de sustancias nociva.

La calidad de la producción se asocia con el mayor rendimiento, el tamaño del fruto, color, sólidos solubles totales, el sabor determinado por el contenido de azúcares y ácidos orgánicos. Para obtener el máximo rendimiento y calidad de los cultivos es necesario controlar los factores que determinan un nivel óptimo. El estado nutrimental de los cultivos es un factor que en la mayoría de los casos influye de forma determinante en la producción; por lo tanto, para corregir deficiencias o desbalances nutrimentales en las plantas es necesario primeramente conocer la naturaleza y el carácter del problema con el fin de aplicar medidas apropiadas, mediante una fertilización equilibrada para evitar deficiencias o excesos (Armstrong, 1991). Son diversas las técnicas mediante las cuales es posible efectuar un diagnóstico del estado nutrimental de las plantas, todas ellas presentan ventajas, pero a la vez, tienen algunas limitaciones.

2.7.1 Color

Es una de las principales características de aceptabilidad del fruto de mango por el consumidor y es utilizado como indicador de madurez y de la calidad (Nolasco, 2013). La madurez del fruto está basado en porcentajes de color, verde, amarillo y naranja (Santamaría, 2009).

2.7.2 Firmeza

La firmeza es otra de las características de calidad y aceptabilidad por el consumidor, además define el manejo del producto para alargar la vida de anaquel (Nolasco, 2013). De acuerdo con la NMX-FF-058-SCFI-2006, reporta que el fruto de mango debe tener una firmeza en estado de madurez aceptable de 15.6 a 13.2 N y se utiliza un puntal de 0.749 a 1.11 cm de diámetro.

2.7.3 Sólidos solubles totales (°Brix)

Los sólidos solubles totales (SST) son un parámetro utilizado generalmente para el análisis de alimentos y bebidas, y se representan como grados Brix (°Brix). Éstos miden la cantidad de sólidos solubles presentes en una solución expresados en porcentaje de sacarosa, están compuestos principalmente por azúcares, compuestos

nitrogenados, ácidos, sales y demás compuestos solubles en agua presentes en la solución (Rodríguez, 2005).

2.7.4 Potencial de hidrógeno (pH)

El potencial de hidrógeno o pH se define como una medida de la actividad de los iones hidrógeno en una solución electrolítica, es una forma muy común y eficaz de expresar el grado de acidez o basicidad en los alimentos de acuerdo con una escala numérica (GIMIM, 2014). Es muy importante el control de pH en la producción de alimentos, ya que sirve como un indicador de las condiciones higiénicas de la elaboración del producto y además para el control de los procesos de transformación (Gamboa, 2013). Su medición se emplea normalmente como un parámetro de calidad por lo cual su regulación no debe pasar desapercibida.

2.7.5 Acidez titulable

La mayoría de las frutas son particularmente ricas en ácidos orgánicos que están usualmente disueltos en la vacuola de la célula, ya sea en forma libre o combinada como sales, ésteres, glucósidos, etc. La acidez libre (acidez titulable) se refiere al ácido orgánico que se encuentra en mayor concentración en el fruto (Bosquez, 2014).

2.8 Calidad nutrimental

2.8.1. Azúcares

La pulpa de mango contiene aproximadamente 13.7% de azúcares totales, además de su alto contenido en fructosa, sacarosa y glucosa, la pulpa del mango es reconocida por ser una fuente de heteropolisacáridos de ácido urónico y azúcares neutros (pectinas) para la industria de alimentos en donde comúnmente se usan las pectinas cítricas. Estos polisacáridos varían durante el proceso de maduración de tal forma que, al menos en mango 'Kent', se presentan cambios en la solubilidad y grado de polimerización de polisacáridos pécticos y hemicelulósico, siendo arabinosa el principal azúcar neutro es hasta 2.5 mg g⁻¹ (Wall-Medrano *et al.*, 2015).

2.8.2. Vitaminas y minerales

Se han realizado estudios sobre la composición química de los frutos de mango, la tonalidad del pericarpio o de sus tejidos principales como el epicarpio, mesocarpio y endocarpio, así como el valor nutritivo. Los frutos de mango son ricos en carbohidratos, minerales y vitaminas. En cuanto a los minerales que constituyen el fruto se señala que en algunos cultivares el contenido de K en la pulpa, representa del 45 al 51% del total de minerales, en cambio el contenido de P es muy bajo (Singh, 2004).

El mango además se caracteriza por presentar un contenido elevado de vitaminas y minerales (tales como ácido ascórbico, tiamina, riboflavina, niacina y β -carotenos). En particular, el mango en casi todos sus cultivares es una fuente rica de ácido ascórbico (AA) y carotenoides (CAT) que, aunados a sus compuestos fenólicos, hacen sinergia específica en la capacidad antioxidante total (CAOX) de cada cultivar. 100 g de pulpa de mango son suficientes para cubrir el 146, 69 y 45% de la ingesta diaria recomendada de ácido ascórbico en mexicanos de 4 a 8, 9 a 18, y 19 a 50 años respectivamente. Sin embargo, existe una gran variabilidad en la composición nutrimental del mango, producto de factores edafológicos, climáticos, estado de madurez, cultivar e incluso en la posición de los frutos en un mismo árbol (Wall-Medrano *et al.*, 2015).

2.8.3. Compuestos fenólicos

Son compuestos fitoquímicos que se encuentran ampliamente distribuidos en el reino vegetal, se han identificado miles de estos compuestos en diferentes plantas. Estos compuestos son metabolitos secundarios que están involucrados principalmente en la defensa de las plantas contra la agresión de microorganismos patógenos y la radiación ultravioleta (Manach *et al.*, 2004).

Los compuestos fenólicos son los principales constituyentes de la semilla de mango, éstos pueden presentar sabores predominantemente dulces, amargos, pungentes o astringentes. Algunos compuestos fenólicos de alto peso molecular, como taninos tienden a ser astringentes, los cuales en altas concentraciones pueden resultar desagradables para el consumidor. Por otro lado, compuestos fenólicos con menor peso molecular como el ácido gálico ha sido propuesto como un edulcorante,

presentando mayores ventajas que otros agentes similares. A los compuestos fenólicos se les ha atribuido propiedades antioxidantes debido a su capacidad para inhibir radicales libres que pueden causar reacciones de oxidación y daños a moléculas importantes (Corrales-Bernal *et al.*, 2014; Mercado *et al.*, 2018).

También los compuestos fenólicos como ácido fenólicos y flavonoides pueden quelar metales importantes para la actividad enzimática metabólica y presentar efectos negativos en la síntesis del material genético y de proteínas de los microorganismos.

2.8.4. Carotenoides (CAT)

Los carotenoides son los pigmentos responsables de la mayoría de los colores amarillos, anaranjados y rojos de frutos y verduras, debido a la presencia en su molécula de un cromóforo consistente total o principalmente en una cadena de dobles enlaces conjugados. Están presentes en todos los tejidos fotosintéticos, junto con las clorofilas, así como en tejidos vegetales no fotosintéticos, como componentes de cromoplastos, que pueden ser considerados como cloroplastos degenerados (Meléndez-Martínez *et al.*, 2004).

Los carotenoides son tetraterpenoides formados por poli-isoprenoides (por ocho unidades) unidas con dobles enlaces conjugados y con ramificaciones de grupos metilo por cada cinco átomos de carbono. Actualmente, se conocen más de 600 carotenoides, que se dividen en carotenos y xantófilas. Los carotenos (α -caroteno y β -caroteno) y las xantofilas (zeaxantina, β -criptoxantina, luteína) desempeñan diversas funciones como provitamínicos, antioxidantes, activadores del sistema inmunológico, entre otros (Mercado *et al.*, 2018).

2.8.5. Fibra dietaria

Hipsley en 1953, fue el primero en utilizar el término “fibra dietética”, mientras que hasta en 1969 se estableció por primera vez una relación entre la mayor incidencia de cáncer de intestino grueso y otras enfermedades con una dieta carente en fibra dietética por el Dr. Denis P. Burkitt, quien a partir de un estudio epidemiológico demostró que en algunos países africanos como Kenya, Uganda y Sudáfrica estas

enfermedades eran casi desconocidas, y su ingestión de fibra dietaria era más elevada (Batista & Moretto, 1995).

Algunas definiciones aceptadas para fibra dietética en distintas entidades son las siguientes: en la Asociación Americana de Químicos en Cereales, se menciona que la fibra dietaria (FD) es la porción comestible de origen vegetal o hidratos de carbono similares que son resistentes a la digestión y/o absorción en el intestino delgado, con una fermentación parcial o completa en el intestino grueso.

Químicamente, dentro de la FD se incluyen a los polisacáridos, oligosacáridos, inulina, lignina y otras sustancias asociadas de la planta; la fibra dietética promueve efectos benéficos en el organismo como el efecto laxante y/o la disminución de los niveles de glucosa y colesterol en la sangre (AACC, 2001). El Comité del Codex Sobre Nutrición y Alimentos para Regímenes Especiales (CCNFSDU), la define como polímeros de carbohidratos con diez o más unidades monoméricas, que no son hidrolizados por las enzimas endógenas en el intestino delgado humano y que se encuentran dentro de las siguientes categorías: polímeros de carbohidratos comestibles de forma natural en los alimentos que se consumen, hidratos de carbono obtenidos a partir de materias primas ya sea por medios físicos, químicos o enzimáticos que demuestren tener un efecto fisiológico benéfico para la salud y finalmente, polímeros de carbohidratos sintéticos con efectos en el organismo humano también positivos (WHO/FAO, 2010).

Los compuestos incluidos en el concepto de fibra pueden agruparse en dos fracciones, insolubles y solubles en agua y sus propiedades nutricionales y funcionales son determinadas, en gran parte, por el contenido y proporción de dichas fracciones.

El mango también es una importante fuente de fibra dietaria, teniendo alrededor de 1.6%, siendo esta particularmente soluble en la pulpa del mango (pectinas, almidones) e insoluble en la cáscara del mango (celulosa, lignina y hemicelulosa) (Wall-Medrano *et al.*, 2015).

III. HIPÓTESIS

La concentración mineral en mango está en función del cultivar y órgano de la planta, los cuales van a impactar en la calidad poscosecha y nutricional del fruto, siendo una condición particular del suelo de la Costa Chica de Guerrero.

IV. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la extracción mineral y calidad de mango 'Ataulfo', 'Manila', 'Haden' y 'Criollo' cultivados en la Costa Chica de Guerrero.

Objetivos específicos:

- Diagnosticar la fertilidad física y química del suelo, en los huertos de mango 'Ataulfo', 'Manila', 'Haden' y 'Criollo' seleccionados.
- Determinar la extracción nutrimental de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, hierro, manganeso, cobre y Zinc en frutos y biomasa vegetativa del cultivo mango 'Ataulfo', 'Manila', 'Haden' y 'Criollo' cultivados en la Costa Chica de Guerrero.
- Evaluar la calidad física (color y firmeza) y química (pH, acidez titulable y SST) del mango 'Ataulfo', 'Manila', 'Haden' y 'Criollo' en madurez fisiológica expuestos a 0, 4, 8 y 12 días de almacenamiento durante la maduración a 20 °C.
- Determinar el contenido nutricional en los parámetros carotenoides totales, fenólicos totales, fibra dietaria total y azúcares totales en pulpa de mango en madurez de consumo de los cultivares 'Ataulfo', 'Manila', 'Haden' y 'Criollo'.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Descripción de la zona de estudio

Este estudio se realizó en el mes de marzo 2019 y marzo 2020 en los municipios de la costa chica Guerrero, México (Figura 5); localizados entre 30 y 60 m.s.n.m con una temperatura máxima de 32 °C, mínima de 18 °C y media 23 °C (Figura 6); precipitaciones de 1200 mm anuales y con un clima subhúmedo (INEGI-CONAGUA, 2020). Se seleccionaron cuatro huertos comerciales de mango ‘Ataulfo’, ‘Manila’, ‘Haden’ y ‘Criollo’ uno de cada cultivar, la recolección de las muestras se realizó en marzo 2019 y marzo 2020, se tomó una planta de 12 años de edad en plena producción como unidad experimental con seis repeticiones por huerto. El diseño de plantación es de 10 x 10 m, con un total de 64 árboles con características homogéneas en sanidad, diámetro de copa y altura de árbol, con sistema de riego por gravedad. Los análisis de todas las muestras se realizaron en los laboratorios de CIAD, Culiacán.

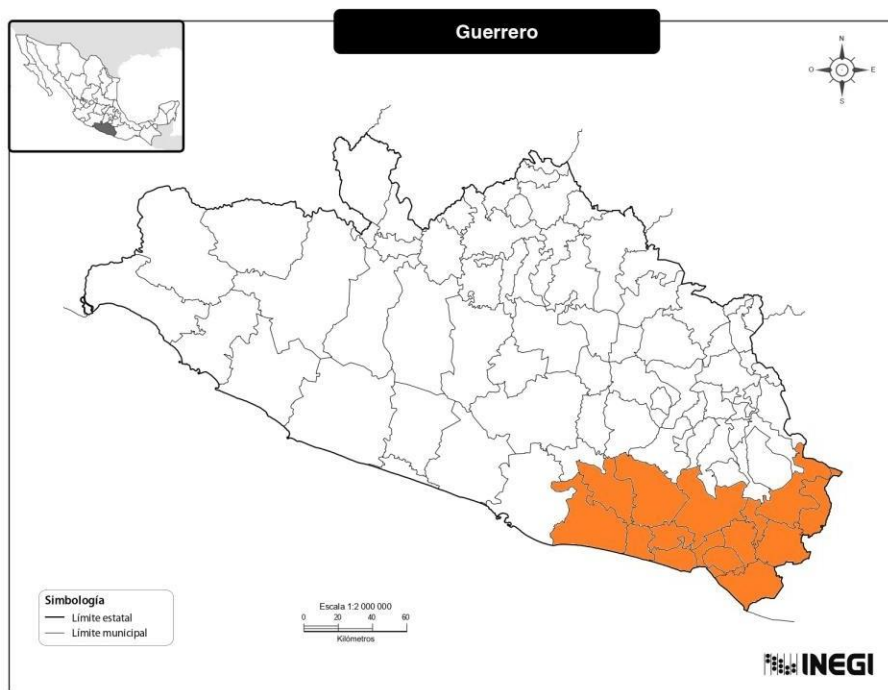


Figura 5. Ubicación geográfica de la zona de estudio
Fuente: INEGI, marco geo estadístico, diciembre 2018.

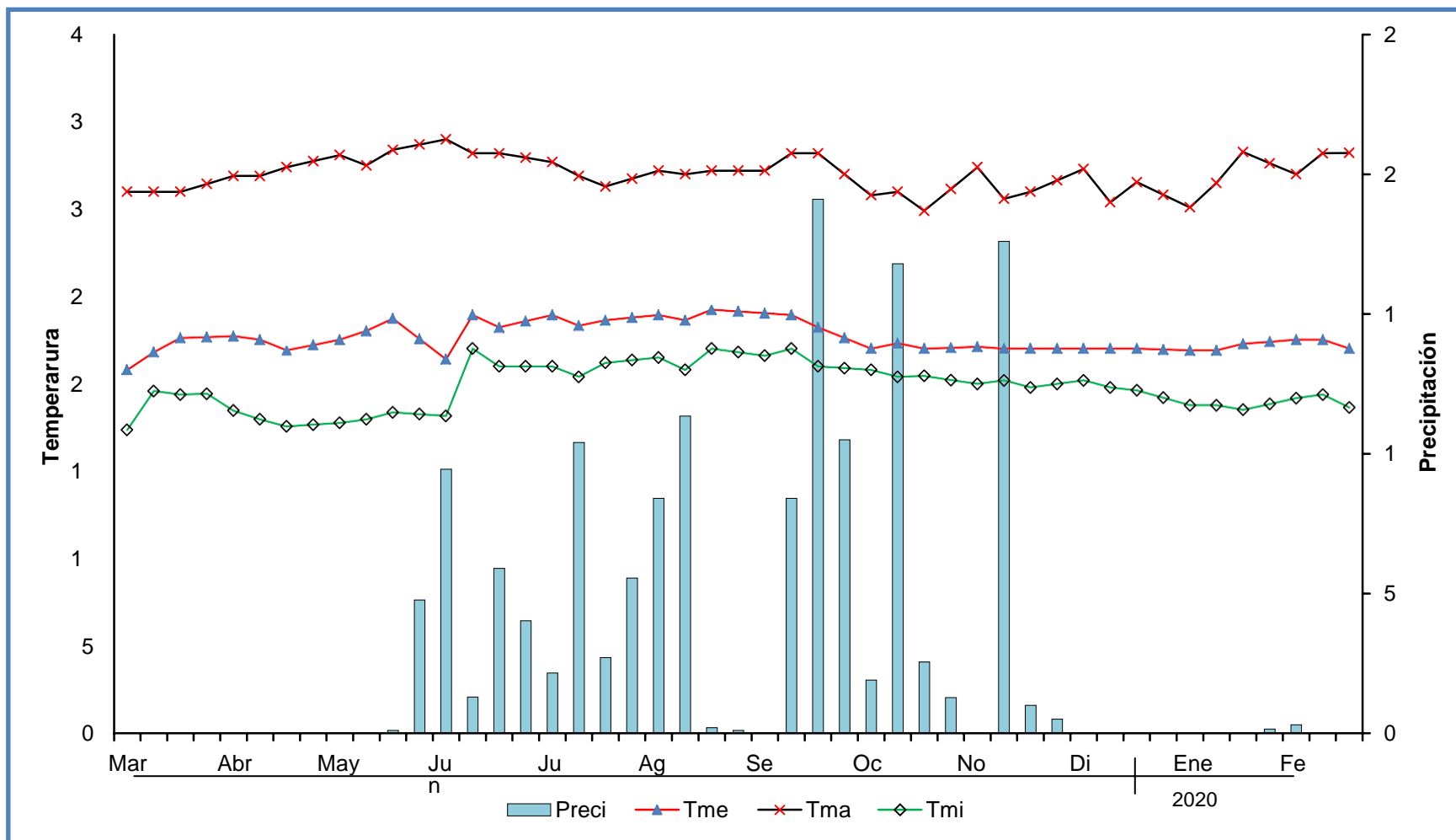


Figura 6. Temperaturas máximas (Tmax), mínimas (Tmin), media (Tmed) y precipitación. Estación meteorológica Las Vigas, en San Marcos, Guerrero (CONAGUA 2020).

5.2 Toma de muestras

5.2.1. Muestreo de suelo

El muestreo de suelo se realizó en la zona donde se aplica el riego por goteo de la planta seleccionada; a una separación de 1 m del tallo, se tomó una porción de suelo del perfil de 0 a 40 cm de profundidad (Figura 7), en los cuatro puntos cardinales obteniendo una muestra compuesta (Mellado *et al.*, 2012), la cual quedó integrada de los cuatro puntos muestreados, de donde se obtuvo muestra para el análisis con un peso de aproximadamente 2 kg, obteniendo seis muestras compuestas por huerto experimental.



Figura 7. Toma de muestra de suelo en huerto de Alto de Ventura con mango 'Ataulfo'.

5.2.2. Muestreo de hojas y tallo

El muestreo de hoja y tallo se colectó de la poda, tomando hojas y tallo de la parte media recientemente maduro y sano (Mellado, *et al.*, 2012), se seleccionaron 50 hojas en estado homogéneo y diez tallos de aproximadamente 20 cm de longitud por unidad experimental (Figura 8). Se hicieron un total de seis repeticiones por huerto.



Figura 8. Toma de muestra biomasa vegetativa en huerto localizado en San Marcos con mango 'Manila'.

5.2.3. Muestreo de fruto

El fruto se cosechó en madurez fisiológica (Figura 9), la unidad experimental se conformó por un fruto, obteniendo diez frutos por planta, para realizar los análisis de calidad poscosecha, extracción mineral, nutricional y nutracéutica de las diferentes cultivares que se estudiaron.



Figura 9. Muestra de mango 'Criollo'. Huerto "La Parota" Cuajinicuilapa, Guerrero.

5.3 Análisis del suelo

Los análisis de suelo se realizaron de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-021- RECNAT-2000. Las muestras obtenidas de suelo fueron extendidas sobre papel estraza y se secaron al ambiente bajo la sombra, posteriormente se molieron, pasaron por un tamiz de acero inoxidable de 2 mm, para homogenizar el tamaño de la partícula antes de los análisis fisicoquímicos.

5.3.1. Textura

Se determinó mediante el método del densímetro de (Bouyoucos 1936). Se pesaron 50 g de suelo previamente seco y tamizado, se colocaron en un vaso de licuadora y se adicionó 25 mL de solución de Calgón (hexametáfosfato de sodio al 5%), se agregó agua de la llave (250 mL) y posteriormente se homogenizó por 10 min. Inmediatamente la muestra se vertió a una probeta de 1 L, se aforó y se homogenizó. A los 40 s se registró la temperatura y la densidad con el densímetro de Bouyoucos y se dejó en reposo por 2 h. Una vez transcurrido este tiempo se registró una segunda lectura de ambas mediciones. Con las lecturas se calculó el porcentaje de arcilla, limo y arena para determinar la textura.

5.3.2. Potencial de hidrógeno (pH)

El pH se determinó mediante un potenciómetro (Mettler Toledo, Mod. S-470) previamente calibrado con solución amortiguadora pH 7. Se colocaron 10 g de muestra en un vaso de precipitado de 100 mL, se agregaron 20 mL de agua destilada, se agitó por 1 min y se dejó reposar en dos ocasiones por 10 min. Posteriormente se registró la lectura.

5.3.3. Fertilidad

Materia orgánica (M.O.). Se determinó por el método de Walkey y Black (1934), expresado en porcentaje. Se pesaron 0.5 g de suelo en un matraz Erlenmeyer de 250 mL y se añadieron 5 mL de $K_2Cr_2O_7$ (dicromato de potasio) 1N y 10 mL de H_2SO_4 (ácido sulfúrico) concentrado, se agitó durante 1 min y se dejó reposar por 30 min. A continuación se agregaron 30 mL de agua destilada, 5 mL de H_3PO_4 (ácido fosfórico) y cinco gotas de difenilamina. Finalmente se tituló con $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ (sulfato

pentahidratado de hierro) 1N gota a gota hasta el vire a verde claro. El contenido de materia orgánica se reportó en porcentaje. Para la valoración de la solución de sulfato ferroso se determinó una prueba en blanco.

Nitrógeno inorgánico extractable en KCl 2N. Se pesaron 2 g de muestra en un matraz Erlenmeyer de 125 mL y se agregaron 20 mL de solución extractora de KCl (cloruro de potasio) 2N. Después, se agitó por 30 min en un agitador mecánico (marca Eberbach) y se filtró en papel Whatman no. 1. Se tomó una alícuota de 10 mL del filtrado, se adicionaron 0.2 g de MgO (óxido de magnesio) calcinado y 0.2 g de aleación de Devarda (Al:Zn:Cu, relación 10:9:1) en la unidad de destilación Microkjeldahl (modelo Labconco 60300) y simultáneamente se colocó en el tubo de salida del equipo un matraz Erlenmeyer de 50 mL con 10 mL de H_3BO_3 (ácido bórico) con indicador (verde de bromocresol y rojo de metilo) pH 5. Se destiló por 10 min hasta un cambio de color a verde claro. Finalmente, el contenido del matraz se tituló con H_2SO_4 (ácido sulfúrico) 0.05N hasta que viró a rosa intenso. El contenido de nitrógeno inorgánico se reportó en $mg\ kg^{-1}$. Se corrió un blanco (Bremner, 1965).

Fósforo para suelos ácidos (Bray y Kurtz, 1945). Se pesaron 2 g de suelo y se colocaron en un matraz Erlenmeyer de 50 mL, se agregaron 20 mL de solución extractora de NH_4F (fluoruro de amonio 0.03N en ácido clorhídrico 0.025 N) y se agitó por 30 min en un agitador mecánico (marca Eberbach) y se filtró en papel Whatman no. 1. Del filtrado se agregó 1 mL en un tubo de ensayo, más 1 mL de solución reductora $C_6H_8O_6$ (0.75 g de ácido ascórbico aforado a 50 mL con solución stock de molibdato de amonio) y 8 mL de agua destilada. Se dejó reposar por 30 min y se cuantificó en un espectrofotómetro (Agilent Technologies mod. Cary 60 UV-Vis) a una longitud de onda de 882 nm.

Fósforo para suelos neutros y alcalinos (Olsen y Dean, 1965). Se pesaron 2 g de suelo y se colocaron en un matraz Erlenmeyer de 50 mL, se agregaron 20 mL de la solución extractora $NaHCO_3$ (bicarbonato de sodio) 0.5M a pH 5, se agitó por 30 min en un agitador mecánico (marca Eberbach) y se filtró en papel Whatman no. 1. Del filtrado se agregó 1 mL en un tubo de ensayo, se adicionaron 1 mL de la solución extractora, 1 mL de solución reductora y 7 mL de agua destilada. Se dejó reposar por

30 min y se cuantificó en un espectrofotómetro (marca Agilent Technologies mod. Cary 60 UV-Vis) a una longitud de onda de 882 nm. El contenido de fósforo se reportó en mg kg^{-1} .

Minerales (cationes intercambiables) en suelo. La determinación de las bases intercambiables (K, Na, Ca y Mg) se saturaron con una solución extractora de $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ (acetato de amonio) 1N pH 7. Se pesaron 2 g de suelo y se colocaron en un matraz Erlenmeyer de 125 mL, se adicionaron 20 mL de solución extractora, se agitó durante 30 min en un agitador mecánico (marca Eberbach) y se filtró en papel Whatman no. 1. La cuantificación para K se realizó directamente del filtrado por emisión a una longitud de onda de 769.9 nm, con una curva de calibración de 0 a 100 ppm. Para la determinación de Ca y Mg se tomó 1 mL del filtrado y se realizó una dilución 1:10 con agua desionizada, se empleó el método de absorbancia con lámparas de cátodo hueco a una longitud de onda de 422.7 nm para Ca y para Mg de 285.2 nm con una curva de calibración de 0 a 10 ppm en un espectrofotómetro de absorción atómica (marca Agilent Technologies AAS mod. 200 Series AA). La concentración de macroelementos se reportó en mg kg^{-1} .

La determinación de Cu, Fe, Mn y Zn se realizó por el método de DTPA (ácido dietilentriaminopentacético). Se pesaron 2 g de suelo y se agregaron en un matraz Erlenmeyer de 125 mL, se adicionaron 20 mL de la solución extractora de DTPA, se agitó durante 30 min en un agitador (marca Eberbach) y se filtró en papel Whatman no. 1. El filtrado se utilizó directamente para su cuantificación en un espectrofotómetro de absorción atómica (marca Agilent Technologies AAS mod. 200 Series AA), se utilizaron lámparas de cátodo hueco para Cu, Fe, Mn y Zn a una longitud de onda de 324.7, 248.3, 279.5 y 213.9 nm, respectivamente. La concentración de microelementos se reportó en mg kg^{-1} .

5.3.4. Salinidad

Punto de saturación. Se pesaron 200 g de suelo en un recipiente de plástico y se preparó una pasta saturada. Se adicionó agua destilada y se homogeneizó con una espátula hasta formar la pasta brillante por la reflexión de la luz y fluyó ligeramente en el recipiente inclinado deslizándose fácilmente en la espátula. El gasto total de agua

se utilizó para determinar el porcentaje de saturación. La pasta formada para la determinación del punto de saturación, se dejó en reposo por 12 h y finalmente, el sobrenadante se filtró en un papel filtro Whatman no. 1 en un embudo Buchner usando aspiración de vacío.

Conductividad eléctrica (C.E.). Se midió directamente del extracto obtenido de la pasta saturada con un equipo (Mettler Toledo mod. S-470) previamente calibrado con una solución de KCl (cloruro de potasio) 0.01N a 25 °C.

La determinación de SO₄ (sulfatos) se realizó por el método turbidimétrico (APHA 1980), se colocaron 2.5 mL de extracto de saturación en un tubo de ensaye, se adicionaron 0.5 mL de HCl (ácido clorhídrico) 3 N y 5 mL de BaCl₂ (cloruro de bario) al 10%. Inmediatamente se cuantificó en un espectrofotómetro (Agilent Technologies mod. Cary 60 UV-Vis) a una longitud de onda de 405 nm. La concentración de sulfatos se reportó en meq L⁻¹.

5.4 Análisis mineral de tejido vegetal (hojas, tallos y frutos)

Las hojas y tallos se lavaron y se enjuagaron con agua destilada, posteriormente se colocaron en bolsas de papel y se pusieron en una estufa de calor por convección a 70 °C por 72 h. La muestra seca (MS) de hoja y tallo se molió en un molino (marca Thomas Scientific modelo Wills mod. 3383-L10) con un tamiz de 40 µm. Por otra parte, de los cinco frutos completos en madurez de consumo, se hicieron rebanadas delgadas longitudinalmente y se colocaron en charolas de aluminio para su secado en la estufa (70 °C por 48 h), finalmente, las rebanadas de fruto seco se molieron en un molino electrodoméstico (marca Moulinex mod. AR-6838C6) y se almacenaron para los análisis posteriores.

5.4.1. Minerales

El contenido de minerales se determinó por el método 955.06 (AOAC, 1998). Se realizó la digestión seca. Se tomó 1 g de la muestra molida y se calcinó en una mufla a 550 °C por 8 h. Se continuó con la digestión húmeda de las cenizas, se adicionaron 5 mL de HCl (ácido clorhídrico) concentrado, se filtró en un matraz de 100 mL y se

aforó con agua destilada. Este extracto se utilizó para la cuantificación de los minerales totales (Ca, K, Mg, Fe, Mn, Cu y Zn), el resultado se reportó en mg kg^{-1} .

5.4.2. Fósforo

Método 955.06 (AOAC, 1998). Se tomó 1 mL de la muestra digerida, se adicionó 1 mL de molibdato de amonio y se dejó reposar 5 min. Luego, se adicionó 1 mL de solución de hidroquinona al 0.5%, 1 mL de sulfito de sodio al 20% y se agregaron 6 mL de agua destilada. Se dejó reposar por 30 min hasta desarrollar un color azul y finalmente se cuantificó en un espectrofotómetro (marca Agilent Technologies mod. Cary 60 UV-Vis) a 650 nm. El fósforo se reportó en mg kg^{-1} .

5.4.3. Sulfatos

Método turbidimétrico (APHA, 1980). Se tomaron 2.5 mL de la muestra digerida y se colocaron en un tubo de ensayo, se adicionó 0.5 mL de HCl (ácido clorhídrico) 3N y 5 mL de BaCl_2 (cloruro de bario) al 10% y se cuantificó en un espectrofotómetro (marca Agilent Technologies mod. Cary 60 UV-Vis) a una longitud de onda de 405 nm. La concentración de sulfatos se reportaron como azufre en mg kg^{-1} .

5.4.4. Nitrógeno total

Método Microkjeldahl. Se pesó 0.1 g de la muestra y se colocó en un matraz Kjeldahl, se agregaron 1.5 g de mezcla catalizadora (5 g de CuSO_4 y 93 g de K_2SO_4), se adicionaron 5 mL de H_2SO_4 (ácido sulfúrico) y se colocó en un digestor (marca Labconco modelo 65000) para su digestión durante aproximadamente 2 h hasta cambio de color a azul claro. El producto de la digestión se enfrió y diluyó con 10 mL de agua destilada. Posteriormente, se colocó en la unidad de destilación (Microkjeldahl modelo Labconco 60300) y se agregaron 15 mL de NaOH (hidróxido de sodio) al 40%. Se colocó un matraz con 15 mL de ácido bórico al 4% con tres gotas de indicador rojo de metilo y azul de metileno en la salida del destilador por 5 min para recibir el ion de amonio que desprende la muestra. Se observó un cambio de color lila a verde claro. Finalmente, el contenido del matraz se tituló con HCl 0.1N. El nitrógeno total se reportó en mg kg^{-1} .

5.5 Análisis de calidad poscosecha

De los frutos cosechados para calidad poscosecha fueron divididos cinco frutos para el día 0, 4, 8 y 12 de cada cultivar se desinfectaron con agua clorada a 150 ppm, enseguida se almacenaron a 20 ± 2 °C y 80 a 85% HR en el laboratorio de calidad poscosecha de CIAD A.C., unidad Culiacán hasta la madurez de consumo. Posteriormente, se fueron realizando las evaluaciones de acuerdo a los días programados.

5.5.1. Color

El color interno de los frutos se midió con un espectrofotómetro portátil (Konica CM-700d Minolta Inc.). Se realizaron dos mediciones en pulpa en las zonas longitudinales del fruto. El equipo registró el espacio de color CIELab, definido por las coordenadas rectangulares L^* , a^* y b^* , junto con las coordenadas cilíndricas L^* , C^* , H^* (Figura 10) con el programa de cómputo OnColor QC versión 5. La coordenada L^* representa la luminosidad cuyos valores van de 0 (negro) a 100 (blanco). La cromaticidad (C^*) indica la saturación; es decir, la intensidad de un color, los valores van de 0 a 60, los valores bajos presentan colores impuros mientras que los valores altos representan colores puros y se calcula con la fórmula: $C = \sqrt{a^2 + b^2}$. El ángulo de matiz (H^*) representa el color verdadero y se muestra en grados que van de 0° a los 360°, el 0° corresponde al color rojo, seguido de amarillo (90°), verde (180°) y azul (270°) definiéndose como el arco tangente de b^*/a^* (Gilabert, 1992; KONICA-MINOLTA, 2007).

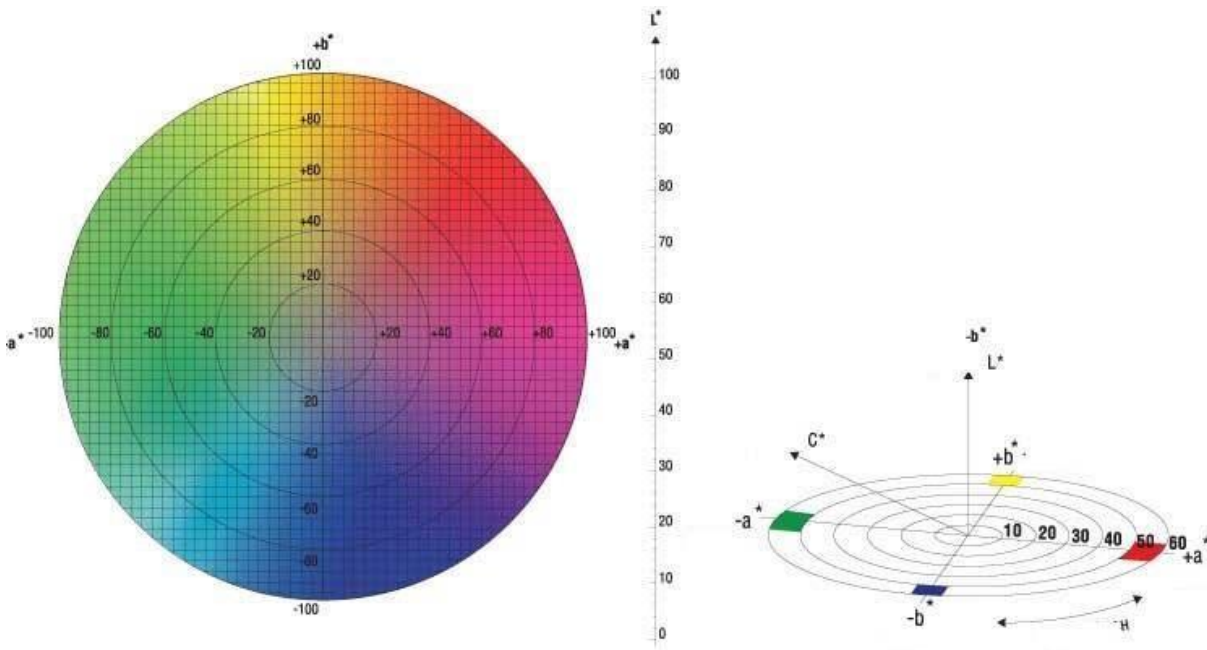


Figura 10. Diagrama del sistema de notación de color CIELab (KONICA-MINOLTA, 2007).

5.5.2 Firmeza

Se determinó por el método de punción con un penetrómetro digital (Chatillon DFS-II) con punzón de 8 mm de diámetro acoplado a una base manual (TDC 200 Chatillon). Las mediciones se realizaron en dos regiones ecuatoriales en todo el fruto, y la lectura se registró en Newton (N) donde 9.8 N equivalen a 1 kg fuerza.

5.5.3. Potencial de hidrógeno (pH)

La determinación se realizó de acuerdo con el método propuesto por la AOAC (1998). Se pesaron 10 g de la pulpa de fruto fresco, se adicionaron 50 mL de agua destilada previamente ajustada a pH 7.0 y se licuó la muestra. Posteriormente, se filtró en tela de organza y del filtrado se tomaron 40 mL para determinar el pH con el potenciómetro del titulador automático (Mettler Toledo mod. L50) previamente calibrado con soluciones buffer de pH 4 y 7.

5.5.4 Acidez titulable

Se determinó de acuerdo con el método propuesto por la AOAC (1998). Se utilizaron los 40 mL del filtrado utilizado para medir pH, se utilizó un titulador automático (Mettler Toledo Mod. L-50) con una solución de hidróxido de sodio 0.1N hasta lograr un pH de 8.2, punto de neutralización de los ácidos orgánicos de la muestra.

5.5.5 Sólidos solubles totales

Se determinó de acuerdo con el método de la AOAC (1998). De la muestra que se utilizó para medir el pH se tomó una gota y se colocó en un refractómetro (Mettler Toledo Mod.RM40) con compensación de temperatura a 20 °C y los resultados obtenidos se multiplicaron por el factor de dilución y se expresaron en grados brix (°Brix).

5.6 Análisis nutricional

5.6.1. Extracción de compuestos antioxidantes. Para la elaboración de extractos se pesaron 2.5 g de muestra y se adicionaron 10 mL de solvente (etanol al 80%), la mezcla se homogeneizó en un homogeneizador de tejidos Ultraturax; posteriormente se agitó a 200 rpm durante 2 h a temperatura ambiente resguardado de la luz. Una vez transcurridas las 2 h la muestra se centrifugó a 10,000 rpm durante 15 min a 4 °C, finalmente se recolectó el sobrenadante (extracto) en viales de 2 mL.

5.6.2. Fenoles totales (FT)

El reactivo Folin-Ciocalteu es una mezcla de fosfomolibdato y fosfotungstato, el cual se utiliza para la cuantificación de antioxidantes fenólicos y polifenólicos. Funciona midiendo la cantidad de muestra analizada necesaria para inhibir la oxidación del reactivo (Singleton *et. al.*, 1999). Al oxidarse los compuestos fenólicos presentes en la muestra, esto causa la aparición de una coloración azulada, la cual presenta un máximo de absorción a 765 nm, y se cuantifica por espectrofotometría en base a una curva estándar de ácido gálico (Lim & Tee, 2007).

Para este ensayo se tomó una alícuota de 15 µL del extracto previamente obtenido, el cual se colocó en una microplaca transparente de 96 pozos, se diluyó con 240 µL

de agua destilada, posteriormente se agregaron 15 μL del reactivo de Folin-Ciocalteu 2N, y se dejó incubar por 3 min a temperatura ambiente (25 °C). Para suspender la reacción generada y revelar el color de la reacción se añadieron 30 μL de Na_2CO_3 4N y se dejó incubar la muestra por 2 h protegida de la luz. Se midió la absorbancia a 725 nm usando un lector de microplacas (Synergy HT), Se utilizó etanol al 80% como blanco. El contenido de fenólicos totales se determinó a partir de una curva estándar de ácido gálico (AG) con concentraciones de 0 a 0.4 mg mL^{-1} y los resultados fueron expresados en mg kg^{-1} equivalentes de ácido gálico (EAG) en materia seca (Swain & Hillis, 1959).

5.6.3. Carotenoides totales (CAT)

Para la cuantificación de carotenoides se pesaron 5 g de muestra y se trituraron en una licuadora hasta obtener “consistencia de puré”, se adicionaron 30 mL de hexano y 37 mL de acetona y se mezclaron utilizando un homogeneizador de tejidos Ultraturrax. La mezcla obtenida se filtró utilizando un papel Whatman no. 1, el filtrado se realizó con una bomba de vacío acoplada a un matraz Kitasato en el cual se recogió el extracto; se repitió la adición de hexano y acetona y el filtrado hasta que la muestra ya no presentó coloración. Una vez obtenido el extracto, se depositó en un embudo de separación y se le agregaron 10 mL de agua destilada fría. Se agitó el extracto y después se dejó en reposo, lo cual provocó una separación de dos fases, la fase superior es la fase hexánica y es en la que se encuentran contenidos los pigmentos. Ésta fase fue colocada en una probeta y se tomó nota del volumen total, posteriormente se tomó una alícuota del extracto y fue depositada en una celda de cuarzo de 1 cm y se leyó en un espectrofotómetro a una longitud de onda de 446 nm, los resultados se expresaron como mg kg^{-1} MS.

5.6.4. Fibra dietaria total (FDT)

En la determinación de fibra dietética de mango se pesaron por duplicado 1 g de muestra en matraces de 600 mL (especiales para fibra dietética). Se agregó a cada vaso 50 mL de solución amortiguadora de fosfato (pH 6.0) y en las muestras que fue necesario se ajustó el pH a 6 y se adicionaron 50 μL de la enzima α -amilasa, se cubrió el matraz con papel aluminio y fue colocado en un baño María durante 30 min

a una temperatura de 100 °C, después se dejó enfriar la solución a temperatura ambiente y posteriormente se ajustó el pH a 7.5 con NaOH al 0.1N. Se adicionaron 100 µL de enzima proteasa y se cubrió el matraz con papel aluminio para incubar por 30 min a una temperatura de 60 °C con agitación continua. Se dejó enfriar y se añadió HCl al 0.1N hasta tener un pH final de 4.6, se le añadieron 200 µL de amiloglucosidasa, y se dejó incubar por 30 min a 60 °C con agitación continua (Megazyme, 2012). Al finalizar las incubaciones se adicionaron 300 mL de etanol al 96% y se dejó precipitar a temperatura ambiente. Posteriormente se pasó a la etapa de filtrado, para esto se pesaron crisoles con celite a peso contante, primero se utilizó etanol al 78% para humedecerlos y aplicar succión, se mantuvo la succión y se transfirió el precipitado al crisol.

Se realizaron lavados a los residuos con tres porciones de 20 mL de etanol al 78%. Por último se pasó a secar los crisoles con el residuo obtenido en una estufa de aire a 105 °C. Pasadas 24 h se dejaron enfriar y se pesaron. Finalmente se tomó la mitad de las muestras para analizar proteína y la otra mitad para calcinar el residuo. Se realizaron los cálculos y los resultados se reportaron mg kg^{-1} MS.

5.6.5. Azúcares totales (AZT)

La extracción de azúcares se llevó a cabo en base a la metodología propuesta por Megazyme (2005). Se pesó 1 g de muestra en un tubo de 50 mL al cual se añadieron 10 mL de etanol al 80%, la mezcla se homogeneizó con un Ultraturrax por 1 min. Una vez homogeneizada la mezcla, se centrifugó a una velocidad de 5000 rpm durante 20 min. Se recuperó el sobrenadante en otro tubo y al residuo se le añadieron 10 mL de etanol al 80% para sonicar la muestra durante 10 min y centrifugar de nueva cuenta con la finalidad de extraer la mayor cantidad posible de azúcares, se recuperó el sobrenadante y se depositó con el anterior, mismos que fueron homogenizados y utilizados para el ensayo.

Se tomó una alícuota de 1 mL en un tubo de ensayo y se secó bajo una corriente de aire a 45 °C. El residuo se resuspendió en 0.5 mL de agua destilada, del cual se tomó 0.1 mL para el ensayo, el procedimiento consistió en la determinación de D-glucosa antes y después de la hidrólisis de sacarosa por medio de la enzima β -

fructosidasa (invertasa), y de la conversión de D-fructosa a D-glucosa por la acción de la enzima fosfoglucoisomerasa (PGI); se realizó la lectura de absorbancia en un espectrofotómetro Agilent Cary 60 UV-VIS a 340 nm. El resultado se reportó en $\text{mg kg}^{-1} \text{MS}$.

5.8 Análisis estadístico

Obtenidos los datos, se procedió a su captura en una hoja de Excel. Los datos fueron organizados y resumidos en cuadros y gráficas. Se utilizaron medidas estadísticas descriptivas tales como medidas de dispersión. Para probar las hipótesis de interés se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA) con un modelo completamente al azar y un bifactorial, seguido de una prueba de comparaciones de medias usando la prueba de Tukey ($P < 0.05$). Todos los análisis se realizaron en el paquete estadístico SAS versión 9.0.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se presentan en cuatro apartados, uno para cada objetivo. Se inicia con el análisis descriptivo en el cual se incluyen los parámetros de fertilidad y salinidad en suelos. Posteriormente se presenta el análisis de la extracción mineral en cultivares, órgano y la combinación entre ambos. La evaluación de la calidad poscosecha en los cultivares de mangos, los días de almacenamiento y su combinación, se presentan en el tercer apartado y finalmente el contenido nutrimental en pulpa de los frutos de los cuatro cultivares estudiados.

6.1 Análisis descriptivo

6.1.1. Características físicas y químicas de suelos cultivados con mango en la costa chica de Guerrero

Textura. Los tipos de suelos de la costa chica de Guerrero, resultaron con características diversas; el suelo del cultivo de mango 'Ataulfo' se clasificó como arcilloso, el cultivo de mango 'Haden' presentó textura franca mientras que los cultivos de mango 'Manila' y 'Criollo' resultó ser franco-arenosa (FA) debido a que el contenido de arena fue mayor al 60%, (Cuadro 2), este tipo de suelo corresponde a textura que va de gruesa a media (0.05 a 2 mm), el tamaño de los poros entre las partículas es mayor, lo que facilita el drenaje y la aireación (Huerta, 2010), presenta una baja capacidad de retención y la velocidad de infiltración de agua es muy rápida (Castellanos *et al.*, 2000; Delgadillo y Alcalá, 2015), es de pH ligeramente alcalino, pobre en materia orgánica y bajo en bases intercambiables (Torres *et al.*, 2006; Bojórquez *et al.*, 2008).

Cuadro 2. Clasificación textural de los suelos cultivados con mango en la costa chica de Guerrero.

Clase textural	Cultivar			
	Ataulfo	Manila	Haden	Criollo
Porcentaje de arena	24.43	64.24	45.10	67.44
Porcentaje de arcilla	42.37	18.08	10.50	16.84
Porcentaje de limo	33.20	17.68	44.40	15.72
Clasificación	arcillosa	franco arenosa	franca	franco arenosa

Fertilidad y salinidad. El pH de los suelos cultivados con mango 'Ataulfo' y 'Criollo' estuvo ligeramente alcalino con valores entre 7.07 y 7.28, mientras que el suelo del cultivo de mango 'Manila' fue ligeramente ácido con 5.73, y por último el cultivo de mango 'Haden' se encontró en el rango óptimo de valor de pH 6.56 (Cuadro 3). En suelos con pH mayor a 7.5 se dificulta la absorción de minerales en raíz, el crecimiento, desarrollo y producción del cultivo se ve limitado; además, entre mayor alcalinidad, menor disponibilidad y concentración de N, K, Ca Mg, Fe, Mn y Cu en tejido vegetal (Maldonado *et al.*, 2001; Trejo-Téllez *et al.*, 2003; Ramírez-Serrano *et al.*, 2008).

El contenido de materia orgánica en el suelo presentó valores bajos en 'Ataulfo', 'Haden' y 'Criollo' (0.5 a 0.99%), solo 'Manila' se encontró dentro del rango de suficiencia (Cuadro 3) (Castellanos, *et al.*, 2000). La adición de materia orgánica tiene efecto sobre las propiedades físicas del suelo, ya que forma agregados y proporciona estabilidad estructural, además de favorecer la penetración y retención de agua y disminuir la erosión (Julca-Otiniano *et al.*, 2006). La incorporación de materia orgánica en los suelos productores de mango tiene efecto positivo sobre el desarrollo, inicio de floración, formación de frutos (Sindoni *et al.*, 2009) e incrementa el contenido de minerales en hoja (Escamilla *et al.*, 2003).

La conductividad eléctrica (C.E.) presentó niveles muy bajos con valores de 0.12 a 0.32 dS m⁻¹ (Cuadro 3), lo cual es buen indicador, ya que se ha comprobado que suelos con bajos índice de C.E. son adecuados para producir una amplia variedad de cultivos, aportando un amplio margen para el manejo integral nutricional en el cultivo de mango (Rodríguez *et al.*, 2006; Simón *et al.*, 2013). Valores de conductividad

eléctrica superiores a 2.0 dS m^{-1} ocasionan menor concentración de K, Cu, Fe y Zn por la presencia de NaCl (Parés y Basso 2013). Parés *et al.* (2008) reportaron que la salinidad (C.E. $> 4.0 \text{ dS m}^{-1}$) produce cambios anatómicos a nivel foliar en plantas y reducción del índice estomático.

Respecto al parámetro de la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) el suelo del cultivar 'Ataulfo' presentó el valor más elevado, esto se debe a que este suelo presentó la mayor concentración de arcilla, lo que le confiere mayor capacidad de intercambio catiónico respecto 'Manila', 'Haden' y 'Criollo' (Nolasco, 2013).

El contenido de bicarbonatos, estuvo dentro del nivel de referencia recomendado (1.68 a 2.89 meq L^{-1}) (NOM-021-RECNAT, 2000); la condición de alta concentración de bicarbonatos aumenta el pH debido a la alta solubilidad, así como también modifica los valores de relación de adsorción de sodio, debido a los procesos de hidrólisis y precipitación del ion calcio Ca^{2+} (Vázquez *et al.*, 2002); así mismo, cloruros y sulfatos resultaron por debajo de los niveles de referencia (Cuadro 3).

Cuadro 3. Características químicas de los suelos cultivados con mango en la costa chica de Guerrero.

Componente	Rango de suficiencia	Cultivar			
		Ataulfo	Manila	Haden	Criollo
pH	6.0 – 7.0	7.07 ± 0.27	5.73 ± 0.17	6.56 ± 0.21	7.28 ± 0.25
M. O. (%)	1.6 – 3.5	0.99 ± 0.15	2.89 ± 0.22	0.56 ± 0.06	0.50 ± 0.14
C.E. (dS m^{-1})	1.0 – 2.0	0.18 ± 0.01	0.32 ± 0.08	0.12 ± 0.01	0.22 ± 0.03
C.I.C. ($\text{meq } 100 \text{ g}^{-1}$)	12.0 – 25.0	20.7 ± 3.23	10.39 ± 0.36	17.53 ± 0.16	12.24 ± 3.06
Saturación (%)	---	47.5 ± 2.5	35 ± 0.0	45.5 ± 2.18	33.17 ± 1.53
Carbonatos (meq L^{-1})	0.0 - 0.2	N/D	N/D	N/D	N/D
Bicarbonatos (meq L^{-1})	2.0 - 4.0	2.68 ± 0.04	2.89 ± 0.07	2.19 ± 0.11	2.28 ± 0.06
Cloruros (meq L^{-1})	4.0 - 6.0	2.75 ± 0.03	2.76 ± 0.02	1.68 ± 0.09	2.15 ± 0.05
Sulfatos (meq L^{-1})	4.0 - 6.1	0.27 ± 0.10	1.03 ± 0.19	0.47 ± 0.15	0.40 ± 0.04

*Castellanos *et al.* (2000) y NOM-021-RECNAT (2000). \pm Desviación estándar.

La concentración de fósforo en los cuatro cultivares se encontró dentro del rango de suficiencia (6.97 a 9.76 mg kg⁻¹), mientras que potasio presentó deficiencia en todos los cultivares (75.42 a 121.75 mg kg⁻¹), calcio mostró valores altos en ‘Ataulfo’, ‘Haden’ y ‘Criollo’ (2266 a 3624 mg kg⁻¹), y solo ‘Manila’ se encontró dentro del rango (1771.36 mg kg⁻¹) (Castellanos *et al.*, 2000).

La concentración de magnesio se mostró en exceso en tres cultivares solo el cultivar ‘Criollo’ estuvo dentro de los valores de referencia (69.33 mg kg⁻¹); por último el contenido de azufre se encontró ligeramente arriba de los valores óptimos en ‘Ataulfo’ y ‘Manila’, los otros dos cultivares estuvieron dentro de los valores de referencia (Cuadro 4). Una relación balanceada entre N-P-K, es importante, debido a que el N incide directamente en el desarrollo vegetativo, el P estimula la floración y producción temprana y el K contribuye a la uniformidad y calidad del fruto (Chirinos, 1999). Exceso de P y K limitan la absorción de Ca, Mg, Zn y Cu y pueden provocar deficiencias (San Martino, 2008). De acuerdo a esto último, el suelo del huerto con mango ‘Ataulfo’ fue el que presentó balance más semejante al rango de suficiencia respecto a N-P-K, mientras que el resto de los huertos presentaron una mayor deficiencia en potasio.

Cuadro 4. Contenido de macronutrientes y micronutrientes de los suelos cultivados con mango.

Nutriente (mg kg ⁻¹)	Rango de suficiencia	Cultivar			
		Ataulfo	Manila	Haden	Criollo
N-Inorg.	20.0 – 40.0	23.12 ± 2.02	24.95 ± 8.23	22.5 ± 3.53	23.66 ± 6.96
P	5.5 – 11	9.76 ± 1.02	6.97 ± 0.93	9.63 ± 1.2	8.80 ± 0.79
K	150.0 – 250.0	121.75 ± 11.63	75.42 ± 5.18	94.67 ± 13.87	81.0 ± 43.92
Ca	1000.0 – 2000.0	3624.19 ± 258.37	1771.36 ± 52.72	2866.67 ± 144.68	2266 ± 213.85
Mg	60.0 – 180.0	681.87 ± 12.02	184.99 ± 9.91	185.67 ± 42.67	69.33 ± 7.51
S	8.0 - 12.0	12.96 ± 0.10	12.36 ± 0.19	11.28 ± 0.15	9.6 ± 0.04
Cu	> 0.2	3.18 ± 0.56	1.08 ± 0.11	2.22 ± 0.3	1.20 ± 0.3
Fe	> 4.5	88.13 ± 1.94	77.29 ± 11.41	39.45 ± 8.55	10.70 ± 2.10
Mn	> 1.0	87.59 ± 075	73.27 ± 1.84	15.4 ± 4.5	14.57 ± 0.68
Zn	> 1.0	0.41 ± 0.01	0.27 ± 0.08	1.70 ± 0.10	1.33 ± 0.06

* Castellanos *et al.* (2000) y NOM-021-RECNAT (2000). ± Desviación estándar.

6.2 Extracción mineral

6.2.1. Macronutrientes

Nitrógeno

Entre cultivares el que mostró mayor contenido fue 'Ataulfo' ($11,607 \text{ mg kg}^{-1} \text{ MS}$), mientras que el menor fue 'Haden' ($7457 \text{ mg kg}^{-1} \text{ MS}$); la alta concentración de nitrógeno en 'Ataulfo' se le atribuye a la aplicación foliar de nitrato de potasio, como estimulante a la floración temprana, esta es una práctica de cultivo habitual en el manejo que se le da este huerto (Mellado-Vázquez *et al.*, 2012).

Dentro de los órganos la distribución mineral fue distinta, mostrando diferencias significativas entre éstos. La hoja presentó el mayor contenido de nitrógeno ($11,771 \text{ mg kg}^{-1} \text{ MS}$) seguido por fruto y por último tallo (7704 mg kg^{-1}) (Cuadro 5), este resultado concuerda con Mellado-Vázquez *et al.*, (2012) que reportaron contenidos de nitrógenos mayores en hoja y lo atribuyeron a la aspersion de nitrato de potasio que se realizó al cultivo de mango 'Haden'.

El contenido de nitrógeno presentó variaciones en ambos factores (cultivar y órgano). El mayor contenido de este elemento se encontró en el cultivar 'Ataulfo' en combinación con la hoja ($17,129 \text{ mg kg}^{-1} \text{ MS}$), mientras que el tratamiento generado por el cultivar 'Haden' y órgano tallo fue el que mostró contenido menor ($6350 \text{ mg kg}^{-1} \text{ MS}$).

Fósforo

En esta variable de respuesta la concentración de fósforo mostró diferencias significativas, exhibiendo valores dos veces mayor en el cultivar 'Haden' que en 'Manila' ($1051 \text{ mg kg}^{-1} \text{ MS}$). Guzmán (1988) estudió la dinámica del crecimiento de fruto de mango 'Manila' y reportó resultados inferiores, a los que se obtuvo en este trabajo.

En el órgano tallo fue superior 154% más que fruto ($1248 \text{ mg kg}^{-1} \text{ MS}$) (Cuadro 5). Arias (1999), reportó intervalos de suficiencia de 0.008 a 0.25% para fósforo en mango 'Haden', coincide con lo encontrado en esta investigación.

El comportamiento de fósforo fue variable. En las combinaciones el tratamiento creado por el cultivar 'Haden' y órgano hoja fue superior cinco veces, respecto al cultivar 'Criollo' y órgano tallo ($701 \text{ mg kg}^{-1} \text{ MS}$). El fosfato absorbido por las células de las plantas se ve rápidamente involucrado en los procesos metabólicos; además participa en la fotosíntesis y respiración. Está presente en los nucleótidos ARN y ADN y en las moléculas adenosín-difosfato y adenosín-trifosfato, que son esenciales en el metabolismo energético de las plantas (Mengel y Kirkby, 2000; Vázquez *et al.*, 2010).

Potasio

La respuesta de esta variable en los diferentes cultivos mostró diferencias significativas. Sobresale el cultivar 'Haden' con el valor más elevado ($10,728 \text{ mg kg}^{-1} \text{ MS}$), mientras que el resto de los cultivares tuvieron menores concentraciones similares entre sí. En el factor órgano el que presentó el contenido más elevado fue tallo. Una investigación realizada por Cruz-Barrón *et al.*, en 2014, reportaron un valor de 1.16% de potasio en extracción mineral de biomasa podada, concordando con los resultados obtenidos en esta investigación. El contenido de potasio se le atribuye a la aplicación de nitrato de potasio en el área foliar como práctica de cultivo en los huertos de la costa chica de Guerrero.

La combinación de ambos factores que mostró valores superiores fue el cultivar 'Haden' y el órgano hoja ($13,617 \text{ mg kg}^{-1} \text{ MS}$) (Cuadro 5), se le atribuye este contenido de potasio a la aplicación de nitrato de potasio como prácticas de cultivo en los huertos productores de mango en la costa chica de Guerrero.

Calcio

En esta variable de respuesta el cultivar que presentó mayor contenido fue 'Criollo' ($14,186 \text{ mg kg}^{-1} \text{ MS}$) y el menor fue 'Ataulfo' ($8832 \text{ mg kg}^{-1} \text{ MS}$), en el factor órgano fue hoja y tallo los que presentaron el mayor contenido (Cuadro 5). En la combinación de ambos factores, el inferior fue el cultivar 'Manila' y el órgano fruto. La deficiencia de calcio en los frutos de mangos puede provocar desórdenes fisiológicos principalmente en la estructura de la pared celular (Mellado-Vázquez *et al.*, 2012).

Magnesio

En este elemento el análisis estadístico arrojó diferencia significativa. Entre cultivares 'Ataulfo', fue 176% mayor respecto a 'Criollo' ($960 \text{ mg kg}^{-1} \text{ MS}$). En el órgano quien presentó menor contenido fue el fruto, dos veces menor que la hoja ($1832 \text{ mg kg}^{-1} \text{ MS}$) y en la combinación de ambos factores el inferior fue el cultivar 'Manila' y el órgano fruto ($860 \text{ mg kg}^{-1} \text{ MS}$) (Cuadro 5). Cruz-Barrón *et al.* (2014), presentaron como intervalos adecuados de Mg 0.15 a 0.4%, en la extracción minera de biomasa podada, respecto a dichos autores el contenido de Mg en esta investigación fue deficiente. Una baja concentración de Mg en el cultivo de mango provoca desordenes fisiológicos (Mellado-Vázquez *et al.*, 2012). Castellanos *et al.* (2000) documentaron que magnesio forma parte esencial de la molécula de clorofila y es necesario para la actividad de muchas enzimas que activan los procesos de fosforilación. Esta deficiencia se le atribuye a la falta de fertilización balanceada, en esta zona productora de mango la dosis de fertilización es arbitraria.

Azufre

En el factor cultivar de esta variable de respuesta quien presentó menor contenido de azufre fue 'Criollo' ($48 \text{ mg kg}^{-1} \text{ MS}$), dos veces menos respecto al mayor que fue 'Ataulfo', con dichas evidencias el análisis estadístico mostro diferencia significativa. En el factor órgano en hoja fue 186% superior a fruto ($49.9 \text{ mg kg}^{-1} \text{ MS}$). En la combinación de ambos factores el que presentó el menor contenido fue 'Criollo' y fruto ($40 \text{ mg kg}^{-1} \text{ MS}$) (Cuadro 5). En la investigación realizada por Mellado-Vázquez *et al.* (2012) reportaron valores de azufre entre 0.28 a 0.33 kg t^{-1} de fruto fresco siendo superiores a lo encontrado en este trabajo de estudio. Niveles insuficientes según Jones *et al.* (1991), Castellanos *et al.* (2000) y Mengel y Kirkby (2000) concluyen que el azufre al ser un elemento secundario esencial, las plantas deficientes acumulan nitratos, aminoácidos libres y amidas que provocan inhibición de la síntesis proteica. Esta deficiencia se le puede conferir a la falta de fertilización adecuada y a la deficiencia en el manejo del control de plagas y enfermedades.

Cuadro 5. Contenido de macronutrientes en tallo, hoja y fruto de cuatro cultivares de mango

Fuente de variación	N	P	K	Ca	Mg	S
	mg kg ⁻¹ MS					
Cultivar (C)						
Ataulfo	11,607.2a	1,365.8b	7,855.3b	8,832.2c	1,697.6a	98.4a
Manila	9,968.1b	1,051.3c	7,235.5b	11,056.7b	1,170.1b	77.8b
Haden	7,457.7d	2,908.6 ^a	10,728.8a	10,469.0b	1,377.7b	55.2c
Criollo	8,564.7c	1,234.6bc	6,408.3c	14,186.0a	848.9c	47.9c
<i>P-value</i>	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Órgano (O)						
Tallo (t)	7,704.8c	1,927.3 ^a	9,362.7a	16,152.1a	1,137.3b	66.4b
Hoja (h)	11,771.0a	1,744.9 ^a	6,775.8c	16,205.6a	1,749.3a	93.2a
Fruto (f)	8,722.5b	1,248.0b	8,573.6b	1,050.2b	934.0b	49.9c
<i>P-value</i>	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
C*O						
Ataulfo t	6,911.6ef	1,858.3b	9,833.3bc	11,665.8d	1,614.4bc	82.3bcd
Ataulfo h	17,129.4a	1,100.6d	4,624.7e	13,906.5c	2,571.3a	151.4a
Ataulfo f	10,780.4c	1,138.6cd	9,107.9bcd	924.5e	907.1de	61.6def
Manila t	8,290.6def	1,290.0bcd	10,222.b	16,267.4b	1,385.7cd	89.7bc
Manila h	13,653.8b	1,020.5d	3,779.5e	16,008.7b	1,264.4cd	95.9b
Manila f	7,960.0def	843.3af	7,704.6d	894.1e	860.4de	47.8ef
Haden t	6,350.2f	3,859.5 ^a	9,661.0bc	15,410.0bc	1,096.9cd	47.6ef
Haden h	7,605.3def	3,582.0a	13,617.1a	15,301.4bc	2,057.7ab	68.2cde
Haden f	8,417.5def	1,284.5bcd	8,908.4bcd	695.5e	978.6cde	49.9ef
Criollo t	9,266.7cd	701.4d	7,734.0d	21,265.3a	452.3e	46.0f
Criollo h	8,695.3cde	1,276.7bcd	5,082.2e	19,605.8a	1,104.cd	57.5ef
Criollo f	7,732.2def	1,725.7bc	8,436.7cd	1,686.8e	989.8cde	40.2f
<i>P-value</i>	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

Efecto del cultivar (Ataulfo, Manila, Haden y Criollo), órgano (tallo, hoja y fruto) y su combinación (C*O) en la extracción de macronutrientes en mango cultivado en la costa chica de Guerrero. Medias con letra diferente entre columnas indica diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).

6.2.2. Micronutrientes

Cobre

El efecto del tratamiento de esta variable de respuesta mostró diferencia significativa en el análisis estadístico. En el factor cultivar los cuatro presentaron valores muy similares que oscilan entre 5.68 a 8.49 mg kg⁻¹ MS, siendo mayor en 'Ataulfo', seguido por 'Criollo', 'Haden' y 'Manila'. En el órgano fue 59% superior tallo respecto a hoja (5.58 mg kg⁻¹ MS); y por último en la combinación de ambos factores de estudio el inferior fue 'Manila' y hoja con 1.01 mg kg⁻¹ MS (Cuadro 6). Estos valores fueron bajos respecto a lo reportado por Cruz-Barrón *et al.* (2014), donde indican como adecuado de 21 a 43 mg kg⁻¹ MS. Los microelementos deben proporcionarse cuando el mango está creciendo en suelos con problemas de sales.

Hierro

Entre cultivares en esta variable respuesta el de mayor concentración fue 'Haden' (71 mg kg⁻¹ MS) y el menor fue 'Manila' (30.91 mg kg⁻¹ MS). En el segundo factor el superior fue hoja con 68.85 mg kg⁻¹ MS y el inferior fruto con 7.31 mg kg⁻¹ MS. En la combinación de ambos factores el mejor contenido lo mostró 'Haden' hoja y el peor 'Haden' fruto, mientras que el resto de las combinaciones mostraron valores promedio, con respecto a los valores reportados por Cruz-Barrón *et al.* (2014).

Manganeso

En este microelementos los resultados obtenidos se sometieron al análisis estadístico el cual arrojó diferencia significativa. En el factor uno el cultivar que presentó el contenido mayor fue 'Ataulfo', seguido por 'Manila', 'Haden' y 'Criollo' con valores entre 104 a 49 mg kg⁻¹ MS. En el factor dos el órgano de mayor contenido fue hoja con 134 mg kg⁻¹ MS y el menor fue fruto con 47 mg kg⁻¹ MS. De acuerdo a lo propuesto como niveles adecuados de Mn (73 a 783 ppm) por Cruz-Barrón *et al.* (2014), solo tres combinaciones se encontraron dentro del rango, 'Ataulfo':hoja, 'Ataulfo':fruto y 'Haden':hoja (Cuadro 6), el resto de las combinaciones fueron deficientes. Marschner (2012) documentó que el manganeso es relativamente inmóvil dentro de la planta y participa en los procesos de oxidación durante la fotosíntesis y

retrasa la senescencia de los cloroplastos. Deficiencias se manifiestan en clorosis en hojas, acompañada de un moteado entre las nervaduras, altos contenidos de calcio afectan su absorción (Jiménez, 2002). Esto se puede atribuir a que en la costa chica de Guerrero, los productores menosprecian la aplicación de micronutrientes, pasando por desapercibido su importante valor en el desarrollo y crecimiento de la planta.

Zinc

En este parámetro se mostró diferencia estadística, donde los contenidos mayores dentro de los cultivares los mostraron 'Haden' y el menor 'Manila' (Cuadro 6). En el factor órgano el que tuvo concentración superior fue tallo e inferior fruto. Estos valores de Zn son menores a lo reportado por Mellado-Vázquez *et al.*, (2012). En la combinación de los dos factores el que presentó el contenido más alto fue 'Criollo':tallos y el menor 'Manila':fruto. Esto se le puede atribuir a la deficiencia que muestra el suelo por la falta de fertilización balanceada y aplicada en tiempo y forma.

Cuadro 6. Concentración de micronutrientes en tallo, hoja y fruto de cuatro cultivares de mango.

Fuente de variación	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg kg ⁻¹ MS			
Cultivar (C)				
Ataulfo	8.49 ^a	38.07 ^c	103.57 ^a	11.66 ^b
Manila	5.68 ^b	30.91 ^c	99.16 ^b	6.29 ^c
Haden	7.43 ^a	71.00 ^a	53.51 ^c	19.02 ^a
Criollo	8.12 ^a	48.92 ^b	48.98 ^d	17.17 ^a
<i>P-value</i>	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Órgano (O)				
Tallo (t)	9.40 ^a	44.39 ^b	48.49 ^b	19.95 ^a
Hoja (h)	5.58 ^c	68.85 ^a	133.67 ^a	13.43 ^b
Fruto (f)	7.31 ^b	28.44 ^c	46.76 ^b	7.24 ^c
<i>P-value</i>	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
C*O				
Ataulfo t	13.37 ^a	22.71 ^{fg}	21.18 ^f	15.97 ^b
Ataulfo h	6.05 ^{de}	45.76 ^{de}	144.76 ^b	9.51 ^{cd}
Ataulfo f	6.05 ^{de}	45.76 ^{de}	144.76 ^b	9.51 ^{cd}
Manila t	7.48 ^{bcd}	29.38 ^{efg}	50.09 ^e	9.65 ^{cd}
Manila h	1.01 ^f	48.73 ^d	50.09 ^e	7.63 ^{de}
Manila f	8.57 ^{bcd}	14.63 ^g	8.23 ^g	1.59 ^f
Haden t	9.01 ^{7bc}	85.22 ^b	44.12 ^e	34.36 ^a
Haden h	8.69 ^{bcd}	114.08 ^a	108.65 ^c	19.28 ^b
Haden f	4.60 ^e	13.72 ^g	7.76 ^g	3.43 ^{ef}
Criollo t	7.74 ^{bcd}	40.28 ^{de}	78.55 ^d	19.83 ^b
Criollo h	6.56 ^{cde}	66.85 ^c	42.10 ^e	17.29 ^b
Criollo f	10.05 ^b	39.64 ^{def}	26.29 ^f	14.42 ^{bc}
<i>P-value</i>	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

Efecto del cultivar (Ataulfo, Manila, Haden y Criollo), órgano (tallo, hoja y fruto) y su interacción (C*O) en la extracción de micronutrientes en mango cultivado en la costa chica de Guerrero. Medias con letra diferente entre columnas indica diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).

6.3 Calidad poscosecha

Significancias

Los atributos físicos (firmeza y color interno) y químicos (pH, acidez y SST) de la calidad poscosecha del fruto de mango producido en la costa chica de Guerrero, evidenciaron efectos significativos ($P \leq 0.05$) por el cultivar, el tiempo de almacenamiento en días y la interacción de ambos factores de estudio (Cuadro 7).

6.3.1. Atributos físicos

Firmeza

En condición de madurez fisiológica, la firmeza del fruto varió entre los cultivares evaluados. En la firmeza, 'Haden' fue 73% superior a 'Ataulfo' y 'Criollo', cultivares que mostraron valores de 33.3 N (Cuadro 7).

Conforme transcurrió el tiempo de almacenamiento del fruto (días), la firmeza mostró respuestas inversas. A los cero días de almacenamiento, el fruto tuvo la mayor firmeza con 128 N, mientras que conforme el fruto alcanzó la madurez de consumo a los 8 y 12 d, esta variable tuvo los valores más bajos con 11 y 5 N, respectivamente (Cuadro 7). Durante la maduración, las enzimas pectinasas y celulasas hidrolizan los enlaces ésteres despolimerizan los polisacáridos de pectina y celulosa (Tharanathan *et al.*, 2006; Cárdenas-Coronel *et al.*, 2012; Geerkens *et al.*, 2015) produciendo un ablandamiento tal y como ocurrió en esta investigación.

Los mayores valores de firmeza se obtuvieron en los cultivares 'Haden' y 'Manila', y se registraron a los cero días de almacenamiento. Entonces la mejor combinación del cultivar (C) con los días de almacenamiento (d) en este atributo físico, fue 'Haden' 0 d y 'Manila' 0 d (cuadro 7).

Color interno

Luminosidad. Entre cultivares, 'Manila' fue estadísticamente distinto y superior (68.1) al resto de los cultivares; mientras que conforme transcurre el proceso de maduración, la luminosidad disminuye de tal forma que el valor más alto se observa a los cero días de almacenamiento (72.3) y el valor más bajo a los 12 días. Con base

a las respuestas indicadas por el efecto del cultivar y días de almacenamiento del fruto, los tratamientos de 'Ataulfo', 'Manila' y 'Haden', combinados con cero días de almacenamiento mostraron los valores más altos de luminosidad (Cuadro 7).

Croma

Con base a los cultivares evaluados, 'Haden' y 'Criollo' tuvieron la mayor cromaticidad con 59.0 y 56.4, respecto a los otros cultivares evaluados. A medida que la madurez avanzó, la saturación del color aumentó, obteniéndose el menor valor de croma (49.7) a los cero días de almacenamiento. Sin embargo, entre los tratamientos generados por ambos factores de estudio, la combinación obtenida por 'Criollo' y 4 d de almacenamiento, tuvo la mayor cromaticidad (64.6) (Cuadro 7).

Color verdadero Hue

El tono del color interno de la pulpa del fruto varía entre los cultivares estudiados en la etapa de madurez fisiológica. 'Ataulfo' fue estadísticamente superior a todos los cultivares, mientras que 'Criollo' presentó el menor ángulo de tono con 73.7°. El tiempo de almacenamiento presentó una relación inversa con el ángulo de tono, teniéndose el valor más alto a los 0 d almacenamiento (83.4°), el cual fue 15% superior al menor valor obtenido a los 12 d de almacenamiento del fruto. Conforme el fruto madura, la pulpa del fruto cambia de amarillo pálido hasta amarillo-anaranjado (Venkateswarlu y Krishna-Reddy, 2014). Opuesto a la reducción de hue, la síntesis de carotenoides que son responsables del color en la pulpa del fruto, está en constante aumento desde el estado verde hasta la madurez de consumo (Ornelas-Paz *et al.*, 2010).

De acuerdo con la respuesta obtenida por el efecto individual de los factores evaluados, los cultivares 'Ataulfo' y 'Haden' en combinación con 0 d almacenamiento, tuvieron el mayor ángulo de tono y fueron estadísticamente superiores (mayor o igual a 20%) en relación con el tratamiento 'Criollo' y 12 d almacenamiento donde se obtuvo el menor valor (72.2°) (Cuadro 7).

6.3.2. Atributos químicos

pH

Según el cultivar de mango, el pH del fruto cambió estadísticamente. 'Ataulfo' y 'Haden' mostraron valores de pH (mayores o iguales a 4.1) estadísticamente distintos y superiores a 'Manila' y 'Criollo'. A medida que progresa la maduración del fruto, el pH aumenta, alcanzando el mayor valor a los 12 d de almacenamiento del fruto con 4.9. Considerando las respuestas encontradas por el efecto de los dos factores estudiados, la combinación 'Haden' y 12 d de almacenamiento fue el tratamiento estadísticamente distinto y superior al resto (Cuadro 7).

Acidez

La concentración de ácido cítrico cambió entre los cultivares de mango analizados. 'Haden' tuvo la menor acidez del fruto con 0.81% ácido cítrico siendo estadísticamente distinto e inferior (35%) a 'Manila' que mostró el valor más alto (1.1% ácido cítrico). Sin embargo, 'Manila' presentó una acidez significativamente similar a 'Criollo' y 'Ataulfo'.

El tiempo de almacenamiento mostró una relación inversa con la acidez del fruto. La mayor acidez obtenida al inicio del estudio poscosecha, fue estadísticamente distinto y superior (3.3 y 6.5 veces) al valor obtenido a los 8 y 12 d de almacenamiento del fruto con 0.45 y 0.26%, respectivamente. Conforme avanza el proceso de maduración del fruto, el contenido de ácidos orgánicos disminuye (Dick *et al.*, 2009). En virtud de que tanto el cultivar, como el tiempo de almacenamiento afectan la acidez del mango, esta variable resulta ser la más alta cuando los cultivares 'Ataulfo' y 'Manila' se combinan con tiempo de almacenamiento (0 d), siendo superior al resto de las combinaciones generadas por ambos factores de estudio.

SST

En los cultivares estudiados, la concentración de sólidos solubles totales varió significativamente ($P \leq 0.05$). 'Ataulfo', presentó la mayor concentración de sólidos solubles totales con 15 °Brix y fue estadísticamente distinto a 'Manila', 'Haden' y 'Criollo' (Cuadro 7).

A medida que el tiempo de maduración progresó, los SST incrementaron. A los 12 d de almacenamiento, el fruto obtuvo la más alta concentración de SST, siendo 74%

mayor al valor más bajo (9.2) obtenido a los 0 d almacenamiento del mango (Cuadro 7). Respuestas similares han sido reportadas en la literatura (Cárdenas-Coronel *et al.*, 2012).

En el proceso de maduración, el cultivar y tiempo de almacenamiento afectan el contenido de sólidos solubles totales. Así las mejores combinaciones de ambos factores donde se obtuvieron los valores más altos de SST fueron 'Ataulfo' y 'Manila' con 12 d de almacenamiento (Cuadro 7).

Cuadro 7. Atributos de calidad poscosecha en cuatro cultivares de mangos.

Fuente de variación	Firmeza		Color Interno		pH	Acidez % Ac. cítrico	SST °Brix
	N	L	C	Hue (°)			
Cultivar (C)							
Ataulfo	33.36c	65.81b	55.14b	79.84a	4.10a	0.98ab	15.03a
Manila	44.20b	68.16a	55.65b	76.11b	3.90b	1.10a	13.27b
Haden	57.54a	65.94b	58.99a	75.95b	4.25a	0.81b	12.38c
Criollo	33.38c	64.80b	56.37ab	73.75c	3.83b	0.91ab	11.77c
<i>P-value</i>	<0.0001	<0.0001	0.0054	<0.0001	<0.0001	0.0051	<0.0001
Días (d)							
0	128.02a	72.37a	49.70b	83.38a	3.10d	1.95a	9.18d
4	23.73b	66.85b	58.10a	76.70b	3.51c	1.13b	12.86c
8	11.24c	64.27c	59.27a	73.21c	4.52b	0.45c	14.43b
12	5.47c	61.22d	59.08a	72.37c	4.94a	0.26c	15.99 ^a
<i>P-value</i>	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
C*d							
Ataulfo 0d	117.66b	75.49a	50.25fgh	89.83a	3.08de	2.38a	10.22fgh
Ataulfo 4d	7.27ef	65.04cde	54.77cdefgh	77.49c	3.53cd	0.99cd	16.13abc
Ataulfo 8d	4.85ef	62.52ef	57.99abcdef	75.72cd	4.89b	0.25fg	16.82ab
Ataulfo 12d	3.65f	60.18fg	57.55abcdefg	76.34c	4.92b	0.26fg	16.95ab
Manila 0d	143.63a	75.03a	47.06h	85.81b	2.92e	2.25a	7.99h
Manila 4d	19.43ef	69.14b	53.68efgh	77.49c	3.29cde	1.53bc	11.87ef
Manila 8d	9.48ef	66.51bcd	59.31abcde	71.513ef	4.70b	0.36efg	15.31bc
Manila 12d	4.27f	61.95ef	62.57abc	71.06ef	4.68b	0.28fg	17.92a
Haden 0d	157.02a	74.28a	51.90efgh	86.62ab	3.31cde	1.53bc	8.14gh
Haden 4d	45.62d	67.22bc	59.31abcde	75.97cd	3.53cd	1.10bcd	11.73ef
Haden 8d	20.89ef	63.97de	63.11ab	71.37ef	4.71b	0.40efg	12.97de
Haden 12d	6.65ef	58.29g	61.63abcd	69.87f	5.45a	0.23g	14.24cd
Criollo 0d	93.80c	64.68cde	49.61gh	71.28ef	3.11de	1.64b	10.35fg
Criollo 4d	22.60e	65.98bcd	64.65a	77.26c	3.71c	0.92de	11.73ef
Criollo 8d	9.75ef	64.08cde	56.66bcdefg	74.26cde	3.80c	0.80def	12.65de
Criollo 12d	7.35ef	64.47cde	54.56defgh	72.20def	4.70b	0.28fg	14.82bcd
<i>P-value</i>	<0.0001	<0.0001	0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

Efecto del cultivar (Ataulfo, Manila, Haden y Criollo), días de almacenamiento (0, 4, 8 y 12) y su interacción (C*d) en la calidad poscosecha del fruto de mango. Medias con letra diferente entre columnas indica diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).

6.4 Calidad nutrimental

Características de calidad nutricional en pulpa de cuatro cultivares de mango

Los resultados de los parámetros nutricionales en la pulpa de mango de los diferentes cultivares estudiados presentaron diferencia significativa ($P \leq 0.05$).

6.4.1. Compuestos fenólicos totales

Entre cultivares el que presentó mayor contenido de FT fue 'Manila' (3291 mg kg^{-1} EAG MS) y el menor fue 'Ataulfo' (2539 mg kg^{-1} EAG MS) (Figura 11). Estos resultados difieren a lo reportado en mango 'Ataulfo' (1093 mg kg^{-1} fresco) por Corrales-Bernal *et al.* (2014), ya que en la presente investigación se encontraron menores concentraciones de FT en los cuatro cultivares estudiados.

6.4.2. Carotenoides totales

La pulpa de mango se caracteriza por su tonalidad de amarillo a naranja, al cual depende del cultivar. Los valores de CAT variaron entre 1273 y 3925 mg kg^{-1} MS. El cultivar 'Haden' presentó el mayor contenido de CAT. Estos resultados fueron superiores a los reportados en mango azúcar variedad 'Colombia' por Corrales-Bernal *et al.* (2014). Los valores superiores que presentó el cultivar 'Haden' se atribuyen a su coloración de amarillo-naranja característico de este cultivar, ya que la mayor concentración de este parámetro la presentan los vegetales rojizos (Serna-Cock *et al.*, 2015).

6.4.3. Fibra dietaria total

En la Figura 11 se presentan los resultados de las variables nutricionales que se realizaron en esta investigación, las cuales mostraron diferencia significativa. El mayor contenido de FDT en pulpa de mango lo presentó el cultivar 'Criollo' con $171,219 \text{ mg kg}^{-1}$ MS y el menor fue 'Ataulfo' con $90,335 \text{ mg kg}^{-1}$ MS. Estos resultados fueron similares a los reportados en subproductos de mango 'Haden' (15.10% MS) (Cruz *et al.*, 2015).

6.4.4. Azúcares totales

Esta variable de respuesta fue afectada por los tratamientos, la cual mostró diferencia significativa. El contenido de AZT presentó valores elevados, siendo esta variable una característica importante en la calidad del fruto. Los cuatro cultivares de estudio presentaron valores entre 647,203 y 827,326 mg kg⁻¹ MS. Los resultados de esta investigación fueron superiores a lo que reportó Maldonado-Astudillo *et al.* (2016).

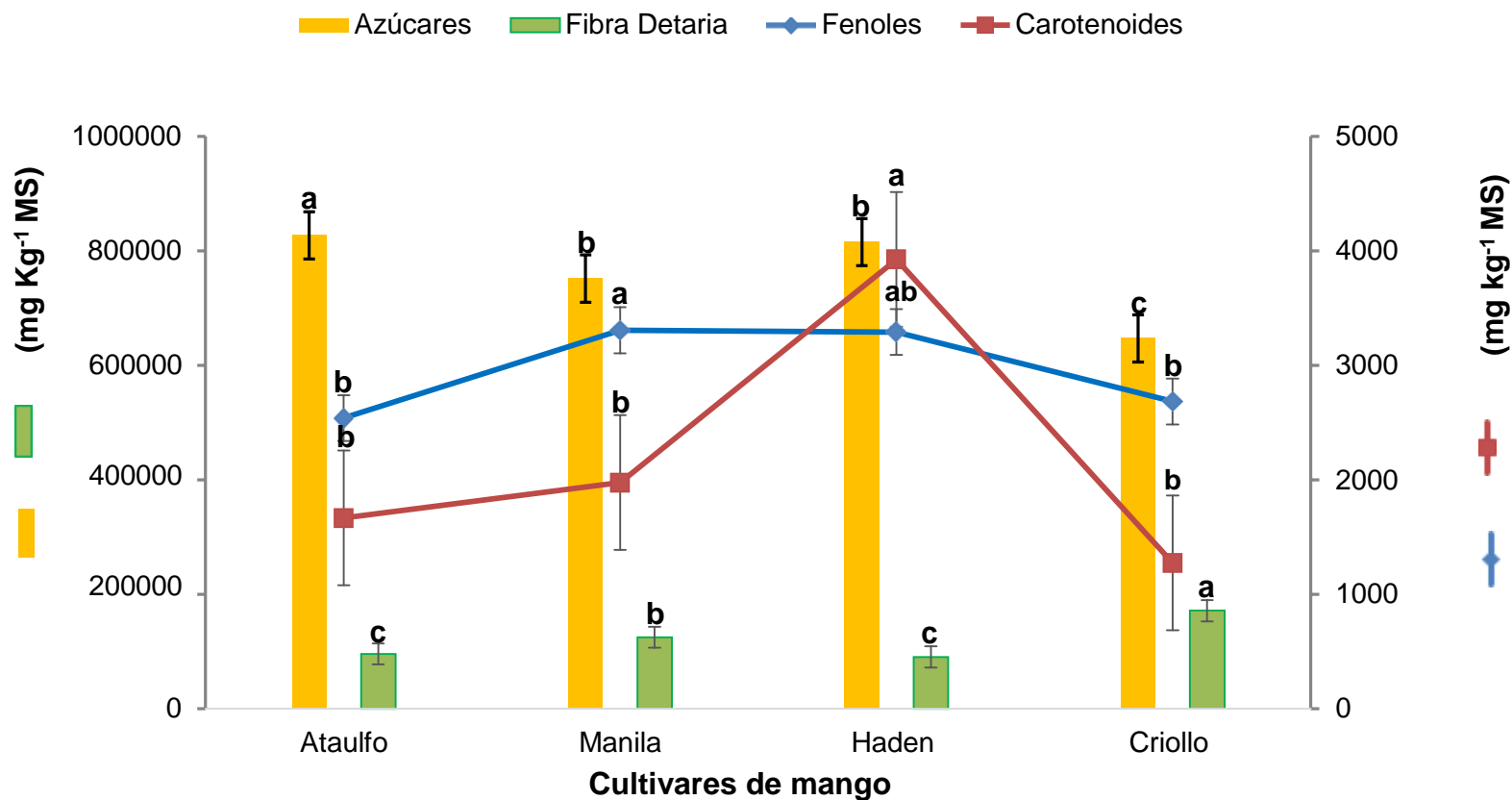


Figura 11. Concentración en parámetros de calidad nutricional en pulpa de cuatro cultivares de mango.

Fenoles totales se expresan en equivalentes de ácido gálico. Las líneas verticales indican el error estándar. Medias con letra diferente en cada nutriente indica diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).

VIII. CONCLUSIONES

En la Costa Chica de Guerrero, los suelos donde se cultiva el mango se encuentran en una condición de fertilidad física y química aceptable. El suelo predominante es de textura franca, franca-arenosa y menos frecuente la textura arcillosa. En la fertilidad química destacan deficiencias de K y Zn, pero los demás nutrientes N, P, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu se encuentran en el intervalo de concentración que puede permitir producción adecuada de este cultivo. Asimismo, las características de salinidad conductividad eléctrica, Carbonatos, bicarbonatos, cloruros y sulfatos de los huertos, no representan una limitante en la producción del mango puesto que están por debajo del umbral de tolerancia.

La extracción mineral presenta respuestas diferenciales entre órganos y cultivares de mango. Estas diferencias se reflejan en los valores máximos de extracción para N, Mg y S en 'Ataulfo', P y K en 'Haden' y Ca en 'Criollo'. Sin embargo, por el metabolismo vegetal, la asignación mineral es máxima en N, Ca, Mg y S en hoja, P y K en tallo, mientras que el fruto recibe la menor cantidad mineral del árbol. Sin embargo, cuando en los cultivares 'Manila', 'Haden' y 'Ataulfo' se combinan con la hoja, ocurre la mayor extracción de N, K, Mg y S, respectivamente; mientras que la combinación 'Haden' y 'Criollo' más tallo presentan la mayor extracción en P y Ca, respectivamente. Entre cultivares la serie de extracción mineral global cambia, en 'Ataulfo' es $N > Ca > K > Mg > P > S > Mn > Fe > Zn > Cu$, en 'Manila' $Ca > N > K > Mg > P > S > Mn > Fe > Zn > Cu$, en 'Haden' $K > Ca > N > P > Mg > S > Fe > Mn > Zn > Cu$ y en 'Criollo' $Ca > N > K > P > Mg > S > Mn > Fe > Zn > Cu$.

Los atributos de calidad física y química del fruto cosechado en madurez fisiológica, se modifican en función del tiempo de almacenamiento durante el proceso de maduración, el cultivar y la interacción de ambos factores de estudio. De esta forma, 'Manila' y 'Haden' resultan superiores en pH, SST y firmeza, mientras que 'Ataulfo' sobresale en acidez al avanzar la madurez del fruto, pH y SST aumentan, pero la firmeza, acidez, luminosidad y hue se reducen, conservando esta tendencia en las

combinaciones cultivar con tiempo de almacenamiento en el proceso de maduración del fruto de mango.

El mango producido en la Costa Chica de Guerrero muestra una calidad nutricional diferencial entre cultivares. Con base a las variables analizadas de importancia al consumidor, estas muestran un comportamiento distinto y comparativamente sobresaliente entre cultivares en los valores de azúcares totales con 827,326 mg kg⁻¹ MS en 'Ataulfo', fibra dietaria total 171,219 mg kg⁻¹ MS en 'Criollo', fenoles totales con 3306 y 3291 mg kg⁻¹ MS en 'Manila' y 'Haden', respectivamente y carotenoides totales 3925 mg kg⁻¹ MS en 'Haden'.

IX. LITERATURA CITADA

- AACC. (2001). Approved methods of analysis. American Association of cereal Chemist, 72(2): 189-196.
- AOAC. (1998). Official Methods of Analysis. 16th ed. S William (ed.) Published by the Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C. CD-ROM.
- APHA. (1980). Section 4000. Sulfate turbidimetric method: *In*: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Twentieth edition. Washington, D.C., EUA. 204-773 p.
- Arias de los Santos, J., Flores, C., Isabecconsejer, J., Sánchez García, P., López Jiménez, A., & Ríos, G. (1999). Estado nutrimental del mango cv. Haden en respuesta a la fertilización NPK, bajo un enfoque de manejo integrado (No. TESIS.). Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Instituto de Recursos Naturales, Programa de Edafología.
- Armstrong, D., L. (1991). Best management practices with the diagnostic approach. Better Crops. 75: 4-31.
- Asohofrucol, Asociación Hortifrutícola de Colombia. (2013). Modelo tecnológico para el cultivo de mango en el valle del alto Magdalena en el departamento del Tolima. Disponible en http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_264_MP_Mango.pdf consultada 23 de julio del 2020.
- Avilán, L., Chauran, O., & Figueroa, M. (1978). Evaluación del estado nutricional del mango (*Mangifera indica* L.) y el aguacate (*Persea americana* Mill) y distribución radicular del mango cultivado en los suelos de las mesas orientales de Venezuela. Agronomía Tropical (Venezuela). 28(1): 3-18.
- Ayala-Garay, A. V., Almaguer-Vargas, G., De la Trinidad-Pérez, N. K., Caamal-Cauich, I., (2009). Competitividad de la producción del mango (*Mangifera indica* L.) en Michoacán. Revista Chapingo Serie Horticultura. 15(2):133-140.
- Batista, S., & Moretto, E. (1995). Efeito da fibra da farinha da casca de banana nanica (*Musa cavendishii*) na glucemia de ratos normais e diabéticos. Florianópolis: Dissertação submetida à aprovação pelo curso de Pós-graduação em Ciências dos alimentos.
- Bosquez, E. (2014). Fisiología y tecnología poscosecha de frutas y hortalizas. Aplicación de parámetros de madurez y calidad. Disponible en: <http://docencia.izt.uam.mx/elbm/233248/practicas/practica2.pdf>. Consultada 20 julio 2020.
- Bouyoucos, G. J. (1936). Directions for making mechanical analyses of soils by the hydrometer method. Soil Science, 42(3): 225-230.
- Bray, R. H., & Kurtz, L. T. (1945). Determination of total, organic, and available forms of

- phosphorus in soils. *Soil science*, 59(1): 39-46.
- Bremner, J. M. (1996). Nitrogen-total. *Methods of soil analysis: Part 3 Chemical methods*, 5: 1085-1121.
- Cárdenas-Coronel, W. G., Velez-de la Rocha, R., Siller-Cepeda, J. H., Osuna-Enciso, T., Muy-Rangel, M. D., & Sañudo-Barajas, J. A. (2012). Cambios en la composición de almidón, pectinas y hemicelulosas durante la maduración de mango (*Mangifera indica* cv. Kent). *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 18(1): 05-19.
- Castellanos, J. Z., Uvalle-Bueno, J. X., & Aguilar-Santelises, A. (2000). *Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas*.
- CEDRSSA. (2019). Compendio mensual agropecuario EL CEDRSSA, Marzo 2019. Disponible en: <http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/18/40MARZO-2019-COMPENDIO.pdf>. Consultada 20 de julio 2020.
- CNUCED. (2016). Conferencia de las naciones unidas sobre comercio desarrollo. Mango. Disponible en https://unctad.org/es/PublicationsLibrary/INFOCOMM_cp07_Mango_es.pdf Consultada 22 de Julio de 2020.
- Corrales-Bernal, A., Maldonado, M. E., Urango, L. A., Franco, M. C., & Rojano, B. A. (2014). Mango de azúcar (*Mangifera indica*), variedad de Colombia: características antioxidantes, nutricionales y sensoriales. *Revista Chilena de Nutrición*, 41(3): 312-318.
- Cruz, A., Guamán, M., Castillo, M., Glorio, P., & Martínez, R. (2015). Fibra dietaria en subproductos de mango, maracuyá, guayaba y palmito. *Revista Politécnica*, 36(2): 9-9.
- Cruz-Barrón, V., Bugarín-Montoya, R., Alejo-Santiago, G., Luna-Esquivel, G., & Juárez-López, P. (2014). Extracción y requerimiento de macronutrientes en mango 'Ataulfo' (*Mangifera indica* L.) con manejo de poda anual y bianual. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(2): 229-239.
- Dick E., Adopo N.A., Camara B., & Moudioh E. (2009). Influence of maturity stage of mango at harvest on its ripening quality. *Fruits* 64: 13–18
- Durán, R., Villa, A. L., & Flórez, M. T. (2017). Aptitud del suelo para cultivo de mango vallenato en Guacoche, departamento del Cesar.
- FAO. (2018). Las principales frutas tropicales análisis de mercado 2018. Disponible en: <http://www.fao.org/3/ca5692es/CA5692ES.pdf>. Consultada: 25 de Julio de 2020.
- Farina V., Gentile C., Sortino G., Gianguzzi G., Palazzolo E., Mazzaglia A. (2020). Tree-ripe mango fruit: physicochemical characterization, antioxidant properties and sensory profile of six Mediterranean-grown cultivars. *Agronomy*, 10(884): 1-14.

- Forbes México. (2014). Mango un negocio jugoso para México. Disponible en <https://www.forbes.com.mx/mango-un-negocio-jugoso-para-mexico/> Consultada 19 de Julio de 2020.
- Gamboa, J., Mora, J. (2010). Guía para el cultivo del mango (*Mangifera indica L.*). Disponible en: <http://www.platicar.go.cr/images/buscador/documents/pdf/01/00471-mango.pdf> Consultada 20 de Julio del 2020.
- Gamboa, V. W. (2013). Instrumentación y estandarización del proceso para la elaboración de yogurt mediante el monitoreo de las variables analíticas (pH y temperatura). Tesis. Santiago de Querétaro, Qro.: Universidad Autónoma de Querétaro.
- Gangolly, S. R., Singh, R., Katyal, S. L., & Singh, D. (1957). The mango. *Indian Journal of Horticulture*, 14(4): 246-249.
- García M., R., López J., A., Saucedo V., C., Salazar-García, S., & Suárez E. J. (2015). Maduración y calidad de frutos de mango 'Kent' con tres niveles de fertilización. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(4): 665-678.
- García, V. P. (2009). Elaboración de una barra nutritiva a base de garbanzo y trigo con relleno de mango y evaluación de su calidad. Tesis. Culiacán, Sinaloa: Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C.
- Geerkens, C. H., Nagel, A., Just, K. M., Miller-Rostek, P., Kammerer, D. R., Schweiggert, R. M. & Carle, R. (2015). Mango pectin quality as influenced by cultivar, ripeness, peel particle size, blanching, drying, and irradiation. *Food Hydrocolloids*, 51: 241-251. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.05.022>
- Gentile, C., Di Gregorio, E., Di Stefano, V., Mannino, G., Perrone, A., Avellone, G., Sortino, G., Inglese, P., Farina, V. (2018). Food quality and nutraceutical value of nine cultivars of mango (*Mangifera indica L.*) fruits grown in Mediterranean subtropical environment. *Food Chemistry*, volumen: páginas.
- Gilabert, J. (1992). Medida del color. Valencia, Servicio de publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia. España. 320 p.
- GIMIM. (2014). Grupo de Instrumentación y Medición Industrial de México. Consultado el 23 de Noviembre de 2020, de La medición del pH en las ramas de la Industria Alimentaria: www.gimim.com/blog/la-medicion-del-ph-en-las-ramas-de-la-industria-alimentaria/.
- Goodwin, T. (1986). Metabolism, nutrition and function of carotenoids. *Annual Review of Nutrition*, 6: 273-297.
- Guzman, E.C. (1988). Dinámica del N, P y K en hoja y fruto, relacionado con fenología, clima, dendrometría y rendimiento en *Mangifera indica L.* cv. Manila. Tesis, Doctorado en ciencias especialista en edafología. Colegio de Posgraduados, Montecillo, Méx. 230 p.

- INEGI marco geoestadístico (2018)
http://cuentame.inegi.org.mx/mapas/pdf/entidades/div_municipal/gro.pdf
- INEGI-CONAGUA. Disponible: <https://www.inegi.org.mx/temas/climatologia/> consultado julio 2020.
- J. P. Selecta. (2012). J. P. Selecta, S.A. Consultado el 23 de octubre de 2020, de <https://es.slideshare.net/vegabner/determinacion-de-proteinas-mediante-el-metodo-de-kjeldahl-nutricion-49076210>
- Jiménez, D. (2002). Manual práctico para el cultivo de la papaya hawaiana. Primera edición. Ed. EARTH. Guácimo. Costa Rica. 108 p.
- Jones, B., Wolf, B. and Mills, H. (1991). Plant Analysis Handbook. Micro-macro Publishing, Inc. Georgia, USA. 98 p.
- KONICA-MINOLTA, (2007). Precise color communication. Color control from perception to instrumentation. Konica Minolta Sensing Inc. 59 p.
- Lim, Y., & Tee, J. (2007). Antioxidant properties of several tropical fruits: A comparative study. Food Chemistry, 103: 1003-1008.
- Maldonado-Astudillo, Y. I., Navarrete-García, H. A., Ortiz-Morales, Ó. D., Jiménez-Hernández, J., Salazar-López, R., Alia-Tejacal, I., & Álvarez-Fitz, P. (2016). Propiedades físicas, químicas y antioxidantes de variedades de mango crecidas en la costa de Guerrero. Revista Fitotecnia Mexicana, 39(3): 207-214.
- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Remesy, C., & Jimenez, L. (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. The American Journal of Clinical Nutrition, 79(5): 727-747.
- Marschner, H. (2012). Mineral nutrient of higher plants. Third edition. Academic Press, New York, USA. 191-248 p.
- Martínez, N. B. (2011). Análisis bromatológico del carambolo (*Averrhoa carambola* L.) y determinación de su capacidad antioxidante. Orizaba Veracruz: Universidad Veracruzana.
- Megazyme. (2012). Total dietary Fiber assay procedure. Bray, Ireland: Megazyme International Ireland.
- Megazyme. Sucrose, D-fructose y D-glucose. Assay procedure (KSFRG 03/11). Megazyme International Ireland Limited (2005).
- Meléndez-Martínez A J., Vicario Isabel M., Heredia Francisco J. (2004). Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos. ALAN, 54(2): 209-215. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222004000200011&lng=es.
- Mellado-Vázquez, A., Salazar-García, S., Treviño-de la Fuente, C., González-Durán, JL., López-Jimenez, A. (2012). Composición y remoción nutrimental de frutos de mangos

“Haden” y “Tommy Atkins” bajo producción forzada. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(5): 925-941.

Mengel, K. y Kirkby, E. (2000). *Principios de nutrición vegetal*. Cuarta edición. International Potash Institute. Basel, Switzerland. 470 p.

Mengel, K. y Kirkby, E. A. (1978). *Principios de nutrición vegetal*. Cuarta Edición. Editor International Potash Institute Schneidergasse 27, P.O. Box 1609 CH-4001 Basel, Switzerland 2000.

Mercado, G., López, V., Montalvo, E., González, GA, Sayago, S. (2018). Efecto de la extracción asistida por ultrasonido en la liberación y bioaccesibilidad *in vitro* de carotenoides, en bebidas elaboradas con mango (*Mangifera indica L.*) “Ataulfo”. *Nova scientia*, 10(1): 100-132.

Moreno A. J. (2006). Efecto de la aplicación de paclobutrazol y KNO_3 en el rendimiento y calidad de fruto de mango “Manila”. Montecillo, Texcoco, Edo. De México.

Mukherjee S (1997) Introduction: Botany and Importance. En Litz R (Ed) *The Mango Botany, Production and Uses*. CABI. Nueva York, EEUU. pp. 1-22.

NMX-FF-058-SCFI-2006. Que establece las especificaciones de productos alimenticios no industrializados para consumo humano-fruta fresca-mango (*Mangifera indica L.*).

Nolasco, G. Y. (2013). Estudio nutricional y calidad poscosecha de papayas ‘Maradol’, ‘Tainung’ y ‘Sensation’, cultivadas en Colima, México. Tesis de Maestría. CIAD A.C. Culiacán, Sinaloa.

NOM-021-RECNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudio, muestreo y análisis. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 de abril de 2003.

Noriega C., D. H., Cruzaley S., R., Leyva M., A., & Lorenzana A., F. (2014). Guía para el manejo de mango manila y ataulfo, en las costas de Guerrero.

Olsen R. and Dean L. (1965). Phosphorus: *In: Methods of soil analysis*. Part 2 agronomy monograph N° 9. (ed.) Black, C.A. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin. 1035-1049 p.

Ornelas-Paz, J. J., Gardea, A. A., Yahia, E. M., & Failla, M. L. (2010). Carotenoid composition in ‘Ataulfo’ mango and their bioavailability and bioconversion to vitamin A. *Acta Horticulturae*, 877: 1245-1252.

Parés, J. y Basso, C. (2013). Efecto del cloruro de sodio sobre el crecimiento y estado nutricional de plantas de papaya. *Bioagro*, 25(2):109-116.

Parés, J., Arizaleta, M., Sanabria, M. y García, G. (2008). Efecto de los niveles de salinidad sobre la densidad estomática, índice estomático y el grosor foliar en plantas de *Carica papaya L.* *Acta Botánica Venezuelica* 31(1):27-34.

- Rodríguez, G. L. (2005). Establecimiento de un procedimiento para la conservación de jugo de caña de azúcar variedad Poj.Tesis. Universidad de la Sabana, Facultad de Ingeniería.
- Rodríguez, R., Moreno, J., Díaz, J., & Larreal, M. (2006). Comportamiento de la conductividad eléctrica en dos series de suelo del sector Caño San Miguel, municipio Mara, estado Zulia durante un período de dos años. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 23(4): 395-406.
- Ruíz, Y. I. (2014). Determinación de cenizas. Yarina, Perú: Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia.
- SAGARPA. (2015). Mango Haden; Márgenes de comercialización. Disponible en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/67436/MC_mangohaden_julio_2015.pdf Consultado 23 de julio de 2020.
- SAGARPA. (2015). Mango Manila: Márgenes de comercialización. Disponible en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/67375/MC_mangomanila_agosto_2015.pdf Consultado 23 de Julio de 2020.
- SAGARPA. (2017). Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. Disponible en <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257078/Potencial-Mango.pdf> Consultada: 19 de Julio del 2020.
- Sánchez, T. M. (2013). Elaboración de fichas técnicas que describen la calidad de variedades de papaya producidas en Colima México. Tesis de Licenciatura. CIAD A.C. Culiacán, Sinaloa.
- Santamaría, F., Díaz, R., Sauri, E., Espadas, F., Santamaría, J. y Larqué, A. (2009). Características de calidad de frutos de papaya 'Maradol' en la madurez de consumo. *Agricultura Técnica en México* 35(3):347-353.
- Santos-Villalobos, S. D. L., Folter, S. D., Délano-Frier, J. P., Gómez-Lim, M. Á., Guzmán-Ortiz, D. A., & Peña-Cabriales, J. J. (2011). Puntos críticos en el manejo integral de mango: floración, antracnosis y residuos industriales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(2): 221-234.
- Serna-Cock, L., Torres-León, C., & Ayala-Aponte, A. (2015). Evaluación de polvos alimentarios obtenidos de cáscaras de mango (*Mangifera indica L*) como fuente de ingredientes funcionales. *Información Tecnológica*, 26(2): 41-50.
- SIAP. (2016). Producción nacional. Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> Consultada Noviembre 2018.
- SIAP. (2018). Producción nacional de mango Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> Consultada julio 2019.

- SICDE - SAGARPA. (2017). SAGARPA Producción de mango [online] Available at: <<https://sicde.agricultura.gob.mx/portal/bin/nota.php?accion=buscar¬ald=176324988458c835b684bda>> Consultada 18 de Julio del 2020.
- Simón, M., Peralta, N. R., & Costa, J. L. (2013). Relación entre la conductividad eléctrica aparente con propiedades del suelo y nutrientes. Revista, vol: páginas
- Singh, S. K., Hawkins, C., Clarke, I. D., Squire, J. A., Bayani, J., Hide, T., & Dirks, P. B. (2004). Identification of human brain tumour initiating cells. *Nature*, 432(7015): 396-401.
- Singleton, V., Orthofer, R., & Lamuela, R. R. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Meth Enzymol*.
- Swain, T., & Hillis, W. (1959). The phenolics constituents of *Prunus domestica* L. The quantitative analysis of phenolics constituents. *J Sci Food Agric*. Vol: páginas
- Tharanathan RN, Yashoda HM, Prabha TN (2007) Mango (*Mangifera indica* L.), "the king of fruits" - an overview. *Food Rev. Int.* 22: 95-123.
- Tharanathan, R. H., Yashoda, H. M. & Prabha, T. N. (2006). Mango (*Mangifera indica* L.), "The King of fruits" L.) calyces. *International Food Research Journal*, 20, 281-284.
- Vázquez, E., Mata, H., Ariza, R. y Santamaría, F. (2010). Producción y manejo poscosecha de papaya Maradol en la planicie huasteca. Libro técnico N° 4. INIFAP. Campo experimental las huastecas. México. 61 p.
- Vázquez-Valdivia, V., Pérez-Barraza, MH., Osuna-García, JA., Urías-López, MA. (2009). Manejo integral de huertos de mango "Ataulfo" con alta densidades de plantación. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 15(2): 155-160.
- Velázquez, M. A., Ortega, M., Martínez, A., Kohashi, J., & García, N. (2002). Relación funcional PSI-RAS en las aguas residuales y suelos del Valle del Mezquital, Hidalgo, México. *Terra Latinoamericana*, 20(4): 459-464.
- Venkateswarlu, K. & P. S. Krishna-Reddy. (2014). Mango: carotenoids. *International Journal of Pharmamedix India*, 2(2): 741-744.
- Walkey, A. and Black, Y. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37:29-38.
- Wall-Medrano, A., Olivas-Aguirre, FJ., Velderrain-Rodríguez, GR., González-Aguilar, A., De la Rosa, L., López-Díaz, JA., Álvarez-Parrilla, E. (2015). El mango: aspectos agroindustriales, valor nutricional/funcional y efectos en la salud. *Nutrición Hospitalaria*. 31(1): 67-75.

WHO/FAO. (2010). Report of de 30th session of codex comittee on nutrition an foods for special dietary uses. Codex Alimentarius Commision, 27-54.

Yeum, K., & Russell, R. (2002). Carotenoid bioavailability and bioconversion. Annual Review of Nutrition, 22: 483-504.