



PROGRAMA INSTITUCIONAL DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS
BIOLÓGICAS

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO



FACULTAD DE AGROBIOLOGÍA "PRESIDENTE JUÁREZ"

**Caracterización de variedades cultivadas de *Musa* spp.,
en la región de Ziracuaretiro, Michoacán**

**Como requisito parcial para obtener el grado de
MAESTRA EN CIENCIAS**

Presenta:

SARA GEORGINA MORA ALEJANDRE

Tutor:

DR. HÉCTOR GUILLÉN ANDRADE

Uruapan, Michoacán, mayo del 2022



Programa
Institucional
de Maestría en
Ciencias
Biológicas

DEDICATORIA

*Dedicado a una persona que no necesita leer esto, que sueña y construye
mientras tiene una taza de café en su mano.*

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el financiamiento de este proyecto.

A la Facultad de Agrobiología “Presidente Juárez” perteneciente a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

A mi comité sinodal conformado por: Dra. Berenice Yahuaca Juárez, Dr. Pedro Antonio García Saucedo, Dr. Luis Mario Tapia Vargas, Dr. Tarsicio Corona Torres y Dr. Héctor Guillén Andrade por su orientación y aportaciones en este proyecto.

A los productores del municipio de Ziracuaretiro, Michoacán, por su entusiasmo, conocimientos y disposición al proporcionarme los materiales vegetales.

Al Laboratorio de Recursos Fitogenéticos de la Unidad de Investigaciones Avanzadas en Agrobiotecnología.

Mamá, tus esfuerzos son impresionantes y tu amor por mí es invaluable, junto con mi papá me han proporcionado las herramientas necesarias para aplicarlas cada día.

Hermanitos, les agradezco no solo por estar presentes aportando buenas cosas a mi vida, también por las emociones que siempre me causan.

A mis amigos que forman parte del Laboratorio de Bromatología, gracias por todo el apoyo, los consejos y los buenos momentos.

Eres clave en la culminación de este proyecto, no faltaron las risas, los conocimientos, la motivación y sobre todo los increíbles momentos que ahora son el inicio.

A todas las personas que de alguna manera contribuyeron para que esto sea posible, infinitas gracias.

COMITÉ TUTOTAL

Dr. Héctor Guillén Andrade	Director de tesis
Dra. Berenice Yahuaca Juárez	Asesor interno
Dr. Pedro Antonio García Saucedo	Asesor interno
Dr. Luis Mario Tapia Vargas	Asesor externo
Dr. Tarsicio Corona Torres	Asesor externo

CONTENIDO

RESUMEN	1
ABSTRACT	3
INTRODUCCIÓN	5
II. REVISIÓN DE LITERATURA	7
2.1. Importancia y conservación de los recursos fitogenéticos	7
2.1.1. Recursos fitogenéticos del género <i>Musa</i>	8
2.2. Origen y distribución de <i>Musa</i> spp.	10
2.3. Especies cultivadas del género <i>Musa</i> en México	11
2.4. Descripción botánica de <i>Musa</i> spp.	12
2.5. Caracterización morfológica de <i>Musa</i> spp.	14
2.6. Importancia de <i>Musa</i> spp.	18
2.7. Análisis proximal en pulpa de <i>Musa</i> spp.	19
2.7.1. Porcentaje de humedad y materia seca (ms)	20
2.7.2. Contenido de almidón	21
2.7.3. Porcentaje de sólidos solubles totales (SST)	21
2.7.4. Porcentaje de acidez titulable y pH	22
2.7.5. Contenido de ceniza	23
2.8. Análisis nutrimental en <i>Musa</i> spp.	23
III. MATERIALES Y MÉTODOS	28
3.1. Descripción del área de estudio	28
3.2. Material genético	28
3.3. Localización y recolecta de racimos de <i>Musa</i> spp.	28
3.4. Caracterización morfológica de planta y fruto de <i>Musa</i> spp.	29
3.5. Evaluación proximal en pulpa de <i>Musa</i> spp.	30
3.5.1. Determinación de humedad y materia seca	30
3.5.2. Contenido de almidón	31
3.5.3. Contenido de ceniza	31
3.5.4. Porcentaje de SST	31
3.5.5. Determinación de acidez titulable y pH	32
3.5.6. Porcentaje de aceite	32
3.6. Evaluación del contenido nutrimental en pulpa de <i>Musa</i> spp.	33
3.7. Análisis de la información	33
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
4.1. Evaluación morfológica de las variedades de <i>Musa</i> spp., cultivadas en Ziracuaretiro, Michoacán, México	34

4.1.1. Recolecta de variedades cultivadas.....	34
4.1.2. Descripción morfológica de las variedades de <i>Musa</i> spp.	37
4.1.3. Características morfológicas contrastantes entre las variedades.....	48
4.1.4. Variabilidad en frutos de las variedades evaluadas de <i>Musa</i> spp.	52
4.1.5. Asociación entre características morfológicas evaluadas	62
4.1.6. Similitud morfológica entre variedades cultivadas de <i>Musa</i> spp.....	64
4.2. Evaluación proximal de las variedades de <i>Musa</i> spp., cultivadas en Ziracuaretiro, Michoacán, México	66
4.2.1. Contenido de aceite.....	67
4.2.2. Contenido de cenizas	67
4.2.3. Contenido de materia seca	68
4.2.4. Contenido de humedad	69
4.2.5. Contenido de acidez y pH.....	70
4.2.6. Contenido de sólidos solubles totales	71
4.2.7. Contenido de almidón.....	71
4.2.8. Relación entre características proximales evaluadas	82
4.2.9. Similitud proximal entre las variedades evaluadas	83
4.3. Evaluación nutrimental de las variedades de <i>Musa</i> spp., cultivadas en Ziracuaretiro, Michoacán, México	85
4.3.1. Análisis de macroelementos en <i>Musa</i> spp.	85
4.3.2. Análisis de microelementos	90
4.3.3. Relación entre los macros y microelementos nutrimentales	94
4.3.4. Similitud entre variedades de <i>Musa</i> spp, con base en el contenido nutrimental	95
4.4. Análisis global de similitud morfológica, proximal y nutrimental en variedades de <i>Musa</i> spp.....	97
V. CONCLUSIONES	102
VI. LITERATURA CITADA	103

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1.	Trabajos de investigación en caracterización morfológica de diversas especies del género <i>Musa</i>	16
2.	Principales diferencias genéticas y morfológicas entre plátano y banano.....	18
3.	Composición química y bioquímica de las Musáceas en sus diferentes estados fisiológicos y transformaciones.....	25
4.	Caracteres morfológicos de tipo cualitativo y cuantitativo evaluados en variedades cultivadas de <i>Musa</i> spp., en Ziracuaretiro, Michoacán.....	29
5.	Ubicación geográfica de los sitios de procedencia de las variedades cultivadas de Musáceas en Ziracuaretiro, Michoacán.....	34
6.	Estadísticos simples obtenidos del análisis de varianza, practicado para 12 variables cuantitativas determinadas en nueve variedades de <i>Musa</i> spp., en Ziracuaretiro.....	46
7.	Análisis de varianza en una vía practicado para 12 variables cuantitativas evaluadas en fruto de variedades cultivadas de <i>Musa</i> spp, procedentes de Ziracuaretiro, Michoacán.....	47
8.	Matriz de correlación para las 12 variables cuantitativas evaluadas en fruto de variedades cultivadas de <i>Musa</i> spp.....	55
9.	Resultados para el análisis proximal en frutos de 11 variedades de <i>Musa</i> spp.....	65
10.	Estadísticos simples obtenidos del análisis de varianza, practicado con los datos proximales generados de 11 variedades de <i>Musa</i> spp.....	66
11.	Análisis de varianza en una vía practicado para ocho determinaciones proximales en fruto de 11 variedades de <i>Musa</i> spp.....	67
12.	Matriz de correlación para las determinaciones proximales en fruto de 11 variedades de <i>Musa</i> spp.....	70
13.	Contenido de macroelementos para 11 variedades de <i>Musa</i> spp., nueve procedentes de Ziracuaretiro, Michoacán y dos variedades comerciales.....	74
14.	Contenido de microelementos para 11 variedades de <i>Musa</i> spp., nueve procedentes de Ziracuaretiro, Michoacán y dos variedades comerciales.....	77
15.	Matriz de correlación para el contenido nutrimental en fruto de variedades de <i>Musa</i> spp.....	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
1.	Colecciones de Musáceas a nivel mundial.....	9
2.	Racimos de las variedades de Musáceas, cultivados en el municipio de Ziracuaretiro, Michoacán.....	35
3.	Características morfológicas de la variedad Costillón cenizo.....	36
4.	Características morfológicas de la variedad Morado.....	37
5.	Características morfológicas de la variedad Costillón.....	38
6.	Características morfológicas de la variedad Verde maduro.....	39
7.	Características morfológicas de la variedad Guineo.....	40
8.	Características morfológicas de la variedad Enano.....	41
9.	Características morfológicas de la variedad Costa Rica.....	42
10.	Características morfológicas de la variedad Manzano.....	43
11.	Características morfológicas de la variedad Enano gigante.....	44
12.	Características morfológicas contrastantes entre las variedades evaluadas.....	45
13.	Coeficientes de variación obtenidos para 12 variables cuantitativas evaluadas en fruto de variedades cultivadas de <i>Musa</i> spp., en la región de Ziracuaretiro, Michoacán.....	48
14.	Comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$) para 12 variables cuantitativas evaluadas en nueve variedades cultivadas de <i>Musa</i> spp.....	51
15.	Dendrograma de similitud con base en las 12 características morfológicas cuantitativas evaluadas en variedades cultivadas de <i>Musa</i> spp., en Ziracuaretiro, Michoacán.....	57
16.	Coeficientes de variación obtenidos para las evaluaciones proximales en 11 variedades de <i>Musa</i> spp.....	66
17.	Comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$) para las determinaciones proximales evaluadas en 11 variedades de <i>Musa</i> spp.....	69
18.	Dendrograma de similitud de 11 variedades de <i>Musa</i> spp., con base en la evaluación de ocho variables proximales.....	72
19.	Dendrograma de similitud de 11 variedades de <i>Musa</i> spp., con base en la evaluación nutrimental.....	83
20.	Dendrograma de similitud de 11 variedades de <i>Musa</i> spp., con base en la similitud morfológica, evaluación proximal y nutrimental.....	84

RESUMEN

El plátano (*Musa* spp.) es un recurso fitogenético de importancia, ya que representa una base biológica para la seguridad alimentaria en el mundo. Forma parte de los 20 cultivos más importantes en América ya que es un alimento completo, rico en proteínas, vitaminas, minerales y de sabor agradable. En 1554 se establecen las primeras cinco variedades del género *Musa* en el continente, en Ziracuaretiro, Michoacán y actualmente se cultivan alrededor de 11 variedades, de las cuales existe escasa información documentada. De acuerdo con lo anterior se planteó como objetivo del presente trabajo la descripción de las características morfológicas, evaluación proximal y nutrimental en el fruto de las variedades cultivadas en la región, para su identificación, conservación y aprovechamiento. Para ello se realizaron recorridos de campo y colecta en el municipio. La caracterización morfológica fue hecha con base al descriptor morfológico propuesto por el IPGRI; para el análisis proximal se empleó la metodología de la AOAC y los datos nutrimentales se obtuvieron por espectrofotometría. Las variedades Macho y Tabasco fueron incluidas como elementos comparativos en la evaluación proximal y nutrimental. Los resultados fueron analizados con procedimientos estadísticos univariados y multivariados en el paquete estadístico SAS online. Como resultado fueron identificadas 9 variedades de musáceas presentes en la región de Ziracuaretiro: Costillón, Costillón cenizo, Enano, Enano gigante, Manzano, Guineo, Morado, Verde maduro y Costa Rica, variedades morfológicamente distintas. Los análisis proximales mostraron un bajo coeficiente de variación en los parámetros de ° Brix, acidez titulable y almidón. Este último parámetro sugiere que las variedades de Ziracuaretiro presentan las mismas propiedades reológicas que las comerciales. El contenido de minerales se encontró distribuido en todas las variedades en concentraciones que cambiaron según la especie. Sobresalió como principal macroelemento el potasio con un valor promedio de 1372 mg kg⁻¹. El boro resultó con mayor concentración promedio (2.79 mg g⁻¹) dentro de los microelementos. Las variedades Enano y

Enano gigante presentaron el mayor contenido de potasio superando así las variedades comerciales Macho y Tabasco. Con lo anterior, el conocimiento de los recursos fitogenéticos, propiedades proximales y elementos minerales de musáceas en Ziracuaretiro permite dar inicio a un aprovechamiento integral de estas variedades.

Palabras clave: recurso fitogenético, plátano, evaluación proximal, macroelementos, microelementos.

ABSTRACT

The banana (*Musa spp.*) Is an important phylogenetic resource, since it represents a biological basis for food security in the world. It is one of the 20 most important crops in America since it is a complete food, rich in protein, minerals, vitamins and it has a pleasant taste. In 1554 the first five varieties of the *Musa* genus were established on the continent, in Ziracuaretiro, Michoacán and currently around 11 varieties are grown, of which there is little documented information. According to the above, the purpose of this work was the description of the morphological characteristics, proximal and nutritional evaluation in the fruit of the varieties grown in the region, for their identification, conservation and use. For this, field trips and collection were made out in the municipality. The morphological characterization was based on the morphological descriptor proposed by IPGRI; For the proximal analysis the AOAC methodology was used and the nutritional data were obtained by spectrophotometry. The “Macho” and “Tabasco” varieties were included as comparative elements in the proximal and nutritional evaluation. The results were analyzed with univariate and multivariate statistical procedures in the SAS online statistical package. As a result, 9 varieties of musaceae at the Ziracuaretiro region were identified: “Costillon”, “Costillon cenizo”, “Enano”, “Enano Gigante”, “Manzano”, “Guineo”, “Morado”, “Verde Ripe” and “Costa Rica”, morphologically different varieties. The proximal analyzes showed a low coefficient of variation in the parameters of ° Brix, titratable acidity and starch. This last parameter suggests that the Ziracuaretiro varieties present the same rheological properties as the commercial ones. The mineral content was found distributed in all the varieties in concentrations that changed according to the species. Potassium stood out as the main macroelement with an average value of 1372 mg kg⁻¹. Boron resulted with the highest average concentration (2.79 mg g⁻¹) within the microelements. The “Enano” and “Enano gigante” varieties had the highest potassium content, thus surpassing the commercial varieties “Macho” and “Tabasco”. With the above, the knowledge of the phylogenetic

resources, proximal properties and mineral elements of musaceae in Ziracuaretiro allows us to start a comprehensive use of these varieties.

Key words: phylogenetic resource, banana, proximal analyzes, macroelements, microelements.

INTRODUCCIÓN

Las Musáceas, incluye al plátano y banano son originarios del suroeste de Asia, y su cultivo se ha dispersado a extensas zonas de América Central y Sudamérica, en donde son la base de la alimentación de la población. La mayoría de las variedades de plátano y banano de la familia Musácea tuvieron origen en dos especies silvestres: *Musa acuminata* y *Musa balbisiana* (Simmonds, 1973). Diversas variedades de Musáceas llegaron a México en el año de 1554 por el obispo Vasco Vázquez de Quiroga, quien introdujo cinco plantas de *Musa* spp., en el municipio de Ziracuaretiro, Michoacán, México. Con el paso del tiempo los pobladores fueron introduciendo otras variedades; actualmente, en Ziracuaretiro se cultivan alrededor de 11 diferentes materiales.

El plátano además de ser considerado un producto básico y de exportación, constituye una importante fuente de empleo e ingresos en numerosos países en desarrollo. En México se produce en 16 entidades del país: Campeche, Colima, Chiapas, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán (SAGARPA, 2018). En el país se cultivan principalmente ocho variedades de plátano (Dominico, Valery, Pera, Tabasco, Morado, Manzano, Macho y Cavendish Gigante o Grand Naine) (SIAP, 2018).

Los Recursos Fitogenéticos constituyen una base biológica para la seguridad alimentaria del mundo, estos recursos, representan reservas de diversidad y adaptabilidad genética, con lo que es posible amortiguar los cambios ambientales y económicos; sin embargo, la pérdida de este material representa una seria amenaza a la seguridad alimentaria en el futuro (Ramírez *et al.*, 2000). El Tratado Internacional de los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura busca preservar de manera integrada y práctica recursos vegetales nativos y exóticos. En América, el plátano, está entre los primeros 20 cultivos más importantes (de un total de 85), por su importancia como recurso fitogenético, cultivo potencial y como alimento, es un fruto muy completo, rico en energía, vitaminas y minerales. Por ello, es importante determinar sus características nutricionales,

ya que es un fruto que forma parte de la canasta básica, es cultivado en diversos países del continente americano y de fácil acceso para las poblaciones rurales del mundo (Ramírez y Salcedo, 2016).

Por lo anterior, cobra interés el conocimiento de la variabilidad genética de las especies cultivadas de *Musa* en el municipio de Ziracuaretiro, Michoacán, como área de introducción de este género en México y con ello la descripción de las características morfológicas, ya que estas últimas dependen de la interacción genotipo/ambiente haciéndolas inestables y variables entre años y localidades geográficas, lo cual limita su uso en la taxonomía de las Musáceas (Vuylsteke *et al.*, 1997; Ude *et al.*, 2002). La variabilidad de las plantas cultivadas de plátano es amplia, por lo tanto, existe la necesidad de conocer el material genético. La caracterización morfológica es un elemento básico que permite conocer y medir la variabilidad genética dentro de una población; es el primer acercamiento para establecer caracteres en el germoplasma de cierta especie y sea posible identificar, clasificar y aprovechar los recursos existentes. En la región de Ziracuaretiro Michoacán no se cuenta con suficiente información documentada sobre las variedades cultivadas en la región, existe el conocimiento de los habitantes y algunos datos históricos. En el presente trabajo de investigación se planteó generar información sobre la morfología y composición nutricional de variedades cultivadas de Musáceas en el municipio de Ziracuaretiro, Michoacán, México.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Importancia y conservación de los recursos fitogenéticos

Los recursos fitogenéticos son los materiales genéticos de origen vegetal, con potencial alimenticio y agrícola; son todas las plantas que proveen alimento, fibras, bioenergías, medicinas, combustible, con aplicaciones médicas e industriales (SAGARPA, 2018). Están conformados por variedades silvestres a partir de las cuales es posible obtener nuevas variedades con el uso de técnicas de mejoramiento genético. Estos recursos son componentes de la biodiversidad agrícola, esenciales para la intensificación sostenible de la producción agrícola, con ello se garantiza el sustento de la población que depende de la agricultura. Cuando hay una mayor diversidad fitogenética existe una mayor proporción de los rasgos que contribuyen a hacer frente a la necesidad adaptativa de los cultivos a condiciones climáticas adversas. La diversidad es amenazada por la “erosión genética”, se refiere a la pérdida de genes y de combinaciones de genes. La principal causa es la sustitución de variedades silvestres por variedades modernas, otras causas son la aparición de plagas y enfermedades, degradación ambiental, urbanización, deforestación e incendios, entre otros (FAO, 2021). Los recursos son conservados para el beneficio de las poblaciones futuras mediante la criopreservación, bancos de semillas y bancos de germoplasma *in situ*, para garantizar la disposición del material en óptimas condiciones. Actualmente, el Sistema Mundial de Información y Alerta sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura, es empleado para ayudar en la preparación de las evaluaciones mundiales sobre el estado de conservación y utilización de estos recursos, con ello, los países pueden medir los avances en la ejecución de las actividades prioritarias de dichos recursos. Existen organizaciones científicas internacionales que buscan tener avances en la conservación y aprovechamiento de los recursos fitogenéticos como el Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI); este organismo tiene tres programas principales: Programa de Recursos Fitogenéticos, Programa de Apoyo a los Recursos Genéticos

del CGIAR y la Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano (INIBAP, 2004). También acuerdos entre diversos países del mundo como el Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura, con objetivo en la conservación y utilización sostenible de los recursos fitogenéticos, distribución justa y equitativa de los beneficios derivados del aprovechamiento de los recursos fitogenéticos.

2.1.1. Recursos fitogenéticos del género *Musa*

Los Recursos Fitogenéticos de Musáceas en el mundo están disponibles en el Sistema de Información de Germoplasma para el género *Musa* (MGIS, por sus siglas en inglés), esta plataforma es la fuente de información más extensa sobre los recursos fitogenéticos de Musáceas, alberga 6506 accesiones alrededor del mundo. América cuenta con 21 colecciones, Asia con 37, África con 30, mientras para Oceanía 13 colecciones. Actualmente la Colección Global de Germoplasma de *Musa* del Centro de Tránsito Internacional (ITC) con sede en Bélgica, es la más grande del género *Musa*, cuenta con alrededor de 1,500 accesiones distribuidas a nivel mundial en cuatro regiones: este de África (10 colecciones), oeste de África (7 colecciones), Asia y el Pacífico (27 colecciones), Latinoamérica y el caribe (9 colecciones). México aporta dos colecciones ubicadas en el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), campo experimental Tecomán, Colima. La segunda en el Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY). En la Figura 1, es mostrado un mapa con la distribución a nivel mundial de las colecciones de Musáceas (MGSI, 2021).



Figura 1. Colecciones de Musáceas a nivel mundial. (Fuente: MGSI, 2021).

En cuanto a la colección mexicana, está compuesta en su mayoría por plátanos cultivados (75 %), especies silvestres (16 %) y cultivares mejorados (9 %), esta colección proporciona información para la conservación sostenible a largo plazo de los recursos genéticos de Musáceas, contribuye a la comprensión de la diversidad del género *Musa* a través de la caracterización y desarrollo tecnologías de conservación y mejoramiento (MusaNet, 2016). En México, el plátano “tuna” (*Musa ornata* Roxb) conocido como platanillo, plátano de semilla, plátano de monte, es el único representante silvestre de esta fruta. Al inicio fue descrito como *Musa mexicana*, sin embargo, con base a sus características morfológicas fue considerado como un sinónimo de *M. ornata* (Hakkinen y Vare, 2008), por su color rosa-púrpura en la inflorescencia y con la orientación de los frutos hacia arriba, ha sido aceptada en nuestro país como una especie ornamental (Burgos *et al.*, 2013).

Las Musáceas están incluidas en el Tratado Internacional de los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura dentro de los 20 cultivos más importantes en América. La conservación, prospección, recolección, caracterización, evaluación y documentación de plátanos y bananos, tiene como objetivo el contribuir en el desarrollo agrícola sostenible para generaciones futuras, fortalecer la capacidad económica y conservacionista de los países en América Latina en

la Declaración de Roma sobre la Seguridad Alimentaria Mundial, por ello el conocimiento de la diversidad en el género *Musa* cobra importancia, además de estar incluido de manera simultánea en las Redes internacionales de los recursos fitogenéticos a nivel mundial (FAO, 2018).

En cuanto a la conservación, es realizada principalmente *in situ*; ya que permite un fácil acceso a los recursos para la evaluación del material. Las conservaciones *in vitro* deben regenerarse para ser evaluadas por otro lado, la conservación por semilla es limitada ya que gran parte de las Musáceas no la contienen. Para que un sistema a nivel mundial de conservación y uso de la diversidad genética de Musáceas sea efectivo, todo el acervo genético tiene que ser protegido, por ello, combinar las estrategias de conservación es lo ideal para tener el material disponible y en óptimas condiciones para su aprovechamiento (MusaNet, 2016).

2.2. Origen y distribución de *Musa* spp.

La familia de las Musáceas comprende dos especies: *Musa acuminata* (bananos comestibles cuando están crudos) y *Musa paradisiaca* (plátanos que necesitan de un proceso de cocción antes de ser consumidos) (Colima, 2005). El género *Musa* tiene su origen en Asia meridional, es conocido desde el año 650, el género llegó a las islas Canarias en el siglo XV y se introdujo al continente americano en el año 1516. Su cultivo comercial se inició a finales del siglo XIX y principios del siglo XX. La domesticación de *Musa* spp., es el proceso de transformación de los frutos llenos de semillas en frutos sin semillas partenocárpicas, que se desarrollan en ausencia de polinización (Perrier *et al.*, 2009). Este proceso tuvo lugar en el cinturón húmedo tropical, el cual se extiende desde la India hasta las Islas Salomón, la evidencia arqueológica más antigua de los bananos domesticados es de Papúa Nueva Guinea y data de 7 mil años atrás (Denham *et al.*, 2003). África es un centro secundario de diversificación para al menos dos grandes grupos de Musáceas, los plátanos y los bananos de las tierras altas de África oriental (InfoMusa, 2017).

La esterilidad se debe a factores estructurales y genéticos que están vinculados al apareamiento entre parientes lejanos (diferentes subespecies de *M. acuminata* o *M. balbisiana*); porque la herencia de cromosomas incompatibles dificulta que la progenie produzca óvulos y polen fértil (Vézina, 2016).

Las variedades cultivadas de *Musa* spp., se domesticaron a partir de un pequeño grupo de especies silvestres de bananos; la firma genética de *M. balbisiana* se encuentra en la mayoría de las variedades actuales. Los bananos silvestres tienen dos copias de cada cromosoma portador de genes, uno de cada progenitor (Perrier *et al.*, 2011).

2.3. Especies cultivadas del género *Musa* en México

Los plátanos y bananos son la fruta tropical más cultivada en México y una de las cuatro más importantes en términos globales, sólo por detrás de la uva, los cítricos y la manzana. Si bien, México no es centro de origen de los plátanos, el país cuenta con una amplia diversidad genética en especies vegetales y silvestres. Los plátanos son cultivados en 16 estados de la República Mexicana, donde Chiapas, Tabasco y Veracruz se colocan como los principales productores. El plátano tiene un valor de producción anual de más de 2 millones de toneladas, está disponible durante todo el año. En México se cultivan principalmente ocho variedades (Dominico, Valery, Tabasco, Chiapas, Morado, Manzano, Cavendish gigante o Grand naine y Macho (SADER, 2020). La variedad Tabasco es la que representa mayor importancia en producción, en el 2018 fueron producidas 2, 386.195 t¹ y, de las cuales, los principales estados productores fueron: Chiapas (696, 298 t¹), Tabasco (630, 097 t¹). Veracruz (281, 513 t¹). Colima (206, 693 t¹) y Jalisco (183, 904 t¹). Mientras que Michoacán se posicionó en el sexto lugar con una producción de 160, 674 t¹ (SIAP, 2018).

Las variedades que consumimos actualmente son híbridas, reproducidas de manera vegetativa o clonal, producen plantas semejantes que conservan características comerciales de interés. Usar esta propagación ha propiciado que los plátanos y bananos no produzcan polen ni óvulos y como consecuencia no haya producción de semillas. De manera que las plantas resultantes son semejantes entre sí morfológica y genéticamente. La pérdida o falta de diversidad genética, hace a las plantas vulnerables al ataque de hongos, bacterias y virus (Ploetz, 2005). Una mayor variación genética permite enfrentar plagas y enfermedades, sin embargo, cuando las plantas son clones corren el riesgo de desaparecer (Orozco, 2004). Para el caso de las Musáceas, la variedad Cavendish (progenitor *Musa acuminata*), es la variedad más consumida en el mundo, se encuentra en riesgo, expertos indican que podría desaparecer en corto tiempo (Ploetz, 2006). Si esta variedad desaparece implica la pérdida del 90 % de la producción de plátano a nivel mundial.

2.4. Descripción botánica de *Musa* spp.

Las Musáceas son plantas dentro de las monocotiledóneas, pertenecen a la familia Musáceae. La familia Musáceae se compone por los géneros *Musa* y *Ensete*. El género *Ensete* se constituye por especies factibles de reproducir por semilla, habitan en zonas subtropicales y su uso es mayormente ornamental. El género *Musa* está conformado por las secciones: Australimusa, Calimusa, Rhodochlamys y Eumusa; esta última es de mayor importancia, ya que las especies silvestres *Musa acuminata* y *Musa balbisiana* por ploidía e hibridación dieron origen a las variedades cultivadas actualmente (Simmonds, 1973).

El plátano es una planta herbácea, que pertenece a la familia Musácea; el fruto tiene forma de baya oblonga. A medida de su desarrollo éstos se doblan geotrópicamente, según el peso de este, esta reacción determinará la forma del racimo. De acuerdo con Du Montcel (1988), hay cuatro tipos de racimos:

1. *Francés*: inflorescencia completa en la madurez con frutos más pequeños y flores hermafroditas persistentes.
2. *Corno francés*: inflorescencia incompleta en la madurez con dedos grandes, seguida de muchas flores hermafroditas.
3. *Falso cuerno*: inflorescencia incompleta en la madurez con grandes dedos, seguido de flores hermafroditas.
4. *Cuerno*: inflorescencia incompleta con dedos muy grandes, flores no hermafroditas e inflorescencia masculina.

Los frutos son polimórficos, el racimo puede contener de 5-20 manos y cada mano de 2-20 frutos. El color del fruto va desde amarillo verdoso, amarillo hasta amarillo-rojizo o rojo. Las Musáceas comestibles son de partenocarpia vegetativa, es decir, desarrollan una masa de pulpa comestible sin ser necesaria la polinización. Los óvulos se atrofian rápido, pero pueden reconocerse en la pulpa comestible (Robinson, 2010). La inflorescencia se origina de los brotes florales, cuyo crecimiento dentro del pseudotallo, sufre un proceso de transformación que da paso a un número predeterminado de dedos y manos cuando las flores femeninas y las masculinas quedan expuestas. Las flores femeninas están dispuestas en grupos de dos filas sobrepuestas entre sí, distribuidas en el eje floral de forma helicoidal. Al conjunto de flores femeninas agrupadas en manos se conoce con el nombre de “racimo”. Las flores masculinas quedan ubicadas al final del racimo (parte apical), conformando la bráctea. La etapa de floración de acuerdo a González (2012) se divide en siete etapas:

1. El estado se hace visible con la salida de la “chira” bráctea.
2. Se levanta una bráctea que no protege ninguna mano de flores. (2 bráctea estéril) y el raquis toma una orientación pendular.
3. Se levanta la bráctea que protege la primera mano de flores femeninas o pistiladas.
4. Se levanta la bráctea que protege la segunda mano de flores femeninas o pistiladas.
5. Se levanta la bráctea que protege la tercera mano de flores femeninas o pistiladas.

6. Plena floración: al menos 50 % de manos de flores femeninas están expuestas.
7. Ocurre la marchitez y/o caída de brácteas que protegen las manos y la curvatura de los dedos los muestran en posición perpendicular a la dirección de raquis.

La formación de los frutos (dedos) inicia cuando al menos 50 % de los dedos muestran una curvatura hacia arriba e inicia el llenado de los frutos, poco a poco aumenta el grosor de los frutos en las manos. El fruto es carnoso y suave, está compuesto por tres carpelos que son los últimos órganos florales que aparecen, fusionándose para formar el estilo y el estigma. Tiene una forma angulosa cuando es joven y progresivamente cilíndrica a medida que va aumentando de grosor por la acumulación de almidón. El tiempo necesario para el desarrollo de la fruta es de 70 a 90 días (10 a 13 semanas). En lugares con temperaturas bajas entre 20 °C y 26 °C y períodos largos de luminosidad, el desarrollo puede tardar de 98 a 112 días. Las condiciones vegetativas antes de la floración, influyen de manera predominante en el desarrollo del fruto. Por ejemplo, la evolución de la inflorescencia se ve bloqueada por el exceso de agua, que ocasiona un alargamiento del intervalo de fructificación-cosecha (Torres, 2012).

2.5. Caracterización morfológica de *Musa* spp.

La caracterización morfológica es la descripción cualitativa y precisa de la planta cuando crece en óptimas condiciones, en las que sus características se expresan al máximo. Es un procedimiento útil para describir caracteres morfológicos y productivos que, permiten identificar variedades y verificar el grado de variabilidad que poseen los materiales (Machado, 2011). Este tipo de estudios es un primer acercamiento para conocer la diversidad genética; la expresión de los caracteres morfológicos, es el resultado del genotipo más el ambiente y de la interacción de ambos (Ude *et al.*, 2002).

La caracterización permite establecer relaciones en la población y entre otras poblaciones por medio de descriptores morfológicos. Cuando la diversidad genética entre especies y dentro de las mismas es evidente, los descriptores morfológicos proveen información para evitar la duplicación del mismo material y minimizar las sobreestimaciones de la diversidad existente (Becerra y Paredes, 2010). Los descriptores permiten el uso de términos estandarizados para la descripción de plantas, son utilizados en la caracterización, con el fin de ayudar en la diferenciación y expresar un atributo de manera precisa y uniforme. El IPGRI ha recopilado descriptores para más de cien variedades cultivadas de cuatro tipos:

Pasaporte: brinda información básica para el manejo general de la accesión, incluye el registro del banco de germoplasma, datos de identificación y parámetros para observar cuando se hace la recolecta original.

Manejo: dan las bases para el manejo de las accesiones en el banco de germoplasma, ayudan durante su multiplicación y regeneración.

Sitio y medio ambiente: muestran parámetros específicos del sitio y medio ambiente para facilitar la interpretación.

Evaluación: requieren métodos experimentales especiales para su evaluación e incluyen caracteres de rendimiento, productividad agronómica, susceptibilidad al estrés, entre otros.

Caracterización: permiten discriminar entre fenotipos. Son caracteres altamente heredables que pueden ser detectados a simple vista y se expresan igualmente en todos los ambientes.

Los estudios de caracterización de musáceas son hechos en su mayoría, utilizando el descriptor para bananos (*Musa* spp.) propuesto por el IPGRI-CIRAD/ INIBAP (1996). El Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI) organización científica, autónoma e internacional, realiza avances en la conservación y utilización de los recursos fitogenéticos para el bien de generaciones actuales y futuras. En la actualidad esta organización utiliza cinco tipos de descriptores de recursos fitogenéticos (pasaporte, manejo, sitio, evaluación y caracterización). Los

descriptores de caracterización permiten discriminar fenotipos más fácilmente. Por lo general, son caracteres altamente heredables, detectados a simple vista y se expresan de manera similar en todos los ambientes (IPGRI, 1996). En el Cuadro 1, se presentan algunos trabajos de caracterización morfológica de distintos materiales de *Musa* spp y en el Cuadro 2, se mencionan las principales diferencias genéticas y morfológicas reportadas en la literatura entre plátano y banano.

Cuadro 1. Trabajos de investigación en caracterización morfológica de diversas especies del género *Musa*.

Variedades	Objetivo	Resultado	Autor
20 variedades de diferente composición genética: AB, BB, AAA, AAB, ABB, AAAA y AAA	Evaluar el potencial agroindustrial y diferencias morfológicas	Las variedades presentan diferencias morfológicas entre sí, la variedad FIHA-17 presentó con mejores características fisicoquímicas	Hoyos <i>et al.</i> , 2012
20 variedades de musáceas (incluyendo la variedad Grand Naine)	Determinar variedades promisoras para el mercado agroindustrial	Las variedades de porte enano presentaron los racimos más grandes consideradas promisoras	Lucas y Quintero, 2016
(Tafetán, Llanero, Valery, Grand Naine, Indio, Michael, Cocos).	Evaluar las características físicas y morfológicas para su uso potencial	La variedad Gros Michael presentó las mejores características físicas y morfológicas	Velásquez <i>et al.</i> , 2016
(FIHA18, Burro, Burro enano, Mutante, Pisang, Bukoba, Tugía, etc.)	Seleccionar caracteres más importantes en la identificación taxonómica	Selección de 22 caracteres morfológicos de órganos foliares e inflorescencias con mayor variabilidad	Rodríguez <i>et al.</i> , 2006
Horse, Tallo negro y blanco, 50, Boscó, Felipita, Banano común, Banano rojo, Morado	Conocer la variabilidad de Musáceas en San Andrés Isla	Fueron identificados 7 clones de los grupos Musa AAB y ABB	Parra <i>et al.</i> , 2009
Macho, Cuaré enano	Conocer la morfología del fruto para identificar los descriptores más sobresalientes	La variedad tiene un porte bajo, racimos más grandes por lo que la hace atractiva para su cultivo en Mayabeque.	Pérez <i>et al.</i> , 2015.
Dominico hartón, Cóbano y Maricongo.	Evaluar morfológicamente los materiales en diferentes densidades y sistemas de crecimiento.	Las plantas cultivadas <i>in vitro</i> presentaron el mejor desempeño en general, sin embargo, debe estar en función al destino que se tenga.	Vargas, 2015
Macho Enano, Morado y Valery	Caracterizar el fruto de plátanos de postre y de cocción y evaluar las propiedades fisicoquímicas y capacidad antioxidante	Las variedades macho y enano son de tamaño mayor además mostraron alto contenido de almidón, menor contenido de cenizas	Rosales, 2012

Manzano rojo, Guayaquil, Manzano amarillo, Sedita, Isla y Motakusillo	Caracterización agromorfológica en Bolivia.	Los descriptores con alta variabilidad fueron habito foliar, color del pseudotallo	López, 2018
Guayana, Turco belato, Postre rojo, Señorita, Tallo rojo, Papamcha, Enano gigante, Guineo, Motacucito, Guayaquil	Caracterizar morfológicamente plátanos y bananos para su identificación y aprovechamiento en Cochamba	Se encontraron 15 variedades de banano y 8 de plátano. Los bananos son de menor altura tienen hojas más largas y anchas con disposición normal	Navia, 2008
<i>Musa spp</i>	Fenotipificar el banco de germoplasma Palmira en Colombia para promover un uso eficiente de estos recursos	Hay una alta variabilidad en el banco de germoplasma principalmente observada en los frutos e inflorescencia	Caicedo, 2015
Diez cultivares de <i>Musa spp</i> colección INIVIT Paka, Mundo, BB VietNam, Chvoy, Tien tan ha, <i>M. balbisiana</i> , <i>M. acuminata</i> .	Caracterizar morfológicamente 10 cultivares de <i>Musa spp</i>	Diferenciar clones y formar grupos con base en su similitud Las variables más importantes fueron machas en la base del peciolo, ápice del fruto, número y tamaño de frutos	Román <i>et al.</i> , 2013
Criollo, Postre, Postre rojo, Turco, Señorita, Tallo rojo, Tallo verde, Hawaiana	Conocer la diversidad morfológica de Musáceas en la región de Nor Yungas de la Paz.	Las ocho variedades están asociadas en diferentes grupos de acuerdo a su similitud morfológica	Lucas, 2012
Plátano Hartón	Influencia de las hojas funcionales en la morfología del fruto, características físicas y de calidad.	El número de hojas funcionales durante el llenado del racimo afecta directamente en el peso, longitud, grosor. Algunas características de calidad se vieron afectadas.	Barrera <i>et al.</i> , 2010
10 híbridos de (<i>Musa spp</i>)	Evaluar la expresión y morfología de híbridos en Colombia	La caracterización permitirá hacer una selección adecuada a favor de la productividad del cultivo del plátano	Vuylsteke <i>et al.</i> , 1997
Plátano dominico- Hartón (<i>Musa AAB</i>).	Evaluar el efecto de la defoliación en el desarrollo y morfología del racimo	El peso del racimo es afectado por la eliminación de las hojas funcionales, el fruto se ve afectado principalmente en el diámetro.	Belalcázar, 1995
22 variedades de plátano y banano	Evaluar la morfología y el almidón en el cultivo del plátano.	Las variedades Hartón y Macho son ideales en la industria alimentaria	Arcila <i>et al.</i> , 2006

Cuadro 2. Principales diferencias genéticas y morfológicas entre plátano y banano.

Plátano	Banano	Referencia
Genoma B (ABB <i>balbisiana</i>)	Genoma A (AAA <i>acuminata</i>)	Simmonds, 1990
El genoma B contribuye a un crecimiento vigoroso. <i>M. balbisiana</i> dio origen a todas las especies de frutos comestibles	El genoma A da lugar a la partenocarpia, desarrollo del fruto sin polinización. Confiere sabor y calidad al fruto	Harrison y Swarzacher 2007 De Jesus, 2013
Porte vigoroso, menor altura de la planta.	Pseudotallo delgado, porte aparente más débil.	Navia, 2008; Lescot, 2015
Hojas anchas y largas con entrenudos cortos, disposición de las hojas de normal a péndula	Hojas cortas y estrechas, entrenudos largos. Disposición de las hojas normales o erectas	Navia, 2008; Lescot, 2015

2.6. Importancia de *Musa* spp.

La importancia de las Musáceas como recurso fitogenético es amplia, ya que existe un rico conjunto de material genético entre las especies silvestres de *Musa* que aún necesita ser recolectado, descrito, preservado y utilizado para su aprovechamiento (De Langhe *et al.*, 2009). Las Musáceas son la quinta materia prima agrícola en el comercio mundial después de los cereales, azúcar, café y cacao, es la segunda fruta más consumida en el mundo porque es rica en energía, minerales y vitaminas A, C, B6, Además, está disponible todo el año a bajo costo (Kuttimani *et al.*, 2013).

Con base a sus propiedades químicas (alto contenido de almidón) se lo considera un material funcional para la elaboración de plásticos biodegradables (Lazaridou y Biliaderis, 2002). Los plásticos biodegradables son materiales de composición heterogénea, elaborados a partir polímeros capaces de formar una matriz estructural y ser degradados por la acción enzimática de los microorganismos, bajo determinadas condiciones ambientales, en sustancias sencillas (agua, dióxido de carbono) y biomasa (Lazaridou y Biliaderis, 2002; Karlsson y Albertsson, 1998). El banano en su estado inmaduro contiene altas cantidades de almidón, celulosa, hemicelulosa y

lignina; por lo tanto, una de las estrategias económicas para su aprovechamiento, incluye la producción de harina, la cual puede ser incorporada dentro de productos innovadores como incrementar el valor nutricional en bocadillos (Wang *et al.*, 2012), o en la elaboración de pan con alta fibra alimenticia (Ho *et al.*, 2013); adicionalmente, la harina del banano cobra importancia por su capacidad de producir películas comestibles (Jirukkakul, 2016). Del plátano inmaduro también se extrae un tipo de harina con características nutricionales beneficiosas. Al principio se le consideraba como una harina “medicinal” con propiedades para la disminución de peso, estreñimiento y mejora del metabolismo en general. Actualmente, se han desarrollado pastas libres de gluten, elaboradas a partir de harina de plátano verde, su uso es destinado principalmente para pacientes celíacos (intolerantes al gluten) (Clemente, 2012). En distintos países de América la agricultura está basada en una producción poco intensiva la cual contribuye a mantener la diversidad de las plantas comestibles, y a generar ingresos en zonas rurales. En el caso de las Musáceas, diferentes grupos genéticos cohabitan en las parcelas de los pequeños agricultores o huertos de traspatio. Los huertos son generalmente destinados al autoconsumo familiar, pocas veces son destinados a mercados locales o nacionales. Las variedades de Musáceas tienen un alto potencial nutritivo. Además de algunas propiedades fisicoquímicas de interés que son funcionales para su explotación agroindustrial.

2.7. Análisis proximal en pulpa de *Musa* spp.

El análisis de alimentos se ocupa del desarrollo, uso y estudio de los procedimientos analíticos para evaluar sus características y componentes. Con ello, es posible determinar sus propiedades y determinar la capacidad para producir alimentos seguros, nutritivos y deseables para el consumidor. Un análisis proximal considera determinaciones para conocer la composición de los macro componentes presentes en los alimentos, incluye la determinación de humedad, cenizas, grasa,

proteína total, fibra, entre otras. Sin embargo, la aplicación de las pruebas depende del objetivo del análisis. Dentro de las determinaciones proximales en las Musáceas para la industria, destacan el porcentaje de humedad y el contenido de almidón (Vázquez y Zumbado 2019).

2.7.1. Porcentaje de humedad y materia seca (ms)

El agua es el componente más importante en la mayoría de los productos alimenticios, sirve de vehículo para sustancias que darán lugar a reacciones; en las frutas, es el componente principal constituye en promedio más del 60 % del peso; además, el agua es clave en el desarrollo de microorganismos, principales agentes de deterioro de alimentos. La determinación de humedad es un elemento importante en el procesamiento, control y conservación de alimentos (Fon Fay y H, 2019). En Musáceas, el contenido de humedad representa un índice de madurez, la pérdida de humedad es uno de los principales cambios que ocurren en la maduración.

La producción de ms de las plantas depende de la captación de la radiación solar incidente por las hojas y de la conversión de la energía lumínica en carbohidratos. Entre un 90 a 95 % es producto de la reacción fotosintética entre el bióxido de carbono y el agua, el 5 a 10 % restante proviene de los elementos minerales tomados del suelo por la raíz (Barrera *et al.*, 2009). Aunque en Musáceas su contenido no es empleado como un índice de cosecha, este parámetro toma importancia en el desarrollo del racimo, ya que las plantas dirigen más del 50 % de ms hacia el pseudotallo y las hojas, para crear un eje floral capaz de soportar racimos pesados, la planta de las Musáceas produce ms a una de las mayores tasas que se conocen entre los cultivos (Stover, 1985). La morfología del fruto es afectada por el contenido de la misma, ya que la biomasa producida se distribuye entre los órganos de la planta, por lo que al evaluar su contenido es posible determinar diferencias fisiológicas entre genotipos de la misma especie (Lacocinte, 2000; Barrera *et al.*, 2010).

2.7.2. Contenido de almidón

El almidón es un polisacárido vegetal, representa una fracción importante en un gran número de productos agrícolas como los cereales (trigo, maíz, arroz), su contenido fluctúa de 30 al 80 % en base seca; también se encuentra en algunas frutas como polisacárido de reserva energética, su concentración varía según el estado de madurez del fruto, el plátano en estado verde tiene hasta un 70 % de almidón en base seca (Agama *et al.*, 2005). Está formado por la mezcla de dos compuestos, amilosa y amilopectina, estos compuestos solo difieren en su estructura. Tanto la amilosa como la amilopectina influyen en las propiedades sensoriales y reológicas de los alimentos, principalmente por su capacidad de hidratación y gelatinización (Mosquera *et al.*, 2013).

El almidón constituye la principal reserva alimenticia para la dieta humana (Singh, 2005), entre los usos, el principal es en la industria alimentaria, debido a su diversidad de propiedades funcionales específicas que posee, ningún otro ingrediente proporciona resultados en textura a una amplia variedad de alimentos (Zapata *et al.*, 2020), Es la base de sopas deshidratadas, botanas entre otros (Daramola y Osanyinlusi, 2005). Las industrias que usan el almidón son: agroquímica (recubrimiento de cereales), cosmética (polvos faciales, talco), detergentes (blanqueadores), alimentos (modificador de viscosidad, agente de recubrimiento), médica (extensor o sustituto de plasma, preservación de órganos de trasplante) papel (encuadernación, revestimiento), textil (ropa y calzado) (Bello *et al.*, 2011). Además, tiene aplicaciones como antidiarreico, ya que, al ser fermentado en el colon produce ácidos grasos de cadena corta estimulan la absorción de sales y agua en el colon (Binder, 2010).

2.7.3. Porcentaje de sólidos solubles totales (SST)

Las frutas contienen compuestos solubles en agua, por ejemplo, azúcares, ácidos, vitamina C, aminoácidos y algunas pectinas. Estos compuestos forman el contenido de sólidos solubles en el fruto. En la mayoría de las frutas maduras, incluyendo las Musáceas, los azúcares representan el

principal componente de los SST. Este parámetro en las Musáceas es importante en características de la calidad postcosecha en la selección de nuevas especies de plátanos y bananos, la cantidad de SST aumenta a medida que los frutos maduran, ocurre la hidrólisis del almidón que posteriormente se convierte en azúcar (Fon Fay y H, 2019).

2.7.4. Porcentaje de acidez titulable y pH

Las frutas contienen ácidos orgánicos en su composición química, estos son esenciales para el funcionamiento del cuerpo. Cuando se conoce el mayor número de características químicas en una fruta, se determina de mejor manera la calidad en la que se encuentre para decidir si es apto para consumo (Badui, 2005). La acidez en alimentos, está ligada la sensación agradable en el paladar, valores mayores a > 4 g/L se percibe como un alimento ácido. El ácido predominante del plátano es el ácido málico y en menor proporción cítrico y oxálico cuyos niveles se incrementan pasando del estado verde con 0.7 % a 1.5 % en estado maduro (Cayón *et al.*, 2000). Este ácido, mejora la salud de los huesos, aumenta la energía, da una capacidad de tolerancia a actividades físicas. Los ácidos orgánicos, además, tienen funciones saborizantes y amortiguadoras en el pH. El ácido málico en las Musáceas estabiliza el pH dentro de un intervalo deseado, para que las proteínas, pigmentos y otros compuestos permanezcan sin alteración alguna durante el procesamiento y almacenamiento (Badui, 2005). El pH es una medida de acidez o alcalinidad, indica la cantidad de iones de hidrógeno presentes en una solución. Esta medida es importante en el control de microorganismos en alimentos, valores bajos, indica un medio ácido en el cual no pueden sobrevivir la gran mayoría de los microorganismos. En medios con valores inferiores a 4.5 no sobreviven los microorganismos patógenos. En las Musáceas el pH disminuye con el aumento de estado de madurez y la sensación de acidez aumenta, esto ocurre como resultado de la degradación de los almidones (Agama *et al.*, 2005).

2.7.5. Contenido de ceniza

El residuo de ignición o ceniza bruta es lo que queda después de eliminar el contenido de agua y la materia orgánica mediante calor, algunos autores mencionan que el contenido de cenizas puede estar relacionado con el estado vegetativo o la madurez fisiológica de las plantas (Jongrungruangchok, 2010). Cuando los alimentos son tratados térmicamente a temperaturas de entre 500 y 600 °C, el agua y volátiles, son expulsados como vapores en tanto los componentes orgánicos son transformados en presencia del oxígeno del aire en dióxido de carbono (CO₂) y óxido de nitrógeno (NO₂) mientras el hidrógeno es expulsado en forma de vapor de agua. Los minerales constituyentes permanecen en el residuo en forma de óxidos, sulfatos, fosfatos, silicatos y cloruros, en dependencia de las condiciones de incineración y la composición del producto analizado. La cantidad de cenizas indica el contenido total de minerales, materia inorgánica y microelementos con funciones metabólicas de importancia (Fon Fay y H, 2019). El análisis de las cenizas en plantas revela más de 60 elementos químicos, la presencia de alguno de éstos en el organismo no prueba su participación en el metabolismo y, por lo tanto, su calidad de nutrimento; en muchos casos puede tratarse de simples contaminaciones (Bourges, 1993). Las Musáceas son de las frutas más consumidas a nivel mundial, forma parte de la canasta básica y es fuente importante de al menos ocho minerales; por ello, la determinación cualitativa y cuantitativa de los materiales presentes en la región puede favorecer a la inclusión de nuevos ejemplares en la dieta del ser humano.

2.8. Análisis nutrimental en *Musa* spp.

El análisis de minerales es una técnica dedicada a la identificación y cuantificación de los minerales. Entre las principales propiedades funcionales de los compuestos químicos que constituyen a las frutas están los nutrientes. Los minerales en las frutas poseen actividades

fisiológicas en el organismo, necesarias para asegurar un estado de salud física adecuado (Mendoza y Calvo, 2010).

La composición mineral de *Musa spp.*, es variada de acuerdo con la interacción de factores específicos: la variedad, estado de maduración, condiciones ambientales y las prácticas agrícolas (Afanador, 2005). Aunque morfológicamente las plantas de Musáceas presenten similitud, poseen características diferentes, que incluye el valor nutricional de sus frutos (Biodiversity, 2003). En estado inmaduro el plátano contiene entre 67 y 75 % de humedad, 1 % de proteína, 0.3 y 0.5 % de lípidos, 20 – 30 % de carbohidratos totales, 0.5 % de fibra total y 1 % de cenizas. Mientras que, el plátano maduro con base en 100 g de pulpa, contiene 75 % de agua, 20 % de azúcares, 2.3 % de almidón, 3.1 % de fibra, 1.2 % de proteína y 0.3 % de grasa (Tobin y Muller, 1988).

Las Musáceas son fuente de vitaminas (A, B, C) y minerales. El contenido difiere entre variedades por lo general, los plátanos de cocción son más ricos en vitamina C que los plátanos de postre. Sin embargo, tanto bananos como plátanos, son fuente importante de minerales dentro de la nutrición humana, el contenido de potasio es visiblemente elevado (Sharrock y Lusty, 2000).

Los nutrimentos actúan de diversas maneras en la formación de tejidos rígidos del cuerpo (Ca, P, F, Mg, etc), como cofactores de enzimas (Mn, Zn, Cu, Mo, Na), como integrantes de vitaminas, hormonas, mioglobina y hemoglobina (Cu, I, Fe), para controlar la presión osmótica de fluidos celulares y del pH (Na, K, Cl) y, como parte constitutiva de algunas macromoléculas (S, P, Fe) (Badui, 2005). En el Cuadro 3, se presenta la composición química y bioquímica de plátanos y bananos con base en sus estados fisiológicos.

Cuadro 3. Composición química y bioquímica de las Musáceas en sus diferentes estados fisiológicos y transformaciones¹

Parámetro	Unidad	Pulpa de banano				Pulpa de plátano	
		Maduro	Inmaduro	Seco	Deshidratado en harina	Inmaduro	Maduro
Energía	Kcal	89	110	257	340	91	122
Agua	g	74	69	28	3.0	63	65
Proteína	g	1.1	1.4	3.0	3.9	0.8	1.3
Lípidos totales	g	0.3	0.2	1.0	1.8	0.1	0.37
Carbohidratos	g	21.8	28.7	63.0	82.1	24.3	32
Fibra dietética	g	2.0	0.5	5.5	7.6	5.4	2.0-3.4
Na	mg	1.0		8.0	3.0		4.0
K	Mg	385.0		1150.0	1491.0		500
Ca	Mg	8.0	8	20.0	22.0	7.0	3.0
Mg	mg	30		90.0	108.0	33.0	35.0
P	mg	22		75.0	74.0	35.0	30.0
Fe	mg	0.42	0.9	1.3	1.15	0.5	0.6
Cu	mg	0.11		0.4	0.39	0.16	
Zn	mg	0.18		0.5	0.61	0.1	
Mn	mg	0.2			0.57	15	
Vitamina E	mg	0.29		0.6		-	
Vitamina C	mg	11.7	31	4.0		20.0	20
Tiamina	mg	0.04	0.04	0.1	0.18	0.05	0.08
Riboflavina	mg	0.07	0.02	0.18	0.24	0.05	0.04
Niacina	mg	0.61	0.6	2.0	2.8	0.7	0.6

¹ por 100 g. de peso neto. Marriott *et al.*, (1983); Aurore *et al.*, (2009).

El potasio es un elemento presente en contenidos elevados en aguacate, guanábana, dátil, entre otros, sin embargo, las Musáceas destacan del resto por su disposición y fácil acceso a nivel mundial (Sharrock y Lusty, 2000). La pulpa es una fuente importante de polifenoles, catecolaminas como la dopamina, aunque una desventaja del contenido polifenol es que aporta un sabor astringente, además de oscurecer el fruto cuando este es deshidratado (Kanzawa y Sakakibara, 2000). El calcio es el elemento más abundante en el humano, representa hasta el 2 % del peso corporal, interviene con la coagulación de la sangre, contracción muscular, activación enzimática y transmisión de impulsos nerviosos; en México, la gran parte del calcio que se consume proviene del maíz nixtamalizado, en su preparación se añade una cantidad considerable de este elemento en

forma de cal. El fósforo está estrechamente relacionado con el calcio ya que juntos forman la hidroxiapatita localizada en dientes y huesos, actúa como amortiguador de pH en la sangre o en las células en donde participa en el metabolismo de las proteínas. El hierro transporta y almacena el oxígeno mediante la hemoglobina y la mioglobina, además, como cofactor de varias enzimas (Badui, 2005). Otros elementos actúan de manera conjunta el sodio y el cloro forman parte del plasma sanguíneo y del líquido extracelular que rodea las células, donde ayuda a mantener la presión osmótica, la acidez y la carga eléctrica; el sodio, actúa en la contracción muscular y en la conducción nerviosa (Erdman, 1979). Por su parte, la deficiencia de zinc causa pérdida de apetito y problemas en el crecimiento de los niños. El magnesio interviene en la formación de huesos y dientes, como coenzima en el metabolismo de hidratos de carbono y constituye diversos líquidos intracelulares. El cobre es cofactor de diversas enzimas (Badui, 2005). Conocer el valor nutricional de las especies vegetales tiene un papel importante para el humano; así mismo, la clasificación e identificación de rasgos morfológicos son elementos básicos para conocer y medir la variabilidad genética para el aprovechamiento integral de los recursos existentes de Musáceas en la región de Ziracuaretiro, Michoacán.

Hipótesis:

Las variedades de *Musa* spp., cultivadas en Ziracuaretiro, Michoacán, México presentan diferencias morfológicas, proximales y nutrimentales que se reflejan en sus atributos.

Objetivo general:

Generar información sobre las características morfológicas, proximales y nutrimentales que permitan identificar, conservar y, explotar en su caso, comercialmente las variedades cultivadas de Musáceas en el municipio de Ziracuaretiro, Michoacán.

Objetivos específicos:

- 1.- Localizar e identificar las variedades de *Musa* spp., cultivadas en el municipio de Ziracuaretiro, Michoacán, México.
- 2.- Evaluar morfológicamente el fruto de las variedades de *Musa* spp., cultivadas en la región de Ziracuaretiro, Michoacán, México.
- 3.- Evaluar características proximales de las variedades de *Musa* spp., cultivadas en la región de Ziracuaretiro, Michoacán, México.
- 4.- Determinar el contenido nutrimental de las variedades de *Musa* spp., cultivadas en Ziracuaretiro, Michoacán.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del área de estudio

El municipio de Ziracuaretiro se localiza en la parte central del estado entre los paralelos 19° 25' y 19° 34' de Latitud Norte y los meridianos 101° 52' y 102° 01' de Longitud Oeste. Su cabecera municipal es Ziracuaretiro y se localiza en las coordenadas 19° 26' de Latitud Norte y 101° 55' de Longitud Oeste, a una altura de 1380 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con Tingambato, al este con Santa Clara, al sur con Taretan y al oeste con el municipio de Uruapan. Presenta una extensión territorial de 159.55 km² (Guillén *et al.*, 2007). El relieve se constituye por el sistema volcánico transversal y los cerros el Cobrero, Cueva, Salto, Panadero y Malpaís. La hidrografía se constituye principalmente por los ríos Ziracuaretiro, Ziraspén, la Brújula y Calicanto además de manantiales de agua fría. Presenta un clima semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano. El rango de temperatura de 16-26 °C y rango de precipitación de 1200-2000 mm (INFAED, 2018).

3.2. Material genético

El material genético consistió en nueve variedades cultivadas de *Musa* spp., provenientes del municipio de Ziracuaretiro, Michoacán, México y dos variedades comerciales Macho y Tabasco, estas últimas solo fueron utilizadas en las evaluaciones proximales y nutrimentales. Las variedades cultivadas en Ziracuaretiro son conocidas localmente como: Costa Rica, Costillón, Costillón Cenizo, Enano, Enano Gigante, Guineo, Manzano, Morado o Mulato y, Verde Maduro.

3.3. Localización y recolecta de racimos de *Musa* spp.

Para la localización de las variedades se hicieron recorridos de campo en la región, las plantas madre fueron ubicadas con un geoposicionador satelital y fotodocumentadas. Los racimos se recolectaron en la etapa de madurez fisiológica y fueron transportados al Laboratorio de Recursos

Fitogenéticos de la Unidad de Investigaciones Avanzadas en Agrobiotecnología (UIAA) de la Facultad de Agrobiología “Presidente Juárez”, en donde se almacenaron a temperatura ambiente para su posterior caracterización y procesamiento.

3.4. Caracterización morfológica de planta y fruto de *Musa* spp.

La caracterización morfológica fue hecha con base a los descriptores morfológicos para el banano (*Musa* spp.), propuestos por el IPGRI-INIBAP/CIRAD (1996). Fueron evaluados 33 caracteres en planta y fruto de dos tipos: 21 caracteres de tipo cualitativo y 12 de tipo cuantitativo. En el Cuadro 4, se presenta la relación de caracteres morfológicos evaluados.

Cuadro 4. Caracteres morfológicos de tipo cualitativo y cuantitativo evaluados en variedades cultivadas de *Musa* spp., en Ziracuaretiro, Michoacán.

Caracteres cualitativos		
P L A N T A	1. Hábito foliar	5. Altura del pseudotallo
	2. Enanismo	6. Apariencia del pseudotallo
	3. Color del pseudotallo	7. Emergencia de los hijos
	4. Color subyacente del pseudotallo	
F R U T O	8. Posición del fruto	15. Forma del fruto
	9. Sección transversal del fruto	16. Ápice del fruto
	10. Vestigios florales en el ápice del fruto	17. Superficie del pedicelo
	11. Fusión del pedicelo	18. Color de la cáscara madura
	12. Color de la cáscara inmadura	19. Grietas en la cáscara
	13. Caída de los frutos de las manos	20. Color de la pulpa inmadura
	14. Color de la pulpa madura	21. Adherencia de la cáscara
Caracteres cuantitativos		
Planta	22. Número de hijos	
F R U T O	23. Número de frutos por racimo	29. Longitud del fruto
	24. Longitud del pedicelo del fruto	30. Diámetro del pedicelo del fruto
	25. Espesor de la cáscara	31. Diámetro del fruto
	26. Longitud de la pulpa	32. Peso de la cáscara
	27. Diámetro de la pulpa	33. Peso del racimo
	28. Número de manos por racimo	

Los caracteres peso del racimo y manos fueron determinados en una báscula granataria. Mientras que, los pesos del fruto, pulpa y cáscara, fueron medidos en una balanza analítica de precisión. La longitud y diámetro del fruto, pedicelo, pulpa y espesor de la cáscara se tomaron con un vernier digital Trupper[®]. Todas las determinaciones de color fueron tomadas con la tabla de colores de RALK7, a excepción del color en planta, el cual fue determinado con la tabla de colores incluida en el descriptor morfológico.

3.5. Evaluación proximal en pulpa de *Musa* spp.

La evaluación proximal en la pulpa, incluyó ocho variables: contenido de humedad, materia seca, almidón, aceite, ceniza, pH, sólidos solubles totales y acidez titulable; todas las evaluaciones fueron hechas por triplicado. Para determinar el contenido de ceniza, aceite, acidez titulable, pH y sólidos solubles totales; cinco frutos en madurez de consumo, de la mano media del racimo fueron seleccionados al azar para ser deshidratados en un liofilizador (Labconco[®]), a una presión de vacío de 0.10 mBar y una temperatura de -50 °C durante 72 h. Las muestras fueron pulverizadas en un molino eléctrico y almacenadas en frascos plásticos a -4 °C. La pulpa fresca se utilizó para evaluar el contenido de humedad, materia seca y almidón. Los protocolos empleados de acuerdo con la (AOAC, 2000), son descritos a continuación.

3.5.1. Determinación de humedad y materia seca

El contenido de materia seca fue determinado a partir de tres frutos al azar de la mano media del racimo en madurez fisiológica, se extrajo una muestra de 30 g de pulpa fresca cortada en rodajas, deshidratada en un horno a 60 °C durante 24 horas hasta tener peso constante; el contenido de humedad y de materia seca fue obtenido con las siguientes ecuaciones:

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{\text{Peso fresco} - \text{peso seco}}{\text{Peso fresco}} \times 100$$

$$\text{MS (\%)} = 100 - (\% \text{ humedad})$$

3.5.2. Contenido de almidón

El contenido de almidón partió de una muestra de 100 g de pulpa fresca en madurez fisiológica. La pulpa fue cortada en rodajas y deshidratada en un horno a 60 °C, después pulverizada. Se utilizó una porción de 10 g de muestra y 30 mL de agua destilada en una proporción de 1:3, se centrifugó y eliminó la pulpa (sobrenadante), el almidón (porción precipitada) fue colocado en el horno a 60 °C por 24 h, finalmente, el peso se obtuvo en una balanza analítica.

3.5.3. Contenido de ceniza

El contenido de ceniza fue determinado a partir de una muestra de 1.5 g de pulpa liofilizada. Un crisol de porcelana limpio fue llevado a peso constante en una balanza analítica (sensible al 0.1 mg). Posteriormente la muestra fue incinerada bajo la llama de un mechero para iniciar la combustión de la materia orgánica y evitar pérdida de la muestra por espumeo. Se colocó la muestra en una mufla industrial Novatech® a 500 °C hasta obtener cenizas libres de carbón (de color gris a blanco); la muestra se colocó en un desecador para atemperarlas y registrar el peso en la balanza. El porcentaje de ceniza fue determinado por:

$$\% \text{ de ceniza} = \frac{(\text{peso del crisol} + \text{residuo})}{(\text{peso del crisol} + \text{muestra})} * 100$$

3.5.4. Porcentaje de SST

El porcentaje de SST se obtuvo, a partir de una mezcla homogénea y filtrada de 3 g de tejido liofilizado con 9 mL de agua destilada con relación de 1:3 de acuerdo con el método 920.151 (AOAC, 1990). Después se colocó una gota de la mezcla en el prisma del refractómetro portátil ATC® y se hizo la lectura. El valor obtenido expresado en °Brix fue multiplicado por tres, ya que el tejido liofilizado estaba diluido en agua destilada.

3.5.5. Determinación de acidez titulable y pH

El pH fue evaluado en un potenciómetro Beckman® en una muestra compuesta por una mezcla filtrada de 3 g de tejido liofilizado con 90 mL de agua destilada (relación 1:30). Para determinar la acidez titulable fueron mezclados 20 g de pulpa fresca con 25 mL de agua destilada y 2 gotas de fenolftaleína, posteriormente se registró el peso. La muestra fue titulada con NaOH 0.01 N hasta obtener un cambio de color a rosa suave. Se tomó el volumen utilizado. El porcentaje de acidez fue determinado mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ acidez} = \frac{(0.06704)(N \text{ de NaOH})(\text{mL NaOH})}{\text{Peso de la muestra (g)}} \times 100$$

3.5.6. Porcentaje de aceite

El contenido de aceite fue determinado por el método de extracción Soxhlet (Soxhlet, 1879). La técnica es usada para la determinación del contenido graso en muestras por diferencia de peso, es importante colocar los matraces balón en peso constante. Se registró el peso del matraz balón, papel filtro, el dedal y 2 g de tejido de pulpa liofilizada; la muestra fue envuelta en el papel filtro y colocada en el dedal dentro de la cámara de extracción. Se añadieron 75 mL de solvente hexano en la cámara de extracción y 75 mL en el matraz balón. El equipo de extracción fue colocado en una parrilla a 80 °C para iniciar el proceso de extracción, el solvente se reflujo hasta que saliera limpio. Después el aceite fue separado del hexano, evitando el reflujo del solvente. La muestra está lista una vez que el hexano se volatilice, para esto, fue puesta en el horno a 60 °C al menos 8 horas. Para finalizar los matraces fueron llevados a peso constante. El porcentaje de aceite para cada muestra se obtuvo mediante la fórmula:

$$\% \text{ aceite} = \frac{\text{masa lípido}}{\text{masa muestra}} * 100$$

3.6. Evaluación del contenido nutrimental en pulpa de *Musa* spp.

La determinación del contenido nutrimental fue hecha en base seca, con muestras de pulpa liofilizada a través de espectroscopía de absorción atómica para los microelementos Fe, Mn, Zn, Cu, B y Na y para los macroelementos N, K, P, Ca, Mg y S, en las variedades Morado, Guineo, Enano, Costillón, Costillón cenizo, Verde maduro, Enano, Enano gigante, Costa Rica, Macho y Tabasco. El mecanismo de detección de los elementos se realizó por el haz emitido por la fuente que atraviesa el sistema de atomización que contiene la muestra en estado de gas atómico, ésta llega al monocromador que elimina la radiación pasando al detector donde se procesa y amplifica para dar la lectura.

3.7. Análisis de la información

Con la información obtenida de cada una de las variables morfológicas, proximales y nutrimentales fue elaborada una matriz de datos en Excel[®]. Para el análisis de la información nutrimental fueron aplicadas técnicas de estadística multivariada; mientras que, para los datos morfológicos y proximales fueron hechos los siguientes análisis de tipo univariado y multivariado, a través del software SAS studio (online): análisis de varianza en una vía con el procedimiento PROC ANOVA, una prueba de comparación de medias (PROC MEANS) hecha con la prueba de Tukey ($\alpha = <0.05$), un análisis de correlación de Pearson (PROC CORR), un análisis clúster (PROC CLUSTER) y un análisis de agrupamiento con el procedimiento (PROC TREE), para generar un dendrograma de similitud. Finalmente fue hecho un dendrograma de similitud global con base en los caracteres morfológicos cuantitativos, proximales y nutrimentales.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluación morfológica de las variedades de *Musa* spp., cultivadas en Ziracuaretiro, Michoacán, México

4.1.1. Recolecta de variedades cultivadas

En el presente trabajo de investigación han sido identificadas nueve variedades cultivadas de *Musa* spp. Los sitios de recolecta presentan alturas sobre el nivel del mar que oscilan entre los 1340 y los 1570 msnm. Los materiales estudiados están bajo condiciones de traspatio, lo cual se puede considerar como un ambiente homogéneo. En el Cuadro 5, se presenta la posición geográfica de la procedencia de las variedades bajo estudio y en la Figura 2, se muestra una fotografía donde se pueden observar los racimos de las variedades bajo estudio.

Cuadro 5. Ubicación geográfica de los sitios de procedencia de las variedades cultivadas de Musáceas en Ziracuaretiro, Michoacán.

Variedad	L. N. ¹	L. O. ²	Altitud
Costillón	19° 24' 35''	101° 54' 41''	1370
Costillón cenizo	19° 21' 51''	101° 50' 38''	1570
Enano	19° 24' 30''	101° 54' 39''	1370
Enano gigante	19° 24' 39''	101° 54' 15''	1480
Guineo	19° 24' 30''	101° 54' 39''	1350
Manzano	19° 24' 47''	101° 54' 05''	1400
Morado	19° 25' 39''	101° 52' 48''	1540

Verde maduro	19° 25' 32''	101° 54' 29''	1340
Costa Rica	19° 25' 32''	101° 54' 29''	1340

⁽¹⁾ *Latitud Norte*, ⁽²⁾ *Longitud Oeste*



Costillón

Costillón cenizo

Enano*

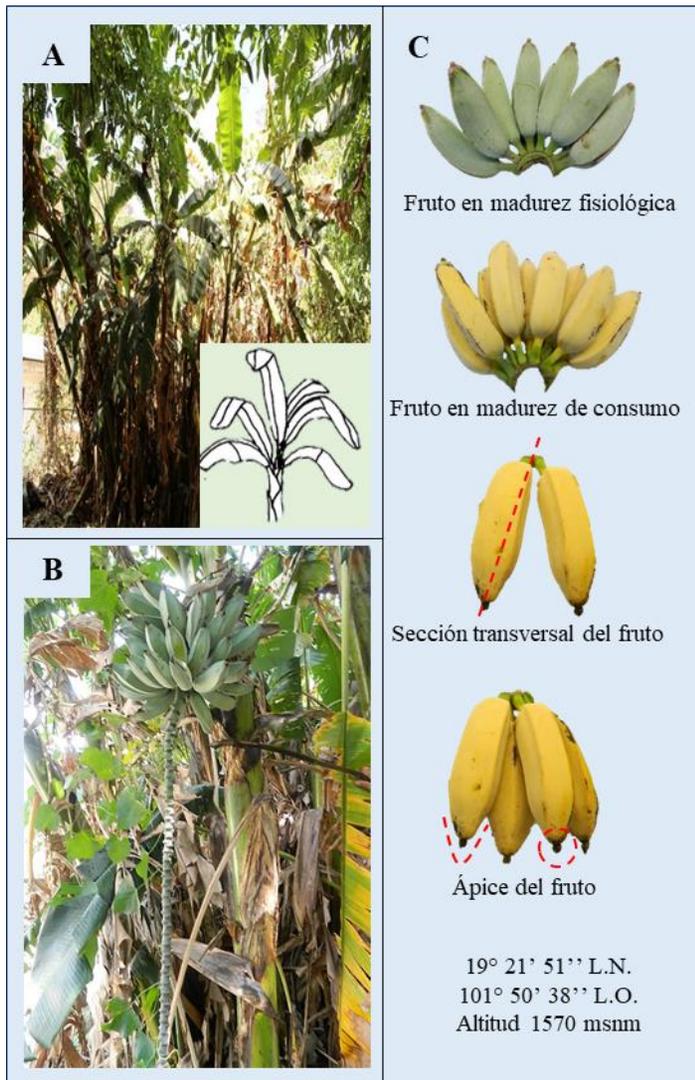
Figura 2. Racimos de las variedades de Musáceas. cultivados en el municipio de Ziracuaretiro, Michoacán.

4.1.2. Descripción morfológica de las variedades de *Musa* spp.

4.1.2.1. Variedad Costillón cenizo

La planta de la variedad Costillón cenizo tiene un hábito foliar normal, las hojas no se superponen y la proporción foliar es inferior a 2.5 m. El pseudotallo es de apariencia normal, color verde oscuro, con aspecto ceroso y sobrepasa los 3.0 m de altura. Esta variedad produce dos hijos,

en promedio; con alturas de plantas entre $\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$ con respecto a la altura que presenta la planta madre. El pedicelo de esta variedad mide 11 mm de longitud y 12 mm de diámetro, en promedio. La superficie del fruto es glabra y no presentan fusión entre sí. Los frutos están dispuestos paralelos al raquis; en promedio, cada racimo tiene cinco manos y 60 frutos. Los frutos son rectos, agrietados y con ligeros bordes pronunciados en la cáscara; en estado inmaduro son color verde helecho (RAL, 6025) y al llegar a la madurez son amarillo de zinc (RAL1018). La cáscara mide de 4 a 7 mm de espesor pesa 70 g. La pulpa mide 18 cm de longitud y 6 cm de diámetro. En la Figura 3, se muestran algunas de las características evaluadas en el fruto.



4.1.2.2 Variedad Morado

La planta presenta un hábito foliar normal, las hojas no se superponen y la proporción foliar es inferior a 2.5 m. El pseudotallo es de apariencia

normal, color verde oscuro, con aspecto ceroso y sobrepasa los 3 m de altura. Esta variedad en promedio tiene dos hijos, de entre $\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$ de altura de la planta. Los frutos se disponen paralelos al raquis, en promedio cada racimo tiene cinco manos y 60 frutos. Los frutos son rectos, agrietados y con ligeros bordes pronunciados en la cáscara, los frutos no están fusionados entre sí. Los pedicelos miden 13 mm de longitud y 12 mm de diámetro, sin fusión, con superficie glabra. El color de los frutos en estado inmaduro es verde hierba (RAL, 6010) y al llegar a la madurez el color es oliva negruzco (RAL6015). La cáscara mide de 3 a 4 mm de espesor y un peso promedio de 51 g. La pulpa mide 10 cm de longitud y 5 cm de diámetro. En la Figura 4, se muestran algunas de las características evaluadas en el fruto.

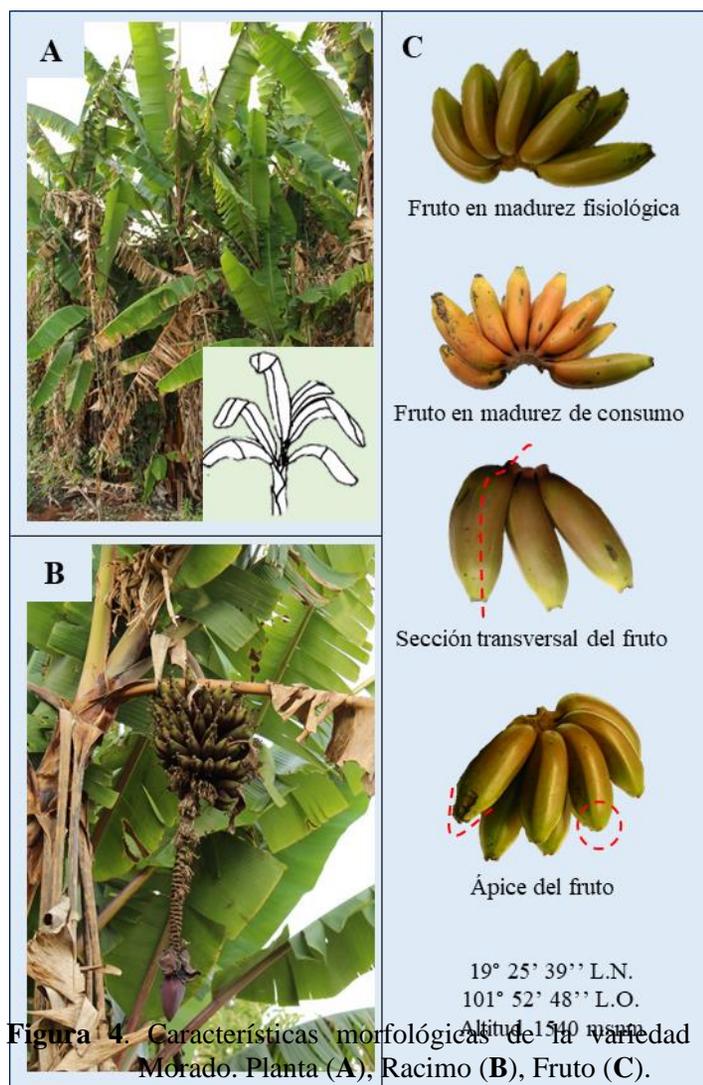


Figura 4. Características morfológicas de la variedad Morado. Planta (A), Racimo (B), Fruto (C).

4.1.2.3. Variedad Costillón

La planta tiene un porte y hábito foliar normal, ya que las hojas no se superponen y la proporción foliar es inferior a los 2.5 m, en promedio

produce un hijo por planta. El pseudotallo es de aspecto normal de color verde medio, aspecto brillante con una altura superior a 3 m. Los frutos están dispuestos curvos hacia arriba, tienen forma recta, grietas en la cáscara y bordes pronunciados; el ápice del fruto es truncado, con vestigios florales prominentes en la base del ápice y sin pedicelos fusionados. En promedio, los frutos miden 13 cm de longitud y 7 cm de diámetro; cada racimo tiene cinco manos, 66 frutos y un peso de 11 kg. En estado inmaduro presentan color verde hierba (RAL, 6010) y al llegar a la madurez verde amarillento (RAL6018). La cáscara mide de 5 a 7 mm de espesor y pesa 128 g en promedio. La pulpa mide 11 cm de longitud y 8 cm de diámetro. En la Figura 5, se muestran algunas de las características evaluadas en el fruto.

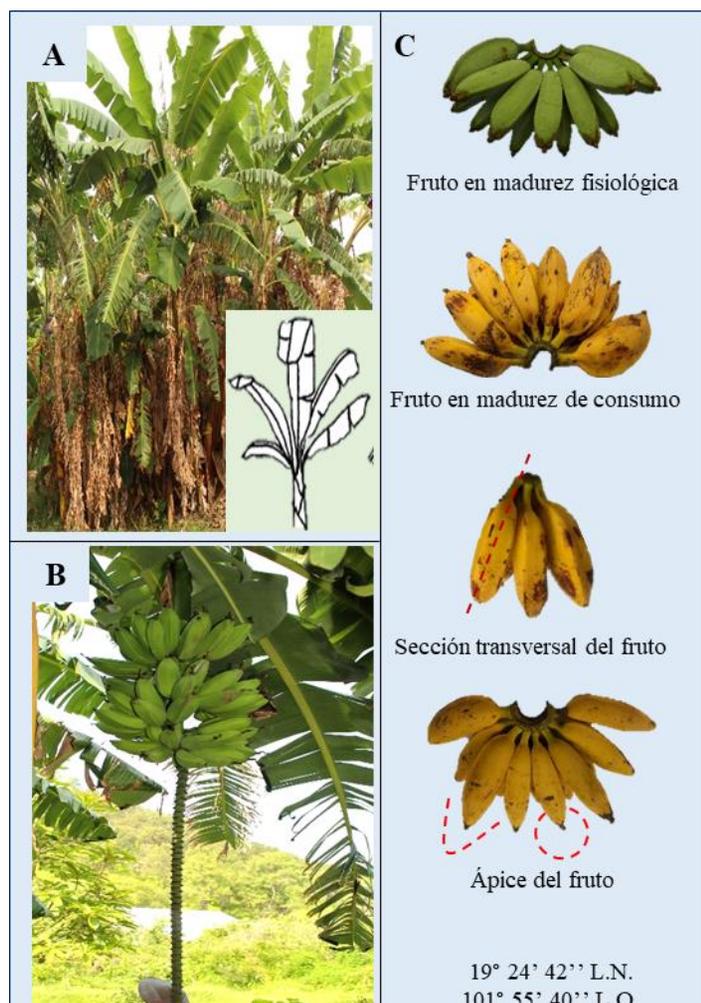
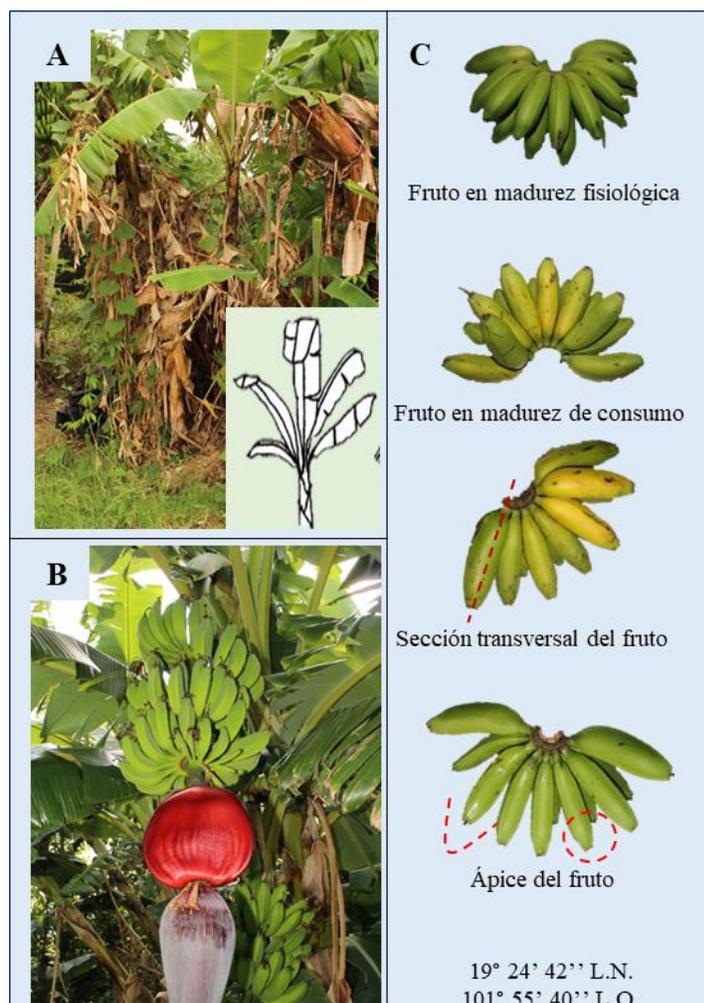


Figura 5. Características morfológicas de la variedad Costillón. Planta (A), Racimo (B), Fruto (C).

4.1.2.4. Variedad Verde maduro

La planta tiene un hábito foliar erecto, la proporción foliar no sobrepasa los 2.5 m ya que las hojas no se superponen, produce en promedio un

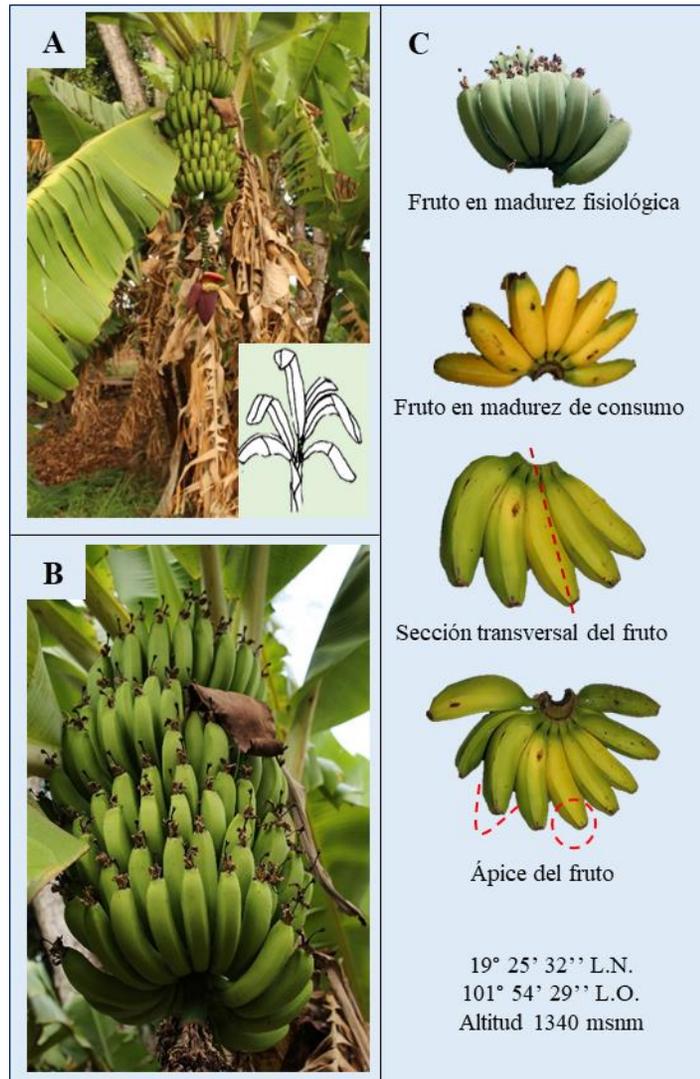


hijo por planta. El pseudotallo tiene un aspecto normal, mide más de 3m de altura, es color verde medio con aspecto brillante (sin cera). Los frutos están dispuestos curvos hacia el raquis, tienen forma recta, sin grietas en la cáscara, con bordes débilmente pronunciados. El ápice del fruto es truncado, sin rastros de vestigios florales ni fusión de pedicelos. En promedio, los frutos miden 13 cm de longitud y 6 cm de diámetro. Cada racimo tiene seis manos, 94 frutos y un peso de 16 kg. Cada racimo tiene siete manos y 66 frutos. En estado inmaduro los frutos son de color verde helecho (RAL6025) y al llegar a la madurez el color es verde reseda (RAL6011). La cáscara mide de 3 a 4 mm de espesor y un peso promedio de 50 g, mientras que, la pulpa mide 12 cm de longitud y 6 cm de diámetro. En la Figura 6, se muestran algunas de las características evaluadas en el fruto.

Figura 6. Características morfológicas de la variedad Verde maduro Planta (A), Racimo (B), Fruto (C).

4.1.2.5. Variedad Guineo

La planta de la variedad Guineo tiene porte y hábito foliar normal, la proporción foliar no sobrepasa los 2.5 m ya que las hojas no se superponen,



produce un hijo por planta. El pseudotallo presenta un aspecto débil de 3 m de altura color verde rojizo y aspecto brillante (sin cera). Los frutos están dispuestos hacia arriba; en promedio cada racimo tiene seis manos, 87 frutos y un peso de 12.37 kg. Los frutos son rectos, sin grietas en la cáscara, con bordes redondeados; el ápice del fruto es largamente puntiagudo con restos de vestigios florales y los pedicelos no se fusionan. Los frutos miden 12 cm de longitud y 5 cm de diámetro. En estado inmaduro son color verde helecho (RAL, 6025) y al llegar a la madurez amarillo oro (RAL1004). La cáscara mide de 3 a 4 mm de espesor y un peso promedio de 40 g. La pulpa mide 11 cm de longitud y 5 cm de diámetro. En la Figura 7, se muestran algunas de las características evaluadas en el fruto.

4.1.2.6. Variedad Enano

La planta tiene un hábito foliar decumbente y de porte enano, ya que las hojas recubren el pseudotallo, la proporción foliar es superior a 2.5 m

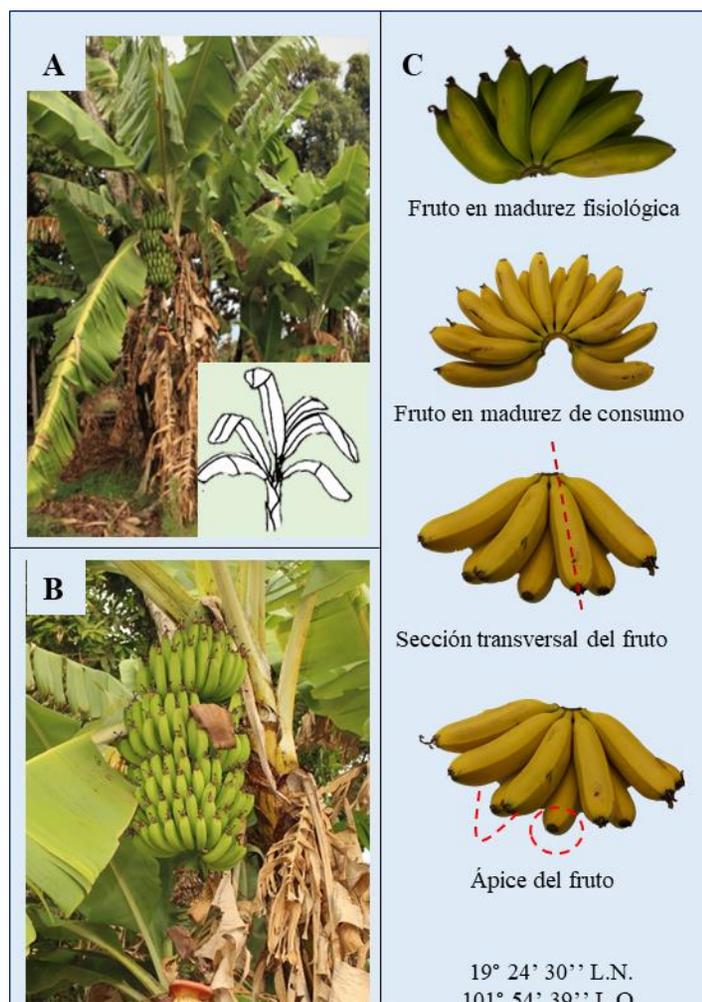


Figura 8. Características morfológicas de la variedad Enano Planta (A), Racimo (B), Fruto (C).

produce cuatro hijos por planta. El pseudotallo es robusto, color verde medio y de apariencia brillante. Los frutos están dispuestos hacia arriba; en promedio, cada racimo tiene nueve manos, 123 frutos y un peso de 17 kg. Los frutos son rectos en la parte distal, sin grietas en la cáscara, presentan bordes redondeados, el ápice del fruto es redondeado con vestigios florales estilo persistente; los pedicelos no muestran fusión entre sí. En promedio los frutos miden 13 cm de longitud y 5 cm de diámetro. En estado inmaduro el fruto es color verde pálido (RAL, 6021) y al llegar a la madurez amarillo limón (RAL1012). La cáscara mide 4 mm de espesor y un peso promedio de 33 g. La pulpa mide 12 cm de longitud y 4 cm de diámetro. En la Figura 8, se muestran algunas de las características evaluadas en el fruto.

4.1.2.7. Variedad Costa Rica

La planta madre presenta un porte y hábito foliar normal, produce tres hijos por planta. El pseudotallo es de apariencia cerosa color crema. Los frutos en el racimo están dispuestos hacia arriba. En promedio cada racimo tiene cinco manos, 70 frutos y un peso de 11 kg. Los frutos son

rectos, sin grietas en la cáscara, tienen una curva poco marcada, bordes ligeramente pronunciados, el ápice del fruto ligeramente puntiagudo y no presentan vestigios florales, los pedicelos no están fusionados entre sí. En promedio los frutos miden 18 cm de longitud y 7 cm de diámetro. En estado inmaduro presentan color verde helecho (RAL, 6025) y al llegar a la madurez cambian a amarillo señales (RAL1003). La cáscara mide de 4 a 5 mm de espesor y pesa 70 g. La pulpa mide 17 cm de longitud y 6 cm de diámetro. En la Figura 9, se muestran algunas de las características evaluadas en el fruto.

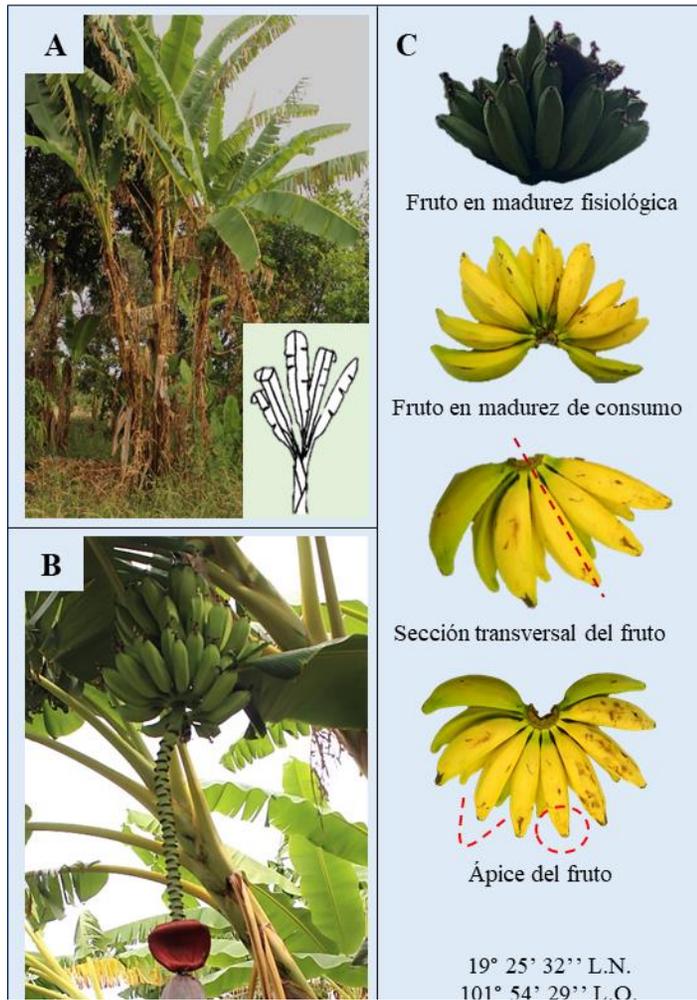


Figura 9. Características morfológicas de la variedad Costa Rica Planta (**A**), Racimo (**B**), Fruto (**C**).

4.1.2.8. Variedad Manzano

La planta madre presenta un hábito foliar decumbente, porte enano; un hijo por planta. El pseudotallo tiene aspecto robusto y es color verde

de apariencia cerosa. La posición de los frutos en el racimo son curvos hacia arriba.

Los frutos son rectos en la parte distal con bordes redondeados, el ápice es puntiagudo

y con vestigios florales con estilo prominente, los pedicelos están fusionados

parcialmente entre sí. En promedio cada racimo tiene 8 manos, 88 frutos y un peso de

6 kg. Los frutos miden 10 cm de longitud y 5 cm de diámetro; no presentan grietas en

la cáscara. En estado inmaduro el fruto es color verde hierba (RAL, 6010) y al llegar

a la madurez cambia a amarillo limón (RAL1012). La cáscara mide 4 mm de espesor

y un peso promedio de 30 g. La pulpa mide 10 cm de longitud y 4 cm de diámetro.

En la Figura 10, se muestran algunas de las características evaluadas en el fruto.

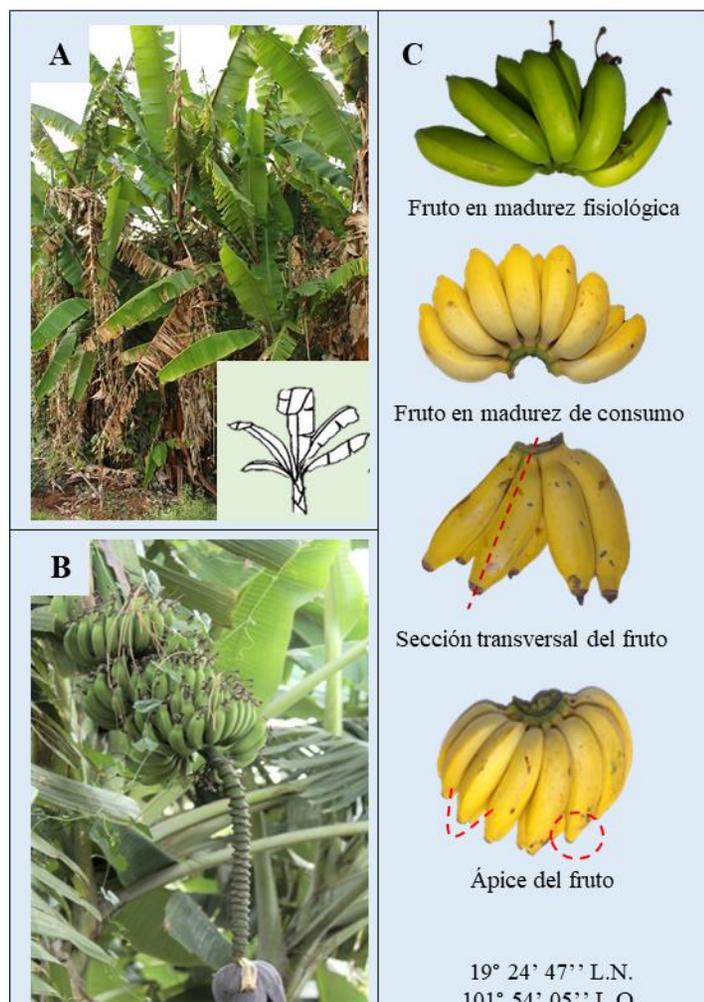
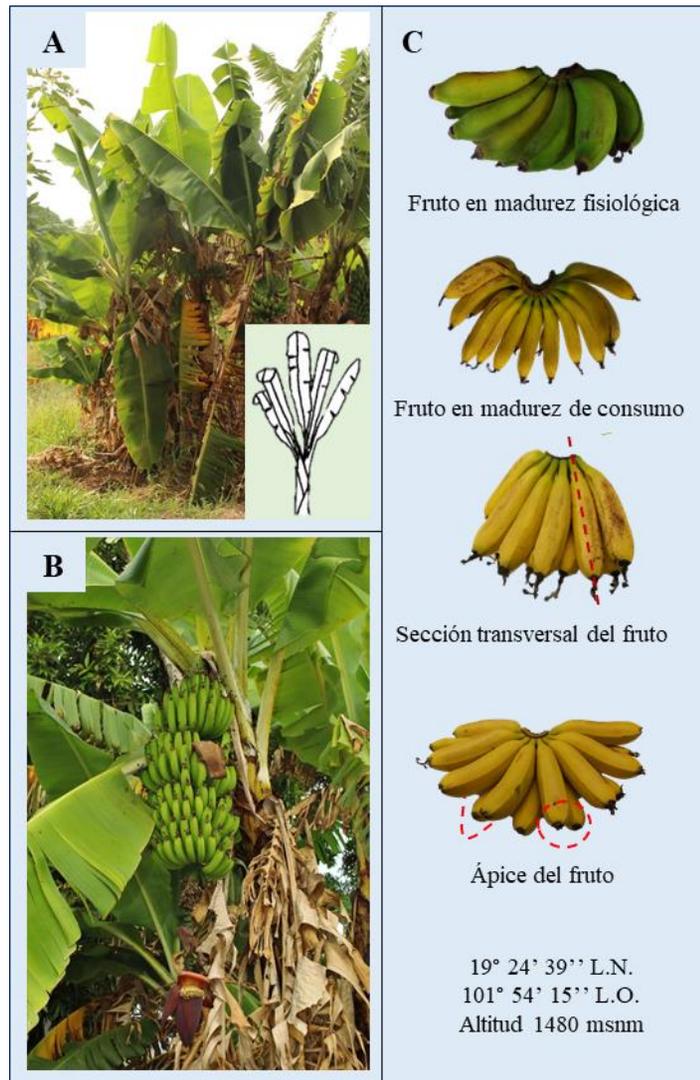


Figura 10. Características morfológicas de la variedad Manzano Planta (A), Racimo (B), Fruto (N).

4.1.2.9. Variedad Enano gigante

La planta de la variedad Enano gigante presenta un hábito foliar normal a decumbente y de porte enano; dos hijos por planta. El pseudotallo



de la planta es robusto, de apariencia brillante y color verde amarillo. Los frutos están dispuestos hacia arriba; en promedio cada racimo tiene nueve manos, 120 frutos y un peso de 18 kg. Los frutos son rectos en la parte distal, sin grietas en la cáscara, presentan bordes redondeados, el ápice del fruto redondeado con vestigios florales con estilo persistente; los pedicelos no muestran fusión entre sí. En promedio los frutos miden 11 cm de longitud y 5 cm de diámetro. En estado inmaduro presentan color verde hierba (RAL, 6010) y al llegar a la madurez son amarillo limón (RAL1012). La cáscara mide de 3 a 4 mm de espesor y un peso promedio de 48 g. La pulpa mide 10 cm de longitud y 4 cm de diámetro. En la Figura 11, se muestran algunas de las características evaluadas en el fruto.

4.1.3. Características morfológicas contrastantes entre las variedades evaluadas

En la Figura 12, se muestran las características morfológicas más contrastantes entre las variedades evaluadas.

	AF	VF	CCM	GC	FP
Costillón cenizo					
Morado					
Costillón					
Verde maduro					
Guineo					
Enano					
Costa Rica					
Manzano					
Enano gigante					

Figura 12. Características morfológicas contrastantes entre las variedades evaluadas. Ápice del fruto (**AF**), Vestigios florales (**VF**), Color de la cáscara madura (**CCM**), Grietas en la cáscara (**GC**), Fusión de los pedicelos (**FP**).

4.1.4. Variabilidad en frutos de las variedades evaluadas de *Musa* spp.

En el Cuadro 6, se muestran los estadísticos simples obtenidos para 12 variables cuantitativas evaluadas en fruto; de acuerdo con el coeficiente de determinación (R^2), los valores oscilaron entre 0.54 para longitud de la pulpa y 0.93 para diámetro del fruto. Los valores para la desviación estándar (DE) fluctuaron entre 0.60 y 129.70 para número de hijos y longitud del fruto, respectivamente. Los valores de las medias obtenidas oscilaron de 2 a 4 para número de hijos y 103.79 mm a 129.70 mm para longitud del fruto, la media para espesor de la cáscara y longitud del fruto fue de 3.94 mm y 129.70 mm, respectivamente.

Cuadro 6. Estadísticos simples obtenidos del análisis de varianza, practicado para 12 variables cuantitativas determinadas en nueve variedades de *Musa* spp., en Ziracuaretiro.

Variable	R^2	Media	D. E.	Pr>F
Número de hijos	0.78	1.81	0.60	<.0001
Número de frutos	0.81	86.46	11.43	<.0001
Número de manos	0.77	6.62	0.89	<.0001
Longitud del fruto (mm)	0.55	129.70	21.25	<.0001
Diámetro del fruto (mm)	0.93	57.10	2.68	<.0001
Longitud del pedicelo del fruto (mm)	0.84	17.60	2.43	<.0001
Diámetro del pedicelo del fruto (mm)	0.87	10.50	0.61	<.0001
Longitud de la pulpa (mm)	0.54	125.76	21.20	<.0001
Diámetro de la pulpa (mm)	0.92	53.16	2.64	<.0001
Espesor de la cáscara (mm)	0.58	3.94	0.63	<.0001
Peso de la cáscara (g)	0.92	59.69	9.35	<.0001
Peso del racimo (kg)	0.80	12.40	2.09	<.0001

Coefficiente de determinación (R^2), Desviación estándar (D. E.)

Los resultados del análisis de varianza en una vía, practicado para 12 variables cuantitativas en fruto de *Musa* spp., se presentan en el Cuadro 7, y en la Figura 13, los valores obtenidos del coeficiente de variación para las 11 variables cuantitativas evaluadas en el fruto.

Cuadro 7. Análisis de varianza en una vía practicado para 12 variables cuantitativas evaluadas en fruto de variedades cultivadas de *Musa* spp., procedentes de Ziracuaretiro, Michoacán.

Variable	Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor de F	Pr > F
Número de hijos	Modelo	8	59.81	7.47	20.60	<.0001
	Error	45	16.33	0.36		
	Total	53	76.14			
Número de frutos	Modelo	8	25522.92	3190.36	24.40	<.0001
	Error	45	5884.50	130.76		
	Total	53	31407.42			
Numero de manos	Modelo	8	122.92	15.36	19.39	<.0001
	Error	45	35.661	0.79		
	Total	53	58.59			
Longitud del fruto	Modelo	8	25134.08	3141.76	6.96	<.0001
	Error	45	20326.15	451.69		
	Total	53	45460.23			
Diámetro del fruto	Modelo	8	4576.67	572.08	17.11	<.0001
	Error	45	325.40	7.23		
	Total	53	4902.07			
Longitud del pedicelo del fruto	Modelo	8	1465.28	183.16	30.81	<.0001
	Error	45	267.48	5.94		
	Total	53	1732.77			
Diámetro del pedicelo del fruto	Modelo	8	117.73	14.71	39.12	<.0001
	Error	45	16.93	0.37		
	Total	53	134.66			
Longitud de la pulpa	Modelo	8	24346.10	3043.26	6.77	<.0001
	Error	45	20240.61	449.79		
	Total	53	445846			
Diámetro de la pulpa	Modelo	8	4096.00	512.00	72.98	<.0001

	Error	45	315.71	7.01		
	Total	53	4411.72			
Espesor de la cascara	Modelo	8	26.18	3.27	8.03	<.0001
	Error	45	18.33	0.40		
	Total	53	44.52			
Peso de la cáscara	Modelo	8	50085.25	6260.65	71.49	<.0001
	Error	45	3940.57	87056		
	Total	53	54025.52			
Peso del racimo	Modelo	8	832.08	104.01	23.75	<.0001
	Error	45	197.09	4.37		
	Total	53	1029.18			

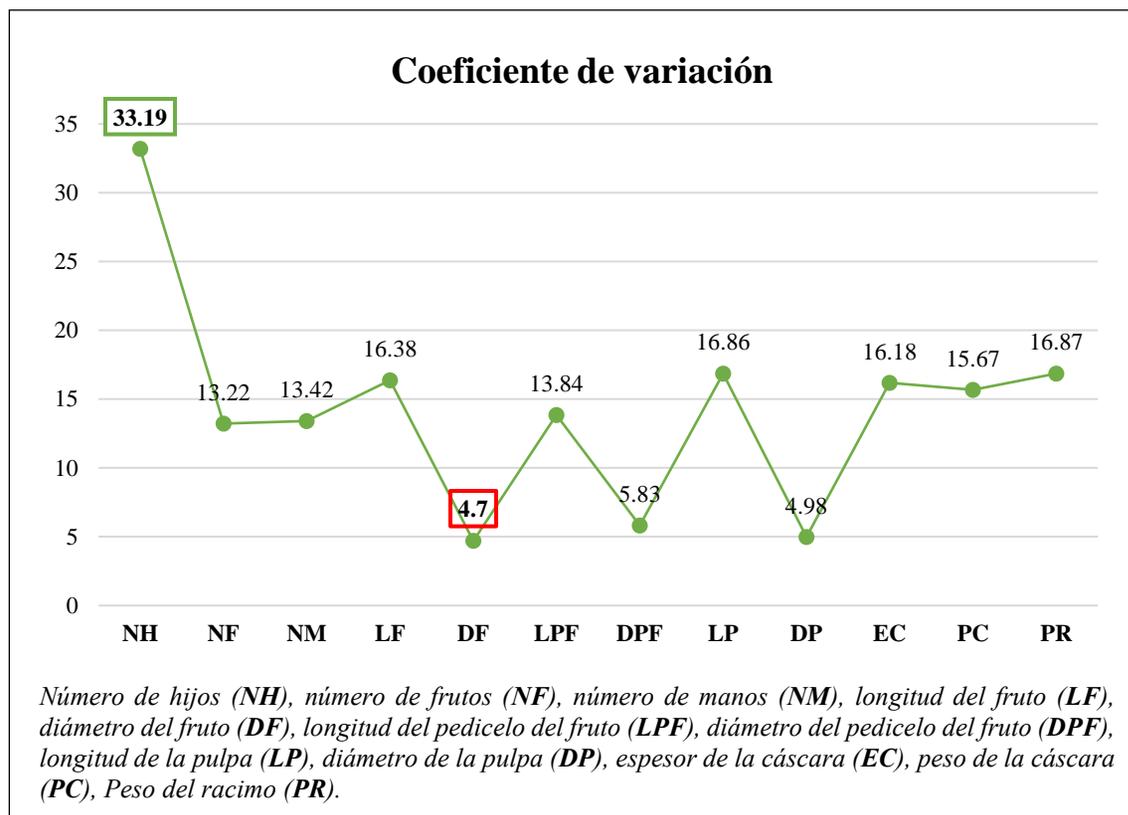


Figura 13. Coeficientes de variación obtenidos para 12 variables cuantitativas evaluadas en fruto de variedades cultivadas de *Musa* spp., en la región de Ziracuaretiro, Michoacán.

Los resultados arrojan diferencias estadísticas altamente significativas ($\alpha= 0.01$) para todas las variables evaluadas. Resultados similares son reportados por (Herrera *et al.*, 2016) en donde caracterizaron ocho variedades de Musáceas (Valery, Llanero, Verde, Enano gigante, Gros Michael, Gros Michael cocos, Gros Michael, Banano indio), estos autores determinaron el

peso del racimo, fruto, pulpa, longitud y diámetro del fruto/pulpa, número de manos/frutos, en donde identificaron diferencias estadísticas significativas ($\alpha=0.05$) para todas las variables evaluadas. Estos resultados coinciden con los obtenidos en este estudio. En cuanto al número de hijos en promedio por planta, las variedades Costillón, Verde maduro y Guineo presentaron un hijo en promedio; mientras, que las variedades Enano y Costa Rica de 3 a 4 hijos. Resultados contrastantes fueron descritos por Parra *et al.*, (2009) en donde se indica la existencia de seis hijos por planta; este resultado puede deberse principalmente a la variedad, al manejo del cultivo, distribución de las plantas, los autores reportan que las variedades con seis hijos estaban localizadas en colinas, donde el suelo tiene mayor profundidad. En el estudio hecho por

Aguirre y Quintero (2016), se describe la evaluación morfológica en 20 variedades de musáceas; en ellas, se incluyen las variedades Guineo, Manzano y Enano gigante. Los valores promedio más altos para el peso del racimo variaron entre los 55 kg, 47 kg, y 36 kg, para las variedades FIHA23, SH3436-9 y Enano gigante; respectivamente. Éste último resultado, coincide con el reportado en la presente investigación, en donde la variedad Enano gigante presentó un peso promedio de 17.51 kg; de manera similar, la variedad manzano presentó los racimos con menor peso promedio (29 kg). Estos últimos valores de peso promedio de los racimos son superiores a los descritos (15 kg) por Aguirre y Quintero (2016). En cuando al peso de la pulpa, la variedad con mayor peso fue FIHA23 con 24 g y 9.5 g para la variedad Manzano, caso similar ocurre en este estudio ya que la variedad manzano presento la pulpa más pequeña con un promedio de 8.3 g. El número de hijos por planta da resultados favorables en la producción, en promedio más de 3 hijos por planta reduce la producción del número de frutos por racimo; este comportamiento se debe a la interceptación de la luz ya que está determinada por el tamaño, la forma, posición y distribución de las hojas en la planta. No todas las hojas contribuyen igualmente al llenado del racimo, la fotosíntesis es mayor las hojas de la planta madre que, en las hojas de los hijos, las cuales son más jóvenes (Barrera *et al.*, 2009).

Con respecto a la longitud de la pulpa, la variedad Manzano presentó la pulpa más corta, con 10 cm en contraste con la variedad Costa Rica con frutos de 18 cm. Los valores de coeficiente de variación fluctuaron entre 4.7 % y 33.19 %, estos valores corresponden a las variables diámetro del fruto y número de hijos respectivamente. La variable peso del racimo obtuvo el segundo valor más alto con 16.87 %. Resultados similares reporta Hoyos *et al.*, (2012) al evaluar morfológicamente el fruto de 20 variedades (Ney Povan, M.B. Tani, Guineo, Enano, Morado, Cachaco, M. bindi, FIHA-17, entre otras) cultivadas a una altura de 1360 msnm. Estos autores determinaron un coeficiente de variación de 47 % para la variable peso del racimo. En este estudio, esta variable presenta el valor más alto para el coeficiente de variación (33.19 %). Para

determinar la longitud y el diámetro del fruto participa directamente el epicarpio del fruto, ya que posee cloroplastos y estomas para el proceso de fotosíntesis, sin embargo, su contribución es baja en el llenado del fruto (Barrera *et al.*, 2009).

Los valores podrían explicarse ya que las características morfológicas de los racimos dependen de la interacción genotipo x ambiente, lo que se traduce en una amplia diversidad entre variedades (Vuylsteke *et al.*, 1997), por lo anterior, cabe señalar que las variedades evaluadas de este estudio se localizan en huertos familiares y traspatio, por lo que es posible considerarlas en condiciones agroecológicas similares.

En la Figura 14, se presentan los agrupamientos generados por la prueba de comparación de medias, a través de la prueba de Tukey ($\alpha < 0.05$).

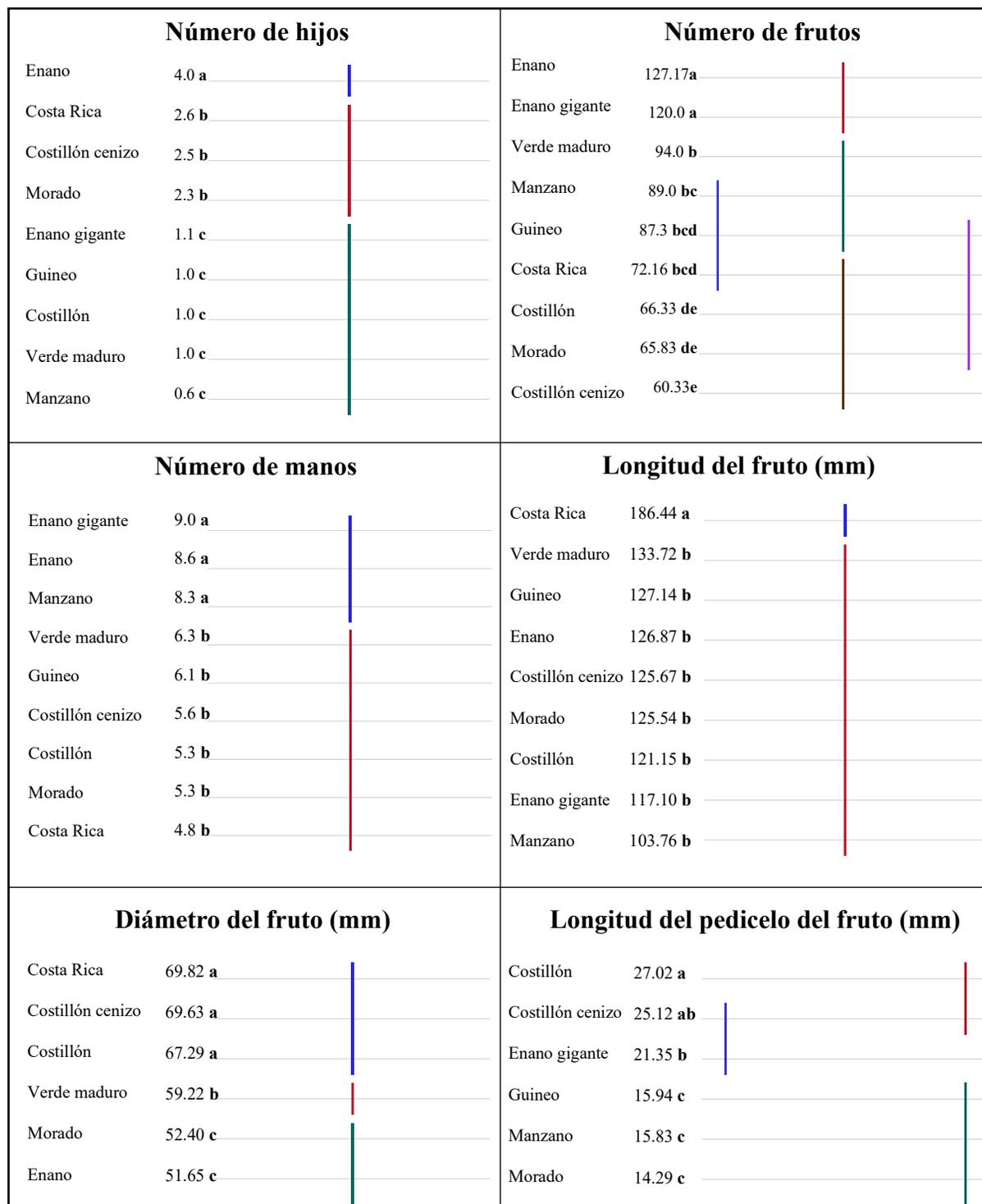


Figura 14. Comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$) para 12 variables cuantitativas evaluadas en nueve variedades cultivadas de *Musa* spp

Continuación Figura 14

Diámetro del pedicelo del fruto (mm)		Longitud de la pulpa (mm)	
Enano gigante	3.37 a	Costa Rica	181.55 a
Costillón cenizo	1.91 b	Verde maduro	129.80 b
Verde maduro	0.76 bc	Guineo	123.47 b
Costillón	0.66 cd	Enano	122.94 b
Morado	0.62 cd	Morado	122.51 b
Enano	0.25 cd	Costillón cenizo	121.91 b
Guineo	9.71 cd	Costillón	115.80 b
Manzano	9.55 cd	Enano gigante	113.41 b
Costa Rica	7.72 e	Manzano	100.50 b
Diámetro de la pulpa (mm)		Espesor de la cáscara (mm)	
Costillón cenizo	65.87 a	Costillón	5.35 a
Costa Rica	64.93 a	Costa Rica	4.89 ab
Costillón	61.93 a	Enano	3.92 bc
Verde maduro	55.31 b	Verde maduro	3.91 bc
Morado	49.37 c	Costillón cenizo	3.76 bc
Enano	47.72 c	Enano gigante	3.68 c
Enano gigante	46.81 c	Guineo	3.67 c
Guineo	46.37 c	Manzano	3.26 c
Manzano	40.10 d	Morado	3.03 c
Peso de la cáscara (mm)		Peso del racimo (kg)	
Costillón	132.50 a	Enano gigante	3.37 a
Costillón cenizo	83.01 b	Verde maduro	1.91 a
Costa Rica	70.68 b	Enano	0.76 a
Morado	52.78 c	Guineo	0.66 b
Verde maduro	48.72 cd	Costa Rica	0.62 bc

Para la variable número de hijos se formaron tres grandes grupos donde la variedad Enano se distingue del resto, presentó un promedio de 4 hijos por planta, en contraste con la variedad Manzano con 1 hijo. Resultados contrastantes reportó Parra *et al.*, (2009), donde fueron observados seis hijos por planta en variedades Manzano, Enano y Valery, este resultado puede deberse principalmente a la variedad, manejo del cultivo, distribución de las plantas, ya que, las variedades con un hijo en promedio estaban en suelos poco profundos y con menor disposición de agua. En cuanto a las variables número de frutos y número de manos las variedades Enano y Enano gigante se agruparon, éstas presentan el mayor número de frutos con un promedio de 9 manos y 122 frutos por racimo; las variedades con menor cantidad de frutos y manos fueron Costillón cenizo y Costa Rica, respectivamente. Aunque la variedad Costa Rica tiene la menor cantidad de manos por racimo, 5 en promedio; para la longitud y diámetro del fruto, se separó completamente del resto de las variedades, presenta los frutos más largos en promedio de 18.6 cm y 7 cm de diámetro; en contraste con la variedad Manzano que en ambas variables tiene los promedios más bajos, con 10.3 cm de longitud y 4.3 cm de diámetro. Para la variable longitud del pedicelo del fruto la variedad Costillón tiene pedicelos de 27 mm, lo opuesto lo tiene la variedad Costa Rica, con 11 mm; en cuanto al diámetro los valores promedio están entre los 3.37 mm y 7.72 mm para las variedades Enano gigante y Costa Rica. El resto de las variedades comparten grupos entre sí por lo cual no son significativas estadísticamente. En cuanto al diámetro de la pulpa los resultados arrojan cuatro grupos, el primero conformado por las variedades Costillón, Costillón cenizo y Costa Rica, con las pulpas más gruesas, en promedio la pulpa de estas variedades mide 63 mm; lo opuesto se presentó en la variedad Manzano con 40 mm de diámetro. El diámetro de la pulpa para el resto de las variedades fluctuó entre los 46 mm y 55 mm. En cuanto a las variables evaluadas en la cáscara, la variedad Costillón sobresalió del resto, esta variedad presenta la cáscara más gruesa y pesada, con valores de 5.35 mm y 132 g respectivamente.

Lo contrario sucede con la variedad Manzano, en promedio las cáscaras miden 3.02 mm de espesor y pesan 29 g. Para el peso del racimo el análisis arrojó la formación de 4 grupos; sin embargo, los racimos de las variedades Enano y Verde Maduro son más pesados, con un peso promedio de 17.36 kg. Los racimos más pequeños los tiene la variedad Manzano, con un peso promedio de 5.5 kg. Resultados similares en cuanto a la variedad Manzano han sido reportados por Rosales (2012), en su estudio de caracterización fisicoquímica de plátanos de postre (Valery y Manzano) y de cocción (Enano y Macho) cultivados en México, donde el plátano manzano presentó menor peso (11.24 kg) en contraste con la variedad Valery con racimos de hasta 30 kg. El peso del racimo es un aspecto importante en calidad, el desarrollo y llenado del fruto depende principalmente de la actividad fotosintética de las hojas funcionales presentes desde la aparición de la inflorescencia, diversos autores concluyen que 12 hojas es el mínimo requerido para alcanzar un máximo rendimiento (Belalcázar, 1995; Arcila *et al.*, 2006).

4.1.5. Asociación entre características morfológicas evaluadas

Para determinar las posibles asociaciones entre las características morfológicas cuantitativas evaluadas, se practicó un análisis de correlación múltiple de Pearson. En el Cuadro 8, se muestra la matriz completa de correlación obtenida; en ella, son resaltadas en negritas, las correlaciones que presentaron los mayores valores.

Cuadro 8. Matriz de correlación para las 12 variables cuantitativas evaluadas en fruto de variedades cultivadas de *Musa* spp.

	<i>NH</i>	<i>NF</i>	<i>LF</i>	<i>LPF</i>	<i>DPF</i>	<i>EC</i>	<i>DF</i>	<i>LP</i>	<i>PC</i>	<i>DP</i>	<i>PR</i>	<i>NM</i>
<i>NH</i>	1											
<i>NF</i>	0.12456	1										
<i>LF</i>	0.24762	-0.16394	1									
<i>LPF</i>	0.071	0.2362	0.0702	1								
<i>DPF</i>	-0.26729	-0.22344	-0.24833	0.0507	1							
<i>EC</i>	-0.17036	0.24371	-0.41368	0.50431	0.2181	0.0757	0.0019	0.0001	1			
<i>DF</i>	0.1114	-0.12723	0.32264	0.13275	-0.18245	0.4226	0.3592	0.0173	0.3386	0.1867	1	
<i>LP</i>	0.22867	-0.4983	0.46732	0.31868	-0.10746	0.5665	0.22867	-0.4983	0.46732	0.31868	-0.10746	0.5665
<i>PC</i>	0.0963	0.0001	0.0004	0.0188	0.4393	<.0001	1					
<i>DP</i>	0.24651	-0.16151	0.9996	-0.25495	-0.41195	0.29418	0.45397					
<i>PR</i>	0.0723	0.2433	<.0001	0.0628	0.002	0.0308	0.0006	1				
<i>NM</i>	-0.1037	-0.5462	0.10978	0.648	0.05313	0.5238	0.7236	0.09429				
	0.4555	<.0001	0.4294	<.0001	0.7028	<.0001	<.0001	0.4976	1			
	0.22876	-0.5126	0.45955	0.32243	-0.09538	0.4959	0.9965	0.44836	0.7094			
	0.0961	<.0001	0.0005	0.0174	0.4927	0.0001	<.0001	0.0007	<.0001	1		
	0.17087	0.63002	0.14302	-0.17158	0.26475	0.11656	-0.04766	0.14073	-0.16857	-0.06295		
	0.2167	<.0001	0.3022	0.2148	0.053	0.4013	0.7322	0.3101	0.2231	0.6511	1	
	0.0027	0.7484	-0.36789	-0.07667	0.35613	-0.302	-0.6228	-0.36193	-0.5204	-0.6252	0.32312	
	0.9846	<.0001	0.0062	0.5816	0.0082	0.0265	<.0001	0.0072	<.0001	<.0001	0.0172	1

Número de hijos (NH), Número de frutos (NF), Longitud de fruto (LF), Longitud del pedicelo del fruto (LPF), Diámetro del pedicelo del fruto (DPF). Espesor de la cáscara (EC), Diámetro del fruto (DF), Longitud de la pulpa (LP), Peso de la cáscara (PC), Diámetro de la pulpa (DP), Peso del racimo (PR) y Número de manos (NM).

Las correlaciones que presentaron los mayores valores están entre $r= 0.62$ y $r=0.99$. La variable número de frutos se asoció directamente proporcional con las variables peso del racimo ($r=0.63$) y número de manos ($r=0.74$), e indirectamente proporcional con el diámetro de la pulpa ($r= -0.51$) y el peso de la cáscara ($r= -0.54$). La variable espesor de la cáscara se asoció directamente proporcional con las variables diámetro del fruto ($r= 0.56$) y peso de la cáscara ($r= 0.52$). Las correlaciones con un valor superior a $r=0.7$ son entre las variables, número de manos con número de frutos ($r= 0.78$), longitud de la pulpa con longitud del fruto ($r= 0.99$), peso de la cáscara con diámetro de la pulpa ($r= 0.72$) y diámetro de la pulpa con diámetro del fruto ($r= 0.99$). Estos resultados permitirán reducir el número de características a evaluar en trabajos de caracterización morfológica para el género *Musa* ya que, altos valores de correlación permiten disminuir el número de variables a evaluar.

4.1.6. Similitud morfológica entre variedades cultivadas de *Musa* spp.

Con base en el análisis de conglomerados que incluyó 12 variables cuantitativas, las variedades cultivadas formaron tres grupos confiables (Figura 15). El primer grupo está conformado por las variedades Costillón y Costillón cenizo, quienes comparten en promedio, 66 frutos y cinco manos por racimo, frutos de 123 mm de longitud por 69 mm de diámetro. El segundo grupo lo forma la variedad Costa Rica con 72 frutos por racimo y frutos de 186 mm de longitud y 69 mm de diámetro; el tercer grupo las variedades Enano, Enano gigante, Manzano, Guineo, Verde maduro y Morado.

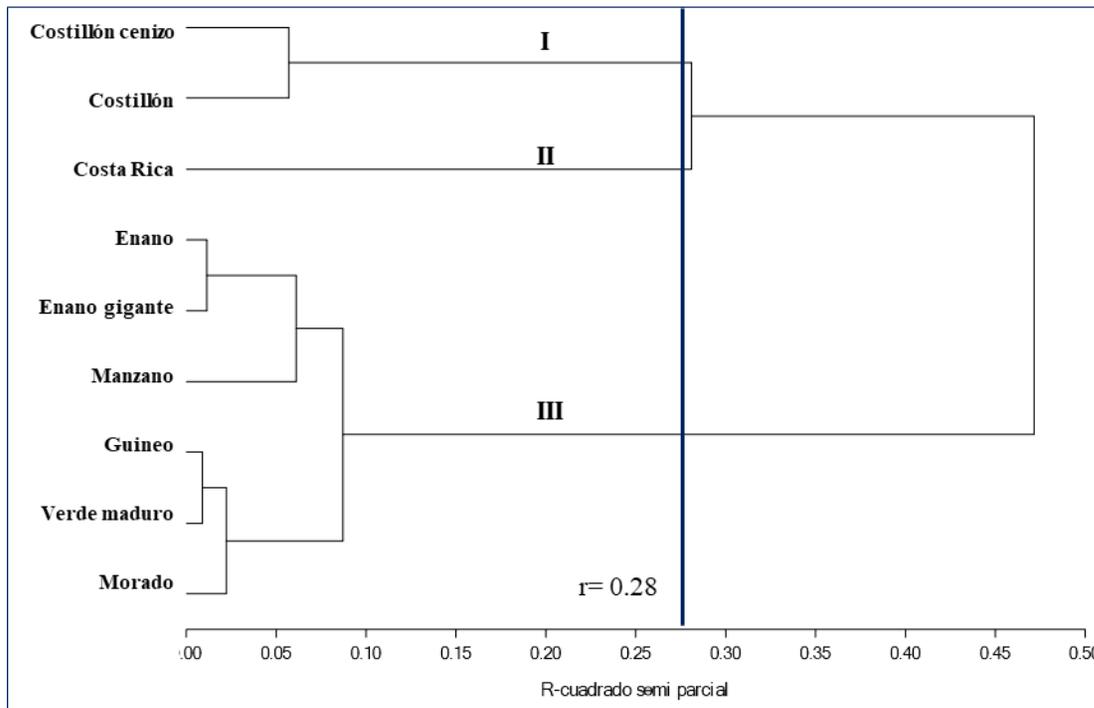


Figura 15. Dendrograma de similitud con base en las 12 características morfológicas cuantitativas evaluadas en variedades cultivadas de *Musa* spp., en Ziracuaretiro, Michoacán.

Las Musáceas tiene dos géneros (*Musa* y *Ensete*), sólo el género *Musa* produce frutos comestibles.

La especie más importante es *Musa acuminata*, especie silvestre que dio origen a todas las Musáceas de frutos comestibles, es por ello, que las variedades cultivadas contienen su genoma (A). El nombre de esta especie proviene del latín

“*acuminata*” acuminado, agudo, con referencia al

ápice afilado, de ahí la importancia de la morfología del ápice. Además, se le atribuyen aspectos físicos y de calidad en el fruto (Price, 1995).

Las especies triploides con dominancia en *acuminata* (AAB) brindan frutos más dulces y de aspecto brillante. Por su parte la especie silvestre *Musa balbisiana* alberga características importantes en su genoma B, como la resistencia a enfermedades, crecimiento vigoroso, tolerancia al estrés abiótico; ya que, se originó en una región más seca (Simmonds, 1962). Por lo que es posible que algunas variedades como Papou y Morado presenten una contribución de *M. balbisiana* en su genoma, estas variedades presentan cierta resistencia a la sigatoka del banano (Campos *et al.*, 2018). Los usos específicos del pseudotallo y bráctea de *M. balbisiana* podrían explicar los rangos geográficos actuales de esta

especie (Harrison y Shwarzacher, 2007). Es posible que las variedades Enano y Enano gigante cultivadas en Ziracuaretiro, presenten genoma B, ya que sus pseudotallos vigorosos son una característica que las distingue del resto. La característica de los pseudotallos ricos en fibra, las ha llevado a crecer en zonas a bordo de ríos, por lo cual, los antropólogos sugieren que los primeros usos no fueran alimentarios si no en la construcción de redes de pesca, tallos como flotadores, etc. Además, la asociación de la planta con el hombre no necesariamente tuvo que ver con el fruto (Simmonds, 1962; Sauer, 1952).

Para el consumidor occidental un “plátano” suele tratarse como un insumo para postre; sin embargo, para millones de personas en las regiones más pobres del mundo, los plátanos y los bananos son un recurso fitogenético valioso, ya que, representa un alimento básico de importancia para su consumo a diario. Además, las Musáceas son cultivadas por campesinos y familias para el autoconsumo, gracias a ellos la diversidad de plátanos y bananos aún se conserva y sigue en aumento.

4.2. Evaluación proximal de las variedades de *Musa* spp., cultivadas en Ziracuaretiro, Michoacán, México

El análisis proximal permite conocer la composición de los macro componentes presentes en los alimentos, estos análisis son de suma importancia ya que permiten evaluar las características de estos componentes en plátanos y bananos.

4.2.1. Contenido de aceite

El contenido de aceite (Cuadro 9) oscila entre 0.09 % y 0.56 %. Las variedades que presentan mayor contenido de aceite son Guineo, Macho y Manzano con 1.11 %, 1.08 % y 1.12 % respectivamente. Por el contrario, las variedades que presentaron el menor contenido en aceite fueron Morado (0.09 %) y Enano (0.34 %). Los resultados obtenidos coinciden con los señalados por otros autores (Bello *et al.*, 2011; Rivas *et al.*, 2018), quienes reportan en promedio contenidos del 2.40 %, 1.06 % y 0.8 %, para las variedades Morado y Enano. En el trabajo hecho por Lucas *et al.*, (2016), donde evalúan el contenido de aceite en 26 variedades de plátano, las variedades Guineo y Enano gigante presentaron el mayor contenido de aceite, en promedio 3.15 % y 3.13 % respectivamente; mientras que Montoya *et al.*, (2014), encontraron valores promedio de 1.83 % y 2.03 % de aceite, para las variedades Enano y Gros Michael, respectivamente. Aun cuando el contenido de aceite no es una característica buscada en los plátanos y bananos, debido a su bajo contenido es un alimento empleado en dietas para mejorar la hiperlipidemia, control de peso y reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares (Paucar *et al.*, 2015). Por otro lado, es importante mencionar que diversos estudios en frutales altos en aceite, lo relacionan directamente con la textura de la pulpa, haciéndolo altamente atractivo como en el caso del aguacate (Rosales *et al.*, 2005), sin embargo, para plátano y banano en este sentido es irrelevante.

4.2.2. Contenido de cenizas

El contenido de cenizas refiere al residuo inorgánico (minerales) que queda después de incinerar la materia orgánica, este valor puede dar una aproximación del contenido de minerales en Musáceas como calcio, sodio, fosforo, potasio, entre otros. Así mismo los valores pueden variar entre una misma especie por las condiciones edafoclimáticas y de manejo del cultivo, por ello, y de acuerdo con los resultados observados para

cenizas (Cuadro 9), el contenido osciló entre el menor porcentaje (2.42 %) para la variedad Costillón cenizo y el mayor contenido (4.80 %) para la variedad Guineo. Estos resultados contrastan con los presentados por Lucas *et al.*, (2016), para las variedades Valery (1.82 %), Enano gigante (1.93 %) y Guineo (1.86 %), para otras variedades los autores reportan en promedio un 2.26 % de ceniza; por su parte Mazzeo *et al.*, (2009), reportaron 1.76 % de ceniza en la pulpa de plátano Dominico-Hartón Las cenizas representan el contenido total de minerales en los alimentos, son importantes para determinar el valor nutricional, así como también para conocer la pureza de los elementos usados en la elaboración de algún producto que emplee plátanos y bananos (Dortmon *et al.*, 2011). Este parámetro permite además detectar contaminaciones metálicas en los alimentos.

4.2.3. Contenido de materia seca

El contenido de materia seca (Cuadro 9) presenta una variación de 24.4 % para la variedad Guineo a 43.6 % para Macho. Estos resultados obtenidos en la presente investigación, comparativamente coinciden con el estudio hecho por Aguirre y Quintero (2016). Los valores reportados para el contenido de materia seca en musáceas, se encuentran entre el 24.09 % para la variedad Yagambi y 44.05 % para Kelong Mekintú, esta última corresponde a una variedad de cocción Videá *et al.*, (2018), reportaron un 36 % de materia seca en plátano Macho; por su parte, Fernández *et al.*, (2013), indican que el plátano de consumo contiene alrededor del 22 % y el plátano de cocción cerca del 43 %. Es importante señalar que, las variedades con bajo contenido de materia seca tienen mayor contenido de agua la pulpa presentando una textura más suave por lo que la preferencia de consumo en fresco es mayor; en contraste, las variedades con mayor contenido de materia seca son consumidas cocidas o fritas en aceite (Castellanos, 2011). El mayor contenido de materia seca, en esta especie, es de interés para la industria de las frituras (Hoyos

et al., 2012), ya que representa menor cantidad de agua y, por lo tanto, disminuye el volumen de aceite que absorbe el producto. La utilidad de este factor como índice de cosecha, es poco frecuente, ya que en plátanos se consideran otros factores como el diámetro del fruto central del racimo, presencia de flores, aspecto del racimo, mercado de destino, entre otros, sin embargo, se podría sugerir su uso como indicador para el desarrollo de productos alimenticios, al emplear la pulpa como materia prima. De acuerdo al contenido de materia obtenidos en los materiales, estos podrían clasificarse en variedades de consumo (Guineo, Enano gigante, Manzano, Enano y Tabasco) y en variedades de cocción (Macho, Costillón, Costillón cenizo, Morado, Costa Rica y Verde Maduro) como variedades de cocción y con potencial en la industria de las frituras.

4.2.4. Contenido de humedad

La humedad es un parámetro importante que puede definir el grado de maduración del fruto, es decir, conforme avanza la madurez del fruto se disminuye el porcentaje de humedad; este comportamiento es inversamente proporcional al contenido de materia seca, acidez, textura y dulzura, (Barrera *et al.*, 2010). El porcentaje de humedad encontrado en las variedades analizadas (Cuadro 9) osciló entre el 56.3 y 75.6 % correspondiente a las variedades Macho y Guineo, respectivamente. El resto de las variedades en estudio presentaron valores entre el 62 % y 70 %. En la evaluación de la calidad del fruto hecha por Videa *et al.*, (2018) para la elaboración de frituras determinaron valores en promedio del 64 % de humedad, mientras que Seraquive (2017), reportó un promedio del 78 % en banano silvestre (*M. sapientum*). En un estudio hecho por Espinosa *et al.*, (2018) evaluaron tres variedades de banano resistentes a la sigatoka negra en Tabasco, el porcentaje de humedad varió entre 64 y 76.4 %. En los alimentos un alto contenido de humedad es perjudicial, ya que representa el desarrollo de microorganismos que son los principales agentes de deterioro en los alimentos de tal manera que una disminución de agua en los productos alimenticios favorece la

conservación de la calidad en el almacenamiento (Mendoza y Calvo, 2010). Particularmente en el plátano, la humedad es un parámetro determinante para destinar variedades a ciertos mercados, ya que, a mayor contenido de humedad mayor porcentaje de cáscara, lo que es un valor ideal para la industria textil por el uso de las fibras presentes en la cáscara.

4.2.5. Contenido de acidez y pH

La acidez titulable representa a los ácidos orgánicos presentes que se encuentran libres, es una prueba química de control de calidad, ya que los alimentos se clasifican como ácidos o alcalinos de acuerdo con el efecto que presentan en el organismo humano después de la digestión y no de acuerdo al valor de pH que tienen por sí mismos (Vásquez *et al.*, 2019). El porcentaje de acidez encontrado en las variedades de Musáceas analizadas en madurez de consumo (Cuadro 9), fluctúan entre el 0.03 % para las variedades Enano gigante, Tabasco y Costillón cenizo, mientras que la variedad Macho presentó el porcentaje mayor con 0.10 %. En el plátano, el ácido predominante es el ácido málico, en menor proporción se encuentra el cítrico y el oxálico, los valores de acidez aumentan pasando del estado verde con 0.7 % hasta 1.5 % en madurez de consumo (Cayón *et al.*, 2000), esos resultados contrastan con los obtenidos en esta investigación.

El pH y la acidez titulable de la pulpa durante la maduración dependen de la variedad. Algunas variedades de Musa son caracterizadas por una disminución del pH en la pulpa y el aumento en la acidez titulable al avanzar la edad de la fruta, mientras que en otras no existen cambios significativos en el pH y acidez titulable durante la maduración. De este modo, el pH y la acidez titulable juntos no pueden ser utilizados como un indicador para la generalidad de los plátanos (Khuang *et al.*, 2013). Por su parte, se ha reportado que el pH como parámetro único sí podría usarse como índice de maduración, es decir, cuando la fruta se cosecha en madurez fisiológica el pH es alto, pero al progresar la maduración

el pH cae (Wills *et al.*, 1989). El pH de las variedades analizadas (Cuadro 9), fluctuó entre 4.0 para la variedad Costillón cenizo y 5.3 para Manzano. Salgado y Martínez (2006) en el estudio de evaluación fisicoquímica del banano (*Musa sapientum*) variedad criolla, cultivado en distintas regiones colombianas, determinaron un pH entre 4.9 y 5.20. Por otra parte, Trujillo y Bedolla (2019), encontraron valores de pH entre 4.2 y 5.1.

4.2.6. Contenido de sólidos solubles totales

Los sólidos solubles totales o grados Brix (° Brix) son un parámetro de calidad postcosecha. En Musáceas este parámetro está ligado con el grado de degradación del almidón, ya que a menor estadio de maduración mayor contenido de almidón y cuando el fruto madura el contenido de almidón es menor (García, 2006), entonces la cantidad de ° Brix o azúcar en la fruta aumenta a medida que madura. El porcentaje de ° Brix (Cuadro 9) osciló entre 11.6 % para la variedad Verde maduro y 37.7 % para la variedad Morado. Los resultados obtenidos para esta variable coinciden parcialmente con los indicados por Salgado y Martínez (2006) quienes obtuvieron valores entre 20 % y 22 % de ° Brix.

4.2.7. Contenido de almidón

El almidón es el parámetro más importante en la calidad química para la industria ya que, la maduración se inicia y progresa cuando por actividad enzimática los almidones se transforman en azúcares (Kuang *et al.*, 2013). Los resultados de esta investigación para el contenido de almidón (Cuadro 9) en las variedades de plátano estudiadas fue de entre 7.93 y 9.43 para las variedades Manzano y Enano, respectivamente. Estos resultados coinciden parcialmente con los reportados por Rosales (2012), en el estudio de caracterización física y química de dos variedades de cocción (Enano y Macho) y dos de postre (Morado y Valery), encontrando un contenido de almidón total de 7.6 g/100 g en la

variedad Macho, 7.2 g/100 g en la variedad Enano, 6.2 g/100 g para la variedad Morado y 7.8 g/100 g para la variedad Valery. Los valores son menores a los indicados por Gilbert *et al.*, (2009), quienes reportaron un valor promedio de 8.5 g/100g en plátanos de cocción y 8.1 g/100 g en plátanos de postre. Por su parte, Bello *et al.*, (2011) reportaron que el plátano contiene un 92 % de almidón en madurez fisiológica y 4 % en madurez de consumo, este último valor coincide con lo obtenido por Inga (2003), en la cuarta semana de madurez el plátano contiene alrededor del 20 % de almidón, al transcurrir la hidrólisis en la pulpa el contenido disminuye hasta un 4 %, en cuanto a los valores en cáscara verde el contenido es alrededor del 3 %. El almidón es el responsable de aportar el parámetro de dulzura en las Musáceas. Al activar diversas enzimas que catalizan la síntesis de fructosa, glucosa y sacarosa, el almidón da origen a la sacarosa, la que a su vez produce la mezcla de los respectivos monosacáridos que la constituyen. El almidón influye directamente en las propiedades sensoriales de los alimentos, mismas que están determinadas por las interacciones que hay con otros componentes. Respecto a los efectos entre del almidón en el contenido de pH, con valores de pH menores a 5 o mayores a 7 reducen la temperatura de gelatinización y aceleran el proceso de cocción. En condiciones alcalinas la temperatura de gelatinización decrece, mientras que en condiciones ácidas se favorece la hidrólisis del enlace glucosídico con la consecuente pérdida de viscosidad (Badui, 2005; Espinoza, 2008; Espinoza, 2012). En el Cuadro 9, se muestran los resultados del análisis proximal de 11 variedades de *Musa* spp., nueve cultivadas en Ziracuaretiro, Michoacán, y, dos variedades comerciales Macho y Tabasco.

Cuadro 9. Resultados para el análisis proximal en frutos de 11 variedades de *Musa* spp.

	Aceite (%)	M.S (%)	pH	Humedad (%)	° Brix	Acidez (%)	Almidón (g)	Ceniza (g)
MOR	0.09	31.5	5.0	68.5	37.70	0.04	9.09	9.09
GUI	1.11	24.4	4.5	75.6	31.40	0.05	8.84	8.84
ENA	0.34	27.3	4.7	72.7	20.90	0.05	9.47	9.47
COC	0.56	37.9	4.0	62.1	22.07	0.04	8.30	8.30
COS	0.47	35.2	4.5	64.8	26.60	0.07	8.27	8.27
MAC	1.08	43.6	4.7	56.4	33.50	0.10	8.54	8.54
VEM	0.63	31.5	5.0	68.5	11.60	0.06	9.45	9.45
ENG	0.21	28.3	4.9	71.7	27.20	0.03	9.43	9.43
COR	0.53	31.0	4.4	69.0	32.00	0.06	8.74	8.74
MZN	1.12	25.9	5.3	74.1	24.80	0.10	7.90	7.90
TAB	0.17	27.3	5.0	72.7	27.80	0.03	8.78	8.78

Morado (MOR), Guineo (GUI), Enano (ENA), Costillón cenizo (COC), Costillón (COS), Macho (MAC), Verde maduro (VEM), Enano gigante (ENG), Costa Rica (COR), Manzano (MZN), Tabasco (TAB). Materia seca (MS)

En el Cuadro 10, se muestran los estadísticos simples obtenidos para ocho evaluaciones proximales determinadas en fruto de 11 variedades de Musáceas. De acuerdo con el coeficiente de determinación (R^2), los valores oscilaron entre 0.83 y 0.99. El resultado del análisis de varianza se

muestra en el Cuadro 11, el análisis arrojó diferencias estadísticas significativas para todas las variables evaluadas, los valores para la desviación estándar (DE) fluctuaron entre 0.001 y 2.94 para acidez y humedad, respectivamente. Los valores de las medias obtenidas oscilaron de 0.05 para el contenido de acidez y 68.73 para el porcentaje de humedad.

Cuadro 10. Estadísticos simples obtenidos del análisis de varianza, practicado con los datos proximales generados de 11 variedades de *Musa* spp.

Variable	R²	Media	D. E.	Pr>F
Ceniza (%)	0.83	3.41	0.37	<.0001
Aceite (%)	0.86	0.57	0.19	<.0001
pH	0.83	4.73	0.18	<.0001
° Brix	0.99	26.94	0.45	<.0001
Humedad (%)	0.83	68.73	2.94	<.0001
Materia seca (%)	0.83	31.26	2.93	<.0001
Almidón (g)	0.99	8.7	0.04	<.0001
Acidez (%)	0.99	0.05	0.001	<.0001

Coefficiente de determinación (R²), Desviación estándar (D. E.)

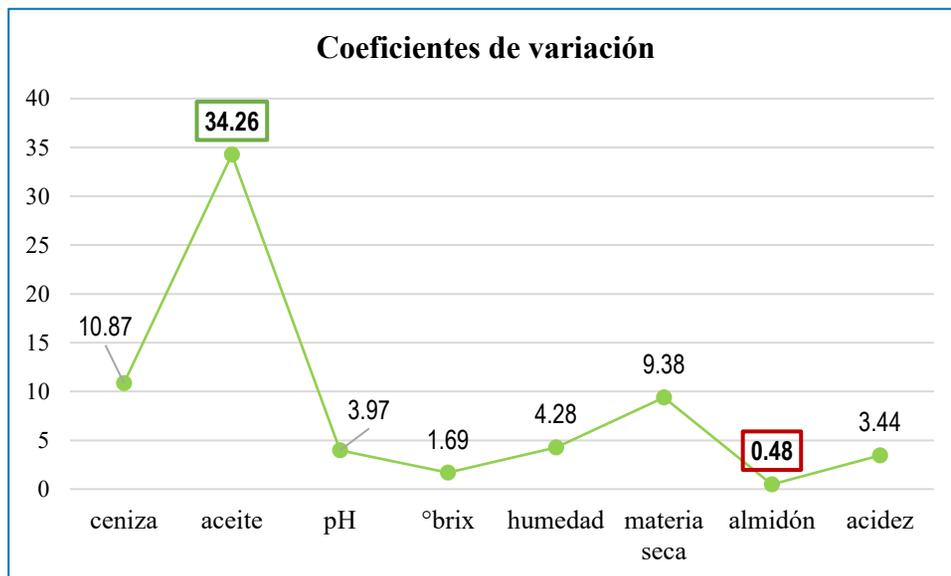


Figura 16. Coeficientes de variación obtenidos para las evaluaciones proximales en 11 variedades de *Musa* spp.

Los resultados del análisis de varianza en una vía, hecho para las ocho determinaciones proximales en el fruto de 11 variedades de *Musa* spp., se muestran en el Cuadro 11. Los resultados obtenidos indican diferencias estadísticas altamente significativas ($\alpha= 0.01$) para todas las determinaciones hechas.

Cuadro 11. Análisis de varianza en una vía practicado para ocho determinaciones proximales en fruto de 11 variedades de *Musa* spp.

Variable	Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor de F	Pr > F
Ceniza	Modelo	10	15.2612	1.5261	11.04	<.0001
	Error	22	3.0417	0.1382		
	Total	32	18.3029			
Aceite	Modelo	10	4.3604	0.4360	11.27	<.0001
	Error	22	0.8509	0.0386		
	Total	32	5.2113			
pH	Modelo	10	3.8963	0.3896	10.99	<.0001
	Error	22	0.7800	0.0354		
	Total	32	4.6763			
° Brix	Modelo	10	1492.61	149.2615	719.07	<.0001
	Error	22	4.5666	0.2075		
	Total	32	1497.18			
Humedad	Modelo	10	985.5642	98.5564	11.38	<.0001
	Error	22	190.5832	8.6628		
	Total	32	1176.1474			
Materia seca	Modelo	10	985.5630	98.5563	11.44	<.0001
	Error	22	189.5933	8.61787		
	Total	32	1175.156			
Almidón	Modelo	10	7.7374	0.7737	426.27	<.0001
	Error	22	0.0399	0.0018		
	Total	32	7.7774			
Acidez	Modelo	10	0.0174	0.0017	468.06	<.0001
	Error	22	0.0000	0.0000		
	Total	32	0.0175			

Los resultados coinciden parcialmente con los reportados por Espinosa *et al.*, (2018), el contenido de humedad, materia seca y sólidos solubles totales, fueron estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$), las medias que obtuvieron son, 64 % para humedad y 35 % para materia seca. En cuanto al contenido de acidez en plátano Seraquive *et al.*, (2017), encuentran diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.01$), con un valor de coeficiente de variación de 9.0. Los cambios en el contenido de pH y acidez dependen de la variedad, el estado de maduración, el manejo del cultivo. Algunas variedades un porcentaje de acidez menor al 0.20 % son características, mientras que otras no existen cambios significativos en acidez y pH, por ello, el contenido de pH y acidez no son recomendados como un indicador general en los plátanos (Quiroz *et al.*, 2013). En la Figura 16, se muestra un gráfico con los valores obtenidos para el coeficiente de variación de las determinaciones proximales analizadas. Estos valores están entre el 0.48 % para el contenido de almidón y el 34.26 % para el porcentaje de aceite. El contenido de minerales obtuvo el segundo valor más alto con 10.87.

En la Figura 17, se muestran los agrupamientos generados por la prueba de comparación de medias, mediante la prueba de Tukey ($\alpha < 0.05$). Para la variable ceniza se formaron cuatro grupos, donde la variedad Guineo presentó el 4.80 % de cenizas, de manera opuesta las variedades Costillón y Costillón cenizo. En cuanto al contenido de aceite se formaron tres grupos, las variedades con mayor contenido de aceite fueron Manzano y Guineo con 1.1 %. Lo opuesto se presentó en la variedad Morado con 0.08 %.

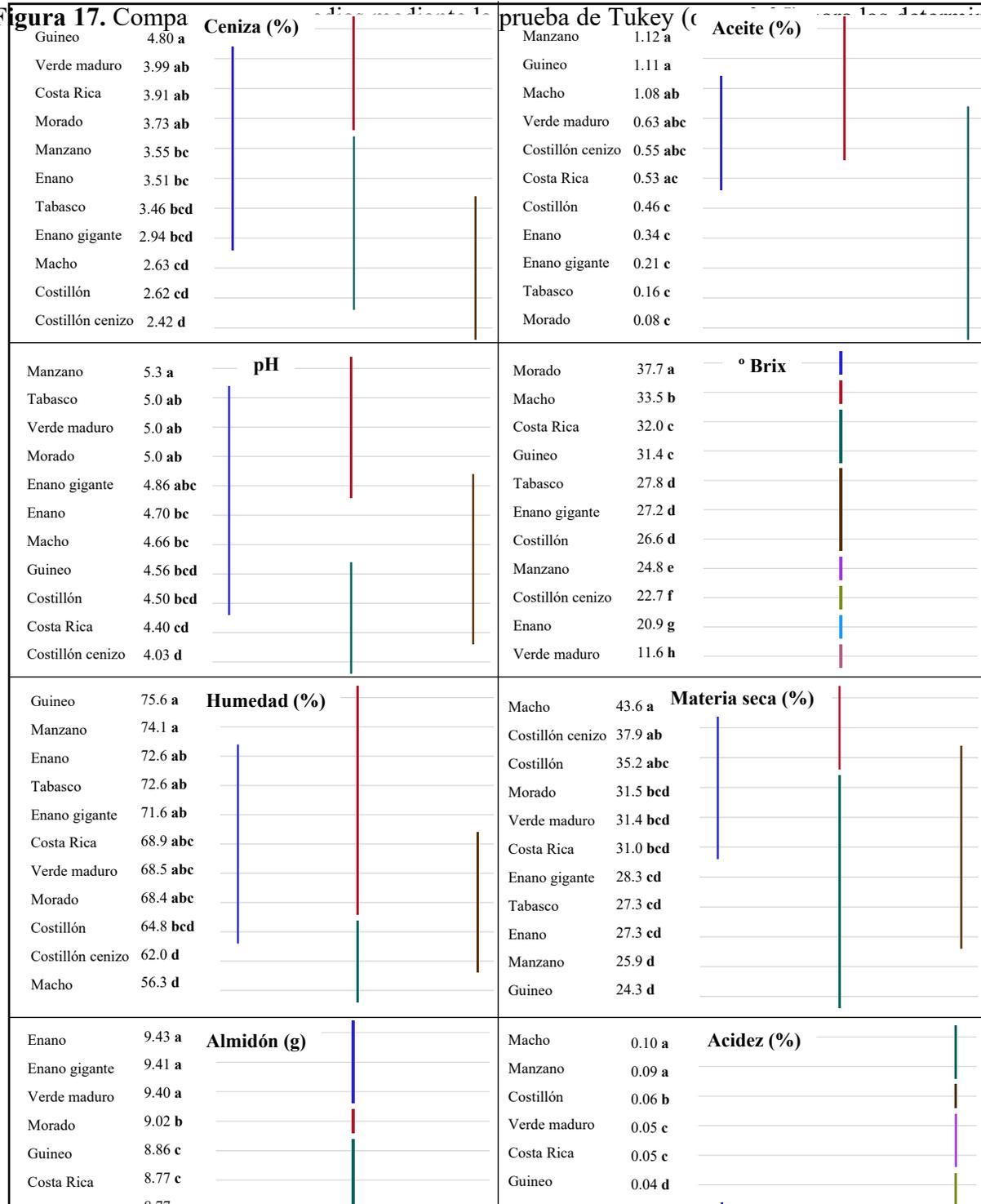
Los niveles de pH se agruparon en cuatro grandes grupos, la variedad Costillón cenizo presentó el menor valor con 4.0 en cambio el pH de 5.3 considerado el más alto se obtuvo en la variedad Manzano.

Los ° Brix se agruparon en 8 grupos con valores de entre 11.6 y 37.7 ° Brix para las variedades Verde maduro y Morado, respectivamente. La variedad Macho se apartó completamente del resto para las variables contenido de Materia seca y acidez. El promedio la mayor parte de las

variedades tienen entre 29 y 31 % de materia seca. Para el contenido de acidez los valores fluctúan entre el 0.03 % para la variedad Tabasco y 0.10 % para la variedad Macho.

Para la variable contenido de almidón se formaron seis grupos, la variedad Manzano se separó del resto y presenta el menor contenido con 7.93 g. Las variedades Enano, Enano gigante y Verde maduro presentaron un contenido de 9.4 g.

Figura 17. Comparación de las determinaciones proximales evaluadas en 11 variedades



de *Musa* spp.

4.2.8. Relación entre características proximales evaluadas

Con el fin de definir las posibles asociaciones entre las determinaciones proximales evaluadas en las variedades de plátano analizadas, se realizó un análisis de correlación múltiple de Pearson para 11 variedades. En el Cuadro 12, se muestra la matriz completa de correlación.

Cuadro 12. Matriz de correlación para las determinaciones proximales en fruto de 11 variedades de *Musa* spp.

	ceniza	aceite	pH	Brix	humedad	materia seca	almidón	acidez
ceniza	1							
aceite	0.14940 0.4067	1						
pH	0.28563 0.1071	-0.04248 0.8144	1					
Brix	0.02887 0.8733	-0.03315 0.8547	-0.06363 0.7250	1				
humedad	0.60782 0.0002	-0.15489 0.3894	0.40782 0.0185	-0.10893 0.5462	1			
materia seca	-0.60850 0.0002	0.15505 0.3889	-0.40815 0.0184	0.11016 0.5417	-0.99999 <.0001	1		
almidón	0.32971 0.0610	-0.43814 0.0108	0.12052 0.5041	-0.22991 0.1980	0.27001 0.1286	-0.27151 0.1264	1	
Acidez	-0.13520 0.4532	0.66671 <.0001	0.22748 0.2030	0.07525 0.6772	-0.35402 0.0433	0.35419 0.0431	-0.56229 0.0007	1

La matriz de correlación indica cuatro correlaciones con un valor superior de $r = 0.60$. La variable ceniza presentó dos correlaciones, una positiva con la variable humedad ($r = 0.607$), esto debido a la distribución del agua en la muestra analizada, si la muestra es expuesta al ambiente

puede absorber humedad y por lo tanto aumentar el peso en contenido de ceniza, y otra negativa $r = -0.608$ con el contenido de materia seca, esta última es directamente proporcional, ya que la humedad, es la cantidad presente de agua en un alimento y la materia seca es la parte que resta de un material al extraer toda el agua posible (López *et al.*, 2009), indicando que a mayor contenido de humedad menor es el contenido en materia seca y viceversa.

El contenido de aceite mostró una correlación positiva $r = 0.666$ con el porcentaje de acidez. En algunos frutos la correlación entre la acidez y el contenido de aceite, es un indicativo directamente proporcional al grado de madurez, como en el caso de la aceituna, donde los ácidos grasos se separan de los triglicéridos, conforme madura el fruto (Baudi, 2005). Además, los ácidos grasos contribuyen por su propia naturaleza química al porcentaje de acidez. La correlación más alta $r = -0.99$ se obtuvo entre la humedad y la materia seca, lo cual podría indicar que, a menor porcentaje de humedad mayor contenido de materia seca.

4.2.9. Similitud proximal entre las variedades evaluadas

Los resultados del análisis de conglomerados se muestran en la (Figura 18), se detectaron tres grupos con similitudes en el análisis proximal. El grupo I, está conformado por los subgrupos IA e IB. El subgrupo IA lo conforman las variedades Guineo, Tabasco, Enano gigante, Manzano, Enano, Morado y Costa Rica, las cuales presentan similitud en el contenido de pH, en promedio 4.8 y; ceniza, en promedio 3.6 %. El subgrupo IB, lo conforman las variedades Morado y Costa Rica, presentaron similitud en el porcentaje de humedad y materia seca con valores del 68 % y 31 % respectivamente. El Grupo II, está formado por la variedad Verde maduro con el 0.05 % de acidez, sólidos solubles totales con 11.6 % de ° Brix. El Grupo III, consta de los subgrupos IIIA, la variedad macho presenta distinto contenido de sólidos solubles totales, en promedio

33.5 ° Brix y el subgrupo IIIB que incluye a las variedades Costillón y Costillón cenizo, estas variedades en promedio tienen el 2 % de ceniza, 63 % de humedad, 36 % de materia seca y 8.2 g de almidón por cada 100 g de pulpa fresca.

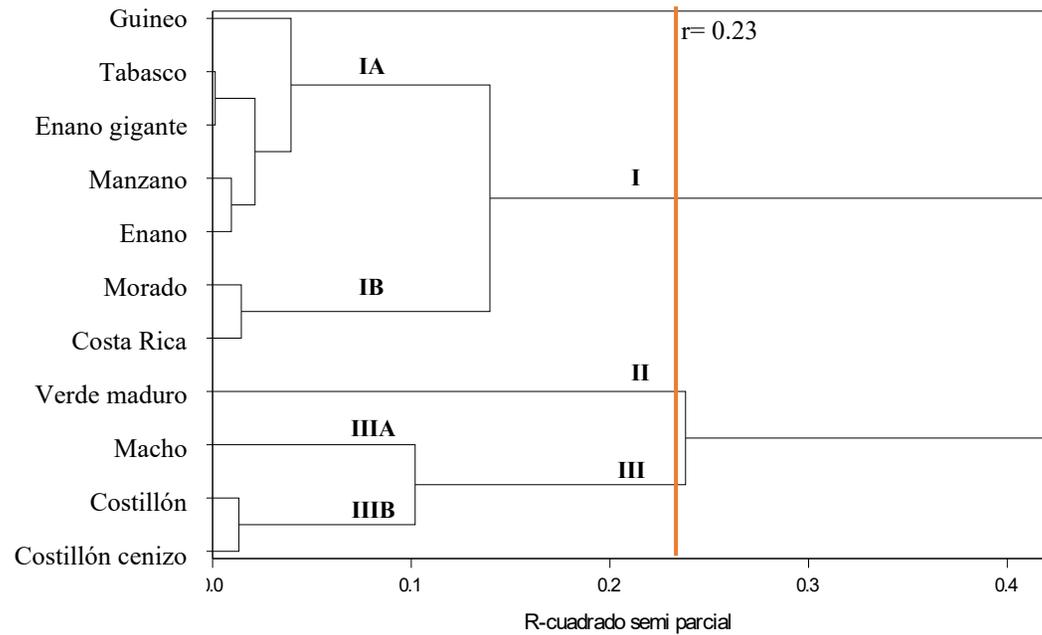


Figura 18. Dendrograma de similitud de 11 variedades de *Musa* spp., con base en la evaluación de ocho variables proximales.

4.3. Evaluación nutrimental de las variedades de *Musa* spp., cultivadas en Ziracuaretiro, Michoacán, México

Los alimentos que contienen una gran cantidad de nutrientes con relación a su aporte de energía se denominan alimentos ricos en nutrientes, ya que ayudan a cubrir las necesidades nutricionales (FAO, 2004); las Musáceas comestibles (plátanos y bananos) son frutales con un alto contenido nutrimental. Tanto los plátanos como las bananas están incluidos en la canasta básica de muchos países en el mundo por ser fuentes de carbohidratos, vitaminas, elementos minerales, fibras y bajos en sodio ($1 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) (Rivera *et al.*, 2018). Su importancia incluye el uso como alimento funcional, con probióticos, nutraceuticos y en el procesamiento de productos con valor agregado (Anyasi *et al.*, 2013).

4.3.1. Análisis de macroelementos en *Musa* spp.

Los resultados sobre el contenido de macroelementos para las 11 variedades de *Musa* spp. Se presentan en los Cuadros 13 y 14. De forma general, es posible observar que el elemento encontrado en mayor proporción fue el potasio seguido de manera descendente por los elementos N > Mg > P > S > Ca > B > Fe > Mn > Na > Zn > Cu. A continuación, se presentarán y discutirán los resultados obtenidos para cada mineral analizado.

4.3.1.1. Contenido de potasio (K)

En relación al potasio, el plátano es una de las principales fuentes de este elemento en la dieta humana, aunque hay alimentos con mayor contenido de K, el plátano es considerado como un alimento con potencial para reducir de manera significativa el ‘hambre oculta’, padecimiento

que afecta a más de la mitad de la población mundial, ya que es aceptado por hombres, mujeres y niños, además de estar disponible todo el año a bajo costo (Pillay y Fungo, 2016; FAOUN, 2015). Diversos autores reportan al potasio como el macroelemento principal del plátano y banano (Leterme *et al.*, 2006; Christelova *et al.*, 2017). El contenido promedio de K para las variedades cultivadas en la región de Ziracuaretiro, oscilaron entre 10300 mg kg⁻¹ para la variedad Costillón y 16600 mg kg⁻¹ para la variedad Enano gigante, tanto Enano como Enano gigante presentaron los valores más altos (16500 mg kg⁻¹, 16600 mg kg⁻¹ respectivamente). Comparativamente, el contenido de K en las variedades Enano y Enano gigante fue mayor que el obtenido en las variedades comerciales Macho y Tabasco, estas últimas son las más consumidas en México. Diversas investigaciones reportan en plátano un amplio margen de valores de K, desde los 2800 mg kg⁻¹ hasta los 16800 mg kg⁻¹ (Ramajayam *et al.*, 2021; Arvanitoyannis y Mavromatis, 2009; Forster *et al.*, 2002; Khawas *et al.*, 20014, Oblageli *et al.*, 2016) Otros alimentos ricos en K son: la guanábana llega a alcanzar hasta los 423 mg 100g⁻¹, Aguacate con 391 mg 100g⁻¹, Mango con 315 mg 100g⁻¹, Guayaba con 322 mg 100g⁻¹ (Leterme *et al.*, 2006). De acuerdo con USDA (2005), un plátano mediano aporta 422 mg y 105 calorías; la ingesta diaria recomendada para este elemento es de 4700 mg día⁻¹.

Cuadro 13. Contenido de macroelementos para 11 variedades de *Musa* spp., nueve procedentes de Ziracuaretiro, Michoacán y dos variedades comerciales.

Contenido por elemento en mg kg ⁻¹ en peso seco						
Variedad	K	N	Mg	P	S	Ca
Macho	10800	5000	900	800	400	100
Tabasco	14200	6900	1200	600	200	300
Costa Rica	15700	5600	1300	700	400	100
Morado	15400	7300	1500	600	500	500

Costillón	10300	4700	700	1000	200	200
Guineo	13300	5300	1200	1500	800	200
Verde maduro	16400	7000	1100	800	500	100
Costillón cenizo	10800	5600	900	800	400	100
Enano gigante	16600	9700	1400	400	500	200
Enano	16500	9300	1400	600	100	200
Manzano	11000	4800	1400	1100	200	200

4.3.1.2. Contenido de Nitrógeno (N)

El nitrógeno es un nutriente vital para los organismos ya que es componente principal de los aminoácidos, por lo cual está directamente relacionado con la formación de proteínas; además, diversos compuestos nitrogenados están involucrados en hormonas, neurotransmisores, inmunocompetencia y funciones defensivas peroxidativas. Altos contenidos de N en Musáceas sugieren que las frutas sean útiles en tratamientos neurológicos y mecanismos antioxidantes del cuerpo (Wall, 2006).

El contenido de N analizado en las 11 variedades de plátano (Cuadro 13) fue el segundo elemento con mayor concentración mostrando un intervalo de variación desde los 4700 mg kg⁻¹ para la variedad Costillón, hasta los 9700 mg kg⁻¹ para la variedad Enano gigante, es decir, poco

más del doble entre la concentración más baja y el alta registrada. Al igual que el contenido de K las variedades Enano gigante y Enano presentaron la mayor concentración (9400 mg kg^{-1}), superando a las variedades comerciales (8400 mg kg^{-1}). En este sentido, Oluwatomide y Jide (2019), reportaron valores de $273.88 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ en banano y $196.04 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ para plátano. Los materiales Costillón y Manzano presentaron valores inferiores (4700 mg kg^{-1}) a las variedades comerciales.

4.3.1.3. Contenido de Magnesio (Mg), Fósforo (P) y Calcio (Ca)

El magnesio regula la función de los músculos y el sistema nervioso central, presión sanguínea y azúcar en la sangre; así mismo participa en la formación de proteínas, tejido óseo y DNA.

Las concentraciones de Mg encontradas en las variedades de plátano analizadas mostraron los menores valores para Costillón (700 mg kg^{-1}), y mayor contenido para la variedad Morado (1500 mg kg^{-1}). La variedad Costillón fue la única con valor superior a las variedades Macho (900 mg kg^{-1}) y Tabasco (1200 mg kg^{-1}). A diferencia de lo reportado en otras investigaciones, estos resultados fueron más homogéneos entre los materiales analizados (Oluwatomide y Jide, 2019).

En referencia al fósforo, mejora la absorción del calcio y fortalece los huesos y los dientes. Los requerimientos diarios recomendados son de 200 a 1000 mg diariamente. En las variedades objeto del presente estudio, el contenido de P se encontró en un intervalo de valores entre 600 y 1000 mg kg^{-1} en el 70 % de las variedades, sin embargo, se observaron concentraciones bajas de 400 mg kg^{-1} y altas de 1500 mg k^{-1} (variedad Enano gigante y Guineo, respectivamente). De igual manera, la variedad Tabasco (400 mg kg^{-1}) presentó de los contenidos más bajos. Estos

valores contrastan con estudios publicados para este mineral, donde se reportan contenidos de P de 0.6 hasta 2519 veces más respecto a una media general de 3.03 mg kg⁻¹ (Ramajayam *et al.*, 2021; Oluwatomide y Jide, 2019).

Con respecto al calcio es importante enfatizar que este elemento participa en el crecimiento y óptimo desarrollo de los huesos, sistema muscular y el funcionamiento correcto del sistema nervioso. La ingesta diaria recomendada en adultos es de 1000 mg (Narayana *et al.*, 2017). De acuerdo con los resultados observados en el Cuadro 13, el contenido de Ca en las variedades de Musáceas analizadas fue desde 100 mg kg⁻¹ hasta los 500 mg kg⁻¹, con valores similares a las variedades comerciales (Macho y Tabasco), estos resultados coinciden parcialmente con lo reportado por Ramajayam (2021) donde, de las 100 variedades evaluadas, 30 presentaron un contenido promedio de 320 mg kg⁻¹. Por otra parte, Oluwatomide y Jide (2019), mencionan además que el Ca es un elemento con mayor concentración en la cáscara del banano con un promedio de 40.92 mg 100g⁻¹.

4.3.2. Análisis de microelementos

Los resultados de la concentración de los microelementos presentes en las variedades de plátano analizadas se observan en el Cuadro 14. Cada uno de los microelementos tiene una función particular en términos nutricionales por lo que el plátano y banano son considerados como frutos importantes.

Cuadro 14. Contenido de microelementos para 11 variedades de *Musa* spp., nueve procedentes de Ziracuaretiro, Michoacán y dos variedades comerciales.

Contenido por elemento en mg kg ⁻¹ en peso seco						
Variedad	B	Fe	Mn	Na	Zn	Cu
Macho	27.72	19.63	8.21	9.22	7.94	4.84
Tabasco	25.60	19.28	11.04	9.88	8.20	4.96
Costa Rica	33.08	18.08	14.61	11.24	10.30	4.75
Morado	22.43	17.48	12.86	9.29	7.46	3.63
Costillón	21.38	20.09	10.29	7.08	7.47	3.81
Guineo	40.69	19.24	10.19	10.09	8.66	3.90
Verde maduro	24.54	16.74	8.37	8.50	7.25	4.79
Costillón cenizo	27.72	19.63	8.21	9.22	7.94	4.84
Enano gigante	37.41	22.07	9.86	12.24	6.79	5.32
Enano	16.18	22.96	9.76	11.54	6.61	5.17
Manzano	24.54	18.51	20.08	10.13	7.65	24.54

4.3.2.1. Contenido de Boro (B) y Hierro (Fe)

Con base en los resultados obtenidos (Cuadro 14) el boro fue el elemento que registró la mayor concentración de todos los microelementos analizados. Se encontraron concentraciones de 16.18 mg kg⁻¹ a 40.69 mg kg⁻¹ (Enano y Guineo, respectivamente). En este estudio, se encontraron variedades con mayor contenido de B (Enano gigante, Guineo, Costa Rica) en comparación con las variedades comerciales Macho y Tabasco. En la literatura el valor promedio de B reportado para plátano es de 30.45 mg kg⁻¹ obtenido por diversos autores (Cano *et al.*, 1997; Christelová *et al.*, 2017; Foster *et al.*, 2002; Frossard *et al.*, 2000). El B es un elemento que puede metabolizar elementos como calcio, cobre, magnesio y fósforo, no obstante, su importancia como nutriente, aún existen controversias entre los investigadores sobre sus efectos y se propone su participación en la prevención de la osteoporosis (Vielma *et al.*, 2017).

El cuerpo necesita hierro para sintetizar proteínas transportadoras de oxígeno, particularmente la hemoglobina y mioglobina (Lieu, 2001). Con base en los resultados observados en el Cuadro 14, el Fe fue el segundo microelemento con mayor concentración encontrado en los materiales evaluados en Ziracuaretiro. El contenido fluctuó de 16.74 mg kg⁻¹ para la variedad Verde maduro hasta 22.96 mg kg⁻¹ para la variedad Enano, siendo esta última la más alta. Las concentraciones de Fe encontradas en las variedades de plátano fueron similares a las obtenidas en las variedades comerciales Macho y Tabasco; sin embargo, son concentraciones inferiores a las reportadas por otros autores (22 mg kg⁻¹) (Deshmukh *et al.*, 2009; Kumar *et al.*, 2011; Adamu *et al.*, 2017; Borges *et al.*, 2020). En este sentido, Ramajayam *et al.*, (2021) al evaluar 100 cultivares de plátano y banano procedentes de la India reportaron que las variaciones entre los materiales pueden deberse al manejo agrícola, tipo de suelo y agua, así como la metodología para el análisis.

4.3.2.2. Contenido de Manganeseo (Mn), Sodio (Na), Zinc (Zn) y Cobre (Cu)

La concentración de manganeso fluctuó entre 8.21 mg kg⁻¹ para la variedad Macho hasta 20.08 mg kg⁻¹ para la variedad Manzano. Los valores obtenidos están dentro de lo reportado por la literatura (Forster *et al.*, 2002; Arvanitoyannis y Mavromatis, 2009; Adamu *et al.*, 2017 y Ramajayam *et al.*, 2021). En comparación con la pulpa, las cáscaras de banano y plátano contienen un mayor contenido de este elemento, en promedio 0.52 mg 100g⁻¹ y 0.20 mg 100g⁻¹, respectivamente (Oluwatomide y Jide, 2019). El Mn forma parte de los micronutrientes con función de catalizador enzimático y cofactor en la síntesis de ácidos grasos y glicoproteínas (McDonald *et al.*, 1995), además ayuda en el crecimiento y desarrollo del esqueleto; en la estructura y formación de protombina. La ingesta diaria recomendada es de 2.30 mg (Russell, 2000).

El sodio es un electrolito importante que ayuda al mantenimiento del equilibrio hídrico intracelular y extracelular. En las variedades analizadas de Musáceas procedentes de Ziracuaretiro (Cuadro 14) se encontró que el Na está presente desde concentraciones de 7.08 mg kg⁻¹ en la variedad Costillón hasta 12.24 mg kg⁻¹ en la variedad Enano gigante, el resto de las variedades posee concentraciones de Na en este rango. La cantidad de Na encontradas en las variedades analizadas, incluso la de mayor concentración (Enano gigante) es menor que las reportadas por otros autores (30.60 mg kg⁻¹) para variedades de consumo en fresco (Arvanitoyannis y Mavromatis 2009; Alkarkhi *et al.*, 2009; Deshmukh *et al.*, 2009). Se sabe que consumir alimentos con proporciones de iones de Na por debajo de (1 g 100 g⁻¹) son útiles para reducir la presión arterial. Con base en los resultados de esta investigación las variedades Morado, Costillón, Guineo, Verde maduro y Costillón cenizo poseen una baja concentración de Na por lo que podrían ser incorporadas en la dieta de personas con problemas de hipertensión arterial (Uma *et al.*, 2020; Upadhyaya *et al.*, 2011).

En elemento zinc en las Musáceas se encontró en concentraciones que van de 6.61 mg kg⁻¹ a 10.30 mg kg⁻¹. La variedad Costa Rica es la de mayor porcentaje de Zn a diferencia de la variedad Enano y en general la mayoría de las variedades en estudio, presentaron valores superiores a 7.0 mg kg⁻¹. Autores como Ramajayam (2021) reportan un contenido promedio de Zn de 2.1 mg kg⁻¹ en 90 accesiones de Musáceas, así mismo estos valores son similares (2.3 mg kg⁻¹) a los reportados en otras investigaciones (FAOSTAT, 2020; Fungo *et al.*, 2010; Gilbert *et al.*, 2009; Haspari y Lestari, 2016; Joe *et al.*, 2014; Khawas *et al.*, 2014). El Zn es un elemento importante para preservar la vida, funciona en el cuerpo para los procesos celulares que involucran desarrollo cerebral, mecanismos conductuales y reparación corporal específicamente en curaciones de heridas (Wall, 2006). Finalmente, el contenido de cobre fue de 3.63 mg kg⁻¹ en la variedad Morado, hasta 5.32 mg kg⁻¹ en la variedad Enano gigante, El Cu es un elemento clave en la regulación de los glóbulos rojos. La ingesta diaria recomendada es de 1.1 mg, una alta ingesta de Cu puede causar en el organismo problemas hepáticos (Wall, 2006). En este estudio no se obtuvieron valores superiores a 10 mg kg⁻¹.

Considerando lo anteriormente expuesto sobre el contenido de nutrientes en las 11 variedades de Musáceas evaluadas, es clara una alta variación entre las concentraciones encontradas en dichos materiales y las reportadas por otros autores, lo que puede radicar que generalmente, el contenido de micronutrientes depende gran parte del suelo, la disponibilidad de Fe y Zn, que a su vez depende de factores como el pH, estado redox, capacidad de intercambio catiónico, contenido de agua, morfología de la raíz de la planta, presencia de hongos micorrízicos (Davey *et al.*, 2007). Esto puede explicar los resultados del contenido de micronutrientes en las variedades cultivadas en la región de Ziracuaretiro, ya que se encuentran en condiciones de traspatio, no tienen un manejo agrícola en el suelo, ni buenas prácticas agrícolas.

4.3.3. Relación entre los macros y microelementos nutrimentales

Para distinguir las posibles correlaciones entre los contenidos nutrimentales se hizo un análisis de correlación múltiple de Pearson para 12 elementos minerales, en el Cuadro 15, se muestra la matriz completa de correlación.

Se determinaron en total cuatro correlaciones positivas y negativas entre las variables evaluadas, con un valor superior a $r= 0.70$. El contenido de nitrógeno está relacionado positivamente con el fósforo ($r= 0.80$) y negativamente con el contenido de potasio ($r= -0.70$). Esta última correlación de elementos. puede desencadenar expansión celular, lo que sugiere que altos niveles de estos elementos favorecen el crecimiento celular y reducen la captación del calcio (Baudi, 2005). El contenido de magnesio presentó una correlación positiva ($r= 0.73$) con el sodio. El sodio ayuda a mantener la presión osmótica y la acidez, mientras que el magnesio es un cofactor de enzimas y es el elemento constitutivo de la clorofila (Alcántar y Trejo, 2013). Por último, el contenido de boro y azufre presentaron una correlación positiva con valor de $r= 0.77$. El azufre es constituyente de las proteínas participa como armazón proteico mientras que el boro es un elemento formativo de las estructuras vegetales, por lo tanto, ambos elementos cumplen con funciones estructurales en las plantas (Alcántar y Trejo, 2013).

Cuadro 15. Matriz de correlación para el contenido nutrimental en fruto de variedades de *Musa* spp.

	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Na
N	1											
P	-0.70144	1										
	0.0162											
K	0.80715	-0.53152	1									

	0.0027	0.0924										
Ca	0.27073	-0.19621	0.21958									
	0.4207	0.5631	0.5165	1								
Mg	0.57483	-0.2954	0.67892	0.49483								
	0.0643	0.3778	0.0216	0.1218	1							
S	-0.0734	0.36953	0.16662	0.0000	0.07129							
	0.8302	0.2634	0.6244	1.0000	0.835	1						
Fe	0.52045	-0.26803	0.07062	-0.10863	0.0316	-0.34288						
	0.1007	0.4255	0.8365	0.7505	0.9265	0.302	1					
Mn	-0.26876	0.18354	-0.10031	0.24444	0.50769	-0.25301	-0.28666					
	0.4242	0.5891	0.7692	0.4688	0.1109	0.4529	0.3928	1				
Zn	-0.55103	0.28527	-0.10643	-0.23903	-0.06874	0.26695	-0.45108	0.2744				
	0.0789	0.3952	0.7554	0.479	0.8408	0.4275	0.1638	0.4142	1			
Cu	0.56342	-0.61808	0.39752	-0.48501	0.06695	-0.23631	0.48431	-0.39004	-0.14119			
	0.0711	0.0427	0.226	0.1305	0.8449	0.4842	0.1311	0.2357	0.6788	1		
B	-0.09274	0.28948	0.06978	-0.23738	0.07419	0.77175	-0.05258	-0.05126	0.46878	0.05648		
	0.7862	0.3879	0.8385	0.4822	0.8284	0.0054	0.878	0.881	0.1458	0.869	1	
Na	0.61835	-0.37089	0.58747	-0.02494	0.73451	0.04496	0.4759	0.20428	0.06085	0.5569	0.36413	
	0.0426	0.2615	0.0574	0.942	0.01	0.8956	0.139	0.5468	0.8589	0.0751	0.2709	1

4.3.4. Similitud entre variedades de *Musa* spp, con base en el contenido nutrimental

De acuerdo con el análisis de conglomerados, se identificaron tres grupos principales que comparten similitud en el contenido nutrimental (Figura 19). El Grupo I está conformado por los materiales que presentaron mayor contenido promedio de microelementos como hierro (1.94 mg g⁻¹), zinc (0.7 mg g⁻¹) y cobre (0.43 mg g⁻¹): así mismo incluye las variedades Costillón, Manzano, Macho y Costillón cenizo; las cuales presentan similitud en el contenido promedio de los siguientes macroelementos, magnesio (95 mg g⁻¹), calcio (15 mg g⁻¹), nitrógeno (502 mg

g^{-1}) y potasio (92 mg g^{-1}). El potasio en las plantas es activador y/o cofactor de más de 50 enzimas del metabolismo de carbohidratos y proteínas, participa en la regulación osmótica. El grupo II lo conforman las variedades Enano y Enano gigante. Se caracteriza por presentar el mayor contenido de potasio (1650 mg g^{-1}), nitrógeno (970 mg g^{-1}), hierro (2.25 mg g^{-1}), sodio (1.24 mg g^{-1}) y cobre (0.52 mg g^{-1}). En contraste tienen valores bajos en fósforo, con un promedio de (50 mg g^{-1}). El grupo III está dividido en dos subgrupos, el subgrupo IIIA lo conforma la variedad Guineo, esta variedad presenta el mayor contenido de azufre con un promedio de (80 mg g^{-1}), zinc (0.086 mg g^{-1}) y boro (4.06 mg g^{-1}). Alcántar y Trejo (2013), reportan que el azufre es considerado un almacén proteico, participa en reacciones de intercambio de energía y, en altas concentraciones hay un incremento el contenido de la fracción orgánica. El zinc es indispensable en la síntesis de proteínas debido a que regula la transferencia de fotosintatos del cloroplasto al citoplasma (Marschener, 2002). El boro es considerado como un elemento formativo de las estructuras vegetales, la disminución desfavorece el desarrollo de la planta (Longvah, 2017).

Finalmente, el subgrupo IIIB con las variedades Tabasco, Costa Rica, Verde maduro, y Morado. A excepción del Tabasco, el resto de las variedades presentaron el mayor contenido de magnesio 130 mg g^{-1} , en promedio, este elemento es constitutivo de la clorofila (Wall, 2006).

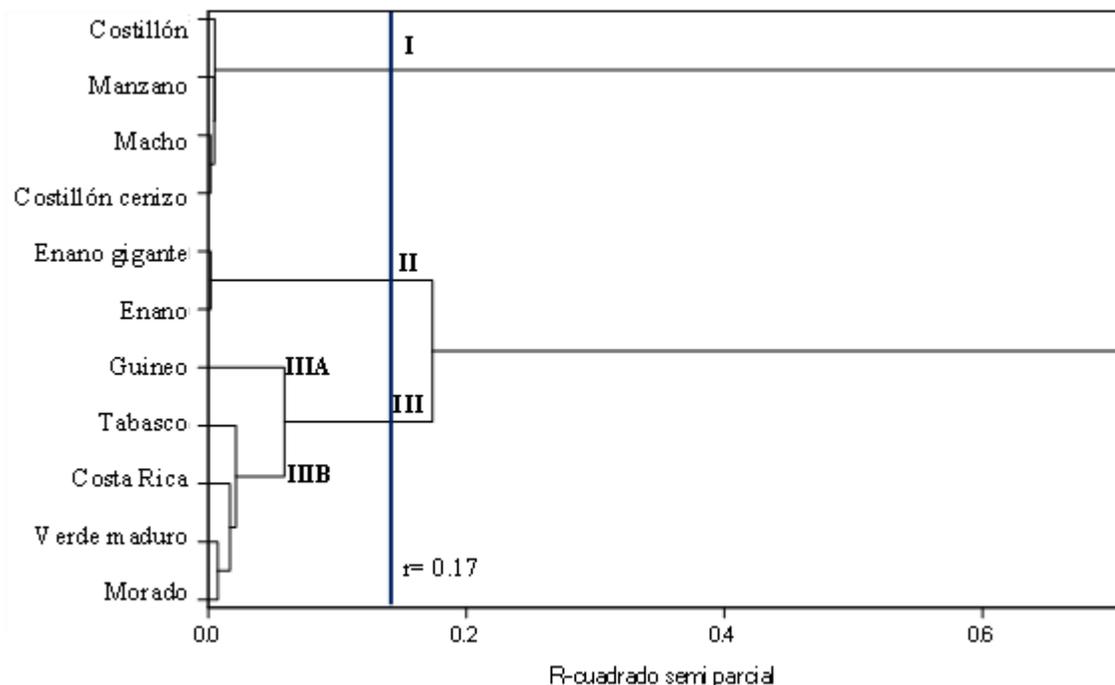


Figura 19. Dendrograma de similitud de 11 variedades de *Musa* spp., con base en la evaluación nutrimental.

4.4. Análisis global de similitud morfológica, proximal y nutrimental en variedades de *Musa* spp.

Los resultados del análisis de conglomerados se muestran en la Figura 20, fueron determinados dos grupos con similitudes con base en las variables morfológicas, proximales y nutrimentales. El Grupo I está subdividido en dos, el subgrupo IA, está conformado por las variedades Morado Verde maduro, Guineo, Costa Rica y Tabasco. Las primeras tres variedades se agruparon en la evaluación morfológica, presentan

frutos rectos, sin grietas, los pedicelos de sus frutos no están fusionados y no presentan vestigios florales en el ápice del fruto. Comparten similitud en el contenido de potasio con un contenido promedio de (15,000 mg kg⁻¹), magnesio (1,500 mg kg⁻¹), azufre (500 mg kg⁻¹). En cuanto a la evaluación proximal las variedades Morado, Verde maduro y Guineo no se agruparon, estos materiales presentan una composición proximal distinta. El subgrupo IB, lo conforman las variedades Enano y Enano gigante y de acuerdo a los resultados, se determinó que estos materiales comparten una similitud notable en características morfológicas como: porte bajo, pseudotallo robusto y de aspecto ceroso, racimos con más de cien frutos en promedio; además, es común encontrarlos a bordo de ríos. Por lo tanto, es posible que alberguen en su genoma características de la especie silvestre *Musa acuminata*, lo que les ha permitido crecer en condiciones adversas (Simmonds, 1962).

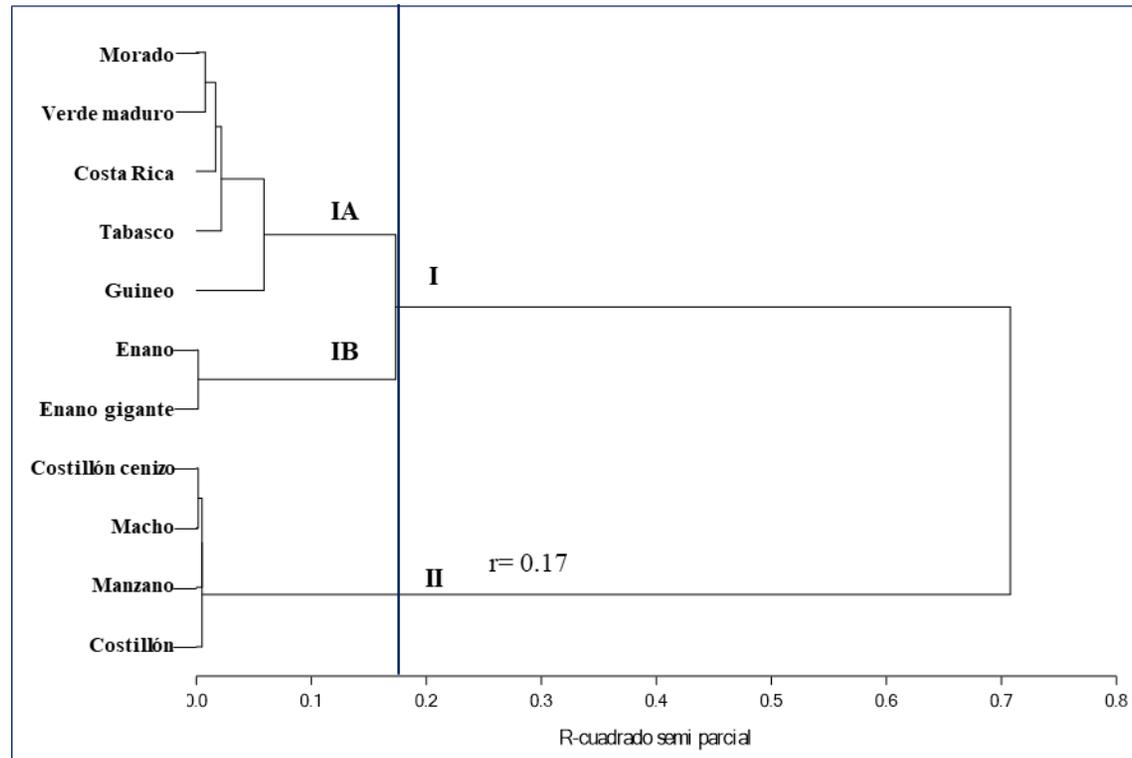


Figura 20. Dendrograma de similitud de 11 variedades de *Musa* spp., con base en la similitud morfológica, evaluación proximal y nutrimental.

Respecto a características proximales, por su bajo contenido de aceite (0.44 %) en contraste con alimentos ricos en aceite (aguacate, uva, semillas), su consumo es recomendado en pacientes con hiperlipidemia o problemas cardiacos al ser fuente de otros compuestos y presentar bajo contenido de aceite. Dentro del material evaluado presentaron menor contenido de azúcar (24.0 ° Brix) y un pH ácido (5.0). El contenido de humedad es una característica proximal reportada para diferenciar plátanos de bananos (Sharrock y Lusty 2000), ambos materiales tienen

alrededor de un 70 %, por lo anterior podría tratarse de bananos; sin embargo, para tener diferencias concretas se recomienda el uso de técnicas citogenéticas y moleculares. Además, estas variedades presentaron el mayor contenido de almidón (9.7 g/100 g), este parámetro influye directamente en las propiedades sensoriales de las Musáceas; la interacción del almidón con el contenido de pH (5.0), reduce la temperatura de gelatinización, acelera el proceso de cocción y aumenta la viscosidad, características deseadas en la industria alimentaria para la elaboración de purés (Badui, 2005). Por lo anterior las variedades Enano y Enano gigante podrían ser consideradas como promisoras en la industria alimentaria. Aunado a todo lo anterior, en la evaluación nutrimental obtuvieron las mayores concentraciones de potasio (16,600 mg kg⁻¹) y nitrógeno (9,700 mg kg⁻¹) superando al resto de los materiales bajo estudio, esto incluye a las variedades comerciales Macho y Tabasco. De acuerdo con lo anterior, estos materiales podrían cobrar relevancia como variedades con potencial nutrimental en elementos de interés en plátano y banano. En el Grupo II están agrupadas las variedades Costillón cenizo, Macho, Manzano y Costillón. En el caso de las variedades Costillón y Costillón cenizo, donde se agruparon en la evaluación morfológica. Estas variedades comparten características peculiares en el fruto que las distinguen del resto del material evaluado, como son las cáscaras más gruesas y agrietadas, racimos de cinco manos y 60 frutos en promedio, el ápice del fruto es puntiagudo y presentan bordes pronunciados en la cáscara. Respecto a la evaluación proximal, las variedades presentaron el menor contenido de ceniza (2.42 %) por lo tanto representa menor valor nutricional entre los materiales bajo estudio. En cuanto a la materia seca, presentaron los valores mayores con (36 %) solo por debajo de la variedad comercial Macho, en comparación con el contenido promedio de materia seca (25%), estas variedades son consumidas fritas, por lo que entran en la clasificación de variedades de cocción (Castellanos, 2011) ya que representa una menor cantidad de agua lo que favorece el volumen de aceite que absorbe el producto (Hoyos *et al.*, 2012). Las variedades Macho y Manzano presentaron el mayor porcentaje de acidez con valores de 0.9 y 1.0 %, respectivamente, este parámetro

es de calidad y es empleado en la selección de materiales para la industria de los licores (Vázquez *et al.*, 2019). Aunque la variedad Manzano presentó el mayor contenido de aceite (1.12 %), este parámetro en el caso de las Musáceas no influye en la textura de la pulpa (Rosales, 2012). De igual manera la variedad Manzano presentó el menor contenido de almidón con un valor de 7.93 g. Sin embargo, resultados generados por diversos autores (Wong *et al.*, 2001a; 2001b; 2002; 2003) indican que, para determinar relaciones intraespecíficas entre banano y plátano, no solo son útiles los estudios morfológicos, proximales y/o nutrimentales recomiendan el uso de técnicas citogenéticas y moleculares para determinar diferencias. Las variedades Costillón y Costillón cenizo presentan el mayor porcentaje de cáscara en el fruto, su apariencia agrietada no es una característica atractiva para el consumidor; sin embargo, por las fibras presentes en la cáscara pueden ser destinadas a la industria textil. Por otro lado, los materiales Manzano, Morado, Costa Rica y Verde Maduro podrían incorporarse en la elaboración de licores por sus niveles de acidez, y también en la industria alimentaria en la elaboración de productos a base de plátano. Así, las variedades Enano, Enano gigante comparten características en el fruto similares como la forma del fruto, color con la variedad comercial Tabasco, además estas variedades se caracterizan por ser de porte bajo y con grandes racimos. El contenido nutrimental de potasio de estas variedades supera a las variedades comerciales Macho y Tabasco por lo cual podrían ser variedades prometedoras para su explotación comercial. Los materiales cultivados en la región de Ziracuaretiro, Michoacán, presentan características particulares, que se podrían aplicar comercialmente en la industria textil, otras variedades en la industria alimentaria y variedades como Enano y enano gigante podrían ser prometedoras para su explotación comercial.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo con la hipótesis, objetivos y procedimientos experimentales utilizados en este proyecto de investigación, se concluye lo siguiente:

Las variedades cultivadas de *Musa* spp., en la región de Ziracuaretiro, Michoacán presentan atributos particulares y contrastantes para conservarlas como un recurso fitogenético de importancia alimentaria.

Las variedades estudiadas presentaron diferencias significativas en los análisis proximales y en el contenido nutrimental entre ellas y, en relación con la variedad comercial Tabasco.

Las variedades Guineo, Enano gigante, Manzano, Enano, Morado y Costa Rica presentaron la mayor similitud en caracteres proximales en relación con la variedad comercial Tabasco.

Las variedades Enano, Verde maduro y Enano gigante presentaron el mayor contenido de almidón, característica importante para la industria.

Las variedades Costa Rica, Verde maduro y Morado presentaron una mayor similitud en el contenido nutrimental en relación con la variedad Tabasco.

Las variedades Enano gigante y Enano sobresalieron en contenido en el mayor número de elementos minerales incluyendo el potasio.

VI. LITERATURA CITADA

- Adamu, A. S.,** Ojo I. O., y Oyetunde, J. G. 2017. Evaluation of nutritional values in ripe, unripe, boiled and roasted plantain (*Musa paradisiaca* L) pulp and peel. *European Journal of Basic and Applied Sciences*, 4(1): 9-12 pp.
- Afanador, A. M.,** 2005. El banano verde de rechazo en la producción de alcohol carburante. *Rev Esc Ing Antioq*, Vol. 3(1):51-68 pp.
- Agama, A. E.,** Ottenhof A. M., Farhat I. A., Paredes L. O., Ortíz C. J., y Bello P. L. A. 2005. Aislamiento y caracterización del almidón de maíces pigmentados. *Agrociencia*. Vol.39: 419-429 pp.
- Aguirre, L.** y Quintero C. V. D. 2016. Evaluación de las propiedades térmicas y composicionales de almidones extraídos de 26 variedades de Musáceas. *Vitae* 23 (Supl. 1) S551-S556 pp.
- Alcántar, G. G.,** Trejo T. L. 2013. *Nutrición de cultivos*. 1 ed. Bba editorial. ISBN 978-607-715-183-8. 454 p.
- Alkarkhi, A. F. M.,** Ramli S. B., y Easa A. M. 2009. Application of multivariate statistical techniques for differentiation of ripe banana flour based on the composition of elements. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. Vol.60 (Supl. 4) 116–125 pp. doi/10.1080/09637480802609368.
- Anyasi, T.,** Jideani A. y Mchau G. 2013. Functional properties and postharvest utilization of comercial and noncommercial banana cultivars. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. Vol. 12, 509-522 pp.
- AOAC,** 1990. Solids total (milk). s.l.:s.n. Method 920.151.
- AOAC,** 2000. Official Methods Validation Program "AOAC International Official Methods of Analysis" Vol. 23. s.l.:s.n.
- Arcila, M. I.,** Mejía H., y García H. 2006. Mejoramiento de la producción del cultivo de plátano. Comité Departamental de cafetaleros de Quindío, Corpoica. ICA, CIID (IDRC), Inibap e Inpofos, Produmedios, Bogotá.
- Arvanitoyannis, I. S.** y Mavromatis A. 2009. Bananas cultivars, cultivation practices, and physicochemical properties. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, Vol. 49. 113–135 pp.
- Aurore, G.,** Parfait, B. y Fahrasmane, L., 2009. Bananas, raw materials for making processed food products. *Trends Food Sci. tech.*, Vol. 20. 78-91 pp.
- Badui, D. S.** 2005. *Química de alimentos*. Cuarta edición. Ed. Pearson Educación. México. 736 p. ISBN 970-26-0670-5.
- Barrera, V. J. L.,** Cayón, S. G., Robles, G. J. 2009. Influencia de la exposición de las hojas y el epicarpio de frutos sobre el desarrollo y la calidad del racimo de plátano ‘Harton’ (*Musa* AAB Simmonds). *Agronomía Colombiana*. 27 (1): 73-79 pp.
- Barrera, J. L.,** Segundo A. G. y Cayón D.G. 2010. Caracterización fisicoquímica y fisiológica del proceso de maduración del plátano Hartón (*Musa* ABB Simmonds) en dos sistemas de producción. *Rev. Acta Agronómica*. Vol.59 (1). 20-29 pp.

- Becalcázar, S.**, Valencia J. A., Arcila M. I., y Cayón, G. 1995. Efecto de la defoliación selectiva durante la floración sobre el llenado de los frutos del clon plátano Dominico-Hartón, *Musa* AAB. Simmonds. 104-105 pp.
- Becerra, V.** y Paredes M. 2010. Uso de marcadores bioquímicos y moleculares en estudios de diversidad genética. *Rev. Agricultura Técnica*. Vol. 3(60): 270-278 pp.
- Bello, P. L.**, Agama A., Osorio D., Utrilla C. R., y García S. F. 2011. Banana and in health and disease prevention. Academic Press. Vol. 22. 235-245 pp.
- Binder, H. J.** 2010. Role of colonic short-chain fatty acid transport in diarrea. *Revista anual de fisiología*. Vol. 72: 297-313 pp.
- Biodiversity.** 2003. El caso de la vitamina A. Biodiversity Project; http://www.biodiversityinternational.org/research/nutrition/bananas_and_plantains.htm
- Borges, C. V.**, Maraschin M., Coelho D. S., Leonel M., Gomez H. A. G., Belin M. A. F., Diamante M. S., Amorim E. P., Gianeti T., Castro G. R., y Lima G. P. P. 2020. Nutritional value and antioxidant compounds during the ripening and after domestic cooking of bananas and plantains. *Food Research International*. doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109061.
- Bourges, H.** 1993. Elementos de la nutriología. Química de los alimentos. Badui Pearson Education. México. 521-578 pp.
- Burgos, H. M.**, González D., y Castillo C. G. 2013. Genetic diversity and population genetic structure of wild banana *Musa ornata* (Musáceae) in México. *Plant Systematics and Evolution* 299: 1899-1910 pp.
- Caicedo, A. A.** 2015. Caracterización y evaluación morfológica, física y química de introducciones del banco de germoplasma de musáceas en el Centro de Investigación Corpoica Palmira. Universidad Nacional de Colombia. Tesis de maestría. 185 p.
- Campos, N. A.**, Swennen R., Carpentier S. C. 2018. The plantain proteoma, a focus on allele specific proteins obtained from plantain fruits. *Proteomics* 18. 1700227.
- Cano, M. P.**, de Ancos B., Matallana M. C., Camara M., Reglero G., y Tabera, J. 1997. Differences among Spanish and Latin-American banana cultivars: Morphological, chemical and sensory characteristics. *Food Chemistry*. Vol. 59(3), 411–419 pp. doi. org/10.1016/S0308-8146(96)00285-3.
- Castellanos, G. F.** y L. A. J. 2011. Caracterización física de variedades de plátano cultivadas en la zona cafetalera de Colombia. *Acta Agronómica*. 176-182 pp.
- Cayón, D. G.**, Giraldo G. A., y Arcila, M. I., 2000. Fisiología de la maduración. Poscosecha y agroindustria del plátano en el eje cafetero de Colombia. Corpoica, Comité de Cafeteros, Universidad del Quindío, ASPLAT, Colciencias, Fudesco. 27-37 pp.
- Christelová, P.**, De Langhe E., Hribova E., Cizková J., Sardos J., Husàkov M., Van den houwe I., Sutanto A., Kepler A. K., Swennen R., Roux N., y Dolézel, J. 2017. Molecular and cytological characterization of the global *Musa* germplasm collection provides insights into the treasure of banana diversity. *Biodiversity and Conservation*, 6(4), 801–824 pp. doi.org/10.1007/s10531-016-1273-9.
- Clemente, E.**, 2012. Harina de plátano verde, una rica alternativa para celíacos.. <http://www.directopaladar.com/ingredientes-y-alimentos/harina-de-platano-verde-una-rica-alternativa-para-celiaco>.

- Colima, G. D. E.**, 2005. Paquete tecnológico para el cultivo del plátano. INIFAP, p. 13 p.
- Daramola, B.**, y Osanyinlusi S. A. 2005. Production, characterization and application of banana (*Musa* spp) flour in whole maize. African Journal of Biotechnology 5(10) 992-995 pp.
- Davey, M. W.**, Stals E., Ngoh-Newilah G., Tomekpe K., Lusty C., Markham R., Swennen R., y Keulemans, J. 2007. Sampling strategies and variability in fruit pulp micronutrient contents of West and Central African bananas and plantains (*Musa* sp.). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55(7), 2633–2644 pp. doi.org/10.1021/jf063119l.
- De Jesus, O. N.**, Silva S. O. D., Amnorim E. P., Ferreira C. F., de Campos J. M. S., Silva G. D. G., Figueira A. 2013. Genetic diversity and population structure of *Musa* accessions in *ex situ* conservation. BMC Plant Biol. 13, 41 p.
- De Langhe, E.**, Vrydaghs L., Maret P., Perrier X. y. D. T. 2009. Why Bananas Matter an introduction to the history of banana domestication. Ethnobot Res Appl, 7(1). 165-177 pp.
- Denham, T. P.** Hablerle S. G., Lentfer C., Fullagar R., Field J., Therin M., Porch N., y Winsbrought B. 2003. Origins of agriculture at Kuk swamp in the highlands of New Guinea. Science, 301(5630). 189-193 pp.
- Deshmukh, M. H.**, Pai S. R., Nimbalkar M. S., y Patil R. P. 2009. Biochemical characterization of banana cultivars from Southern India. International Journal of Fruit Science, 9(4), 305–322 pp. doi.org/10.1080/15538360903241336.
- Dortmon, H.**, Rojas A., Boschini C., Mora G. 2011. Evaluación preliminar de la cáscara de banano maduro como material de ensilaje, en combinación con pasto King Grass (*Pennisetum purpureum*). Revista de las Sedes Regionales. (12): 17-31 pp.
- Du Montcel, H. T.** 1988. *M. acuminata* ssp. banksii: Status and diversity. In: R. E. Jarret (ed.), Identification of genetic diversity in the genus *Musa*. 1990. INIBAP, Montpellier, France. 211–218 pp.
- Erdman, J. W.** 1979. “Oilseed phytates”: nutritional implications. J. Am. Oil Chem. Soc. 56:736 p.
- Espinoza, S. V.** 2008. Estudios estructurales del almidón de fuentes no convencionales Mango (*Mangifera indica* L.) Plátano (*Musa paradisiaca* L.). Yautepec: Instituto Politécnico.
- Espinoza, S. V.** 2012. Propiedades de digestión de almidones nativos y modificados de plátano y mango. Tesis doctoral Centro de desarrollo de productos bióticos IPN. 137p.
- Espinosa, M J,** Centurion H D., Mayo M. A., García C C., Martínez M A., García A P y Lagunes G. L. M. 2018. Calidad de harina en tres cultivares de banano (*Musa* spp.) resistentes a la enfermedad sigatoka negra en Tabasco. Agrociencia 52 (1) :217-229 pp.

- FAO.** 2004. Human energy requirements. Report of a Joint FAO/WHO/ UNU Expert Consultation. FAO Food and Nutrition Technical Paper Series- N°1. Rome http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/007/y5686e/y5686e00.htm
- FAO.** 2018. Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura. Disponible en <http://extwprlegs1.fao.org/treaty/docs/tre000005S.pdf>
- FAO.** 2021. Comisión de recursos genéticos para la alimentación y la agricultura. Recursos fitogenéticos. <https://www.fao.org/cgrfa/topics/plants/es/>
- FAOSTAT.** 2020. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/TP>.
- FAOUN.** 2015. The State of Food Insecurity in the World 2015. FAO, Rome.
- Fernández, R.,** Quiroz J., Avilés R., Noriega D., Villavicencio C., Cevallos E., Moreira K. P., Sánchez A., y Marcial J. 2013. Desarrollo de productos alimenticios a partir de las cáscaras del plátano. *Investigación Tecnología e Innovación.* 5(5): 43-52 pp.
- Fon Fay, F. M.** y H. Z. F. 2019. Análisis proximal en alimentos Fundamentos teóricos y técnicas experimentales. Quevedo: Colloquium.
- Forster, M. P.,** Rodríguez R. E., y Romero C. D., 2002. Differential characteristics in the Chemicals composition of bananas from Tenerife (Canary Islands) and Ecuador. *J. Agric. Food Chem.,* Vol. 50. 7586–7592 pp.
- Frossard, E.,** Bucher M., Machler F., Mozafa, A., y Hurrell R. 2000. Potential for increasing the content and bioavailability of Fe, Zn and Ca in plants for human nutrition. In *Journal of the Science of Food and Agriculture.* doi.org/ 10.1002/(SICI)1097-0010(20000515)80:73.0.CO;2-P
- Fungo, R.,** Kikafunda J., y Pillay M. 2010. 946-carotene, iron and zinc content in Papua New Guinea and East African highland bananas. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development.* <https://doi.org/10.4314/ajfand.v10i6.58050>.
- García, C. L.,** Giraldo G. A., Hurtado H. T. y Mendivil C. O., 2006. Cinética enzimática de la polifenol oxidasa del banano Gros Michel en diferentes estados de maduración. *Medellín Vitae,* 13(2).
- Gilbert, O.,** D., Dufour D., Giraldo A., Sánchez T., Reynes M., Pain J. P., Gonzalez A., Fernandez A., y Díaz A 2009. Differentiation between cooking bananas and dessert bananas. 1. Morphological and compositional characterization of cultivated Colombian Musaceae (*Musa* sp.) in relation of Colombian cultivated. *Agric. Food. Chem,* 7857-7869 pp.
- González, E. J.** 2012. Estadíos fenológicos de desarrollo de plátano (*Musa paradisiaca*). Codificación BBCH.
- Guillén, A. H.,** Lara Ch. M. B. N., Gutiérrez C. M. Ortiz C. M., y Angel P. M. E. 2007. Cartografía Agroecológica del cultivo del Aguacate en Michoacán.. Morevallado Editores de Morelia, Michoacán, México. 141 p.
- Hakkinen, M.** y Väre H. 2008. Typification and check-list of *Musa* L. names (*Musaceae*) with nomenclatural notes. *Adansonia,* sér. 3, 30: 63-11 pp.

- Hapsari, L.**, y Lestari, D. A. 2016. Fruit characteristic and nutrient values of four Indonesian banana cultivars (*Musa* spp.) at different genomic groups. *Agrivita*, 38(3), 303–311. <https://doi.org/10.17503/agrivita.v38i3.696>.
- Harrison, H. J. S.** y Schwarzacher T. 2007. Domestication, genomics and the future for banana. *Annals of botany*. 100 (5): 1073- 1084 pp. doi.org/10.1093/aob/mcm191.
- Herrera, V.**, Quintero C. V., Lucas A., y Herrera V. 2016. Caracterización física y morfológica de 8 diferentes bananos de postre del genotipo AAA. *Rev. Vitae Supl.1.* (23). S795- S801 pp.
- Ho, L. H.** Aziz N. A. A., y Azahari B. 2013. Physicochemical characteristics and sensory evaluation of wheat bread partially substituted with banana (*Musa acuminata* x *balbisiana* cv. Awak) Pseudo-stem flour. *Food Chemistry*, Vol. 139, 532-539 pp.
- Hoyos, L. J. D.**, Jaramillo J. P. A., Giraldo T. A., Dufour D., Sánchez T. Lucas A. J. C. 2012. Caracterización física, morfológica y evaluación de las curvas de empastamiento de musáceas (*Musa* spp). *Acta agronómica*. 214-229 pp.
- INFAED.** 2018. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. <http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM16michoacan/municipios/16111a.html>
- InfoMusa.** 2017. The hidden side of banana diversity. <https://www.promusa.org/blogpost516-The-hidden-side-of-banana-diversity>.
- Inga, R. C.** 2003. Determinación del momento de la cosecha del plátano var. Guayabo (*Musa balbisiana*). Universidad Nacional Agraria de la Selva. Facultad de Industrias Alimentarias. Tesis. 166 p.
- INIBAP.** 2004. Informe anual INIBAP. La diversidad de los bananos y plátanos para vivir mejor. Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano, Montpellier, Francia. 44 p. ISBN: 2-910810-68-2
- IPGRI.** 1996. Descriptores para el banano (*Musa* spp.). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma, Italia; Red Internacional para el Mejoramiento del Banano. Montpellier, Francia.
- Jirukkakul, E.**, 2016. The study of edible film production from unripened banana flour and ripened banana puree. *International Food Research Journal*, 23(1), 12 p.
- Joe, A.**, Sabu M., y Sreejith, P. E. 2014. A new variety of *Musa velutina* H. Wendl. y Drude (Musáceae) from Assam, North-East India. *Plant Systematics and Evolution*. doi.org/10.1007/s00606-013-0855-1.
- Jongrungruangchok, S.**, B. S. y. S., 2010. Nutrients and minerals content of eleven different samples *Moringa olifera* cultivated in Thailand. *Journal Health Research*. 123-127 pp.
- Kanasawa, K.** y Sakakibara H. 2000. High content of dopamine, a strong antioxidant, in Cavendish banana. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 48: 844-848 pp.
- Karlsson, S.** y Albertsson, A. C., 1998. Biodegradable polymers and environmental interaction. *Polymer Engineering y Science*, 38(8), 1251-1253 pp.

- Khawas, P.**, Dass A., Sit N. S., Badwaik L., y Deka C.S. 2014. Nutritional composition of culinary Musa ABB at different stages of development. *American Journal of Food Science and Technology*. 2(3), 80-87 pp.
- Kuang, J.**, Chen L., Shan W., Yang S., y Chen J. 2013. Molecular characterization of two banana ethylene signaling component MaEBFs during fruit ripening. *Postharvest Biology and Technology*, Vol 85: 94-101 pp.
- Kumar, G. B. S.**, Srinivas L., y Ganapathi T. R. 2011. Iron fortification of banana by the expression of soybean ferritin. *Biological Trace Element Research*, 142(2), 232–241 pp. doi.org/10.1007/s12011-010-8754-6.
- Kuttimani, R.**, Velayudham K., Somasundaram E. y Jagath J. N., 2013. Effect of integrated nutrient management on corm and root growth and physiological parameters of banana. *Int J Adv Res*, 1(8), 46-55 pp.
- Lacointe, A.** 2000. Carbon allocation among tree organs: a review of basic processes and representation in functional- structural models. *Ann For Sci*. 57(5-6):521-534 pp.
- Lazaridou, A.** y Biliaderis, C., 2002. Thermophysical properties of chitosan. Chitosan-starch and chitosan-pullulan films near the glass transition. *Carbohydrate Polymers*, Vol. 48, 179–190 pp.
- Lescot, T.** 2015. La diversité génétique des bananiers, *Fruitrop*, 231: 98-102 pp.
- Leterme, P.**, Buldgen A., Estrada F., y Londono A. M. 2006. Mineral content of tropical fruits and unconventional foods of the Andes and the rain forest of Colombia. *Food Chemistry*, 95(4), 644–652 pp. doi.org/10.1016/j.
- Lieu, P. T.**, Heiskala M., Peterson P. A., y Yang Y. 2001. The roles of iron in health and disease. *Mol. Asp. Med*. 22: 1-87 pp.
- Longvah, T.**, Ananthan R., Bhaskarachary K., y Venkaiah K. 2017. *Indian Food Composition Tables*. National Institute of Nutrition.
- López, C. E. Ñ.**, Castellanos M. S., y Abril M. S. 2009. Acumulación y distribución de materia seca de cuatro variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) en Zipaquirá, Cundinamarca (Colombia). *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín*, 62(1), 4823-4834 pp.
- López, M. G.** Caracterización agromorfológica en accesiones en Bolivia. *Universidad Mayor de San Andrés*. 79-89 pp.
- Lucas, A. J. C.** 2012. Caracterización física, morfológica y evaluación de las curvas de empastamiento de musáceas (*Musa* spp.). *Acta Agronómica* 61(3), 214-229 pp.
- Lucas, A. J. C.**, y Quintero C. V. D. 2016. Caracterización reológica de almidón y evaluación morfológica de 20 variedades de musáceas (*Musa* sp.), del banco de germoplasma Fedeplátano Chinchiná- Caldas, Colombia. 65 (3): 218- 225 pp.
- Machado, R.** 2011. Caracterización morfológica y productiva de procedencias de *Jatropha curcas* L. *Pastos y Forrajes*, 34(3), 267-279 pp.

- Marriott, J.**, Robinson M., y Karikary S., 1983. Transformación del almidón y el azúcar durante la maduración de plátanos y bananos. *Journal of Food and Agriculture*, Vol. 32 1021-1026 pp.
- Marschner, H.** 2002. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press London. 889 p.
- Mazzeo, M. M.**, y Alzate G. Angela A. 2008. Starch obtainment from post-harvestresidues of dominico harton plantain (*Musa* AAB Simmonds). *Rev. Vector*. 3(1): 57-69 pp.
- McDonald, S.S.**, Williamson G.B., y Wiemann M.C. 1995. Wood specific-gravity and anatomy in *Heliocarpus appendiculatus* (Tiliaceae). *American Journal of Botany* 82:855-861 pp.
- Mendoza, M. E.**, y Calvo C. M. C. 2010. Composición y propiedades de los alimentos. Ed. McGraw-Hill Interamericana. 318 p. ISBN: 978-607-15-0379-4.
- MGSI.** 2021. <http://crop-diversity.org/mgis>. Colecciones de Musáceas a nivel mundial. Fecha de consulta: 16/09/2021.
- Montoya, J.**, Quintero V. D., y Lucas J. C. 2014. Evaluación fisicotérmica y reológica de plátano dominico Hartón (*Musa paradisiaca* ABB). *Temas agrarios* 19: (2) 214-233 pp.
- Mosquera, P. D. E.**, Martínez G., Medina H. H., e Hinestroza L. 2013. Caracterización bromatológica de especies y subproductos vegetales en el trópico húmedo de Colombia. *Acta Agronómica*. 62(4):236-332 pp.
- MusaNet.** 2016. <https://www.promusa.org/MusaNet> Global Strategy for the Conservation and Use of Musa Genetic Resources (B. Laiberté, compiler). Montpellier, France: s.n.
- Narayana, C. K.**, Jeyabaskaran K. J., y Mustaffa M. M. 2017. Chemical and mineral composition of flour cultivars of banana (*Musa* sp) belonging to different genomic groups grown in India. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6:(8) 207-211 pp.
- Navia, M. M. M.** 2008. Caracterización morfológica de cultivares recolectados de plátano y banano. Proyecto de recuperación de saberes locales y recolección de cultivares de banano y plátano para su caracterización morfológica y multiplicación *in vitro*. PIA ACC UMSS 08.56 p.
- Obiageli, A.**, Izundu A. I., Ngozi N. M., y Helen O. N., 2016. Mineral compositions of *Musa* species at three stages of development. *Journal of dental and medical sciences*.
- Oluwatomide, O. B.**, y Jide A. A. 2019. Comparative evaluation of the nutritive, mineral, and antinutritive composition of *Musa sinensis* L. (Banana) and *Musa paradisiaca* L. (Plantain) fruit compartments. *Plants* 8(598). doi:10.3390/plants8120598.
- Orozco, S. M.** 2004. La Sigatoka Negra en Bananos y Plátanos: el caso de México. Memorias de la XVI Reunión ACORBAT, México.
- Parra, P. O. J.**, Cayón S. D. G., y Polania V. J. 2009. Descripción morfoagronómica de materiales de plátano (*Musa* AAB, ABB) y banano (*Musa* AAA) cultivados en San Andrés Isla. *Acta Agronómica* 54(4): 292-298 pp.

- Paucar, L. M.,** Salvador R. R., Guillén S. J., Capa R. J., y Moreno R. C. 2015. Comparative study of physical-chemical features of sacha inchi oil (*Plukenetia volubilis* L.), olive oil (*Olea europaea*) and fish oil. *Scientia Agropecuaria* 6 (4): 279–290 pp.
- Pérez, B. A.,** Rodríguez M. H., Marrero L. D., Isidró M., y Rodríguez A. D. 2015. Caracterización morfoagronómica del clon de plátano macho ‘Cuairé enano’ *Musa* sp AAB, en condiciones de la provincia de Mayabeque. *Agrociencia en Cuba* 39(5): 86-100 pp.
- Perrier, X.** Braky F., Carreel F., Jenny C., Pierre H. J., Levot V., y Hippolyte I. 2009. Combining biological approaches to shed light on the evolution of edible bananas. *Ethnobotany Research and Applications*, Vol. 7, 199-216 pp.
- Perrier, X.,** De Langhe E, Donohue M., Lentfer C., Vydaghs L., Bakry F., Carreel F., Hyppolyte L., Pierre L., Jenny C., Lebot B., Risterucci A. Tomekpe K., Doutrelepont H., Ball T., Manwaring J., Maret P., y Denham P. 2011. Multidisciplinary perspectives on banana (*Musa* spp.) domestication. *PNAS*, 108(28), 11311-11318 pp.
- Pillay, M.,** y Fungo R. 2016. Diversity of iron and zinc content in bananas from East and Central Africa. *HortScience*, 51(4), 320–324 pp. doi.org/10.21273/hortsci.51.4.320.
- Ploetz, R. C.** 2005. Panama Disease: An old nemesis rears its ugly head. Part 2: The Cavendish era and beyond. *Plant Health Progress*. Plant Management Network, St. Paul USA. 21 p.
- Price, N. S.** 1995. El origen y desarrollo del cultivo del plátano y banano. *Bananas and Plantains* Chapman and Hall. Londres. 13 p.
- Quiroz, J.,** Avilés. R., Noriega D., Villavicencio C., Cevallos E., Moreira K. P., Sánchez A., y Marcial J. 2013. Desarrollo de productos alimenticios a partir de las cáscaras del plátano. *Investigación Tecnología e Innovación*. 5(5): 43-52 pp.
- Ramajayam, D.,** Jeyabaskaran K., Jayaraman S., Marimuthu S., Sivasankari R., Pitchaimuthu R., Kalpana S., y Uma S. 2021. Genetic diversity in fresh fruit Pulp mineral profile of 100 Indian *Musa* accessions. *Food Chemistry* 361 p. doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.0.
- Ramírez, M.,** y Salcedo J. 2016. Los recursos fitogenéticos y la importancia estratégica de su conservación en las Américas. *Conservación de plantas en América Latina y el Caribe*. Ed. González Arnao. 15-23 pp.
- Ramírez, V. P. R.,** Ortega P., López H., Castillo G., Livera M., Rincón S. y Zavala G. 2000. Recursos Fitogenéticos de México para la Alimentación y la Agricultura, Informe Nacional. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas y Sociedad Mexicana de Fitogenética A.C. 188 p.
- Rivas, G. M.,** Zamudio F. P.B., Bello P L. 2018. Efecto del grado de acetilación en las características morfológicas y fisicoquímicas del almidón de plátano. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 8(3): 291-297 pp.
- Rivera, Q. J. M.,** González C. N., García Z. N., y Jiménez V. R. 2018. Componentes prebióticos del plátano: fibra dietética y almidón resistente. *Revista Iberoamericana de Ciencias*. 5 (3): 40- 50 pp. ISSN 2334-2501
- Robinson, J. C.** y V. Galán, Saúco. 2010. Plátanos y bananas. Ed. Mundi-Prensa. 336 p.

- Rodríguez, M. A.**, Rodríguez N. A., Fundora M. Z., Rodríguez M. A y Bello L. R. 2006. Caracterización de clones de bananos y plátanos *Musa* spp. (*Musaceae*). Revista del Jardín Botánico Nacional 1(27): 99-105pp.
- Román, M. I.**, Alonso M., Xiques X., y González C. 2013. Caracterización morfo agronómica de clones diploides. Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales (INIVIT). Facultad de Biología, La Habana, Cuba. 11p
- Rosales, P.**, Villanueva R. S., y Ramírez C. R. 2005. El aceite de aguacate y sus propiedades nutricionales. E Gnosis (online) .3 (0) ISSN:1665-5745. 11 p.
- Rosales, R. O. L.**, 2012. Caracterización física y química de plátanos de postre y cocción cultivados en México. Tesis de maestría Instituto Politécnico Nacional).
- Rusell, R.** 2000. Anexo 5 Tablas de recomendaciones. Normativas y recomendaciones nutricionales. Soporte Nutricional en el paciente oncológico. Anexo 5. 317- 322 pp.
- SADER.** 2020. Plátano: la fruta tropical más cultivada de México.
<https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/hoy-dia-del-platano?idiom=es>.
- SAGARPA.** 2018. <https://www.suri.agricultura.gob.mx/>. Protección de recursos fitogenéticos, garantizando el futuro.<https://www.gob.mx/sagarpa/articulos/proteccion-de-recursos-fitogeneticos-garantizando-el-futuro?idiom=es>
- Salgado, P. T.**, y Martínez V. R. P. 2006. Relación entre la intensidad respiratoria y las propiedades fisicoquímicas del banano (*Musa sapientum*) var. criollo, tomate de árbol (*Solanum betaceum*) var. morada y mango (*Manguijera indica*) var. azúcar. Facultad de ingeniería en alimentos, Bogotá, Tesis 223 p.
- Sauer, J. N.** 1952. Aspectos históricos del plátano. Francia.56p.
- Seraquive, Carroillo M.**, y J., 2017. Caracterización del manejo poscosecha y cuantificación de las pérdidas de banano (*Musa acuminata*) orgánico en los ríos. Facultad de ingenieros y ciencias agropecuarias 83 p. tesis.
- Sharrock, S.**, y Lusty S. 2000. Nutritive value of banana. International Network for the Improvement of Banana and Plantain. Annual Report. Montpellier, Francia. INIBAP, 28-31 pp.
- SIAP.** 2018. Resumen Nacional y por cultivo intención de cosecha http://infosiap.siap.gob.mx/opt/agricultura/intension/Intencion_cosechaPerenne_cultivo2018.pdf.
- Simmonds, N. W.** 1962. The evolution of the bananas. London: Longman.
- Simmonds, N. W.**, 1973. Los plátanos. Técnicas agrícolas y producciones tropicales. En: Barcelona, España: Editorial Blume, 68-69 pp.
- Simmonds, N. W.** 1990. Numerical taxonomy of the wild bananas (*Musa*). Rev. New Phytologist Foundation. 115, 567- 571 pp. doi.org/10.1111/.
- Singh, N. S.** 2005. Characteristics of acetylated starches prepared using starches separated from different rice cultivars. Journal of Food Engineering 70, 117-127 pp.
- Soxhlet, F.** 1879. Método Soxhlet para la extracción de grasa. Técnicas Avanzadas en Química. Ciencias Ambientales.

- Stover, R. H.** 1985. Biomass production, partitioning and yield determinants in bananas and plantains. Ponencia presentada en: Cooperation Internationale pour une Recherche Efficace sur le Plantain et les Bananes. 3° Reunión. Costa de Marfil.
- Tobin, G.,** y Muller H. G., 1988. Nutrición y ciencia de los alimentos. 1ra ed. s.l.:Acribia S. A. . D. Bedoya P.D. M. 2019. Caracterización físico-químicas y morfológicas del pildoro (*Musa acuminata*) producido en zona de vega y lomerío en el departamento del caquetá, con el fin de proponer procesos de transformación. Limentech Ciencia y Tecnología Alimentaria. ISSN1692 7125 Vol. 17(2) 85-100 pp.
- Torres, S.** 2012. Guía práctica para el manejo del banano orgánico en el valle de Chira. 72 p.
- Trujillo, J. D.,** y Bedoya P. D. M. 2019. Caracterización físico-químicas y morfológicas del pildoro (*Musa acuminata*) producido en zona de vega y lomerío en el departamento del caquetá, con el fin de proponer procesos de transformación. Limentech Ciencia y Tecnología Alimentaria. ISSN1692 7125 Vol. 17 (2). 85-100 pp.
- Ude, G.,** Pillay M., Nwakanma D., y Tenkouano A., 2002. Genetic diversity in *Musa acuminata* Colla and *Musa balbisiana* Colla, and some of their natural hybrids using AFLP markers. Theor Appl. Genet, Vol. 104, 1246-1252 pp.
- Uma, S.,** Selverajan R., y Ramajayam D. 2020. Banana production technology (English). India: ICAR. National Research Centre of Banana.
- Upadhyaya, H. D.,** Ramesh S., Sharma S., Singh S. K., Varshney S. K., Sarma N. D. R. K., Singh S. 2011. Genetic diversity for grain nutrients contents in a core collection of finger millet (*Eleusine coracana* (L.) Gaertn.) germplasm. Field Crops Research, 121(1), 42–52 pp.
- Vargas, A.** 2015. Evaluación de cultivares y materiales de siembra en plátanos de tipo falso cuerno bajo un manejo intensivo de plantación. Cultivos tropicales 36 (2). 72-82 pp.
- Vásquez, F.,** Fernández H., y Figueroa V. 2019. Análisis proximal en alimentos, fundamentos teóricos y técnicas experimentales. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador 349 p.
- Vázquez, F. M.** y Zumbado F. H. 2019. Análisis proximal en alimentos. Fundamentos teóricos y técnicas experimentales. Ed. Colloquium. ISBN: 978-9942-814-28-9.356 p.
- Velásquez, H. J. D.,** Quintero C. V. D y Lucas A. J. C. 2016. Physical and morphological characterization in 8 different dessert bananas genotype AAA. Vitae 23 (Supl.1). S795- S799 pp.
- Vézina, A.** 2016. News and análisis. GWAS and the parthenocarpic banana. [En línea]
Available at: <http://www.promusa.org/blogpost449-GWAS-and-the-parthenocarpic-banana>
- Videa, B. M.,** Villareyna R. F.B., Roda Z. H. J., y López R. F. Y. 2018. Harina de plátano (*Musa paradisiaca* L) en combinación con harina de maíz, para la elaboración de tortillas. Rev. El Higo Vol. 8 (1): 10-21 pp.

- Vielma, J. R.,** Picon D., y Carrero P. E. 2017. El boro, un elemento benéfico que ayuda a prevenir la osteoporosis en el humano: una revisión de literatura. *Avances en Biomédica.* (6), 3.
- Vuylsteke, D.,** Ortiz R., Ferris R. y Crouch J., 1997. Plantain improvement. *Plant Breed. Rev.* Volumen 14, 267-320 pp.
- Wall, M. M.** 2006. Ascorbic acid, vitamin A, and mineral composition of banana (*Musa sp.*) and papaya (*Carica papaya*) cultivars grown in Hawaii. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19 (5), 434-445 pp. doi.org/10.1016/j.jfca.2006.01.002.
- Wang, Y.,** Zhang M., y Mujumdar A. S. 2012. Influence of green banana flour substitution for cassava starch on the nutrition, color, texture and sensory quality in two types of snacks. *LWT. Food Science and Technology*, Vol. 47, 175-182 pp.
- Wills, R.,** John B.G., y Graham M.E. 1989. *Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables.* 3rd edition. Oxford, UK: Blackwell Scientific Publications. 176 p.
- Wong, C.,** G. Argent R. Kiew O. Set and Y. Y. Gan. 2003. The genetic relations of *Musa* species from Mount Jaya, New Guinea and a reappraisal of the sections of *Musa* (Musáceae). *Gard. Bul.* 55: 97–111 pp.
- Wong, C.,** Kiew R., Argent G., Set O., Lee Y. 2002. Assessment of the validity of the sections in *Musa* (Musáceae) using AFLP. *Ann. Bot.* 90: 231–238 pp.
- Wong, C.,** Kiew R., Lamba S. O., Lee S. K., Gan L. H. y Gan Y.Y. 2001a. Sectional placement of three Bornean species of *Musa* (Musáceae) based on AFLP. *Gard. Bul.* 53: 327–341 pp.
- Wong, C.,** Kiew R., Lamba S. O., Lee S. K., Gan L. H. y Gan Y.Y. 2001b. Genetic diversity of the wild banana *Musa acuminata* Colla in Malaysia as evidenced by AFLP. *Ann. Bot.* 88: 1017–1025 pp.
- Zapata, C. D.,** Ludeña A., Trasmonte W., y Cabrejos E. 2020. Biopelícula a partir de almidón de banano verde (*Musa paradisiaca*) y mandioca (*Manihot esculenta*). *Revista Científica Pakamuros*, 8(4), 15-30 pp.