



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**Proyecto de Investigación
previo a la obtención del título
de Ingeniero Agrónomo.**

Título del Proyecto de Investigación:

Caracterización morfológica de un banco de germoplasma de banano cv. Williams proveniente de mutagénesis física en la Estación Experimental Tropical Pichilingue.

Autor:

Carlos Fabricio Zambrano Saltos

Director del Proyecto de Investigación:

Dr. Hayron Canchignia Martínez

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **CARLOS FABRICIO ZAMBRANO SALTOS**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

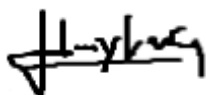
Atentamente;

CARLOS FABRICIO ZAMBRANO SALTOS
AUTOR

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito **DR. HAYRON CANCHIGNIA MARTÍNEZ**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **CARLOS FABRICIO ZAMBRANO SALTOS**, realizó el Proyecto de Investigación titulado “**Caracterización morfológica de un banco de germoplasma de banano cv. Williams proveniente de mutagénesis física en la Estación Experimental Tropical Pichilingue**”, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Atentamente;



DR. HAYRON CANCHIGNIA MARTÍNEZ
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO



Document Information

Analyzed document Tesis Zambrano urkund.docx (D79108274)

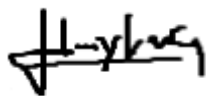
Submitted 9/14/2020 3:11:00 PM

Submitted by

Submitter email hcanchignia@uteq.edu.ec

Similarity 4%

Analysis address hcanchignia.uteq@analysis.orkund.com

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Hayron Canchignia Martínez".

DR. HAYRON CANCHIGNIA MARTÍNEZ
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TECNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TÍTULO:

“CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE UN BANCO DE GERMOPLASMA DE BANANO cv. WILLIAMS PROVENIENTE DE MUTAGÉNESIS FÍSICA EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TROPICAL PICHILINGUE”.

PRESENTADO A LA COMISIÓN ACADÉMICA COMO REQUISITO PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR:

CARLOS FABRICIO ZAMBRANO SALTOS

APROBADO POR:

Dra. Silvia Saucedo Aguiar
Presidente del Tribunal

Dr. Fernando Abasolo Pacheco
Miembro del Tribunal

Dr. Favio Herrera Eguez
Miembro del tribunal

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2020

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de investigación es producto de un sinnúmero de acontecimientos que sucedieron antes de empezar a desarrollarlo, los cuales me animaron a realizarlo con todo el amor del mundo. El apoyo, disposición, tiempo y enseñanzas que algunas personas me brindaron durante este proceso, fueron de gran valor para mantenerme firme en conseguir la meta que un día me propuse llegar. Por todo lo antes mencionado quisiera extender mis sinceros agradecimientos a las siguientes personas e instituciones.

A la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, a través de sus directivos, quienes motivan y ayudan a todos los estudiantes durante todo el proceso de su formación académica.

A los docentes en general de mi facultad, quienes me ayudaron a desarrollar todas mis habilidades y a potencializar mis capacidades dentro de las aulas como en las diferentes prácticas de campo, para así poder afrontar la vida profesional con capacidad y responsabilidad.

Doctor Antonio Bustamante Gonzales, responsable del Programa Nacional de Banano, Plátano y otras Musáceas. De la EET-Pichilingue de INIAP, por darme la apertura y con ello poder realizar este trabajo investigativo, por ayudarme con sus consejos, conocimientos y sobre todo a pesar del poco tiempo que disponía por sus ocupaciones profesionales y laborales jamás cerrarme las puertas cuando necesité de su ayuda.

Al Ing. Jim Raphael Ochoa Ramos, quien fue una guía fundamental al inicio de mi trabajo de investigación, cuando apenas estaba desarrollando mi anteproyecto, por brindarme las directrices necesarias para poder desarrollar la parte inicial de mi proyecto y guiarme respecto a la utilización de las herramientas de investigación para tomar los datos en el campo, gracias por su apoyo en la parte inicial de este proyecto.

Al doctor Fabricio Canchignia, por guiarme no solamente durante todo este proceso sino también por sus enseñanzas en las diferentes materias que pude ver con él, por sus consejos y disponibilidad total para ayudarme siempre que lo necesité.

DEDICATORIA

Mi presente trabajo de titulación se lo dedico enteramente a Dios, ya que estoy convencido que sin su voluntad nada en este mundo es posible, gracias a su ayuda pude salir adelante cuando todo parecía complicarse, supo darme la luz necesaria que al final del camino me guiaría para poder culminar de manera satisfactoria este proyecto.

A mis padres Carlos Zambrano y Mercedes Saltos, quienes siempre con amor incondicional me brindaron su apoyo sin importar las circunstancias, fueron ellos que de primera mano me enseñaron que las cosas se consiguen con esfuerzo y sacrificio, le agradezco a Dios por permitirme aun disfrutar de la presencia de ellos y sobretodo que puedan ser partícipes de este momento que tal vez puede ser más emotivo para ellos que para mí ya que la vida me ha enseñado que los logros de los hijos muchas veces son más significativos para los padres que para los mismos hijos que en ocasiones son quienes los consiguen. No me alcanzará la vida para agradecerles todo lo que han hecho por mí.

A mi amada esposa Astrid Gamarra, mujer admirable que día a día me empuja a conseguir mis metas, mucho crédito se merece ella ya que siempre me ha brindado sus consejos, apoyo y amor incondicional, esta felicidad es de los dos.

A mi hijo Matías, mi razón de vivir, que muchas veces tuve que prestar de su tiempo para dedicárselo a los estudios, eres mi motor de cada día que me llena de fuerzas para alcanzar las metas y llegar a darte lo mejor de la misma manera como lo hicieron mis padres conmigo, esto es por ti Mi Primer Amor.

A mis hermanos Alexander y Glenda, pero de manera especial a mi hermana Verónica, que gracias a su ayuda logré tener la apertura y colaboración de personas importantes que me ayudaron durante el desarrollo de esta investigación. Los amo a todos queridos hermanos.

RESUMEN

Una problemática de gran importancia en nuestro país es el uso excesivo de pesticidas para el control de diferentes patógenos precursores de enfermedades que tienen un impacto significativo en la producción de las diferentes fincas dedicadas a la explotación bananera. Dentro de las alternativas, el estudio de mejoramiento genético es una opción viable para poder encontrar plantas con características deseables y resistentes a enfermedades. La presente investigación tuvo como objetivo: Caracterizar agro-morfológicamente los fenotipos de un banco de germoplasma de banano cv. Williams proveniente de mutagénesis física utilizando descriptores estandarizados, se realizó en la EET-Pichilingue del INIAP, ubicada en la provincia de Los Ríos Km 5 vía El Empalme. Para el presente trabajo se utilizaron los descriptores estandarizados para el banano IPGRI-INIBAP/CIRAD, donde de manera específica fueron utilizados únicamente los descriptores enfocados a caracterizar la apariencia general de la planta, pseudotallo/hijo y peciolo/nervadura/hoja. En la presente investigación pudieron ser caracterizadas de forma completa 1,079 plantas, adicionalmente 23 plantas más fueron caracterizadas de forma parcial. Dentro de los caracteres donde las plantas mostraron mayor variabilidad fueron: hábito foliar, enanismo, altura del pseudotallo, longitud de la lámina, ancho de la lámina y número de hijos. El carácter color de las manchas en la base del peciolo mostró una planta correspondiente al número de etiqueta 1,037 donde sus manchas presentaron un color marrón negruzco mientras que todas las demás mostraron una coloración marrón en sus manchas. El carácter color del pseudotallo mostró una variabilidad en 37 plantas desarrollando una coloración verde rojizo mientras que en las 1,042 plantas restantes predominó una coloración verde amarillento. Los parámetros a la distribución de frecuencia y el porcentaje del carácter “hábito foliar”, se rescata que 849 ejemplares de banano respondieron con una formación foliar normal esto representa el 77 % lo que incrementa el propósito de tener mayor cantidad de ejemplares. La utilización únicamente de los descriptores altamente discriminantes encontrados en este estudio, ayudaron a reducir la cantidad de datos pocos relevantes mejorando así la interpretación de los mismos.

Palabras claves: Mutagénesis, germoplasma, descriptores, morfológico, plantas.

ABSTRACT

A problem of great importance in our country is the excessive use of pesticides to control different pathogens that are precursors of diseases that have a significant impact on the production of the different farms dedicated to banana exploitation. Among the alternatives, the genetic improvement study is a viable option to find plants with desirable characteristics and resistant to diseases. The present investigation had as objective: To characterize agro-morphologically the phenotypes of a germplasm bank of banana cv. Williams from physical mutagenesis using standardized descriptors, was carried out at the EET-Pichilingue of INIAP, located in the province of Los Ríos Km 5 via El Empalme. For the present work, the standardized descriptors for the IPGRI-INIBAP / CIRAD banana were used, where specifically, only the descriptors focused on characterizing the general appearance of the plant, pseudostem / child and petiole / rib / leaf were used. In the present investigation, 1,079 plants could be fully characterized, in addition 23 more plants were partially characterized. Among the characters where the plants showed greater variability were: foliar habit, dwarfism, height of the pseudostem, length of the blade, width of the blade and number of children. The color character of the spots at the base of the petiole showed a plant corresponding to tag number 1,037 where its spots had a blackish brown color while all the others showed a brown coloration in their spots. The color character of the pseudostem showed a variability in 37 plants developing a reddish green coloration, while in the remaining 1,042 plants a yellowish green coloration predominated. The parameters of the frequency distribution and the percentage of the "leaf habit" character, it is rescued that 849 banana specimens responded with a normal foliar formation, this represents 77%, which increases the purpose of having a greater number of specimens. The use of only the highly discriminating descriptors found in this study helped to reduce the amount of little relevant data, thus improving their interpretation.

Keywords: Mutagenesis, germplasm, descriptors, morphological, plants.

ÍNDICE

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PLAGIO ACADÉMICO	iv
CERTIFICACIÓN DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
ÍNDICE.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS	xvii
CÓDIGO DUBLIN	1
INTRODUCCIÓN.....	2

CAPÍTULO I CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	5
1.1.1.	Planteamiento del Problema.....	5
1.1.2.	Formulación del Problema	5
1.1.3.	Sistematización del Problema	5
1.2.	OBJETIVOS.....	6
1.2.1.	General	6
1.2.2.	Específicos	6
1.3.	JUSTIFICACIÓN.....	7

CAPÍTULO II FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.	Marco Teórico.....	9
2.1.1.	Origen y distribución del banano	9
2.1.2.	Clasificación taxonómica del banano	10
2.1.3.	Descripción Botánica	11
2.1.3.1.	Sistema radicular.....	11
2.1.3.2.	Hojas	12
2.1.3.3.	Rizoma	13
2.1.3.4.	El pseudotallo.....	13
2.1.3.5.	Hoja cigarro	14
2.1.3.6.	Hijo	14
2.1.3.7.	Inflorescencia	15
2.1.3.8.	Pedúnculo.....	15
2.1.3.9.	Racimo	15
2.1.3.10.	Raquis	15
2.1.3.11.	Yema masculina.....	15
2.1.4.	Propagación.....	16
2.1.5.	Mutagénesis	16
2.1.6.	Tipos de mutagénicos	17
2.1.7.	Caracterización de germoplasma	18

CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.	Localización de la Investigación	21
3.2.	Características Climáticas y Edafológicas	21
3.3.	Materiales	21
3.4.	Material Genético	21
3.5.	Factor en Estudio	22

3.6.	Diseño Experimental.....	22
3.7.	Análisis Estadístico	22
a.	Análisis de Conglomerados	22
b.	Distribución de Frecuencia	22
3.8.	Datos a Registrar.....	22
3.9.	Datos de la Planta	23
3.9.1.	Hábito foliar	23
3.9.2.	Enanismo.....	23
3.9.3.	Pseudotallo/hijos	23
3.9.4.	Altura del pseudotallo	24
3.9.5.	Aspecto del pseudotallo	24
3.9.6.	Color del pseudotallo	24
3.9.7.	Apariencia del pseudotallo.....	24
3.9.8.	Color subyacente del pseudotallo	25
3.9.9.	Pigmentación de las vainas internas	25
3.9.10.	Color de la savia.....	25
3.9.11.	Cera en las vainas.....	25
3.9.12.	Número de hijos	26
3.9.13.	Desarrollo de hijos	26
3.9.14.	Emergencia de los hijos	26
3.9.15.	Pecíolo/nervadura/hoja	26
3.9.16.	Manchas en la base del pecíolo.....	26
3.9.17.	Color de las manchas	27
3.9.18.	Canal del pecíolo de la hoja III	27
3.9.19.	Márgenes del pecíolo	28
3.9.20.	Aspecto de las alas	28
3.9.21.	Color de los márgenes del pecíolo	28

3.9.22.	Borde de los márgenes del pecíolo	28
3.9.23.	Ancho de los márgenes del pecíolo	29
3.9.24.	Longitud de la lámina	29
3.9.25.	Ancho de la lámina	29
3.9.26.	Longitud del pecíolo	29
3.9.27.	Color de la cara superior de la lámina	29
3.9.28.	Aspecto de la cara superior de la lámina.....	30
3.9.29.	Color de la cara inferior de la lámina (Quitar la cera)	30
3.9.30.	Aspecto de la cara inferior de la lámina.....	30
3.9.31.	Presencia de cera en la lámina	30
3.9.32.	Inserción de la lámina en el pecíolo.....	30
3.9.33.	Forma de la base de la lámina.....	31
3.9.34.	Corrugamiento de la lámina.....	31
3.9.35.	Color de la nervadura en el haz.....	31
3.9.36.	Color de la nervadura en el envés	32
3.9.37.	Color de la cara dorsal de la candela (hoja - cigarro)	32
3.9.38.	Manchas en la lámina de los hijos de agua	32

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	RESULTADOS	34
4.1.1.	Análisis de conglomerados	35
4.1.2.	Distribución de frecuencia	39
4.2.	DISCUSIÓN.....	47

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.	CONCLUSIONES.....	50
5.2.	RECOMENDACIONES	51

CAPÍTULO VI BIBLIOGRAFÍA

6.1.	BIBLIOGRAFÍA.....	53
------	-------------------	----

CAPÍTULO VII ANEXOS

7.1.	ANEXOS	57
------	--------------	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Plantas de banano en la Estación Experimental Pichilingue (Zambrano, 2019).	11
Figura 2.	Sistema radicular característico en la planta de banano (Fagiani, 2011).	12
Figura 3.	Distribución y morfología de las hojas en la planta de banano (Vézina, 2016).	12
Figura 4.	Rizoma de una planta de banano (Vézina, 2016).	13
Figura 5.	Vista interna del pseudotallo de una planta de banano (Silva, 2019).	13
Figura 6.	Hoja cigarro en una planta de banano (Vézina, 2016).	14
Figura 7.	Brote lateral en una planta de banano (Rainforest Alliance, 2014).	15
Figura 8.	Pedúnculo, racimo, raquis, y yema de banano (Vézina, 2016).	16
Figura 9.	Descriptor para el hábito foliar en Musa sp.	23
Figura 10.	Descriptor para el pseudotallo/hijos.	23
Figura 11.	Manchas en la base del pecíolo.	27
Figura 12.	Canal del pecíolo de la hoja III.	28
Figura 13.	Descriptor para la forma de la base de la lámina de la hoja de Musa sp.	31
Figura 14.	Ubicación de plantas no evaluadas	34
Figura 15.	Dendograma del análisis de conglomerados	36
Figura 16.	Planta con hábito foliar normal, planta con hábito foliar erecto.	40
Figura 17.	Coloración verde rojizo en el pseudotallo.	42
Figura 18.	Coloración marrón de las manchas en la base del pecíolo.	43
Figura 19.	Manchas en la lámina del hijo de agua.	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua 2017 de banano.	10
Tabla 2. Clasificación taxonómica del banano.	10
Tabla 3. Distribución en los grupos establecidos por el dendograma.	37
Tabla 4. Distribución de frecuencia del carácter "Hábito foliar"	39
Tabla 5. Distribución de frecuencia del carácter "Enanismo"	40
Tabla 6. Distribución de frecuencia del carácter "Altura del pseudotallo".	41
Tabla 7. Distribución de frecuencia del carácter "Aspecto del pseudotallo"	41
Tabla 8. Distribución de frecuencia del carácter "Color del pseudotallo"	42
Tabla 9. Distribución de frecuencia del carácter "Número de hijos"	44
Tabla 10. Distribución de frecuencia del carácter "Longitud de la lámina"	44
Tabla 11. Distribución de frecuencia del carácter "Ancho de la lámina"	45
Tabla 12. Distribución de frecuencia del carácter "Manchas de los hijos de agua".	45

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Medición de la altura del pseudotallo.....	57
Anexo 2. Registro de datos del diámetro de la hoja.....	57
Anexo 3. Color subyacente del pseudotallo.	58
Anexo 4. Pigmentación de las vainas internas del pseudotallo.....	58
Anexo 5. Canal del pecíolo de la hoja III.....	59
Anexo 6. Color de los márgenes del pecíolo.....	59
Anexo 7. Color de la cara inferior de la lámina y color de la nervadura en el envés.....	60
Anexo 8. Color de la cara superior de la lámina y color de la nervadura en el haz.	60

CÓDIGO DUBLIN

Titulo:	“CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE UN BANCO DE GERMOPLASMA DE BANANO cv. WILLIAMS PROVENIENTE DE MUTAGÉNESIS FÍSICA EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TROPICAL PICHILINGUE”
Autor:	Carlos Fabricio Zambrano Saltos
Palabras Clave:	Mutagénesis, germoplasma, descriptores, morfológico, plantas.
Fecha de publicación:	
Editorial:	Quito: EPN, 2019.
Resumen: (hasta 300 palabras)	Una problemática de gran importancia en nuestro país es el uso excesivo de pesticidas para el control de diferentes patógenos precursores de enfermedades que tienen un impacto significativo en la producción de las diferentes fincas dedicadas a la explotación bananera. Dentro de las alternativas, el estudio de mejoramiento genético es una opción viable para poder encontrar plantas con características deseables y resistentes a enfermedades. La presente investigación tuvo como objetivo: Caracterizar agro-morfológicamente los fenotipos de un banco de germoplasma de banano cv. Williams proveniente de mutagénesis física utilizando descriptores estandarizados, se realizó en la EET-Pichilingue del INIAP, ubicada en la provincia de Los Ríos Km 5 vía El Empalme. Para el presente trabajo se utilizaron los descriptores estandarizados para el banano IPGRI-INIBAP/CIRAD, donde de manera específica fueron utilizados únicamente los descriptores enfocados a caracterizar la apariencia general de la planta, pseudotallo/hijo y peciolo/nervadura/hoja. En la presente investigación pudieron ser caracterizadas de forma completa 1,079 plantas, adicionalmente 23 plantas más fueron caracterizadas de forma parcial. Dentro de los caracteres donde las plantas mostraron mayor variabilidad fueron: hábito foliar, enanismo, altura del pseudotallo, longitud de la lámina, ancho de la lámina y número de hijos. El carácter color de las manchas en la base del peciolo mostró una planta correspondiente al número de etiqueta 1,037 donde sus manchas presentaron un color marrón negruzco mientras que todas las demás mostraron una coloración marrón en sus manchas. El carácter color del pseudotallo mostró una variabilidad en 37 plantas desarrollando una coloración verde rojizo mientras que en las 1,042 plantas restantes predominó una coloración verde amarillento. . Los parámetros a la distribución de frecuencia y el porcentaje del carácter “hábito foliar”, se rescata que 849 ejemplares de banano respondieron con una formación foliar normal esto representa el 77 % lo que incrementa el propósito de tener mayor cantidad de ejemplares. La utilización únicamente de los descriptores altamente discriminantes encontrados en este estudio, ayudaron a reducir la cantidad de datos pocos relevantes mejorando así la interpretación de los mismos.
Descripción:	
URI:	

INTRODUCCIÓN

El banano es la fruta más popular del mundo. De hecho, el banano no es un árbol sino una hierba alta que crece hasta 15 metros. Se cree que existen casi 1,000 variedades de banano en el mundo, subdivididos en 50 grupos. El banano más popular es la variedad conocida como Cavendish, que se produce para los mercados de exportación.

En el Ecuador, la producción bananera desde hace sesenta años ha tenido un peso importante en el desarrollo del país, tanto desde el punto de vista económico como social. En lo económico por su participación en el PIB y en la generación de divisas y en lo social por las fuentes de empleo que genera y más aún por su peso importante en determinadas regiones de la costa ecuatoriana.

En la actualidad el sector bananero genera 2 millones de empleos, además las exportaciones de banano ecuatorianas representan el 10% de las exportaciones totales del país, siendo el segundo rubro más exportado. En el año 2017, las exportaciones bananeras crecieron 12% en relación con años anteriores (Montoya, 2018). En los primeros nueve meses del año 2018, las exportaciones de banano crecieron 5.24% donde hasta la semana 40 (finales de septiembre), las exportaciones de la caja de 43 libras sumaron 265.9 millones, mientras que en igual período del 2017 fueron 252 millones. (Mendoza, 2018). En el 2019, El sector bananero registró crecimiento en el primer semestre donde se exportaron USD 1,706 millones, un 4% más frente a iguales meses del 2018 (El Comercio, 2019). Estos resultados demuestran el aporte monetario que la producción bananera genera en nuestro país siendo uno de los pilares fundamentales para el desarrollo económico, además el mercado del banano ecuatoriano es diversificado, exportándose la fruta a la Unión Europea (42%), USA (21%), Rusia (20%), Cono Sur (6%) como mercados principales y el 11% a mercados marginales (Medio Oriente, Europa del Este, África del Norte y Asia).

En relación a los procesos mutagénicos, podemos decir que naturalmente las mutaciones pueden ocurrir con frecuencia de una en un millón; sin embargo, a través de la utilización de agentes mutagénicos como lo son la irradiación gamma, existen antecedentes sobre esto, siendo aplicadas siete diferentes dosificaciones en el cultivo de banano, las mutaciones se pueden dar con mucha más frecuencia. Estas pueden ser heredables y genéticamente estables, y

dependiendo del tipo de mutación que se obtenga, por citar un ejemplo la resistencia a Sigatoka Negra, los beneficios serían innumerables al utilizarse este tipo de clones mejorados, no solo en Ecuador sino que se podría expandir hacia otros países productores de banano.

Enfocándonos de forma directa en lo que se realizó en este estudio, podemos decir que la caracterización del germoplasma de cualquier cultivo es un procedimiento que normalmente se utiliza para describir los caracteres morfológicos, fenológicos y productivos que identifican a las especies o accesiones; así como para verificar el grado de variación que poseen las colecciones de materiales útiles, pero potencialmente diferentes, representados por una mayor o menor cantidad de individuos.

Olivera *et al.* (2009), plantearon que la caracterización morfológica y la agronómica son actividades complementarias que consisten en describir los atributos de las accesiones y, con ello, determinar su utilidad; pero a la vez permite identificar los tipos promisorios para los procesos de selección, mejoramiento genético u otros fines.

Para llevar a cabo el proceso de caracterización se utilizan descriptores reconocidos. Cuando la diversidad genética entre especies y dentro de las especies es fácilmente observable, los descriptores morfológicos suministran información con la que se puede evitar la duplicación del mismo material y minimizar las sobreestimaciones de la diversidad existente.

En la actualidad se registran muchos estudios donde se realizaron diferentes caracterizaciones morfológicas, los mismos que han servido de gran ayuda para identificar cualidades específicas en diferentes plantas de la misma especie que a través de diferentes procesos donde la genética ha estado involucrada, el objetivo de este trabajo investigativo es caracterizar agromorfológicamente los fenotipos de un banco de germoplasma de banano cv. Williams proveniente de mutagénesis física utilizando descriptores estandarizados.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.1. Planteamiento del Problema

El uso excesivo en las haciendas bananeras de pesticidas y el incremento de los ciclos de fumigación destinados al control de Sigatoka Negra, han provocado la aparición de cepas resistentes a los diferentes fungicidas que comúnmente se aplican, por lo cual a través de estudios mutagénicos se buscan alternativas genéticas dentro de las cuales se logren identificar nuevas variedades características deseables parecidas a la variedad Williams. Esta presente investigación continua con la realizada por Mera (2019), realizándose la evaluación morfo-agronómica del lote obtenido sembrado. La resistencia de la Sigatoka Negra constituye una problemática que afecta al banano, reduciendo el área foliar de las plantas y consecuentemente esto incide en los valores de rendimiento del cultivo. En las *Musas* se da el caso de esterilidad genética, sin flores femeninas fértiles y son flores masculinas con polen viable, esto representa que no se pueda realizar un programa de mejora genética convencional y su reproducción comercial sea mediante propagación vegetativa, ante esto no existe gran variabilidad en los cultivos comerciales, siendo las plantas totalmente uniformes sin desarrollar características evolutivas que les permitan soportar enfermedades o plagas agresivas.

1.1.2. Formulación del Problema

¿Qué características morfológicas van a desarrollar las plantas después de ser sometidas a un proceso de mutagénesis física para obtener mayor variabilidad genética?

1.1.3. Sistematización del Problema

¿Qué tan variable puede resultar el desarrollo morfológico de las plantas?

¿Qué caracteres morfológicos específicos tendrán un mayor porcentaje de variabilidad?

¿Qué tan parecidas pueden resultar las plantas después de un proceso mutagénico?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. General

Caracterizar agro-morfológicamente los fenotipos de un banco de germoplasma de banano cv. Williams proveniente de mutagénesis física utilizando descriptores estandarizados.

1.2.2. Específicos

- Determinar diferencias a los cambios morfológicos del pseudotallo y el potencial reproductivo que posee cada accesión.
- Evaluar las características fenológicas a la emergencia del sistema foliar de plantas sometidas a mutaciones.
- Determinar las diferencias por colorimetría a la constitución de la sabia del pseudotallo.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Este trabajo investigativo se desarrolló en base a un trabajo previo, el cual evaluó como dosis de rayos gamma podrían inducir mutagénesis física en plantas de banano Williams. Para poder conocer que características desarrollaron de manera individual cada planta que se encuentra establecida a nivel de campo desde el año 2015 y poderla describir, se utilizaron los descriptores estandarizados de banano IPGRI-INIBAP/CIRAD (1996), de los cuales se consideraron descriptores correspondiente a los caracteres cualitativos y cuantitativos en las plantas, con el objetivo de poder caracterizar todos los aspectos físicos que se destaquen en cada unidad productiva y obtener registros de las características que han adquirido cada una de las plantas que fueron mutadas de forma física hasta el final de la fase vegetativa. Estos aspectos permiten asociar las distintas variabilidades que surgieron en las plantas evaluadas con resistencia a agentes patogénicos presentes en el cultivo de banano. El impacto de esta investigación radica en la evaluación que se da al lote en el cual existen plantas inducidas a mutagénesis por rayos gamma, los resultados de las evaluaciones morfo-agronómicas planteadas en esta investigación permitirán determinar si las mutaciones realizadas con anterioridad les confieren ciertos caracteres que permitan a las plantas del ensayo ser más tolerantes a situaciones climáticas o ante el ataque de enfermedades. La presente investigación aportara datos de alta relevancia para beneficiarios como productores, investigadores y estudiantes quienes podrán hacer uso de la información para la generación de nuevas investigaciones dirigidas al mejoramiento de la resistencia y características físicas de cada cultivar.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.Marco Teórico

2.1.1. Origen y distribución del banano

El banano es el nombre común de plantas herbáceas del género de las Musáceas y de la fruta que producen. Según algunos investigadores de la materia, el banano es considerado como la primera fruta sobre la tierra. Aunque la historia dicta que el banano tiene su origen en las regiones de Asia Meridional, específicamente en el Mediterráneo en los años 650 D.C. Sin embargo, investigadores como el doctor Herbert Spiden defiende la teoría de que el banano es originario de las húmedas regiones tropicales del sur de Asia, incluyendo el noreste de la India, Burma, Cambodia y partes de la china del Sur, así como las islas mayores de Sumatra, Java, Borneo, las Filipinas, Malasia e Indonesia, en los que los tres últimos aún son altos productores de banano (Banhon, 2013).

La variedad de banano que predominaba en el mercado mundial, la Gros Michel, probablemente la trajo al Nuevo Mundo un botánico francés, François Pouat, alrededor de 1836. Las viejas crónicas españolas atestiguan que a la llegada de los conquistadores al trópico del nuevo Mundo encontraron plátano para comer cocido en 1504, fecha en que la ciudad de Santo Domingo, La primera capital de la América Hispana, se fundó en la isla Española (Exbanlight, 2019).

Oviedo en su Historia general y Natural de Indias atribuye a fray Tomas de Berlanga, Obispo de Panamá y quien descubrió las Islas Galápagos, la introducción de las primeras plantas del verdadero tipo de fruta de banano procedentes de las Islas Canarias a Santo Domingo en 1516: “Existe aquí una fruta, que la llaman plátano, pero que en verdad no lo es ni lo eran en las Indias, pero, aunque no lo eran los trajeron. Se oye decir que esta clase especial de plátanos, la trajo de las islas de la Gran Canaria en el año de 1516 el Reverendo Fray Tomas de Berlanga de la orden de Predicadores a esta ciudad de Santo Domingo, de donde se propago a las otras islas pobladas por cristianos, quienes la llevaron hasta el continente donde prosperaron en todos los puertos” (James, 2009).

En cuanto a la distribución del banano en nuestro país, los datos según el INEC en cuanto a la superficie, producción y ventas del sector bananero en relación con cada región, se establecen de la siguiente manera en la tabla 1:

Tabla 1: Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua 2017 de banano.

Región	Superficie (Has.)		Producción (Tm.)	Ventas (Tm.)
	Plantada	Cosechada		
TOTAL NACIONAL	166,972	158,057	6,282,105	6,056,309
REGIÓN SIERRA	19,256	17,512	550,970	489,977
REGIÓN COSTA	142,851	135,908	5,626,769	5,469,642
REGIÓN ORIENTAL	2,509	2,281	8,491	5,507
ZONAS NO DELIMITADAS	2,356	2,356	95,875	91,183

Fuente: (INEC, 2017).

En el 2018, la superficie plantada de banano a nivel nacional fue de 173,706 hectáreas con un total de producción (Tm) de 6, 505,635 y ventas (Tm) de 6, 413,259. La mayor producción se concentra en la provincia de los Ríos con el 38,0% (INEC, 2019).

2.1.2. Clasificación taxonómica del banano

La clasificación taxonómica del banano se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Clasificación taxonómica del banano.

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Zingiberales
Familia:	Musaceae
Género:	<i>Musa</i>
Especie:	<i>paradisiaca</i>

Fuente: (Cedeño, 2017).

2.1.3. Descripción Botánica

El banano no es un árbol, sino una megaforbia, una hierba perenne de gran tamaño (figura 1). Como las demás especies de *Musa*, carece de verdadero tronco. En su lugar, posee vainas foliares que se desarrollan formando estructuras llamadas pseudotallos, similares a fustes verticales de hasta 30 cm de diámetro basal que no son leñosos, y alcanzan los 7 m de altura (Grado, 2018).



Figura 1: Plantas de banano en la Estación Experimental Pichilingue (Zambrano, 2019).

2.1.3.1. Sistema radicular

Posee raíces superficiales que se distribuyen en una capa de 30-40 cm, concentrándose la mayor parte de ellas en los 15-20 cm. Las raíces son de color blanco, tiernas cuando emergen y amarillentas y duras posteriormente. Su diámetro oscila entre 5 y 8 mm y su longitud puede alcanzar los 2.5-3 m en crecimiento lateral y hasta 1.5 m en profundidad. El poder de penetración de las raíces es débil, por lo que la distribución radicular está relacionada con la textura y estructura del suelo (Zambrano, 2019), en la figura 2 se muestra el sistema radicular característico de una planta de banano.



Figura 2: Sistema radicular característico en la planta de banano (Tapia & Fagiani, 2011).

2.1.3.2. Hojas

La hoja es el principal órgano fotosintético de la planta. Cada hoja emerge desde el centro del pseudotallo como un cilindro enrollado (figura 3). El extremo distal de la vaina foliar que se está alargando se contrae hasta formar un pecíolo, más o menos abierto dependiendo del cultivar. El pecíolo se convierte en la nervadura central, que divide el limbo en dos láminas medias. La parte superior de la hoja (haz) recibe el nombre de superficie adaxial (envés) mientras que la inferior recibe el nombre de superficie abaxial. Las primeras hojas rudimentarias producidas por un hijo en crecimiento se llaman hojuelas. Las hojas en estado maduro, que se denominan hojas verdaderas, constan de vaina, pecíolo, nervadura central y limbo. En las láminas, las nervaduras van en paralelo en una forma de s larga, desde la nervadura central hasta el margen. Como no se ramifican, las hojas se rasgan fácilmente (Vézina, 2016).



Figura 3: Distribución y morfología de las hojas en la planta de banano (Vézina, 2016).

2.1.3.3. Rizoma

El tallo verdadero del banano se encuentra bajo tierra. Comúnmente se conoce como corno, pero el término botánico correcto es rizoma. El punto de crecimiento del rizoma, el meristemo apical, es una cúpula aplanada desde la cual se forman las hojas y, eventualmente, la inflorescencia (Vézina, 2016). En la figura 4 se muestra el rizoma y sus respectivas partes.

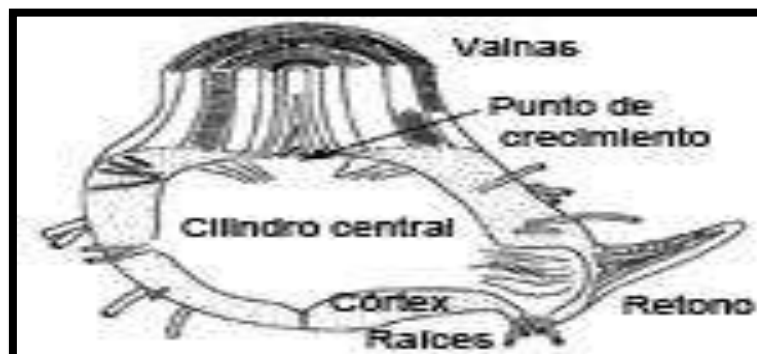


Figura 4: Rizoma de una planta de banano y las respectivas partes que lo componen (Vézina, 2016).

2.1.3.4. El pseudotallo

El pseudotallo puede soportar hasta 50 Kg (el peso del racimo) o incluso más. Internamente dentro de este vástago, se desarrolla un tallo verdadero, llamado tallo floral (figura 5); cuya función es soportar a la inflorescencia que brota de la parte superior o cogollo del vástago (Silva, 2019).



Figura 5: Vista interna del pseudotallo de una planta de banano (Silva, 2019).

2.1.3.5. Hoja cigarro

La hoja cigarro, o candela, es una hoja enrollada como un cilindro que acaba de brotar. Esta nueva hoja, firmemente enrollada, es blanquecina y particularmente frágil, aunque va modificando su color hacia el color verde normal y disminuyendo su fragilidad a medida que se produce su apertura. El período en el cual la hoja se abre varía dependiendo de las condiciones climáticas. Si éstas son favorables, el proceso de desenrollado puede tardar unos 7 días; de lo contrario, puede durar de 15 a 20 días (Vézina, 2016).



Figura 6: Hoja cigarro en una planta de banano, la forma enrollada es su etapa inicial (Vézina, 2016).

2.1.3.6. Hijo

El hijo es un brote lateral que se desarrolla desde el rizoma, y generalmente surge muy cerca de la planta progenitora, también llamada planta madre. En español, se lo conoce como retoño, vástago, brote o colino. Cuando el hijo apenas sale de la superficie del suelo se llama hijuelo. Cuando ya ha crecido y tiene hojas verdaderas se denomina hijo. Morfológicamente hablando, existen dos tipos de hijo: el hijo espada, que tiene hojas estrechas y un rizoma grande, y el hijo de agua, que tiene hojas anchas y un rizoma pequeño. Los hijos de agua tienen una conexión débil con la planta madre y no se desarrollan como una planta fuerte (Vézina, 2016).



Figura 7: Brote lateral en una planta de banano, se denomina hijo (Rainforest Alliance, 2014).

2.1.3.7. Inflorescencia

La inflorescencia es una estructura compleja, que contiene las flores que se desarrollarán en frutos. Se apoya en el tallo floral, es decir, en el tallo verdadero de la planta. El tallo floral, que es producido por el punto de crecimiento terminal del rizoma, crece a través del pseudotallo y emerge en la parte alta de la planta una vez que ha brotado la última hoja cigarro (Vézina, 2016).

2.1.3.8. Pedúnculo

El pedúnculo es el tallo que soporta la inflorescencia y la fija al rizoma (Vézina, 2016).

2.1.3.9. Racimo

El racimo es el conjunto de frutos que aparecen a lo largo del raquis. Los frutos individuales (también llamados dedos) se agrupan en manos (Vézina, 2016).

2.1.3.10. Raquis

El raquis es el tallo de la inflorescencia, que va desde el primer fruto hasta la yema masculina. Puede estar desnudo o cubierto con brácteas persistentes. Las cicatrices en el raquis, que indican el lugar donde estaban unidas las brácteas, también se conocen como nódulos (Vézina, 2016).

2.1.3.11. Yema masculina

La yema masculina contiene las flores masculinas encerradas en sus brácteas. A esto en ocasiones se le llama la campana. A medida que los frutos maduran, el raquis y la yema masculina continúan creciendo. En algunos cultivares, la yema masculina deja de crecer cuando

los frutos se han formado y puede estar más o menos agotada en el momento en que el racimo alcanza su madurez. La presencia o ausencia de yema masculina es una de las características utilizadas para diferenciar entre cultivares (Vézina, 2016).



Figura 8: Pedúnculo, racimo, raquis, y yema masculina de una planta de banano. (Vézina, 2016).

2.1.4. Propagación

La reproducción de banano se realiza a través de la propagación vegetativa o asexual; por tanto, las “semillas” utilizadas para la siembra corresponden a partes vegetativas tales como retoños y cormos o hijos que, una vez separados de la planta madre, pueden realizar su ciclo de crecimiento y producción (Acapa, 2012).

2.1.5. Mutagénesis

Es el proceso mediante el cual, de manera natural o inducida, se genera una mutación a nivel de ADN, la cual se define como un cambio hereditario en el material genético. Existe gran evidencia de que una amplia variedad de agentes ambientales, incluyendo los carcinógenos, interactúan directamente con el ADN, produciendo cambios hereditarios, por lo que los estudios de mutagénesis son importantes para la evaluación de los riesgos de mutagenicidad y carcinogenicidad de los agentes químicos y físicos (Valarezo, 2015).

El ADN se replica con una precisión extraordinaria por ser una molécula fuertemente estable, aun así se producen errores en su replicación, a eso se llama mutación, que se define como una transformación heredada en la información genética, donde los descendientes pueden ser células o individuos (Mera, 2019).

2.1.6. Tipos de mutagénicos

Se conoce que muchas sustancias del medio son mutagénicas, incluyendo las radiaciones ionizantes y no ionizantes y centenares de sustancias químicas diferentes. Estos mutágenos son capaces de causar sustituciones de bases, deleciones y cambios del marco de lectura. La radiación ionizante puede inducir interrupciones del ADN bicatenario. Algunos mutágenos están presentes en la naturaleza y otros son artificialmente producidos por el hombre (Mera, 2019). Los tipos mutagénicos se encuentran divididos en dos grupos los cuales se describen a continuación.

Mutagénicos químicos

Existe una gran cantidad de mutagénicos químicos; sin embargo, para propósitos de mejoramiento en plantas cultivadas solo unos pocos son realmente útiles. La mayoría de aquellos corresponden al grupo de los agentes alquilantes y dentro de ellos se pueden numerar los siguientes: Ethylmethanesulfonate (EMS), sulfato de dietilo (dES) y a los compuestos nitrosos como la N-metil-N-nitrosourea (MNH) (Mera, 2019).

Mutagénicos físicos

En los últimos años se ha incrementado el uso de las radiaciones sobre los mutágenos químicos, los principales tipos de radiación son los siguientes:

Radiación Gamma: 137 Cesio y 60 Cobalto son las principales fuentes de rayos Gamma utilizados en trabajos de radiobiología. El 137 Cesio es usado en muchas instalaciones teniendo en cuenta que tiene una vida media más larga que el 60 Cobalto (Mera, 2019).

Radiación Ultravioleta: Tiene limitada habilidad de penetración en los tejidos, por lo que su uso en experimentos biológicos está restringido al tratamiento de esporas o granos de polen (Mera, 2019).

Radiación Beta: Las partículas Beta (electrones) como de ^{32}P y ^{35}S producen un efecto similar a aquellos rayos X o Gamma, pero con más baja habilidad de penetración; Neutrones: Tienen un amplio rango de energía y son obtenidos de la fisión nuclear en un reactor nuclear con ^{235}U (Mera, 2019).

2.1.7. Caracterización de germoplasma

La caracterización es la descripción del germoplasma vegetal y constituye una herramienta para la descripción e identificación de las accesiones, la confirmación de su conformidad al tipo, y la identificación de duplicados en una colección. La caracterización determina la expresión de caracteres altamente heredables, ya sean morfológicos, fisiológicos o agronómicos, incluyendo caracteres agrobotánicos como la altura de la planta, la morfología de la hoja, el color de la flor, las características de la semilla, la fenología y la capacidad de sobrevivir al invierno de las plantas perennes. Esta información es esencial para que el personal del banco distinga entre las distintas accesiones de la colección (FAO, 2014).

Descriptores de caracterización: permiten una discriminación fácil y rápida entre fenotipos. Generalmente son caracteres altamente heredables, pueden ser fácilmente detectados a simple vista y se expresan igualmente en todos los ambientes. Además, pueden incluir un número limitado de caracteres adicionales que son deseables según el consenso de los usuarios de un cultivo en particular (IPGRI, 1996).

En comparación con las colecciones de semillas, la caracterización fenotípica de las colecciones de campo es más fácil de llevar a cabo ya que las plantas se encuentran en el campo y la apreciación de los caracteres relevantes para la caracterización se puede realizar en el momento apropiado y repetir año tras año. Durante la recolección en el campo se pueden obtener algunos datos de caracterización importantes, por lo que siempre que sea posible se debe planificar con suma atención el momento de las expediciones de recolección. De esta forma es posible caracterizar las accesiones una al lado de otra directamente en el campo en el momento de la recolección (FAO, 2014).

De acuerdo a las investigaciones de Navia (2019), para la descripción morfológica, se utiliza la lista de los descriptores para *Musa* sp., publicado por el Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI). Se elabora una guía para la caracterización morfológica de las Musáceas con el fin de uniformizar los datos con las otras universidades aliadas.

Cada planta es identificada por medio de un número de introducción y uno de localización. Individualmente se llevan registros sobre las características morfológicas de las plantas. En el método se utiliza un método de investigación participativa, las plantas son recolectadas y posteriormente caracterizadas de acuerdo a descriptores, que permitieron recabar información sobre las características de los cultivares de musáceas colectados (Navia, 2019).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización de la Investigación

La presente investigación se realizó en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA) Estación Experimental Tropical Pichilingue, la cual se encuentra ubicada en el Km. 5 ½ de la vía Quevedo El Empalme, sus coordenadas geográficas 79°28'06'' de longitud oeste y 01°05'24'' de latitud sur.

3.2. Características Climáticas y Edafológicas

Clima.....	Tropical húmedo
Altitud.....	85 msnm
Temperatura promedio.....	25 C°
Precipitación media anual.....	2442.6 mm
Heliofania.....	889.4 horas luz/año
Humedad relativa.....	85.15%
Topografía.....	Plana
Drenaje.....	Bueno
Textura.....	Franco-arcillosa
pH.....	6.7

3.3. Materiales

- Libreta de campo
- Tarjetas de identificación
- Regla
- Cinta métrica
- Podón
- Machete
- Cámara fotográfica
- Computador
- Hojas de registro
- Carpeta

3.4. Material Genético

El material genético que fue evaluado pertenece a la variedad cv. Williams con un total de 1,129 plantas, las mismas que en enero del 2015 posteriormente a ser sometidas a varios tratamientos con rayos gamma (Gy) para inducir una mutación física, fueron establecidas a nivel de campo en la estación experimental antes mencionada.

3.5. Factor en Estudio

El factor en estudio lo constituyeron las 1,129 plantas pertenecientes a la variedad cv. Williams, las mismas que fueron caracterizadas morfológicamente. Se utilizaron los descriptores estandarizados de banano IPGRI-INIBAP/CIRAD, específicamente los descriptores correspondientes a caracteres cualitativos y cuantitativos, los cuales son una guía muy completa y detallada que nos permitió identificar los diferentes rasgos que cada planta tiene establecido en base a su morfología desarrollada, y con la ayuda de los diferentes materiales antes mencionados se obtuvieron los datos de las plantas que fueron analizadas.

3.6. Diseño Experimental

Por tratarse de un trabajo de caracterización morfológica no se utilizó ningún diseño experimental, pero se emplearon otras técnicas estadísticas para desarrollar los análisis descriptivos.

3.7. Análisis Estadístico

Se apoyó en técnicas estadísticas como:

a. Análisis de Conglomerados

Este análisis comprende técnicas que siguiendo reglas más o menos arbitrarias, forman grupos de unidades taxonómicas operativas, asociando su grado de similitud, dando como resultado un grupo de materiales con ciertas características similares. De esta manera se identificarán los grupos de plantas morfológicamente semejantes y se elaborará el respectivo dendograma para representar la similitud o diferencia de caracteres entre plantas.

b. Distribución de Frecuencia

Las características morfológicas de mayor importancia se analizaron mediante la distribución de frecuencias lineales absolutas y relativas de las principales características fenotípicas de las plantas que fueron caracterizadas.

3.8. Datos a Registrar

En este estudio solo se utilizaron los descriptores que permitieron evaluar las características de cada planta hasta el inicio de la fase reproductiva, cabe mencionar que de las 1,129 plantas

establecidas en el campo algunas no fueron caracterizadas de manera completa por los diferentes factores naturales y mecánicos que influyeron en el desarrollo de cada planta.

Los descriptores que fueron utilizados según IPGRI-INIBAP/CIRAD serán los detallados a continuación:

3.9. Datos de la Planta

3.9.1. Hábito foliar

Para evaluar el hábito foliar de manera visible se tomarán en consideración la siguiente escala:

1 = Erecto

2 = Normal

3 = Decumbente

4 = Otro (por ej. ‘muy decumbente’, especificar en el descriptor)

En la figura 9 se representa el hábito foliar en *Musa* sp.



Figura 9: Descriptor para el hábito foliar en *Musa* sp.

3.9.2. Enanismo

1 = Normal (las hojas no se superponen y la proporción foliar es inferior a 2.5)

2 = Tipo enano: las hojas se recubren fuertemente y la proporción foliar es superior a 2.5.

3.9.3. Pseudotallo/hijos

En la figura 10 se representa el pseudotallo/hijo en planta del género *Musa*.

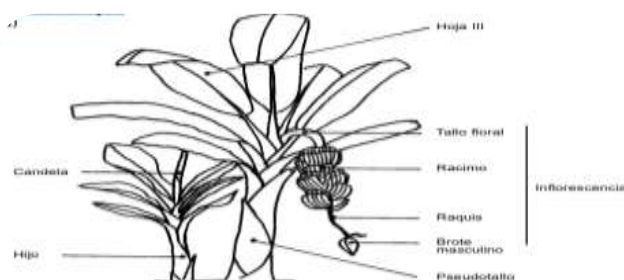


Figura 10: Descriptor para el pseudotallo/hijos

3.9.4. Altura del pseudotallo

Medida desde la base del pseudotallo hasta el punto de emergencia del pedúnculo (anexo 1).

1 = ≤ 2

2 = 2.1 a 2.9

3 = ≥ 3

3.9.5. Aspecto del pseudotallo

Determinada por la circunferencia a 1 m desde la base.

1 = Débil

2 = Normal

4 = Robusto

3.9.6. Color del pseudotallo

Observar el color general del pseudotallo, sin quitar la vaina externa, pero sin considerar las viejas vainas desgarradas.

1 = Verde amarillo

2 = Verde medio

3 = Verde

4 = Verde oscuro

5 = Verde rojizo

6 = Rojo

7 = Rojo violáceo

8 = Azul

9 = Químérico

10 = Otro (especificar en el descriptor)

3.9.7. Apariencia del pseudotallo

1 = Opaco (ceroso)

3 = Brillante (no ceroso)

3.9.8. Color subyacente del pseudotallo

Quitar la vaina externa y observar la superficie del pseudotallo (anexo 3). Los valores 5 (rosado-malva), 6 (rojo-violáceo) y 7 (morado) se deben elegir sólo si se trata de una pigmentación uniforme que no permite ver un color verde o crema.

1 = Verde agua

2 = Verde claro

3 = Verde

4 = Crema

5 = Rosado malva

6 = Rojo violáceo

7 = Morado

8 = Otro (especificar en el descriptor)

3.9.9. Pigmentación de las vainas internas

Indicar la pigmentación, aunque se observe solamente en ciertos lugares (anexo 4).

1 = Rosado malva

2 = Rojo

3 = Morado

4 = Otro (especificar en el descriptor)

3.9.10. Color de la savia

Cortar la vaina externa del pseudotallo y registrar las características.

1 = Acuoso

2 = Lechoso

3 = Rojo violáceo

4 = Otro (especificar en el descriptor)

3.9.11. Cera en las vainas

1 = Muy poca o sin signos visibles de cera

2 = Poca cera

3 = Cerosa

4 = Muy cerosa

3.9.12. Número de hijos

Se ejecuta por observación y anotación contando el número de hijos que tienen una altura superior a 30 cm (suelo - punto de emergencia de la última hoja), únicamente sobre plantas que no se hayan deshijado.

3.9.13. Desarrollo de hijos

En relación a la planta madre. Observar el hijo más alto. Registrado a la cosecha

1 = Más alto que la planta madre

2 = Más de 3/4 de altura que la planta madre

3 = Entre 1/4 y 3/4 del tamaño de la planta madre

4 = Inhibido 6.2.11

3.9.14. Emergencia de los hijos

1 = Lejos de la planta madre (a más de 50 cm de la planta madre)

3 = Cerca de la planta madre (crecen verticalmente)

10 = Cerca de la planta madre (son muy inclinados)

3.9.15. Pecíolo/nervadura/hoja

Observar la tercera hoja completamente desenrollada contando a partir de la última hoja de la planta.

3.9.16. Manchas en la base del pecíolo

1 = Pocas

2 = Manchas pequeñas

3 = Manchas grandes

4 = Pigmentación extensa

5 = Ninguna pigmentación

En la figura 11 se muestra la representación gráfica del descriptor relacionado con la mancha en la base del peciolo.

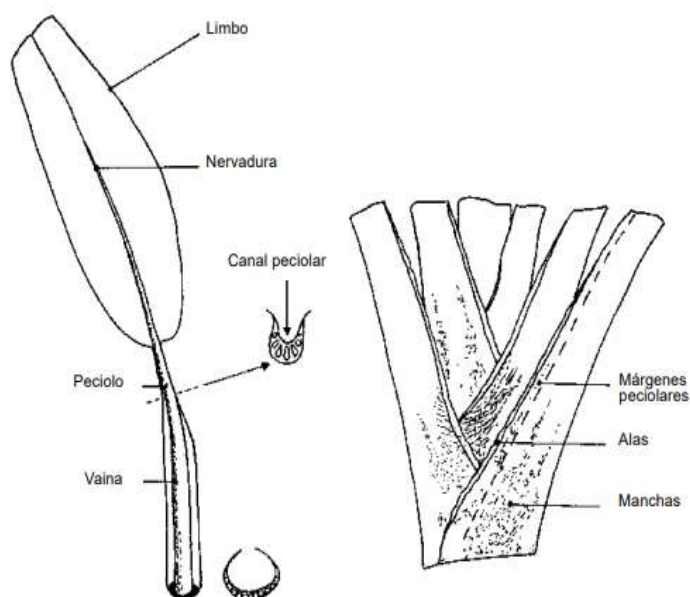


Figura 11: Manchas en la base del peciolo.

3.9.17. Color de las manchas

- 1 = Marrón
- 2 = Marrón oscuro
- 3 = Marrón negruzco
- 4 = Negro violáceo
- 5 = Otro (especificar en el descriptor)

3.9.18. Canal del peciolo de la hoja III

La hoja III es la tercera hoja contando a partir de la última hoja (hoja I) desarrollada antes de la emergencia del gajo. Cortar el peciolo en el medio entre el pseudotallo y el limbo (anexo 5) y examinar la sección transversal (Véanse Figs. 10 y 12).

- 1 = Abierto con márgenes alados
- 2 = Abierto con márgenes erectos
- 3 = Estrecho con márgenes erectos
- 4 = Márgenes retorcidos hacia el interior
- 5 = Márgenes superpuestos

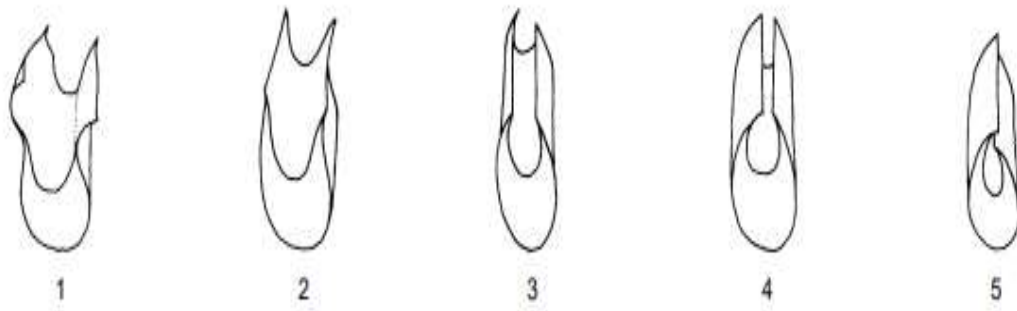


Figura 12: Canal del pecíolo de la hoja III.

3.9.19. Márgenes del pecíolo

- 1 = Alados y ondulados
- 2 = Alados y no estrechados por el pseudotallo
- 3 = Alados y estrechados por el pseudotallo
- 4 = No alados y estrechados por el pseudotallo
- 5 = No alados y no estrechados por el pseudotallo

3.9.20. Aspecto de las alas

- 1 = Marchitas
- 2 = No marchitas

3.9.21. Color de los márgenes del pecíolo

Verificar la coloración (anexo 6).

- 1 = Verde
- 2 = Rosado malva a rojo
- 3 = Morado a azul
- 4 = Otro (especificar en el descriptor)

3.9.22. Borde de los márgenes del pecíolo

- 1 = Incoloro (sin línea de color longitudinal)
- 2 = Con línea de color longitudinal

3.9.23. Ancho de los márgenes del pecíolo

1 = ≤ 1 cm

2 = > 1 cm

3 = Indefinido

3.9.24. Longitud de la lámina

Medido en su punto máximo

1 = ≤ 170 cm

2 = 171-220 cm

3 = 221-260 cm

4 = ≥ 261 cm

3.9.25. Ancho de la lámina

Medida en su punto máximo (anexo 2).

1 = ≤ 70 cm

2 = 71-80 cm

3 = 81-90 cm

4 = ≥ 91 cm

3.9.26. Longitud del pecíolo

Medida desde el pseudotallo hasta la lámina

1 = ≤ 50

2 = 51 - 70

3 = ≥ 71

3.9.27. Color de la cara superior de la lámina

1 = Verde amarillo

2 = Verde medio

3 = Verde

4 = Verde oscuro

5 = Verde oscuro con rojo violáceo (presencia de manchas grandes rojo violáceo)

6 = Azul

7 = Otro (especificar en el descriptor)

3.9.28. Aspecto de la cara superior de la lámina

1 = Opaco

2 = Brillante

3.9.29. Color de la cara inferior de la lámina

Se quita la cera que recubre la cara inferior de la lámina (anexo 7).

1 = Verde amarillo

2 = Verde medio

3 = Verde

4 = Verde oscuro

5 = Azul

6 = Rojo violáceo

7 = Otro

3.9.30. Aspecto de la cara inferior de la lámina

1 = Opaco

2 = Brillante

3.9.31. Presencia de cera en la lámina

1 = Muy poca o sin signos visibles de cera

2 = Poca cera

3 = Cerosa

4 = Muy cerosa

3.9.32. Inserción de la lámina en el peciolo

1 = Simétrica

2 = Asimétrica

3.9.33. Forma de la base de la lámina

1 = Ambas redondeadas

2 = Una redondeada/una afilada

3 = Ambas afiladas

En la figura 13 se muestra el descriptor correspondiente a la forma de la base de la lámina.

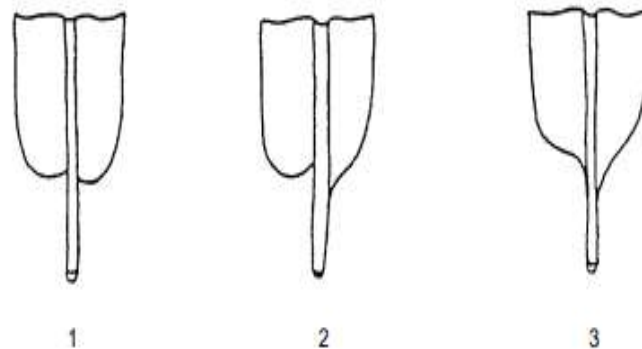


Figura 13: Descriptor para la forma de la base de la lámina de la hoja de *Musa* sp..

3.9.34. Corrugamiento de la lámina

Presencia de aristas perpendiculares a las nervaduras secundarias en la cara superior de la hoja

1 = Muy poco corrugada

2 = Corrugada

3 = Muy corrugada

3.9.35. Color de la nervadura en el haz

Las modalidades 4, 5 ó 6 se escogen si aparece la pigmentación sobre la nervadura (anexo 8).

1 = Amarillo

2 = Verde claro

3 = Verde

4 = Rosado malva

5 = Rojo violáceo

6 = Morado a azul

7 = Otro (especificar en el descriptor)

3.9.36. Color de la nervadura en el envés

Las modalidades 4, 5 ó 6 se escogen si aparece la pigmentación sobre la nervadura.

1 = Amarillo

2 = Verde claro

3 = Verde

4 = Rosado malva

5 = Rojo violáceo

6 = Morado a azul

7 = Otro (especificar en el descriptor Notas)

3.9.37. Color de la cara dorsal de la candela (hoja - cigarro)

Observar la cara visible de la lámina de la hoja - cigarro antes de que se desenrolle y antes que la planta florezca.

1 = Verde

2 = Rojo violáceo

3 = Otro (especificar en el descriptor Notas)

3.9.38. Manchas en la lámina de los hijos de agua

Observar sólo hijos jóvenes no inhibidos (si la lámina tiene forma de espada, no es un hijo de agua)

1 = Sin manchas

2 = Manchas pequeñas o angostas

3 = Grandes manchas morada

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

El proceso de recolección de la información a los parámetros morfológicos de 1,129 plantas propuestas para la caracterización se pudo evaluar 1,102. Descartando 27 plantas que no fueron incluidas en la evaluación como son la altura del pseudotallo, aspecto del pseudotallo, longitud de la lámina, ancho de la lámina y color del pseudotallo mismas que no llegaron a su completo desarrollo a la fecha de aplicación de los descriptores morfológicos no habían desarrollado totalmente sus cualidades evaluativas para ser tomadas en consideración dentro de una caracterización completa, estas corresponden al código de identificación que se indican en la figura 14.

(269) X	(331) X	(333) X
(335) X	(361) X	(377) X
(386) X	(416) X	(480) X
(639) X	(643) X	(804) X
(887) X	(919) X	(922) X
(949) X	(1021) X	(1031) X
(1056) X	(1066) X	(1067) X
(1069) X	(1083) X	(1084) X
(1094) X	(1109) X	(1128) X

Figura 14: Ubicación de plantas no evaluadas debido a que no alcanzaron su completo desarrollo.

Los 1,102 ejemplares de banano Williams, fueron caracterizadas de forma completa un total de 1,079 plantas, los 23 restantes fueron evaluadas, pero de forma parcial, ya que algunos de los caracteres potencialmente evaluativos al momento de la recolección de datos no se encontraban completamente desarrollados mientras que los demás caracteres si se tomaron en cuenta por ser considerados datos generales hasta cierta madurez fisiológica de las plantas.

Algunas cualidades que no pudieron ser evaluadas en las 23 plantas restantes nombradas anteriormente son: Altura del pseudotallo, aspecto del pseudotallo, longitud de la lámina, ancho de la lámina y color del pseudotallo.

Es necesario detallar y mencionar cuales fueron los ejemplares no caracterizados de forma completa y cuáles fueron los parámetros en ellas que no se pudieron tomar en consideración para que en investigaciones futuras dichos datos puedan ser utilizados de manera eficiente según sea la necesidad.

En base al trabajo de campo y posterior análisis de los datos, los resultados obtenidos en la presente investigación fueron los siguientes:

4.1.1. Análisis de conglomerados

El análisis de conglomerados logró definir información de los parámetros morfológicos de 1079 especímenes de banano Williams. Determinando la formación de 5 grupos para los descriptores morfológicos donde se realizan: altura del pseudotallo, aspecto del pseudotallo, color de la sabia, número de hijos, longitud de la lámina y ancho de la lámina. El Grupo 1, determina el acercamiento de las plantas con la característica al color del pseudotallo verde rojizo. El grupo 2, acerca los ejemplares con una capacidad reproductiva entre 2 y 3 hijos por planta y con un desarrollo foliar a la tercera hoja donde la longitud laminar varía desde los 221 - 260 cm y con ancho laminar entre los 81 - 90 cm. El grupo 3, muestra una gran similitud con el grupo 2 en cuanto a la mayoría de sus descriptores, sin embargo, este grupo se caracterizó y agrupó por poseer una capacidad reproductiva de un hijo por planta. El grupo 4, muestra una alta capacidad reproductiva con ejemplares que llegan a tener entre 2 y 6 hijos, no obstante, lo que determinó el acercamiento de las mismas fueron las características longitud de la lámina y ancho de la lámina con valores entre los 171 - 220cm, 71 - 80 cm respectivamente. El grupo 5, determina el acercamiento de las plantas con características referentes a un ancho laminar que varía entre valores inferiores a 70 cm (figura 15).

Los grupos donde predominan las mejores características para una planta de banano de acuerdo con los descriptores morfológicos son el grupo 2 y 3 donde se identificaron ejemplares con un gran desarrollo foliar, mismo que es considerado de vital importancia en cuanto al papel que desempeña en las diferentes funciones fisiológicas. En cuanto a la altura del pseudotallo, en ambos grupos se mostraron plantas con medidas que van desde los 2,1 metros hasta los 3 metros, lo cual se encuentra dentro de los promedios ya establecidos dentro de la variedad. La

capacidad reproductiva tanto en el segundo y tercer grupo muestra ejemplares que llegan a tener entre 1 y 3 hijos, mismos datos que también se encuentran establecidos dentro de las características reproductivas de la variedad, con estos resultados podríamos llegar a deducir que estos serían los mejores ejemplares para futuras evaluaciones.

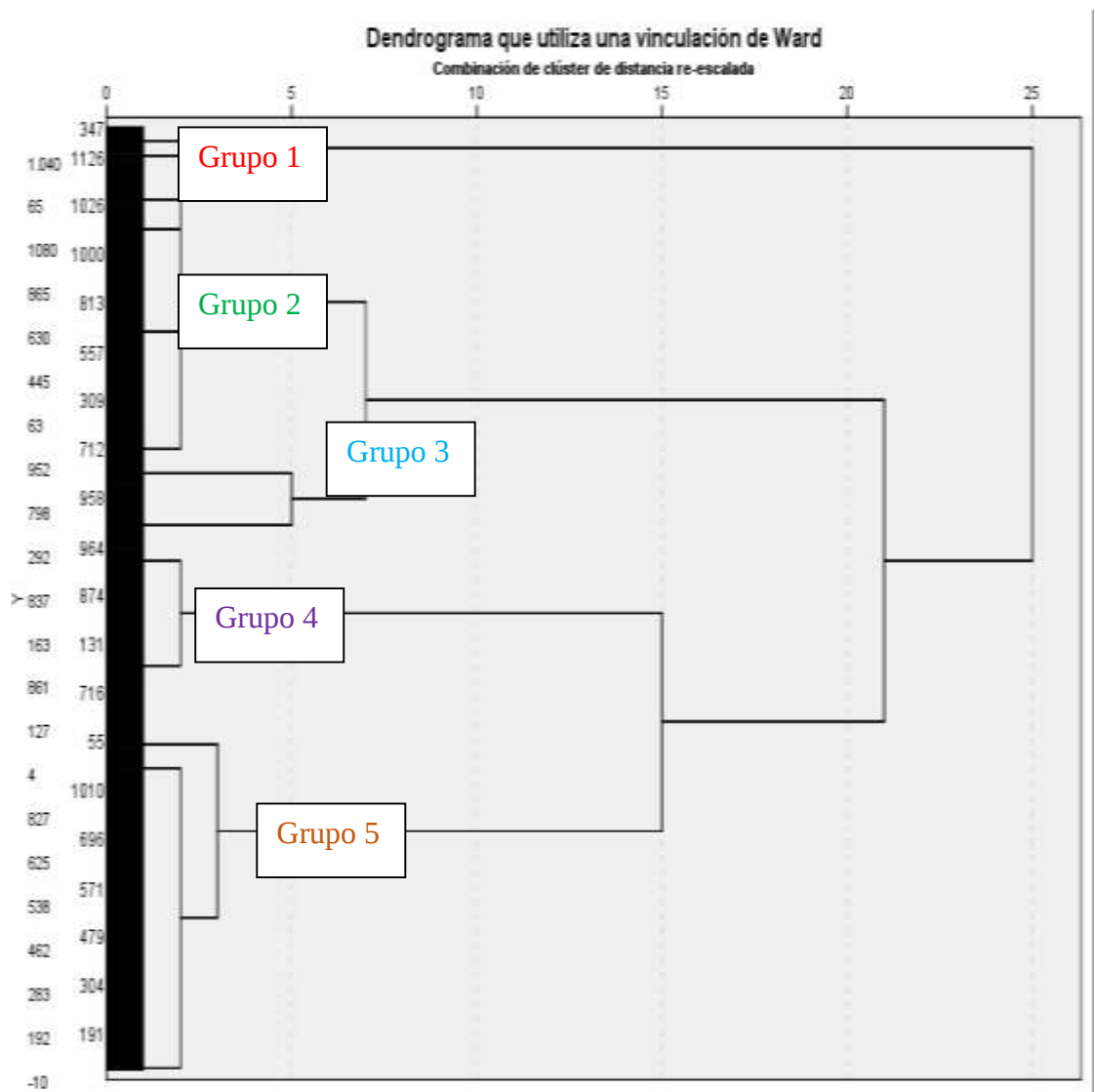


Figura 15: Dendrograma del análisis de conglomerados de 1079 plantas en función de las características morfológicas en el banco de germoplasma de banano de la EET- Pichilingue. INIAP 2020

A continuación, se detallan los especímenes y la distribución de cada uno dentro de los grupos establecidos por el dendrograma y sus códigos de identificación, la tabla 3 permite la identificación de las plantas mediante su respectivo código, siendo distribuidas dentro de sus respectivos grupos.

Tabla 3: Distribución de los especímenes de banano Williams en los grupos establecidos por el dendograma.

Grupo	Código de identificación
1	1-9-12-23-25-26-30-211-347-354-355-362-373-394-414-415-417-41-428 891-1037-1055-1058-1063-1089-1090-1111-1117-1118-1120-1121-1122 1123-1124-1125-1126-1127-1129
2	3-6-10-31-42-47-49-52-63-65-77-79-90-92-94-95-100-101-105-114-115-122 125-126-141-145-146-156-159-160-167-173-178-185-186-187-190-198-202-207 228-234-245-249-250-253-256-259-263-266-269-286-288-291-297-299-300-305 306-307-309-310-314-315-318-321-324-326-327-330-336-338-339-342-343-344 348-350-352-356-357-359-360-363-364-366-367-368-374-379-380-384-387-389 391-395-399-400-403-405-409-421-439-445-450-454-455-458-463-464-465-469 477-478-481-482-484-488-495-498-505-508-509-520-521-524-526-530-531-535 537-539-541-542-543-545-547-548-550-552-554-557-561-564-570-572-577-579 581-583-585-586-588-591-592-594-597-600-602-604-609-613-617-621-622-627 628-629-630-631-633-635-636-638-640-641-642-644-645-647-649-650-652-656 658-661-663-665-669-678-684-688-689-693-694-695-700-701-704-708-711-712 715-719-722-724-726-730-732-734-742-743-750-752-760-761-763-767-768-772 773-775-779-782-783-787-790-792-794-800-803-805-806-807-808-809-813-817 818-819-820-821-822-823-824-845-847-848-851-853-854-855-856-857-859-860 862-864-865-867-872-873-876-880-882-888-889-899-900-901-902-906-910-914 918-923-924-928-929-931-932-934-936-937-938-939-941-947-951-956-957-960 961-962-963-965-968-969-970-975-978-979-981-982-984-986-989-992-995-998 999-1000-1002-1008-1015-1018-1020-1022-1023-1026-1027-1034-1041-1042 1044-1048-1051-1052-1060-1062-1072-1073-1076-1077-1078-1080-1086-1092 1093-1100-1101-1102-1105-1106-1107-1108-1110-1113-1114-1119.
3	4-13-19-20-27-35-37-38-40-41-44-46-48-51-53-55-57-58-59-60-67-70-71-72-76 82-86-88-89-93-99-102-103-104-108-110-111-113-117-118-119-123-124-127 128-129-130-132-133-134-136-137-139-140-142-144-148-151-152-153-154-157 158-165-168-169-170-171-172-174-175-176-177-180-181-182-183-184-188-189 191-192-197-199-200-201-203-204-205-206-208-209-210-212-213-214-215-216 217-219-220-221-222-223-224-225-226-227-229-230-231-232-233-235-236-237 238-239-240-241-242-246-247-248-251-252-254-255-257-258-261-262-264-265

	267-268-270-271-276-277-278-279-280-281-283-285-295-298-301-302-303-304 308-311-313-316-317-319-320-322-323-325-328-337-340-345-346-349-351-358 365-369-370-375-376-378-381-382-385-388-390-392-393-398-401-402-404-406 407-410-411-423-431-432-433-434-435-436-437-438-443-444-446-447-448-449 451-452-453-456-457-459-460-462-466-467-468-470-471-472-473-474-475-476 479-483-485-486-487-489-490-491-492-493-494-496-497-499-500-501-502-503 504-506-507-510-511-513-514-515-516-517-518-519-522-523-525-527-528-529 533-534-536-538-544-546-549-551-553-555-556-558-559-560-562-563-565-566 567-568-569-571-573-574-575-576-578-580-582-584-587-589-590-593-595-596 598-599-601-603-605-606-607-608-610-611-612-614-615-616-618-619-623-624 625-626-632-637-646-651-653-655-657-659-660-662-664-666-667-668-670-671 675-676-677-679-680-681-683-685-687-690-691-696-699-702-703-705-707-709 713-714-716-720-721-723-725-727-728-733-736-739-741-745-748-749-755-756 765-766-770-771-778-785-786-788-789-791-793-797-801-802-810-811-814-815 827-828-829-830-842-844-849-850-852-861-863-866-868-871-877-883-890-894 903-911-917-920-921-925-927-930-942-966-974-976-977-980-983-991-993 1001-1004-1007-1009-1010-1011-1014-1035-1039-1046-1047-1053-1054-1057 1061-1065-1079-1081-1082-1088-1091-1095-1103-1104-1112.
4	7-11-17-33-91-96-98-107-135-138-147-150-161-164-196-272-334-440-442-512 532-634-654-673-674-692-710-744-781-784-798-816-826-832-833-835-838-839 840-841-843-846-869-875-878-879-881-885-897-898-904-905-908-909-912-913 940-943-944-945-946-952-953-954-958-959-964-967-971-972-990-994-996-997 1005-1013-1016-1017-1019-1024-1025-1028-1030-1032-1033-1036-1040-1049 1050-1059-1064-1070-1071-1075-1098-1099
5	8-15-18-21-22-28-32-34-36-39-45-50-54-56-61-62-64-66-69-74-85-87-97-106- 109-112-116-131-143-149-155-162-163-166-179-193-194-195-218-243-244-260 273-274-275-282-284-287-289-290-292-293-294-312-329-332-341-353-371-372 383-396-397-408-412-413-419-420-422-424-425-426-427-429-430-441-461-540 620-648-672-682-686-697-698-706-717-718-729-731-735-737-738-740-746-747 751-753-758-762-764-769-780-795-796-799-812-825-831-834836-837-858-870 874-884-886-892-893-895-896-907-915-916-926-933-935-948-950-955-973-985 987-988-1003-1006-1012-1029-1038-1043-1045-1068-1074-1085-1087-1096 1097-1115-1116

4.1.2. Distribución de frecuencia

Se realizó el análisis de distribución de frecuencia absoluta y porcentajes de las principales características morfológicas que resultaron altamente discriminantes que permitieron deducir la arquitectura idónea de plantas para su futuro estudio como ejemplares con las características morfométricas para una planta de banano comercial.

Los parámetros a la distribución de frecuencia y el porcentaje del carácter “hábito foliar”, se rescata que 849 ejemplares de banano respondieron con una formación foliar normal esto representa el 77 % lo que incrementa el propósito de tener mayor cantidad de ejemplares para selección de bananos para la mejora genética, mientras que 253 correspondientes al 23% de datos válidos mostraron un hábito erecto en cuanto a su formación foliar (Tabla 4).

Tabla 4: Distribución de frecuencia del carácter "Hábito foliar" de plantas provenientes de mutagénesis física del banco de germoplasma de la EET-Pichilingue. INIAP. 2020.

Formación del sistema foliar “Hábito Foliar”					
Válidos	Escala	Descripción	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
	1	Erecto	253	22.4	23.0
	2	Normal	849	75.2	77.0
	Total		1,102	97.6	100.0

En la distribución de frecuencia y el porcentaje correspondiente al carácter “Enanismo”, se rescata que un total de 849 plantas dieron como resultado un desarrollo normal, mientras que 253 plantas tuvieron una formación foliar de tipo enano (Tabla 5).

Tabla 5: Distribución de frecuencia del carácter "Enanismo" (E) de plantas provenientes de mutagénesis física del banco de germoplasma de la EET-Pichilingue INIAP 2020.

Enanismo					
Válidos	Escala	Descripción	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
	1	Normal	849	75.2	77.0
	2	Tipo enano	253	22.4	23.0
	Total		1102	97.6	100.0

Relacionando los resultados de los análisis de frecuencia correspondiente al hábito foliar y al desarrollo tipo enano, pudimos constatar que mientras la planta se desarrolla con un hábito foliar normal, las hojas nunca se superponen y tendrán una característica normal, no obstante, las plantas que desarrollan un hábito foliar erecto, en ellas las hojas tienden a recubrirse fuertemente dando como resultado una característica parecida al de las plantas de tipo enano (Figura. 16).

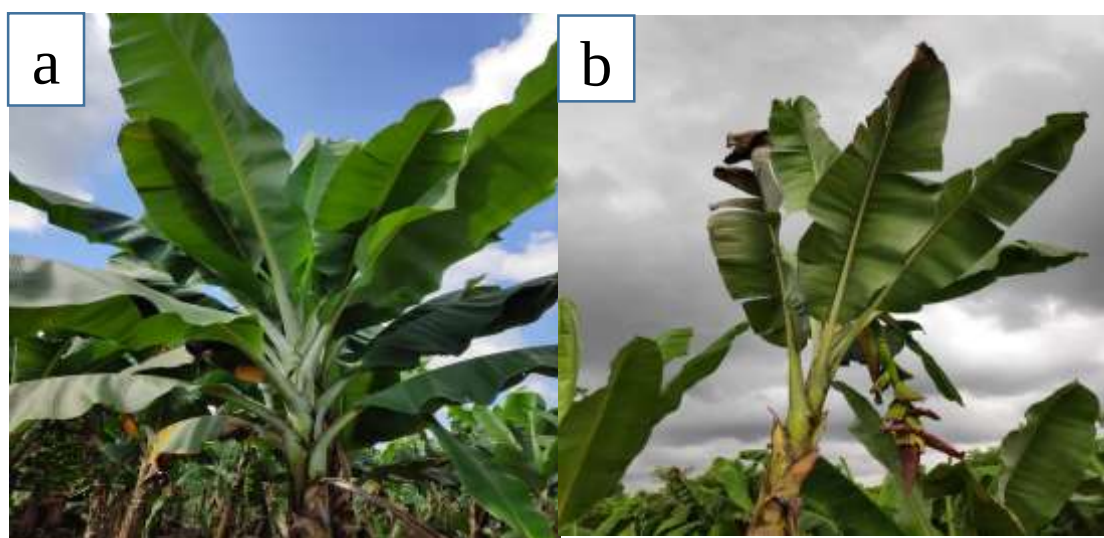


Figura 16: Planta con hábito foliar normal (a), planta con hábito foliar erecto (b)

La distribución de frecuencia y el porcentaje del carácter “Altura del pseudotallo”, determina que de 1079 plantas que se lograron evaluar bajo este carácter, 17 correspondientes al 1.5% dieron como resultado una altura ≤ 2 metros, 316 plantas correspondientes al 28.0% desarrollaron una altura entre 2.1 a 2.9 metros de altura, mientras que 746 plantas

correspondientes al 66.1% de datos válidos desarrollaron una altura del pseudotallo ≥ 3 metros de altura (Tabla 6).

Tabla 6: Distribución de frecuencia del carácter "Altura del pseudotallo" de plantas provenientes de mutagénesis física del banco de germoplasma de la EET- Pichilingue INIAP 2020.

Altura del pseudotallo					
Válidos	Escala	Descripción (metros)	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
	1	≤ 2	17	1.5	1.6
	2	2.1 a 2.9	316	28.0	29.3
	3	≥ 3	746	66.1	69.1
	Total		1,079	95.6	100.0

Lo parámetros en cuanto a la distribución de frecuencia y el porcentaje del carácter “Aspecto del pseudotallo”, se pudo evidenciar que de 1079 plantas caracterizadas 31 plantas desarrollaron un aspecto “débil” las mismas corresponden al 2.7% del total de plantas caracterizadas, 966 correspondientes al 85.6% desarrollaron un aspecto “Normal”, mientras que 82 plantas correspondientes al 7.3% desarrollaron un aspecto robusto (Tabla 7).

Tabla 7: Distribución de frecuencia del carácter "Aspecto del pseudotallo" de plantas provenientes de mutagénesis física del banco de germoplasma de la EET- Pichilingue. INIAP 2020.

Aspecto del pseudotallo					
Válido	Escala	Descripción	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
	1	Débil	31	2.7	2.9
	2	Normal	966	85.6	89.5
	3	Robusto	82	7.3	7.6
	Total		1,079	95.6	100.0

En cuanto al carácter “color de pseudotallo”, podemos determinar que, de un total de 1079 plantas, 1042 correspondientes al 92.3% desarrollaron un color verde amarillento en el pseudotallo mientras que 37 plantas correspondientes al 3.3% desarrollaron un color verde rojizo (Tabla 8).

Tabla 8: Distribución de frecuencia del carácter "Color del pseudotallo" de plantas provenientes de mutagénesis física del banco de germoplasma de la EET- Pichilingue. INIAP 2020.

Color del pseudotallo				
Válidos	Descripción	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
	Verde amarillo	1042	92.3	96.6
	Verde rojizo	37	3.3	3.4
	Total	1,079	95.6	100.0

Cabe mencionar que dentro de los descriptores la coloración verde amarillento y verde rojizo no eran las únicas opciones a ser tomadas en consideración, pero las dos mencionadas anteriormente fueron las únicas que se desarrollaron dentro de las 1079 plantas caracterizadas con un 92,3% y un 3,3% del total de plantas caracterizadas respectivamente (Figura 17).

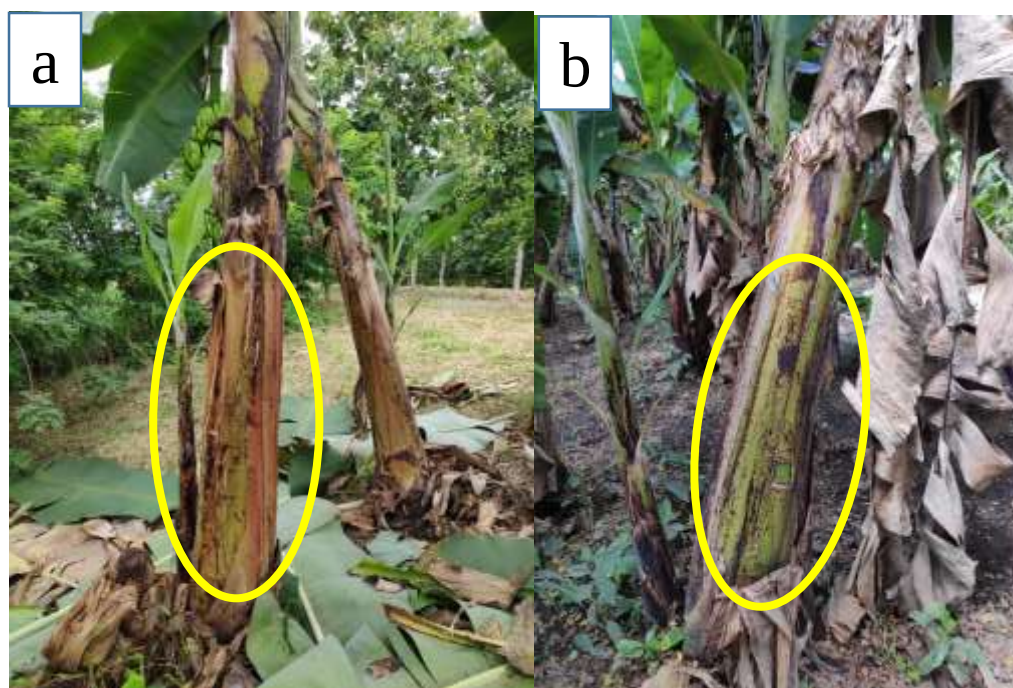


Figura 17: Coloración verde rojizo en el pseudotallo (a), coloración verde amarillento en el pseudotallo (b).

Otro de los caracteres que no presentó mayor variabilidad fue “Color de las manchas”, este carácter está dirigido específicamente a evaluar la coloración que podría tomar algunas manchas que tienden a desarrollarse en la base del pecíolo, para evaluarlo se toma en consideración la hoja número III como lo proponen los descriptores para el banano. Bajo las opciones que este carácter determina, obtuvimos un total de 1101 plantas con una coloración “marrón” de las machas, siendo esta la más común dentro de las características, sin embargo, la planta correspondiente al número de etiqueta 1037 desarrolló una coloración “marrón oscuro”, presentando una variabilidad mínima pero único referente al total de plantas caracterizadas bajo este descriptor (Véase figura 18).

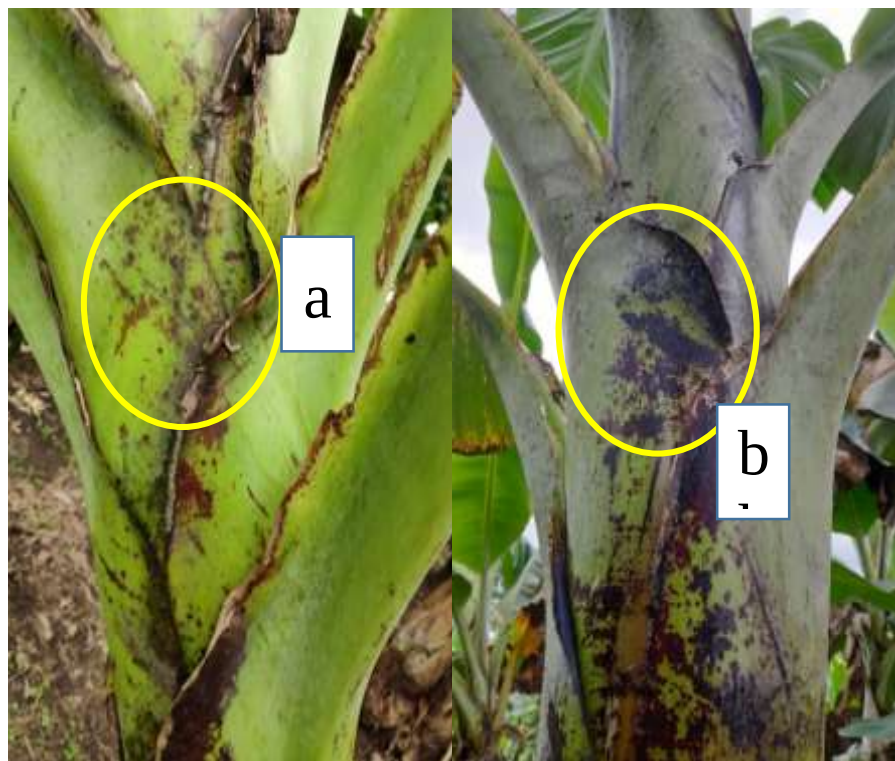


Figura 18: Coloración marrón de las manchas en la base del pecíolo (a), coloración marrón oscuro de las manchas en la base del pecíolo (b).

Referente al número de hijo por plantas, podemos observar la tabla de frecuencia con sus porcentajes donde un total de 628 plantas correspondientes al 55.6% tuvieron una cantidad de 1 hijo cada una, 342 plantas las cuales representan un 30.3% dieron como resultado un total de 2 hijos cada una, 103 plantas correspondientes al 9.1% tuvieron una cantidad de 3 hijos, 20 plantas correspondiente al 1,8% tuvieron una cantidad de 4 hijos, 7 plantas las cuales

representan un 0.6% dieron como resultado un total de 5 hijos cada una, 2 plantas correspondientes al 0.2% tuvieron como resultado un total de 6 hijos cada una. Las dos plantas que registraron la mayor cantidad de hijos con un total de 6 cada una, pertenecen al número de etiqueta 885 y 905.

Tabla 9. Distribución de frecuencia del carácter "Número de hijos" de plantas provenientes de mutagénesis física del banco de germoplasma de la EET- Pichilingue. INIAP. 2020.

Número de hijos				
Válido	Cantidad hijos	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
	1	628	55.6	57.0
	2	342	30.3	31.0
	3	103	9.1	9.3
	4	20	1.8	1.8
	5	7	0.6	0.6
	6	2	0.2	0.2
	Total	1,102	97.6	100.0

La distribución de frecuencia y porcentaje del carácter “Longitud de la lámina”, en un total de 1079 plantas caracterizadas bajo este carácter los datos quedaron distribuidos de la siguiente manera: 7 plantas correspondientes al 0.6% con una longitud ≤ 170 cm, 230 plantas correspondientes al 20,4% con una longitud entre 171 – 220 cm, 842 plantas correspondientes al 74,6% con una longitud entre 221 – 260 cm (Tabla 10).

Tabla 10. Distribución de frecuencia del carácter "Longitud de la lámina" de plantas provenientes de mutagénesis física del banco de germoplasma de la EET- Pichilingue. INIAP. 2020.

Longitud de la lámina					
Válidos	Escala	Descripción	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
	1	≤ 170 cm	7	0.6	0.6
	2	171 - 220 cm	230	20.4	21.3
	3	221 - 260 cm	842	74.6	78.0
	Total		1,079	95.6	100.0

De 1079 plantas evaluadas bajo el carácter “Ancho de la lámina”, 10 plantas correspondientes al 0.9% tuvieron una medida de ≤ 70 cm, 231 plantas correspondientes al 20.5% tuvieron medidas entre 71 – 80 cm, 836 plantas correspondientes al 74.0 desarrollaron medidas entre 81 – 90 cm, y 2 plantas correspondientes al 0.2% registraron una medida ≥ 91 cm (Tabla 11).

Tabla 11: Distribución de frecuencia del carácter "Ancho de la lámina" de plantas provenientes de mutagénesis física del banco de germoplasma de la EET- Pichilingue. INIAP. 2020.

	Ancho de la lámina				
	Escala	Descripción	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
Válidos	1	≤ 70 cm	10	0.9	0.9
	2	71 - 80 cm	231	20.5	21.4
	3	81 - 90 cm	836	74.0	77.5
	4	≥ 91 cm	2	0.2	0.2
	Total		1,079	95.6	100.0

Los parámetros correspondientes al carácter “Manchas en la lámina de los hijos de agua”, determinaron que de 35 plantas donde se encontraron presencia de hijos de agua presentaban las siguientes descripciones: Un total de 9 hijos de agua correspondientes al 0.8% no presentaron manchas, 12 hijos de agua correspondientes al 1.1% mostraron unas manchas pequeñas o angostas, y 14 hijos de agua pertenecientes al 1.2% desarrollaron unas grandes manchas moradas (Tabla 12).

Tabla 12. Distribución de frecuencia del carácter "Manchas en la lámina de los hijos de agua".

Manchas en la lámina de los hijos de agua				
Válidos	Descripción	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
	Sin manchas	9	0.8	25.7
	Manchas pequeñas o angostas	12	1.1	34.3
	Grandes manchas moradas	14	1.2	40.0
	Total	35	3.1	100.0

Las manchas características que se desarrollan en las láminas de algunos hijos de agua incluyendo la coloración morada en algunas de las manchas (Véase figura 18).



Figura 19. Manchas en la lámina del hijo de agua.

4.2. DISCUSIÓN

En lo que refiere al análisis de frecuencia podemos mencionar que fue de gran utilidad ya que nos permitió distribuir todos los datos obtenidos a nivel de campo, llegando a identificar y ubicar de manera exacta la cantidad de plantas que se regían bajo un determinado carácter. Se han obtenido resultados similares en la investigación de González *et al.* (2009), en la cual se evaluaron 50 caracteres morfológicos, procesándose 39 de ellos por presentar diferencias entre los genotipos. Se determinaron las variables morfoagronómicas más importantes y se encontraron diferencias marcadas entre los cultivares obtenidos por mutagénesis y variación somaclonal y los clones originales, esto indica que la variabilidad presentada corresponde a características más deseables que les permite utilizar en el programa de mejoramiento de banano con el objetivo de desarrollar plantas de banano cortas, de alto rendimiento y con un ciclo de cultivo corto bajo mutagénesis obteniendo mayor ventaja en comparación de las demás plantas Pestana *et al.* (2013).

En el análisis de conglomerados el grupo 2 y 3 presentaron mejores características en el desarrollo foliar y mayor capacidad reproductiva entre los hijuelos, mientras que en el grupo 5 se observó que formaron similitudes morfológicas. De un total de 1,079 plantas las cuales se lograron caracterizar, los caracteres altamente significativos fueron: altura del pseudotallo, aspecto del pseudotallo, color de la sabia, número de hijos, longitud de la lámina y ancho de la lámina, siendo estos caracteres ventajosos que permiten más posibilidad de adaptación a las plantas siendo favorecido en la actividad fotosintética, su desarrollo general de las plantas, permite así la inducción del paso de metabolismo heterotrófico para el autotrófico, con la formación de nuevas hojas endurecidas y adaptadas al ambiente externo y evitar quemaduras e incluso la pérdida de las mismas si las condiciones de temperatura fueran demasiado elevadas. En el estudio de González *et al.* (2009), los descriptores cualitativos y cuantitativos que más aportaron a la diferenciación de los genotipos fueron el tipo de yema masculina, forma de la yema masculina, imbricación de las brácteas, pigmentación del tépalo compuesto, pigmentación del ovario, número de frutos totales y peso del racimo, esto puede deberse a la procedencia de los germoplasmas evaluados. En los análisis de los caracteres se formaron seis grupos de genotipos cualitativos y cuatro en los cuantitativos, evidenciando variabilidad en esta colección de trabajo.

El grupo 3 que obtuvo la mayor cantidad de plantas se agrupó haciendo relación entre ellas el desarrollo foliar (caracteres ancho y largo de la lámina) las cuales son características importantes para el desarrollo de las funciones fotosintéticas de las plantas (Valarezo, 2015).

En nuestro caso particular pocos fueron los caracteres altamente significativos según su nivel de variabilidad, lo que nos indica que la mutación inducida en el banco de germoplasma no obtuvo mayor impacto en el desarrollo morfológico diferencial en los especímenes caracterizados de forma individual. Cabe mencionar que las características que se lograron evidenciar de forma mayoritaria ya están determinadas dentro de la variedad caracterizada la cual es Williams. Sandoval (1998) indica que la mutagénesis tiene correspondencia directa con la variación del genoma de la planta y se puede dar en diferentes aspectos, ya sea alterando el juego básico o la estructura de los cromosomas, o causando modificaciones de las bases del ADN, esto es relacionado con la evaluación realizada donde se encontraron pocas características fenotípicas que difieren de las usuales en dicha variedad evaluada.

Se podrían obtener más variación si las plantas evaluadas son sometidas a un proceso de propagación vegetativa, Hautea *et al.* (2004) indican que la inducción de mutaciones, ya sea química o por irradiación combinado con el cultivo *in vitro* de *Musa* spp. genera un gran número de variantes o mutantes vegetativos en plantas propagadas de manera asexual, por tal motivo en la evaluación se encontraron pocos caracteres variables. Hirimburegama *et al.* (2004), manifiestan que desde 1995 en el programa IAEA/TC han aplicado radiaciones Gamma a meristemos de los cultivares 'Embul' y 'Cavendish' y obtuvieron mutantes de porte bajo y floración temprana. Novak *et al.* (1990) sugieren que la irradiación por rayos Gammas debe ser al menos por cuatro ciclos vegetativos para obtener mayores variaciones en las mutaciones y por lo tanto más características morfo-agronómicas diferentes a las originales, esto no se tomó en consideración en este estudio, debido a que el cultivo estaba ya establecido.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La caracterización morfológica debe ser realizada durante una sola época de manera completa, ya que si una parte es evaluada en épocas distintas los datos se verán ligeramente afectados.
- EL único descriptor morfológicos que ayudo a determinar la altura del pseudotallo se lo efectúo en 1,079 plantas de las cuales 746 obtuvieron un rango mayor o igual a 3 m de altura.
- La distribución de frecuencia permitió establecer la cantidad de 1,079 plantas que se desarrolló bajo las características determinadas por los descriptores según la sección morfológica a caracterizar, dentro de las cuales se destacaron 842 ejemplares con una longitud laminar de 221 a 260 cm y 836 plantas con un ancho lamiar de 81 a 90 cm.
- Según la recolección de datos evaluados de 1,102 plantas ninguna perteneciente al banco de germoplasma mostró variabilidad en la textura y coloración en la sabia, ya que en su totalidad expusieron características acuosas en la misma, las diferencias se destacaron en el número de hijos donde 2 plantas alcanzaron un total de 6 hijos siendo una característica propia de la mutagénesis.

5.2. RECOMENDACIONES

- Ampliar estos estudios utilizando y combinando técnicas de caracterización molecular para ampliar y especificar la diferenciación de cada genotipo.
- Realizar estudios taxonómicos utilizando marcadores moleculares para una mejor evaluación de diversidad genética para todas las colecciones del banco de germoplasma de la variedad cv. Williams.
- Organizar y ampliar la información de los resultados evaluados, para que se dé conocimiento de los productores al país.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

6.1. BIBLIOGRAFÍA

- Acapa, A. (2012). *Compendio Agropecuario*. La Paz, Bolivia: Antares.
- Banhon. (30 de noviembre de 2013). *Origen e historia del banano*. Obtenido de Bananohonduecuador:
<https://bananohonduecuador.wordpress.com/2013/11/28/origen-e-historia-del-banano/>
- Cedeño, G. (13 de abril de 2017). *Banano, plátano y otras musáceas*. Obtenido de INIAP:
<http://www.iniap.gob.ec/pruebav3/banano-platano-y-otras-musaceas/>
- El Comercio. (13 de Agosto de 2019). Los envíos de banano crecieron un 4% en el primer semestre de 2019. *Diario El Comercio*, pág. Online. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/actualidad/banano-exportaciones-crecimiento-fusarium-mag.html>
- Exbanlight. (7 de Enero de 2019). *Banano, Origen e Influencia en la Economía Ecuatoriana*. Obtenido de Exbanlight: <https://exbanlight.com/banano-origen/>
- FAO. (2014). *Normas para bancos de germoplasma de recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura*. Roma, Italia: FAO.
- González, L., Ramírez, T., Rodríguez, S., Román, M., Hernández, M., Beovides, Y., . . . Reinaldo, E. (2009). Características morfo-agronómicas de genotipos de plátanos (*Musa* spp.) pertenecientes al banco de Germoplasma del INIVIT. *Centro Agrícola*, 36(2), 31-39.
- Grado. (16 de Abril de 2018). *Taxonomía del banano*. Obtenido de Taxonomía de plantas grado 93: <http://taxonomiadeplantasgrado93.blogspot.com/2018/04/taxonomia-del-banano.html>
- Hautea, D. M., Molina, G. C., Balatero, C. H., Coronado, N. B., Pérez, E. B., Alvarez, M. T., . . . Caspillo, C. S. (2004). Analysis of induced mutants of Phillippine banana with molecular markers. En T. A. Mohan, & R. Swennen, *Banana improvement: Cellular, Molecular Biology, and Induced Mutations* (págs. 45-57). Enfield, USA: Science Publishers, Inc.
- Hirimburegama, W. K., Dias, W., & Hirimburegama, K. (2004). Banana improvement through Gamma irradiation and testingfor banana bract mosaic virus in Sri Lanka. En T. A. Mohan, & R. Swennen, *Banana improvement: Cellular, Molecular Biology and Induced Mutations* (págs. 79-85). Enfield, USA: Science Publishers, Inc.

- INEC. (2017). *Estadísticas sectoriales*. Obtenido de Ecuador en cifras: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-sectoriales/>
- INEC. (Abril de 2019). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) 2018. *Diapositivas*. Ecuador: Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) y ESPAC.
- IPGRI. (1996). *Descriptores para el banano (Musa spp.)*. Roma, Italia: CIRAD.
- James, C. (18 de Agosto de 2009). *Blogger.com*. Obtenido de <http://carlosjames-carlosjames-1.blogspot.com/>
- Lagoda, P., Baurens, F., Raboin, L., & Noye, J. (22-25 de Marzo de 1999). The study of Musaceae: Mapping and genomics. *International Symposium on Molecular and Cellular Biology of Banana*. Ithaca, New York, United States: PROMUSA.
- Machado, R. (2011). Caracterización morfológica y productiva de procedencias de *Jatropha curcas* L. *Pastos y Forrajes*, 34(3), 267-280.
- Mendoza, M. (24 de Octubre de 2018). Exportaciones de banano crecieron 5% en 9 meses. *Diario El Comercio*, pág. Online. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/actualidad/exportaciones-banano-crecimiento-ventas-ecuador.html>
- Mera, C. E. (2019). Caracterización agronómica y sanitaria de mutantes de banano cv. Williams en la Estación Experimental Tropical Pichilingue, Provincia de Los Ríos. *Tesis de Grado*. Guayaquil, Guayas, Ecuador: Universidad de Guayaquil.
- Montoya, J. (7 de Febrero de 2018). *Las exportaciones de banano ecuatorino en 2018*. Obtenido de <http://banano.ebizar.com/las-exportaciones-de-banano-ecuatorianas-2018/>
- Navia, M. M. (2019). *Caracterización morfológica de cultivares recolectados de banano y plátano*. Lima, Perú: PIA.
- Novak, F., Azfa, R., Van Duren, M., & Omar, M. (1990). Mutation induction by Gamma irradiation of in vitro cultured shoot-tips of bananas and plantains (*Musa* cvs.). *Tropical Agriculture*(67), 21-28.
- Olivera, Y., Hernández, L., Cruz, D., Ramírez, W., & Lezcano, J. (2009). Nota técnica: Caracterización morfobotánica de tres especies. *Pastos y Forrajes*, 32(3). Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v32n3/pyf02309.pdf>
- Pestana, R., Amorim, E., Ferreira, C., Amorim, V., Oliveira, L., & Silva, S. (2013). Agronomic and Molecular Characterization of Gamma Ray-Induced Banana (*Musa* sp.) Mutants using a Multivariate Statistical Algorithm. *Acta Horticulturae*, 986:251-254.

- Rainforest Alliance. (5 de Febrero de 2014). *Conozca una finca sostenible de banano*. Obtenido de The Frog Blog Español: <https://thefrogblog.es/2014/02/05/conozca-una-finca-sostenible-de-banano/>
- Sandoval, J. A. (1998). Biotecnología y cultivo de tejidos. Aplicaciones en el cultivo del plátano (Musa AAB). *Seminario Internacional sobre Producción de Plátano*, 71-77. Colombia: Memorias Proceedings.
- Silva, J. (07 de Enero de 2019). *Cultivo de banano*. Obtenido de Agrotendencia: <https://agrotendencia.tv/agropedia/el-cultivo-de-banano/>
- Tapia, A., & Fagiani, M. (Junio de 2011). Riego y fertilización de banano en condiciones subtropicales de Argentina. *Diapositivas*, 2. Argentina: INTA.
- Urgilés, S. H. (2016). Proyecto de factibilidad para la exportación de banano deshidratado al mercado Ruso, período 2014-2023. *Tesis de Grado*. Quito, Pichincha, Ecuador: Universidad Tecnológica Equinoccial.
- Valarezo, A. V. (2015). Detección temprana de mutantes de banano tolerantes o resistentes a Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*, Morelet) en condiciones de vivero. *Tesis de Grado*. Babahoyo, Los Ríos, Ecuador: Universidad Técnica de Babahoyo.
- Vézina, A. (22 de Julio de 2016). *Morfología de la planta del banano*. Obtenido de Promusa: <http://www.promusa.org/Morfolog%C3%ADa+de+la+planta+del+banano>
- Zambrano, F. (12 de Noviembre de 2019). Banano en Pichilingue. Quevedo, Los Rios, Ecuador
- .

CAPÍTULO VII

ANEXOS

7.1. ANEXOS

Anexo 1. Medición de la altura del pseudotallo.



Anexo 2. Registro de datos del diámetro de la hoja



Anexo 3. Color subyacente del pseudotallo.



Anexo 4. Pigmentación de las vainas internas del pseudotallo



Anexo 5. Canal del pecíolo de la hoja III



Anexo 6. Color de los márgenes del pecíolo



Anexo 7. Color de la cara inferior de la lámina y color de la nervadura en el envés.



Anexo 8. Color de la cara superior de la lámina y color de la nervadura en el haz.

