

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA
SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



**ESTIMACION DE LA VARIACION SOMACLONAL Y
LA INDUCIDA POR RAYOS GAMMA EN BANANO
(*Musa spp*). DETERMINACION DE INDICES PARA
EL PROCESO DE SELECCION**

POR:

JUAN CARLOS RODRIGUEZ CABRIALES

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS AGRICOLAS
CON ESPECIALIDAD EN MEJORAMIENTO GENETICO**

MARIN, N. L.

ABRIL DE 2000

TD
SB379
.B2
R6
2000
c.1



1080110328

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



ANÁLISIS DE LA VARIACION SOMACLONAL Y LA INDUCIDA
EN GAMMA EN BANANO (*Musa spp.*). DETERMINACION
DE INDICES PARA EL PROCESO DE SELECCIÓN.

POR

JUAN CARLOS RODRIGUEZ CABRIALES

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO
DE DOCTOR EN CIENCIAS AGRICOLAS
CON ESPECIALIDAD EN MEJORAMIENTO
GENETICO

MARIN, N. L.

ABRIL DE 2000



TD
SB379
.B2
R6
2000



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

**ESTIMACION DE LA VARIACION SOMACLONAL Y LA
INDUCIDA POR RAYOS GAMMA EN BANANO (*Musa spp*).
DETERMINACION DE INDICES PARA EL PROCESO DE
SELECCIÓN.**

POR

JUAN CARLOS RODRIGUEZ CABRIALES

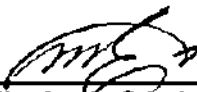
**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO
DE DOCTOR EN CIENCIAS AGRICOLAS
CON ESPECIALIDAD EN MEJORAMIENTO
GENETICO**

MARIN, N. L.

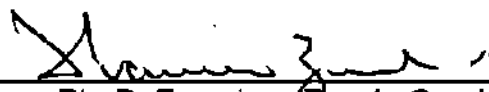
ABRIL DE 2000

ESTIMACION DE LA VARIACION SOMACLONAL Y LA INDUCIDA POR
RAYOS GAMMA EN BANANO (*Musa spp.*). DETERMINACION DE INDICES
PARA EL PROCESO DE SELECCION.

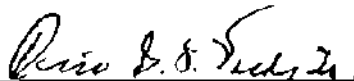
Aprobación de tesis por el comité particular:



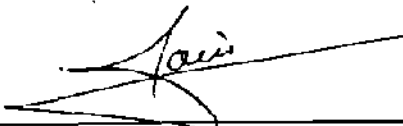
Dra. María Elizabeth Cárdenas Cérda
Directora de tesis



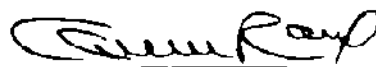
Ph. D. Francisco Zavala García
Co-Asesor



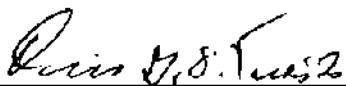
Ph. D. Ciro G. S. Valdés Lozano
Co-Asesor



Ph. D. Gilberto E. Salinas García
Co-Asesor



M.C. Gerardo Ramirez Sandoval
Asesor Externo



Ph. D. Ciro G. S. Valdés Lozano
Subdirector de Estudios de Postgrado de la Facultad de Agronomía
Universidad Autónoma de Nuevo León

El presente trabajo es parte del proyecto de investigación denominado "Manejo integrado de la sigatoka negra del plátano" que el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias lleva a cabo en el estado de Tabasco. En este se presentan los avances que se lograron obtener en el período Agosto 1995-Diciembre 1998. A pesar del ciclo del cultivo, el cual va de 10 a 12 meses y algunos imponderables se obtuvieron resultados relevantes tal como el material genético generado, así como las estimaciones de los índices de selección. Por otra parte el proyecto continúa en campo en el estado de Tabasco, llevando a cabo la observación de plantas irradiadas así como la evaluación del material genético seleccionado.

El autor

La grandeza de un hombre radica en lo que es y hace, no en lo que aparenta ser y hacer.....

El Autor

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a lo más bello y valioso que poseo en la vida: mi esposa Mirna Olivia y a mis hermosos hijos Karla María, Carlos Alberto, Mariah Fernanda y Maryapaula.

A la memoria de mi madre María de los Angeles Cabriales de Rodríguez; tu ejemplo de lucha hasta el final irá conmigo por siempre, gracias mamacita, te voy a extrañar toda mi vida.

A mi padre Héctor Rodríguez Moreno, que Dios te bendiga y cuide por siempre.

A mis queridos hermanos y sus hermosas familias, Mario Héctor, Raúl, José Luis, María del Carmen (†) y Olga Lilia, por todo el apoyo y amor que le han brindado a mi familia

A mis suegros, Don Aristides Lastra García "El Profe" y Doña Irma Antonio de Lastra, en nuestras aventuras estudiantiles siempre hemos recibido amor y apoyo de ustedes, gracias por eso.

A la memoria de nuestro abuelito Don Filomeno Antonio Morales "Don Filo", por todos los ratos agradables y de amor que recibimos de él.

A la memoria de mi amigo M.C. José Guadalupe Salcedo Gómez, por su ejemplo de dedicación a nuestra profesión

AGRADECIMIENTOS

Es mi deseo primeramente agradecer a personas de alta estima que fueron colaboradores de vital importancia en el desarrollo del presente trabajo, mi compañero y amigo M.C. Gerardo Ramírez Sandoval y su distinguida esposa Q.A. Alicia Matadamas Espindola quienes de manera desinteresada trabajaron arduamente en actividades de laboratorio y campo en el estado de Tabasco, mi gratitud eterna.

A las instituciones que de distintas formas contribuyeron en la obtención del grado académico; el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, el Comité Regional de Sanidad Vegetal de la Sierra de Tabasco y la Unión Agrícola Regional de la Sierra del Estado de Tabasco Productores de Plátano.

A la Dra. Elizabeth Cárdenas Cérda, le agradezco el haber aceptado ser asesor principal, no solo de palabra sino de acción, el haber compartido proyectos y sobre todo la confianza total depositada en un servidor.

A los Doctores Francisco Zavala García, Ciro G.S. Valdés Lozano y Gilberto Salinas García, les agradezco toda su colaboración, apoyo, ejemplo y la oportunidad de compartir el aula de clases y proyectos.

A todos mis compañeros de la Subdirección de Estudios de Postgrado con quienes compartí horas de estudio, trabajo y esparcimiento, los voy a recordar por siempre.

A mis compañeros y amigos Noe Flores y su distinguida esposa Elvia Margarita Romero de Flores así como a su apreciable familia por todos los favores recibidos.

A mi amigo Mario Dena Silva, por el apoyo y comentario en el momento preciso.

A mi cuñado Jaime A. Lastra Antonio, por su participación en la toma de datos de campo.

A los estudiantes de la Univerisdad Juárez Autónoma de Tabasco, Ramón Bastar A., Alejandro Hernández V., Alvaro Marín A., Joaquín García J. y Edwin Quintero M. por su colaboración en el trabajo de campo.

A Don Arturo y Doña Tere, por su admirable forma de ser, Dios los bendiga siempre.

A todo el personal secretarial, administrativo y de intendencia de la Subirección de Estudios de Postgrado por todo el apoyo recibido.

RESUMEN AUTOBIOGRAFICO

Juan Carlos Rodríguez Cabriales

Candidato para el grado de Doctor en Ciencias Agrícolas con especialidad en Mejoramiento de plantas.

Título de Tesis:

Estimación de la variación somacional y la inducida por rayos gamma en banano (*Musa spp.*). Determinación de índices para el proceso de selección.

Áreas de Estudio:

Ciencias Agrícolas, Fitotecnia, Mejoramiento de plantas

Biografía

Datos Personales:

Nacido el 14 de septiembre de 1959 en la ciudad de Monterrey, Nuevo León. Hijo de María de los Angeles Cabriales Gómez y Héctor Rodríguez Moreno.

Educación:

- i) Egresado de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Julio de 1981.
- ii) Maestro en Ciencias en Fitomejoramiento y Fisiotecnia por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Monterrey. Julio de 1988.
- iii) Adiestramiento en servicio en cultivos promisorios por el Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. Julio de 1990.

Experiencia profesional:

Investigador Agrícola del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias de 1982 a la fecha.

Otros:

- i). Miembro del Sistema Nacional de Investigadores como candidato a investigador nacional período 1989-1992.
- ii) Primer lugar nacional premio "Rómulo Garza" edición 1988 otorgado por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.

INDICE

LISTA DE CUADROS	x
LISTA DE FIGURAS	xii
LISTA DE CUADROS DEL APENDICE	xiii
RESUMEN	xiv
SUMMARY	xvi
1. INTRODUCCION	1
1.1. Objetivo general del trabajo.....	4
2. REVISION DE LITERATURA	5
2.1. La variación inducida de banano in vitro.....	5
2.1.1. Dosis óptima de 6-Bencilamino purina (6-BAP) para la formación de multiyemas.....	5
2.1.2. Mutagénesis.....	8
2.1.3. Variación somaclonal.....	12
2.2. La variación y la selección.....	18
2.2.1. Estimación de la varianza.....	19
2.2.2. Tipos de selección para varios caracteres.....	21
2.2.3. Coeficientes de variación genotípica, fenotípica, heredabilidad y avance genético.....	23
2.3. Correlaciones genotípicas.....	27
2.4. Coeficientes de sendero.....	28
2.5. Indices de selección.....	30
2.6 Hipótesis de trabajo.....	33
3. MATERIALES Y METODOS	35
3.1. Determinación de la dosis óptima de 6-BAP para la formación de multiyemas.....	35
3.2. Determinación de la dosis de irradiación gamma.....	36
3.3. Variación somaclonal.....	37
3.4. Coeficientes de variabilidad genotípica y fenotípica, heredabilidad avance genético, coeficientes de sendero e indices de selección.....	39
4. RESULTADOS Y DISCUSION	46
4.1. Determinación de la dosis óptima de 6-BAP para la formación de multiyemas.....	46
4.2. Determinación de la dosis óptima de irradiación gamma.....	51
4.3. Variación somaclonal.....	53
4.3.1. Proporción de variantes somaclonales.....	53
4.3.2. Tipos de variantes en el genotipo FHIA 02.....	54
4.3.3. Tipos de variantes en en genotipo FHIA 03.....	55
4.3.4. Comparación de variantes somaclonales entre genotipos.....	58
4.3.5. La tolerancia a la sigatoka negra en el variante "Rosado".....	58

4.4 Coeficientes de variabilidad genotípica y fenotípica, heredabilidad avance genético, coeficientes de sendero e índices de selección.....	59
4.4.1. Coeficientes de variabilidad genotípica y fenotípica, Heredabilidad, avance genético.....	59
4.4.2. Coeficientes de sendero.....	64
4.4.3. Construcción de los índices de selección.....	69
5. CONCLUSIONES.....	75
5.1. Determinación de la dosis óptima de 6-BAP para la formación de multiyemas.....	75
5.2 . Determinación de la dosis óptima de irradiación gamma.....	75
5.3. Variación somaclonal.....	76
5.4. Índices de selección.....	76
6. RECOMENDACIONES.....	78
7. BIBLIOGRAFIA.....	79
8. APENDICE.....	86

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Esperanza de cuadrados medios para el diseño de bloques completos al azar con un arreglo en parcelas divididas (Steel y Torrie, 1995).....	41
Cuadro 2. Significancia de variables evaluadas en el ensayo de dosis de 6-BAP.....	46
Cuadro 3. Comparación de medias de genotipos para las diferentes variables evaluadas (Tukey 5%).....	47
Cuadro 4. Comparación de medias de dosis de 6-BAP para las diferentes variables (Tukey 5%).....	48
Cuadro 5. Correlaciones encontradas entre las variables medidas.....	49
Cuadro 6. Dosis óptimas de 6-BAP para la formación de brotes múltiples para cada uno de los genotipos evaluados.....	49
Cuadro 7. Porcentaje de supervivencia de los explantes de banano de los genotipos FHIA 18 y Gran Enano sometidos a diversas dosis de rayos gamma.....	51
Cuadro 8. Altura promedio de los brotes (cm) a las 6 semanas de recibir su dosis de radiación gamma.....	52
Cuadro 9. Porcentajes de variación somacional observada total y dentro de genotipos.....	53
Cuadro 10. Tipos de variantes, frecuencia y porcentaje observados en el genotipo FHIA 02.....	54
Cuadro 11. Tipos de variantes, frecuencia y porcentaje observados en el genotipo FHIA 03.....	55
Cuadro 12. Promedio del grado de infección de sigatoka negra en dos tipos de plantas del genotipo FHIA 02.....	59
Cuadro 13. Análisis biométrico de características cuantitativas en banano.....	61
Cuadro 14. Varianzas y covarianzas genéticas de las variables utilizadas, obtenidas de la ECM de un diseño en bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas.....	65
Cuadro 15. Matriz de correlaciones genéticas calculadas con varianzas negativas y muy pequeñas.....	65

Cuadro 16. Matriz de varianzas y covarianzas genéticas recalculadas con un diseño de bloques completos al azar.....	66
Cuadro 17. Matriz de correlaciones genéticas calculadas con la esperanza de cuadrados medios de un diseño en bloques completos al azar.....	67
Cuadro 18. Matriz inversa de correlaciones genéticas.....	68
Cuadro 19. Correlaciones genotípicas de las variables con el rendimiento (X8) y su respectivo valor de coeficiente de sendero (P).....	68
Cuadro 20. Tabla de coeficientes de sendero (valores en la diagonal) y correlaciones parciales de cada variable con el rendimiento (X8).....	69
Cuadro 21. Índices de selección, ganancia genética y eficiencia relativa de cada uno, calculados a partir de las variables seleccionadas por coeficientes de sendero.....	70

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Brotes múltiples de banano obtenidos en el ensayo de la dosis de 6-BAP....	50
Figura 2. Tipos de variantes observados en el genotipo FHIA 02.....	56
Figura 3. Tipos de variantes observados en el genotipo FHIA 03.....	57
Figura 4. Variante del genotipo FHIA 02 conocido como "Rosado".....	60

LISTA DE CUADROS DEL APENDICE

Cuadro 1 A. Identificación de plantas variantes en las parcelas con los genotipos FHIA 02 y FHIA 03.....	86
---	----

RESUMEN

Juan Carlos Rodríguez Cabriales Fecha de Graduación: Abril de 2000

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Agronomía

Título del estudio: Estimación de la variación somaclonal y la inducida por rayos gamma en banano (*Musa* spp.). Determinación de índices para el proceso de selección.

Número de páginas: 88

**Candidato para el grado de Doctor en Ciencias Agrícolas
con Especialidad en Mejoramiento Genético**

Areas de Estudio: Ciencias Agrícolas. Mejoramiento Genético

Propósitos y Métodos de Estudio: El mejoramiento genético del banano mediante cruzamientos sexuales es difícil de realizar debido a la esterilidad provocada por la condición triploide de los clones que se consumen en fresco. La variación somaclonal la cual se presenta en los procesos de multiplicación *in vitro* así como la que se puede inducir mediante irradiación, representan opciones para generar variación que pudiera ser agrónomicamente útil. Por otra parte los índices de selección son una herramienta importante para realizar selección indirecta para rendimiento. Los propósitos de la investigación fueron: partiendo de clones de banano conocidos como tolerantes a la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), pero carentes de alta calidad para consumo en fresco, mediante la variación somaclonal y la inducción de mutaciones se pretende generar variabilidad genética dentro de la cual se puedan identificar individuos que mantengan la tolerancia a la sigatoka negra y que a la vez presenten una mejor calidad de fruto; así mismo, mediante el análisis de variabilidad morfológica en plántula y en planta adulta, se plantea establecer relaciones causales entre las variables las cuales tengan un valor predictivo de selección en estado de plántula para alto rendimiento y la conservación de la tolerancia a la sigatoka negra en planta adulta. Para lograr lo anterior se llevaron a cabo experimentos de laboratorio en la Facultad de Agronomía de la UANL y en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias en el estado de Tabasco. Asimismo, se estableció un experimento de campo en el estado de Tabasco, en el cual se realizó la detección de variación somaclonal, el análisis de la variabilidad genética y la construcción de índices de selección. El material vegetal utilizado fueron los genotipos FHIA 01, FHIA 02, FHIA, 03 y Gran Enano. Se determinó el porcentaje de variación somaclonal total y dentro de genotipos; así mismo, se determinaron para 12 variables los parámetros genéticos, varianza genotípica, varianza fenotípica, varianza ambiental, coeficiente de variación genotípica, coeficiente de variación fenotípica, heredabilidad en sentido amplio, avance genético como porcentaje de la

media. Se utilizó la técnica de coeficientes de sendero para seleccionar las variables que participarían en la construcción de los índices a los cuales también se les calculó el avance genético y la eficiencia relativa.

Contribuciones y Conclusiones: La contribución más importante fue la identificación de un variante somaclonal del genotipo FHIA 02 que mostró un nivel de tolerancia a la sigatoka negra superior a su fuente original y que en pruebas preliminares mostró buen sabor y forma del fruto, de tal forma que este material representa un prospecto a cultivarse comercialmente sin el uso de fungicidas. Dentro de las conclusiones más importantes se obtuvieron: La mayor variación de tipos se observó en el genotipo FHIA 03. Se observó una mayor frecuencia de variantes en el genotipo FHIA 02. La variación en FHIA 02 denominada "Rosado", resultó ser la más promisoría por su mayor tolerancia a Sigatoka negra. Las variables altura de plántula, ancho de lámina foliar, longitud de lámina foliar y diámetro de pseudotallo presentaron los mayores valores de heredabilidad en sentido amplio, así como alta ganancia genética esperada. Por lo tanto, la selección en plántulas basada en estos caracteres podría ser altamente efectiva. El peso de racimo y días a floración fueron variables altamente influenciadas por el ambiente, por lo cual estas variables no deben ser utilizadas como criterios de selección. Existen índices de selección que incluyen al menos dos variables tal como el que incluye las variables ancho de la lámina (X4) y distancia entre la 2ª y 3ª hoja (X5) o bien ancho de la lámina (X4) e índice foliar (X12) que permiten obtener ganancia genética y eficiencia relativa con valores muy parecidos a los que se obtienen incluyendo más variables.

FIRMA DEL ASESOR PRINCIPAL _____



SUMMARY

Juan Carlos Rodríguez Cabriaes

Graduation Date: April of 2000

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Agronomía

Title of the Research Work: Somaclonal variation and the induced by gamma rays in banana plants (*Musa* spp.). Determination of selection indexes.

Number of Pages: 88

Subjects of the Research Work: Agriculture Sciences. Plant Breeding.

Aims and Methods of the Research Work: Breeding of bananas by sexual crosses is difficult due to the sterility by the triploid condition. Somaclonal variation occurring by in vitro multiplication and the mutations induced by irradiation are alternatives to generate variation useful to improve the crop. On the other hand, selection indexes are important tools for indirect selection. The goals of this research work were: 1) to create somaclonal variation and to induce mutations, to attempt generate genetic variability useful to identify plants keeping with sigatoka tolerance and better fruit quality; 2) analysis of morphologic variability in plantlet stage and adult plant to establish causative relations among traits which have a prediction value to select in plantlet stage for high yield and black sigatoka tolerance in adult plant. To achieve these goals, lab experiments were made in the Facultad de Agronomia of the Universidad Autonoma de Nuevo León at Marín Nuevo León and at the Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias in Tabasco state. A field experiment was established at Tabasco state in order to detect somaclonal variation, to analyze genetic variation and to estimate selection indexes. The banana clones used were: FHIA 01, FHIA 02, FHIA 03 and Gran Enano. Percent of total somaclonal variation and within genotypes were estimated. Genetic parameters, genotypic variance, phenotypic variance, environmental variance, coefficient of genotypic variation, coefficient of phenotypic variation, hereditability in broad sense, and genetic gain as mean percent were calculated for twelve traits. Path coefficient analysis was used to select the traits that would be used in selection indexes, genetic gain and relative efficiency for selection indexes were calculated.

Contributions and Conclusions: The most important contribution was the identification of a somaclonal variant of FHIA 02 genotype which showed a higher black sigatoka tolerance level than the original source. In preliminar test, showed good flavor and fruit shape; this genotype is a prospect to cultivate it commercially by using a small amount or without fungicides. The most important conclusions were: The higher type variation was observed in FHIA 03 a higher frequency of variants was observed in FHIA 02. The most promising material for its improved black sigatoka tolerance was "Rosado", a variation from FHIA 02. The traits plant height, leaf width and pseudostem diameter had higher values of heritability in broad

sense, and high expected genetic gain. Therefore, selection in plantlets based upon these traits could be highly effective. Bunch weight and days to flowering were traits highly influenced by the environment, for this reason the traits should not be used as selection criteria. Selection indexes carrying two traits such as leaf width and distance between 2nd and 3rd leaf or leaf width and leaf area index, may get more genetic gain and more relative efficiency than selection indexes with more than two traits.

MAIN ADVISOR SIGNATURE

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, cursive letters, positioned above a horizontal line.

1. INTRODUCCIÓN

En México se cultivan alrededor de 68 mil hectáreas de bananos y plátanos, en las que se producen 2.1 millones de toneladas de fruta al año destinándose el 95 % para consumo nacional. Los estados productores y su porcentaje de superficie cultivada son: Chiapas 28 %; Veracruz 17 %; Tabasco 16 %; Michoacán 9 %; Nayarit 8 %; Colima 7 % y Oaxaca, Guerrero y Jalisco con un 15 % .

La actividad en el cultivo genera aproximadamente 70,000 empleos directos en el campo y emparadoras, y 140,000 en actividades de transporte, almacenamiento y comercialización (Ramírez *et al.*, 1999).

El banano es considerado en México como uno de los cinco frutales más importantes y enfrenta como problema agronómico número uno la enfermedad foliar conocida como sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), la cual fue reportada en nuestro país en 1981 por Holguín y Avila (1981); desde entonces, se ha convertido en un gran obstáculo para la obtención de una cosecha económicamente rentable, puesto que el control de la misma se lleva a cabo mediante la aplicación de fungicidas sistémicos y de contacto y con el apoyo de prácticas culturales que implican una inversión mayor de mano de obra.

Como un ejemplo de la problemática del cultivo en relación a la sigatoka negra, se tiene que en la región de la sierra del estado de Tabasco se cultivan cerca de 6000 hectáreas, donde el control químico de la sigatoka negra en los últimos cinco años se ha intensificado, sobre todo mediante el uso de fungicidas de contacto a base de

mancozeb, realizándose aplicaciones aéreas durante todo el año a intervalos de 7 a 9 días en dosis de 1600 g de ingrediente activo (i a).ha⁻¹, adicionando la resina natural conocida como pinoleno en dosis de 500 ml.ha⁻¹. Este programa, a pesar de que proporciona un buen control de la enfermedad, significa una carga económica permanente y una amenaza de contaminación al ambiente por las cantidades tan significativamente altas que se aplican, las cuales se han estimado en más de 1000 toneladas de ingrediente activo en el período octubre de 1995 a diciembre 1998, en la zona antes mencionada.

Aparte de la aplicación de fungicidas, la producción de banano involucra una gran aplicación de insumos, tales como fertilizantes, nematicidas, herbicidas etc, esto es, una alta tecnología, bajo lo cual se han logrado rendimientos hasta de 80 ton.ha⁻¹ (Ramírez *et al.*, 1999).

La vía más segura para hacer frente a problemas parasitológicos ha sido generalmente la búsqueda de individuos resistentes a los patógenos a través del mejoramiento genético; sin embargo, en el caso de los bananos comerciales de consumo en fresco, los cuales son los que mas se cultivan (*Musa* AAA sub grupo Cavendish), debido a su condición triploide y consecuente esterilidad, el esquema de cruzamientos directos seguido de selección es posible solo involucrando especies diploides y tetraploides en programas largos y costosos. Así, la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA), después de un trabajo de más de 25 años de cruza entre especies diploides y tetraploides fértiles, ha logrado producir híbridos estériles tolerantes a la sigatoka negra entre ellos FHIA 01, FHIA 02, FHIA 03 y FHIA 18 (Rowe, 1993); sin embargo, la forma y sabor de la fruta de éstos híbridos, es diferente a la de los bananos comerciales

Cavendish y Gros Michel, que actualmente se consumen, por lo que están en desventaja en el mercado internacional de fruta para consumo en fresco. Estos clones, de llegar a tener la calidad requerida para el mercado en fresco de los bananos Cavendish y contando con tolerancia a la sigatoka negra, permitirían reducir no sólo los costos de producción, sino también el costo ecológico de la contaminación por agroquímicos en el ambiente.

Aparte de los programas de cruce y selección, existen tres opciones de mejoramiento genético para superar las barreras de la esterilidad debido a la triploidía, y poder generar variabilidad genética para rendimiento, calidad y tolerancia a la sigatoka negra en los bananos, estas son: las técnicas de cultivo de tejidos mediante las cuales se puede inducir variación somaclonal (Larkin y Skowcroft, 1981), el uso de agentes mutagénicos, como los rayos gamma, con los cuales se busca generar cambios genéticos y la combinación de ambas.

Una vez generada tal variación genética, sería posible la utilización de la selección para mejorar el rendimiento, la calidad y la tolerancia a la sigatoka negra.

Para aumentar la probabilidad de seleccionar genotipos deseables dentro de la variación genética generada por las opciones señaladas anteriormente y por consiguiente lograr un avance más rápido en el proceso de selección, es fundamental conocer las relaciones existentes entre los caracteres de plántula con el rendimiento, la calidad y la tolerancia a la sigatoka negra; para ello las técnicas de correlaciones genotípicas y fenotípicas, coeficientes de sendero e índices de selección, pueden dar información para fundamentar genéticamente el proceso de selección.

1.1. Objetivo general del trabajo

Partiendo de clones de banano conocidos como tolerantes a la sigatoka negra, pero carentes de alta calidad para consumo en fresco, mediante la variación somaclonal y la inducción de mutaciones se pretende generar variabilidad genética dentro de la cual se puedan identificar individuos que mantengan la tolerancia a la sigatoka negra y que a la vez presenten una mejor calidad de fruto; así mismo, mediante el análisis de la variabilidad morfológica en plántula y en planta adulta se plantea establecer relaciones causales entre las variables que presenten un valor predictivo de selección en estado de plántula para alto rendimiento y la conservación de la tolerancia a la sigatoka negra en planta adulta.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 La variación inducida *in vitro* en banano

En el mejoramiento genético de cualquier cultivo, la variación genética disponible en las poblaciones es la base del éxito.

La variación genética en banano se ha obtenido *in vitro* a través de la generación de variación somaclonal durante el proceso de micropropagación, de la inducción de mutaciones en el material que se micropropaga o ambas, en las cuales, la generación de multiyemas es una ayuda tanto para la micropropagación como para, en su caso, aumentar la probabilidad de generar genotipos diferentes al de partida. A continuación se presentan las experiencias de otros autores al respecto.

2.1.1. Dosis óptima de 6 Bencilamino purina (6-BAP) para la formación de multiyemas

La organogénesis comprende el desarrollo de yemas o de meristemas radicales a partir de los explantes directamente o de callos celulares (Litz y Jarret, 1991).

El principio de la proliferación de brotes múltiples en las Musáceas se basa en el aprovechamiento de las yemas axilares que se localizan en la base del rizoma en el lugar donde se insertan los peciolo que conforman el pseudotallo.

La organogénesis directa a partir de yemas apicales como explantes ha sido ampliamente utilizada en banano para la producción masiva de plantas. Angarita y Castro (1984) destacaron la potencialidad de obtener hasta 15 millones de plantas al año a partir de un explante.

El estímulo para la brotación masiva de los ápices utilizados en la propagación de banano, ha sido generalmente proporcionado por las citocininas, principalmente 6-BAP.

Las citocininas son empleadas para romper la dominancia apical y estimular la formación de brotes desde las axilas de las hojas. La mayoría de los medios de cultivo en su fase de multiplicación llevan citocininas (Orellana, 1994).

Dentro de las propiedades fisiológicas que se le conocen a las citocininas Vidale (1986), señaló que son muy activas y sus principales acciones son: a) un efecto muy claro en la división celular; en este proceso son indispensables, pero ineficaces en ausencia de auxinas, las dos se complementan, la auxina favorece la duplicación del ADN y la citocinina hace posible la separación de los cromosomas; b) un papel muy claro en la organogénesis, ya que brindan estimulación considerable a la formación de yemas, en contraste, son antagónicas a la rizogénesis; c) efecto antagónico de la dominancia apical, las yemas laterales tratadas empiezan a crecer y a competir con el eje terminal.

Si la relación auxina/citocinina es alta se estimulará la formación de raíz y si la relación es baja habrá formación de brotes (Pierik *et al.*, 1974).

Respecto al uso de citocininas para la proliferación de yemas, las dosis que se emplean varían en un rango de 3-20 μM y en algunos casos se ha llegado hasta 270 μM ; asimismo, la citocinina (6-BAP) es la más eficiente para la estimulación de la proliferación de las yemas axilares *in vitro* (Schanbelrauch y Sink, 1979). Orellana (1994) señaló que en la micropropagación de plátano y banano la 6-BAP es la única que se utiliza en dosis desde 3 a 22 μM .

Para la micropropagación de banano, en el medio de multiplicación se utiliza una dosis alta de 6-BAP de 5.0 mg.L^{-1} lográndose así una alta tasa de proliferación de yemas laterales por eliminación de la dominancia apical, obteniendo un promedio de 8 a 12 por explante en un período de 60 días (Sandoval, 1985).

Al validar la técnica propuesta por Sandoval (1985) en banano Enano gigante (*Musa* AAA subgrupo Cavendish), probando las dosis de 3, 5 y 7 mg.L^{-1} de 6-BAP, se concluyó que la mejor dosis para la proliferación de brotes fue la de 5 mg.L^{-1} (Rodríguez, 1994).

El efecto de concentraciones bajas de 6-BAP en la propagación de *Musa* (AAB cv. Curraré) se midió a través del incremento de peso; se determinó que la dosis de 1.0 mg.L^{-1} provocó la mayor ganancia, siendo esta de un 50 % mayor que las no tratadas; este resultado confirma el papel de las citocininas en la mitosis (Acuña, 1994).

Lameira *et al.* (1993) probaron las dosis de 2.5; 5.0 y 7.5 mg.L^{-1} 6-BAP para determinar su efecto en la tasa de multiplicación de banano Prata (AAB). Los ápices

meristemáticos usados como explantes se subcultivaron cada 18 a 23 días y la mejor respuesta la obtuvieron con la dosis de 2.5 mg.L⁻¹.

La dosis de 10 µM de 6-BAP es la recomendada para la formación de brotes múltiples de los que obtienen explantes conocidos como "scalps", los cuales contienen el ápice meristemático y son la base para la formación de una suspensión celular (Dhed'a, 1992).

El genoma, en el caso del género *Musa*, al parecer influye en el rango y tipo de proliferación, Vuylsteke y De Lhange (1985) encontraron diferencias entre diploides (AA) y triploides (AAA). En los cultivares Cavendish enano y Robusta (ambos AAA) la tasa de multiplicación fue casi el doble que el diploide 'Pisan lilin'. Además, en los triploides con uno o dos genomas del tipo B la tasa fue mucho mayor. Banerjee *et al.* (1986) señalaron que la respuesta de los explantes en la multiplicación, está fuertemente influenciada por la concentración hormonal utilizada en el medio de cultivo, así como por la configuración genómica de los cultivares y por el número de subcultivos.

2.1.2. Mutagénesis

Es necesario considerar varios factores en la selección de un agente mutagénico para ser utilizado en mejoramiento vegetal. Existen diversos agentes mutagénicos físicos que están disponibles para proporcionar radiaciones ionizantes tales como los rayos ultravioleta UV. La radiación electromagnética puede aplicarse mediante rayos X, de generadores de rayos X, rayos Gamma de los isótopos radioactivos Cobalto 60 o Cesio

137, y la radiación densamente ionizante de neutrones térmicos y neutrones rápidos, de un reactor nuclear, así como partículas beta de isótopos radioactivos Fósforo 32 ó Azufre 35 (Donini y Micke, 1984). La radiación ionizante esparcida como los rayos gamma o rayos X fácilmente penetran al tejido de la planta, contrario a la luz ultravioleta que tiene un poder bajo de penetración.

Dentro de los agentes químicos existen varios disponibles: Dietil sulfato (DES), etil metano sulfonato (EMS), metil metano sulfonato (MMS), etilennimine, y N-nitrosoN-etilurea (NEU). Los agentes químicos favorecen las micromutaciones las cuales son preferidas debido a que no se producen cambios drásticos; sin embargo, tienen baja penetración dentro del tejido vital (meristemo) en un sistema *in vivo*, lo cual podría explicar su baja eficiencia en cultivos propagados vegetativamente, además son potencialmente cancerígenos y muy tóxicos (Micke *et al.*, 1987).

El material para tratamiento mutagénico podría ser una célula o un protoplasto obtenido de varias partes de la planta y cultivado individualmente en medio líquido o sólido; sin embargo, existe la limitante en la regeneración de plantas completas, pero la ventaja es que la planta podría ser una planta normal o un mutante sólido.

El tratamiento de células simples no provoca una quimera. La planta regenerada *in vitro* o no *in vitro* puede ser totalmente mutada si la célula inicial está mutada.

Evans *et al.* (1963) señalaron que diversos agentes mutagénicos han sido usados con células cultivadas de *N. tabacum*, desde Rayos X hasta EMS; sin embargo, se prefiere la radiación ultravioleta para mutagénesis debido a que es rápida, conveniente y fácil

de usar. El equipo que se requiere es sumamente sencillo tal como una lámpara de luz UV, un plato agitador magnético y una campana de flujo laminar. La dosis que se maneja de intensidad de rayos UV para el caso de tabaco es de $16000 \text{ ergs (mm}^2\text{)}^{-1}$. El manejo posterior al tratamiento debe hacerse en la oscuridad para evitar la fotoreparación del DNA.

Para los cultivos de propagación vegetativa obligada, tal como los bananos comestibles, las mutaciones son la única fuente de variación. La principal ventaja de este método es la posibilidad de cambiar una o más características, sin cambiar la parte restante del genotipo. Dentro de los problemas importantes de esta metodología de mejoramiento es el quimerismo, el cual se soluciona con el uso de yemas adventicias y la aplicación de varios ciclos de subcultivo para fijar las mutaciones consistentes. Los agentes mutagénicos más comunes para inducir mutaciones en plantas de propagación vegetativa son los rayos X ó gamma (Przybyla, 1994).

De Guzmán *et al.* (1976) utilizaron rayos gamma para tratar ápices de brote *in vitro* de banano, la dosis que emplearon fue de 10-25 Gy.

El tratamiento óptimo de EMS para provocar variación en bananos, utilizando como explantes ápices de brote, es de 0.4% por 2 horas a 28° C, los variantes que se obtienen son micropropagados por 4-5 ciclos vegetativos para reducir el quimerismo (Jamaluddin *s/f*).

Novak *et al.* (1993) utilizaron ápices de brote de *Musa sp* conteniendo el domo meristemático con dos pares de primordios foliares, estos explantes fueron extraídos

de yemas proliferadas e irradiados con rayos gamma de una fuente de cobalto 60. Encontraron que la dosis depende del nivel de ploidía y de la constitución de genomas A ó B. Las dosis que recomendaron fueron: 25 Gy para diploides, 35 Gy para triploides AAA, 40 Gy para las fórmulas genómicas AAB y ABB, y 50 Gy para tetraploides AAAA.

Un mutante de bananos Cavendish, obtenido por irradiación gamma y considerado como precoz a floración se designó como GN-60/A; además, se le confirió un crecimiento vigoroso, su inicio a la floración fue a los nueve meses en lugar de 15 como los no irradiados. En una evaluación posterior mostró una floración del 55% a las 26 semanas después de plantado, la cosecha ocurrió a los 11 semanas después. Las plantas seleccionadas produjeron racimos con un peso promedio de 26 kg en la segunda cosecha, baja altura, buenas características de racimo y sabor, el banano Williams (*Musa* AAA), utilizado como testigo produjo racimos con un promedio de peso de 23 Kg (Roux *et al.*, 1994).

Las líneas de banano Cavendish AAA variedad Nanicao, tolerantes a aluminio fueron obtenidas irradiando protocormos *in vitro* con rayos gamma a una dosis de 2 krad. Una de las líneas seleccionadas mostró una alta tolerancia a estrés de aluminio muy superior a la de la población original (Matsumoto y Yamaguchi, 1990).

Pérez y Orellana (1994) emplearon radiación gamma en dosis de 15 a 40 Gy, las cuales se aplicaron sobre pequeñas plantas buscando mejorar la resistencia a Sigatoka negra; obtuvieron niveles de variación arriba del 25%.

Para la variedad Pisang Rastali, la LD 50 de rayos gamma fue de 30 Gy, para Pisang Berangan de 25 Gy y para Gran Enano 60 Gy (Jamaluddin, 1994).

La dosis LD 50 de rayos gamma para la variedad Williams fue aproximadamente de 40 Gy; sin embargo, la multiplicación de brotes y el vigor de las plántulas fue pobre. La dosis óptima fue de 20 Gy para otros cultivares Cavendish, a esta dosis se obtuvieron cambios visibles aparentes y se obtuvo un 73 % de supervivencia, suficientemente alta para continuar la técnica a gran escala (Smith *et al.*, 1994)

De Beer y Visser (1994) utilizaron en los genotipos Dwarf Cavendish, Williams, Chinese Cavendish y Gran naine, dosis hasta de 60 Gy, con el fin de provocar cambios favorables hacia resistencia al Mal de Panamá (*Fusarium oxisporum* var. *cubense*) y/o superioridad agronómica.

2.1.3. Variación somaclonal

La variación somaclonal representa una nueva fuente de variabilidad genética en cultivares agronómicamente importantes; además, resulta muy útil para incorporar nuevas características a una variedad o para modificar las que esta tiene y así mismo se trata de una técnica relativamente sencilla, las plantas se pueden manipular fácilmente y se evalúan como parte de un programa de mejoramiento (Evans y Sharp, 1986).

Durante la multiplicación de plantas *in vitro* puede generarse variabilidad morfológica así como una alta frecuencia de variantes estables y heredables de características

útiles al fitomejoramiento, a esta misma se le denomina variación somaclonal (Larkin y Scowcroft, 1981).

La aparición de variación en líneas celulares que se presenta en procesos de multiplicación *in vitro*, fue definida originalmente por Larkin y Scowcroft (1981), a la cual llamaron variación somaclonal (Gould, 1986).

Altas frecuencias de cambios genéticos pueden ocurrir en plantas de plátano micropropagadas que han sido regeneradas directamente de cultivo de brotes, sin una intervención de la fase de callo, la similitud entre la variación somaclonal y la natural sugiere que los mismos mecanismos operan la generación de cambios genómicos en ambas instancias (Vuylsteke y Swennen, 1990).

La variabilidad observada en plántulas obtenidas *in vitro*, está de antemano presente en la planta, la selección puede ser realizada con la ayuda de un agente selectivo aplicado al medio de cultivo donde una suspensión celular o un tejido celular se mantienen *in vitro* (Sangwan-Norrell *et al.*, 1991).

En las áreas bananeras de Australia, las vitroplantas de banano han sido cultivadas de manera comercial desde 1986, la variación ha sido baja debido a que pocas plantas se han derivado de los explantes originales, las plantas fuera de tipo fueron llevadas a vivero y propagadas para medir su estabilidad, encontrándose dos tipos de plantas con una longitud de fruta superior (Daniells y Smith, 1991).

Ahloowalia (1982) y Chaleff (1983) distinguieron claramente la variación transitoria de tipo epigenética, la cual probablemente era debida a las condiciones del medio de cultivo, de las variaciones verdaderas que son más a menudo genéticas. En algunos casos, las variaciones no son estables y revierten en una alta tasa en líneas celulares o no persisten en plantas regeneradas, indicando cambios epigenéticos en lugar de eventos mutagénicos. Sin embargo, en otros casos ocurre mutación en células cultivadas así como fenotipos estables con transmisión a su progenie.

La variación es un fenómeno muy común en el género *Musa* y gran parte de esta se ha detectado en bananos del grupo Cavendish (Vuylsteke y Swennen, 1990).

Las plantas derivadas de meristemos mostraron más del 3 % de variación, lo cual es deseable considerando que, con fines de selección, se requiere mayor variabilidad genética que la que ocurre en condiciones naturales, en el cultivar Valery detectaron un 12 % de variabilidad y de un 3 al 5 % en Williams (Hwang y Ko, 1990).

Pool e Irizarry (1987) y Stover (1987) detectaron para el cultivar Gran Enano tasas de variabilidad del 20 y 19 %, respectivamente.

Orellana (1994) encontró diferencias en cuanto al porcentaje de variación de acuerdo al genotipo. En Gran Enano encontró un porcentaje de variación total de 3.65 %. En plantas de uno a tres meses de edad los porcentajes de variación fueron: en "Parecido al Rey" fue de 0.005 % en una población de 20 558 plantas, en "Zanzibar" fue de 0.04 % en una población de 9 770 plantas y en "CEMSA 3/4" fue de 0.04 % en una población de 4 649 plantas.

Las plantas regeneradas de callos y suspensiones celulares tienen más variación que las plantas regeneradas de meristemos y ápices de brote. Se ha desarrollado una metodología para la regeneración de plantas vía callo y así proporcionar fuentes de variación para los programas de mejoramiento de bananos y plátanos a través de la embriogénesis somática y regeneración de plantas en los cultivares, Pisang Mas (AA) y Pisang Rastali (AAB) (Jamaluddin y Novak, 1992).

Se ha desarrollado también un método para la selección temprana de plantas enanas fuera de tipo de banano micropropagado. Las diferencias entre plantas normales y anormales podría ser detectada a las tres semanas después de sacarse de los frascos; sin embargo, la selección más efectiva ocurre a las siete semanas cuando las plantas tienen alrededor de 20 cm de altura. Las variables longitud del peciolo, longitud de la lámina foliar y la relación entre la longitud de la lámina y la longitud del peciolo proporcionan el mejor criterio de selección; las plantas enanas muestran hojas y peciolos significativamente más pequeños que las plantas normales (Smith y Hamill, 1993).

La variación somaclonal de plátanos del subgrupo plantain se ha estudiado como una estrategia viable para mejorar la resistencia a sigatoka negra y para otras variables deseables; se destacan las principales características de la variación somaclonal: 1) la tasa de ocurrencia de la variación somaclonal es genotípicamente específica, en algunos casos encontraron desde un 35 a 69 %, 2) mucha de la variación somaclonal es paralela a la que ocurre naturalmente, y debido a esto no se considera como generada por el cultivo *in vitro* por sí misma, 3) la incidencia de variación somaclonal no está correlacionada con el tiempo en cultivo, 4) el alto nivel de citocinina en el medio

de multiplicación no es mutagénico por sí mismo, 5) el espectro de fenotipos variantes no es muy diverso, 6) los variantes se originan durante la fase de cultivo de tejidos (Vuylsteke y Swennen, 1990).

Dentro de la variación presente en bananos y plátanos micropropagados se destaca lo siguiente: el enanismo es la variación más común en bananos Cavendish, con casi el 5% ocurriendo en este subgrupo; otras variaciones incluyen manos deformadas, brácteas persistentes y pecíolos deformes. Dentro de las variaciones presentes en la inflorescencia de los bananos Cavendish destaca el tamaño y forma del fruto, los limbos de las hojas también se ven variados en este subgrupo, apareciendo como síntomas de virosis, tales como el del mosaico; esto podría asociarse también al enanismo. Algunas variaciones son fácilmente transmisibles como el enanismo, en Gran Enano, la progenie micropropagada con variaciones de enanismo, gigantismo y semejanza a mosaico retuvieron su variación después de cinco ciclos de micropropagación *in vitro*. Las plantas fuera de tipo de bananos y plátanos son a menudo fenotípicamente muy parecidas a los cultivares naturales por lo que no se puede modificar sustancialmente la variabilidad existente (Cote *et al.*, 1993).

Dentro de las variantes agronómicamente relevantes que se han seleccionado por variación somaclonal *in vitro* destacan:

-Variantes de Giant Cavendish resistentes a *Fusarium oxisporum sp cubense* (Hwang y Ko, 1987).

-En Cuba, un variante del cultivar burro CEMSA (AAB) fue seleccionado por tener menor altura que su fuente original (Rodríguez *et al.*, 1991).

-La misma selección anterior en el cultivar falso cuerno (AAB) (Sandoval *et al.*, 1991).

Israeli *et al.* (1991), trabajando con diversos clones, encontraron diferencia en la cantidad de tipos de variantes, en los clones "Williams" y "Gran Enano" identificaron 10 tipos de variantes mientras que en los clones "Shai", "Eilon", "Arnon" y "Nathan" solo dos.

Daniells y Smith (1993) presentaron porcentajes de variación en plantaciones generadas de vitroplantas en Australia y registran desde 0 a 90 % dependiendo del cultivar; el tipo de variación predominante fue la de enanismo hasta con un 90 %. Asimismo, señalaron 28 tipos de variación de las cuales el 75 % son estables; el 11 % tienen reversión a su tipo normal y un 11 % son quiméricas.

En plátanos micropropagados del subgrupo plantain, se encontraron diversos porcentajes de variación somacional fluctuando del 0.5 al 69.1 % dependiendo del cultivar (Vuylsteke y Swennen, 1990).

A continuación se presentan las tres principales conclusiones derivadas de las diversas investigaciones sobre variación somacional en bananos y plátanos:

1.- Las principales variaciones somacionales que afectan al género *Musa* son estables en el campo después de varios ciclos de cultivo, 2.- El porcentaje de variantes varía

considerablemente, aún en condiciones idénticas de micropropagación, 3.- Las principales características concernientes a la variación son aquellas más frecuentemente sujetas a la mutación natural (Cote *et al.*, 1992).

2.2 La variación y la selección

La variación espontánea que se presentaba en campo, antes de la aparición de las técnicas de cultivo de tejidos, era la única forma de obtener variabilidad genética en un cultivo como banano, cuya reproducción debido a las causas señaladas anteriormente, es básicamente vegetativa.

Las primeras variedades mejoradas seleccionadas por características agronómicas sobresalientes tal como altura de planta, se realizaba de manera visual, el desconocimiento de técnicas estadísticas basadas en el estudio de la variabilidad genética imposibilitaba el realizar un proceso de selección sólido.

Actualmente es posible primero, a través de la biotecnología, generar la variabilidad y después, usando técnicas estadísticas, medir la variabilidad genética de diversas características, establecer sus relaciones, determinar la influencia de cada variable en la expresión de otras de importancia económica como el rendimiento, conocer la heredabilidad de cada característica, es decir que proporción de la variación total se hereda a las nuevas generaciones y finalmente determinar el avance genético que se obtiene al utilizar cada una de ellas por separado y en sus diferentes combinaciones.

2.2.1 Estimación de la varianza

Para la estimación de cualquiera de las varianzas involucradas en una población, en la mayoría de los casos, se requiere la simple estadística de cuadrados medios. En muchos problemas prácticos, la más eficiente estimación de la varianza disponible es una función lineal de dos o más cuadrados medios independientes. Usualmente la distribución exacta de cada estimación es demasiado complicada para uso práctico (Satterthwaite, 1946).

Los componentes de varianza en un experimento, pueden ser determinados a través de la esperanza de cuadrados medios y estos pueden ser expresados, como una función lineal de los componentes de varianza y sus coeficientes y/o como forma cuadrática para efectos fijos. Dichos componentes son útiles, entre otras cosas, para estimar la heredabilidad y la ganancia genética esperada (López, 1986).

El análisis de componentes principales (ACP), concierne a la explicación de la estructura de la varianza y covarianza a través de pocas combinaciones lineales de las variables originales; sus objetivos son: a) la reducción de datos y b) facilitar la interpretación. Aunque se requieren "p" componentes para reproducir la variabilidad total, a menudo mucha de esa variabilidad puede ser explicada por un número pequeño de "k" componentes principales, si es así, hay tanta información en los "k" componentes principales, como hay en las "p" variables iniciales y el grupo original de datos, consistente de "n" medidas en "p" variables es reducido a uno de "n" medidas en "k" componente principales (Jhonson y Wichern, 1988).

La lógica del ACP consiste en transformar los datos para crear nuevas variables y ejes que explican la mayor variación en los datos originales que cada variable por separado. En este análisis, muchas variables son examinadas simultáneamente, se crea una ecuación de transformación, es decir, un eje mayor el cual contiene tanta variación del grupo de datos originales como sea posible. Al final del análisis, el número de ecuaciones que representan ejes, serán igual al número de variables originales; sin embargo, solamente las primeras ecuaciones normalmente contienen información útil (Iazzoni y Pritts, 1990).

Ouendeba *et al.* (1995) estudiaron la variabilidad de poblaciones criollas de mijo perla en Africa, utilizaron 12 materiales genéticos, cuyas trece variables consideradas se sometieron a un ACP. El componente principal 1 (CP1), explicó el 49 % del total de la variación y en este estuvieron asociadas variables como: longitud de la espiga, diámetro del tallo, días a floración y altura de planta. El CP2 consistió de variables principalmente del rendimiento de grano y rendimiento de espigas y explicaron el 24 % de la variación total. Los primeros cuatro CP explicaron el 92% de la variación.

Smith *et al.* (1995) estudiaron la afinidad agronómica y morfológica de 49 accesiones de alfalfa mediante un ACP. Encontraron que los tres primeros CP explicaron el 60 % del total de la variación. El CP1 incluyó como principales variables el rendimiento total en primavera, rendimiento total en otoño, daño de frío y densidad de tricomas en el tallo. El CP2 incluyó: tasa de elongación del tallo, área foliar, relación de largo y ancho de los folíolos. El CP3 incluyó: número de entrenudos por tallo, tasa de elongación del tallo y rendimiento total.

Uno de los problemas que se pueden detectar cuando se trabaja con componentes de varianza genética, como en el caso de los índices de selección, es la estimación de varianzas negativas. Estas pueden deberse a insuficiencia de datos o al uso de un modelo de estimación equivocado. Baker (1986) señaló que una estrategia para el manejo de estimadores de varianza negativas es tomar sus valores tal cual, o bien considerar un valor correspondiente de cero; sin embargo, esto último puede introducir tendencias en el procedimiento de estimación.

Las estimaciones negativas de componentes de varianza pueden ocurrir debido a que los supuestos sobre el análisis son incorrectos o debido a errores de muestreo (Gill y Jensen, 1968).

Las estimaciones negativas de componentes de varianza pueden resultar si el análisis estadístico se basa en las supuesto de un modelo aleatorio usual pero adicionalmente hay correlaciones presentes; aun si el modelo aleatorio utilizado es valido, el error de muestreo puede causar estimaciones negativas bajo ciertas condiciones (Thompson y Moore, 1963).

El conocimiento del comportamiento de las variables permite eficientar los programas de mejoramiento en la administración de recursos económicos, humanos y del tiempo.

2.2.2. Tipos de selección para varios caracteres.

Existen otras metodologías para realizar selección basada en diversas características, todas encaminadas a llevar a cabo una selección más eficiente que la realizada para

un solo carácter, se puede citar la selección en tandem y la selección independiente.

El esquema de selección en tandem involucra la selección para varias características, llevándose a cabo de una en una durante varias generaciones. Es un método para varias características poco usado, debido a que es menos eficiente con relación al de los índices (García y Toro, 1985).

El uso de la selección en tandem involucra la selección secuencial sobre una serie de características. Se practican ciclos repetidos de selección para una característica hasta que se alcanza la expresión de la misma. Sin embargo, la pérdida de variabilidad genética debido a la alta presión de selección sobre la primera y segunda característica puede limitar el programa en ciclos posteriores de selección (Hallauer y Miranda, 1981).

Hazel y Lush (1942) y Young (1961) establecieron que la selección en tandem es menos eficiente que la selección independiente ó que los índices de selección.

Lambert y White (1997) encontraron que la selección en tandem para la resistencia a enfermedades foliares múltiples tales como *Exserohilum turcicum* razas 0 y 1, *Bipolaris maydis*, *Bipolaris zeicola*, *Collectotrichum graminicola* y *Klebatiella zaeae*, pudo ser efectiva mejorando simultáneamente el nivel general de resistencia a varias enfermedades en poblaciones de dos sintéticos de maíz.

Un esquema de selección en tandem de características como duración del llenado de grano, contenido de nitrógeno en el estado de crecimiento conocido como R5, incrementó el rendimiento de semilla en promedio de un 12 % en 12 grupos de soya dentro de diferentes tipos de crecimiento (Zeinali-Khanghah *et al.*, 1993).

La selección independiente es otro método utilizado para la selección de características múltiples. En este protocolo se selecciona secuencialmente para una serie de características independientes en una misma población. Una ventaja de este método es que el mejorador no tiene que llevar grandes poblaciones a través de un proceso de selección para características múltiples (Henning y Teuber, 1996).

La selección independiente es preferida sobre el índice de selección debido a su simplicidad y conveniencia (Young y Weiler, 1960).

2.2.3. Coeficientes de variación genotípica, fenotípica, heredabilidad y avance genético.

Chundawat *et al.* (1988) analizaron la variabilidad del rendimiento y otras características en una población de 33 variedades de banano, las cuales se distribuyeron en un diseño de bloques al azar con dos repeticiones y con dos plantas en cada una de ellas; detectaron diferencias significativas en todas las variables evaluadas exceptuando el grosor del pseudotallo. Asimismo, el componente de varianza genética fue bastante alto para todas las variables, exceptuando las variables hojas por planta y sólidos solubles totales, en las cuales la varianza ambiental fue mayor que la varianza genotípica. Esto indicó que para la mayoría de los caracteres en

estudio, la variabilidad fenotípica fue una medida confiable de la variabilidad genotípica. Encontraron además, altos valores de heredabilidad en sentido amplio que variaron de 40.6 % para hojas por planta a 96.10 % para días a madurez. En su estudio, los caracteres como altura de planta, manos por racimo, dedos por racimo, peso de racimo y peso de dedo obtuvieron altos coeficientes genéticos de variación, altos valores de heredabilidad, así como un alto avance genético esperado.

La estimación de la heredabilidad junto con el avance genético esperado, pueden reflejar en forma precisa el progreso que resultará de la selección de los mejores individuos (Johnson *et al.*, 1955).

Robinson (1965), propuso una clasificación en base al promedio de heredabilidad calculada en plantas cultivadas:

- 1.- Heredabilidad baja (5- 10 %), ejemplo: el rendimiento

- 2.- Heredabilidad media (10 –30 %), ejemplo: componentes del rendimiento, altura de la planta y aspectos de calidad.

- 3.- Heredabilidad alta (30-60 %), ejemplo: caracteres de madurez, composición química de caracteres.

La heredabilidad expresa la proporción de la varianza total que es atribuible a los efectos medios de los genes y eso es lo que determina el grado de parecido entre parientes (Falconer, 1975).

La estimación del coeficiente de variación genético es útil en el estudio del grado de variabilidad en diferentes características como una medida del rango de variabilidad genética. Altas estimaciones del coeficiente de variación genético sugieren la importancia de dichas características para el mejoramiento. La heredabilidad y el avance genético determinan la porción heredable de la variación. Una alta heredabilidad junto con alto avance genético es más confiable en la predicción de la ganancia por selección (Rekha y Prasad, 1993).

Johnson *et al.* (1955) señalaron que la heredabilidad estimada junto con la ganancia genética podrían ser más confiables en la predicción de la respuesta a la selección que la heredabilidad.

El coeficiente de variación genético mide el rango de variabilidad genética y ayuda a comparar la extensión de la variabilidad presente en diversas características; sin embargo, con la ayuda solo del coeficiente de variación genético, no es posible determinar la cantidad de esta variación que es heredable (Chundawat *et al.*, 1988).

La cantidad de avance genético por selección en un cultivo en particular puede ser obtenida calculando el coeficiente de variación genético junto con la heredabilidad estimada (Burton, 1951).

Rheka y Prasad (1993) obtuvieron valores de coeficiente de variación fenotípicos que variaron de 5.16 % para diámetro de pseudotallo a 43.33 % para número de dedos; mientras que el coeficiente de variación genotípica varió de 11.97 % para sólidos solubles totales a 76.38 % para número de manos. Obtuvieron además, altos valores

de heredabilidad para todas las características medidas, el mas alto valor correspondió al número de días de floración a cosecha (87.6 %) seguido por diámetro de pseudotallo (87.4 %) mientras que el menor valor fue para acidez (54.2 %). En general, todas las variables medidas mostraron valores altos de heredabilidad; sin embargo, los más altos avances genéticos se observaron para número de manos (140.38 %) seguido por el número de dedos (130.74 %) y el menor fue para total de sólidos solubles (21.11 %).

Alta variación genotípica y altos coeficientes genéticos de variación fueron detectados para peso de manos, seguido por longitud del fruto. Además, se encontraron valores altos de heredabilidad para altura de planta (96 %), hojas por planta (94 %), manos y dedos por racimo (94 y 93 %), frutos por mano (95 %), peso de fruto (92%), longitud del pedicelo (93 %) y raíces por planta (97 %). Las variables que mostraron heredabilidades bajas fueron: diámetro de planta (15 %) y longitud del fruto (23 %); el avance genético fue moderadamente alto para altura de planta, peso de racimo, manos y frutos por racimo, peso de manos y dedos, longitud del fruto, longitud del pedicelo y raíces por planta (Nayar *et al.*, 1979).

La variabilidad, las correlaciones y los índices de selección para algunos caracteres cuantitativos en banano fueron detectados por Wei *et al.* (1985) considerando dos ciclos de producción 67/68 y 71/72. Dentro de los principales resultados observados destacan: los máximos coeficientes fenotípicos y genotípicos de variabilidad fueron para diámetro de planta en 67/68 y para altura de la planta en 71/72. Las diferencias entre heredabilidades de los nueve caracteres estudiados fueron bastante amplias, variando de 44.73% para manos por racimo a 91.78 % para diámetro de planta en 67/68, y de 12.69% para dedos por racimo a 89.66% para altura de planta en 71/72. En

su estudio, Wei *et al.* (1985) concluyeron que es posible obtener una ganancia genética esperada de 16.18 % y 20.25 % usando altura de planta y diámetro de planta para 67/68 y 71/72, respectivamente; por lo cual estas variables son dos características de gran interés para el mejoramiento de bananos.

2.3. Correlaciones genotípicas

La correlación genética entre dos caracteres juega un papel importante en la respuesta correlacionada de la selección, y asegura un máximo mejoramiento de los índices de selección al combinar diferentes caracteres (Robertson, 1959).

La correlación genética es una medida de la comunidad de genes que gobiernan la determinación conjunta de dos caracteres, en donde la pleiotropia y el ligamiento son los responsables del grado de asociación (Mood y Robinson, 1959).

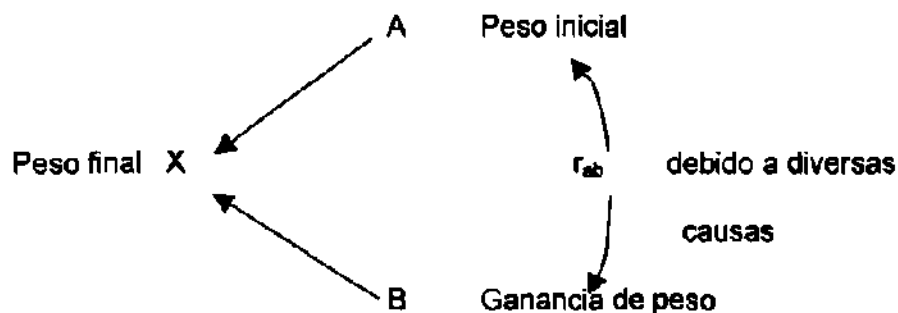
Rekha y Prasad (1993) estudiaron la variabilidad genética y la asociación de caracteres en bananos utilizando 170 genotipos, observaron correlaciones positivas para altura de planta con diámetro de pseudotallo, longitud de racimo, peso de racimo, diámetro y peso del fruto; Diámetro de pseudotallo con longitud de racimo, peso de racimo y peso de fruto; la longitud del racimo con número de manos, número de frutos y peso de racimo; número de manos con número de frutos; peso de racimo con longitud, diámetro y peso del fruto y diámetro del fruto con peso del fruto. Concluyeron que existió poco efecto del ambiente debido a que la variación genotípica fue mayor que la fenotípica, y esto permitió sugerir que el valor de la variación fenotípica fue un buen estimador de la varianza genética.

Al correlacionar variables de plántula con el rendimiento y llegar a la construcción de un índice basado en esos caracteres, permitiría aprovechar un enfoque predictivo del índice; de tal forma que sería posible seleccionar plántulas que en su fase productiva, darían altos rendimientos.

2.4. Coeficientes de sendero

Los coeficientes de sendero es un método estandarizado de regresión simple que es de gran utilidad en la partición del coeficiente de correlación tanto en efectos directos como indirectos (Wright, 1922).

Wright (1921) consideró a los coeficientes de sendero en función de variables independientes denominadas causas, y variables dependientes llamadas efectos. La teoría considera la interrelación de dichas variables en un determinado grupo de variables correlacionadas, definidas de la siguiente manera:



Donde:

X Es la variable dependiente, la cual depende de A, B, C, etc. que son las causas. Por lo tanto, es una combinación lineal de A, B, C etc. Observando el diagrama anterior, las literales A y B muestran un dirección continua lo que presenta una influencia y una conexión de la causa con el efecto, definiendo esto último como "sendero", y la doble relación de estas variables (r_{ab}) indica una correlación simétrica. Por lo anterior, el coeficiente de sendero es definido como un índice numérico y mide la influencia directa del sendero en un sistema de variables correlacionadas, de tal forma que este término es la relación entre la desviación estándar de X debida a A y la desviación estándar total de X como se presenta a continuación:

$$P(X \leftarrow A) = P_{X.A} = \sigma_{X.A} / \sigma_X$$

La correlación de dos variables es debida a varios o un factor en particular. El producto de los coeficientes de sendero es una cadena de senderos que se unen a través de factores comunes, contribuyendo así a la correlación total; por lo que el coeficiente de correlación es la suma de todas las contribuciones que en forma independiente contribuyen las cadenas (Wright, 1922).

El método de coeficientes de sendero fue aplicado en *Agropyron cristatum*, se utilizó en un sistema de variables correlacionadas mediante el análisis de varianza de cada variable y la determinación de las correlaciones genéticas y fenotípicas estimadas de los componentes de varianza y covarianza. Se demostró que de esta forma se pueden seleccionar las variables que están más correlacionadas con el rendimiento (Dewey y Lu, 1959).

Se estudió la forma sexual en papaya y su posible relación con diversas características de la planta y de sus efectos sobre el rendimiento, se encontró que el número de frutos por árbol, anchura máxima del fruto y su longitud son componentes determinantes del rendimiento (Mosqueda y Molina, 1973).

A través de coeficientes de sendero en trigo se determinó que las variables: longitud de la espiga y altura de planta, obtuvieron el mayor valor de coeficiente y por lo tanto mayor efecto directo sobre el rendimiento (Calixto *et al.*, 1976).

Wong (1980) encontró inconsistencia de las variables en los coeficientes de sendero para rendimiento de grano en arroz en función del tipo de cruce, solamente la variable número de tallos por planta fue constante en las tres cruces estudiadas. Sin embargo, el empleo de la técnica permitió reducir considerablemente el número de índices a calcular, ya que permitió seleccionar solo las variables de alto valor de coeficiente.

2.5. Índices de selección

Los índices de selección se utilizan con el propósito de eficientizar el proceso de selección de cultivares para aumentar la probabilidad de seleccionar genotipos deseables y por consiguiente lograr un avance más rápido en el proceso de selección.

Un índice de selección es usado cuando el fitomejorador selecciona simultáneamente para varios caracteres y permite capitalizar las correlaciones que existen entre las variables de importancia económica, lo cual conlleva a un progreso más rápido que la selección basada en caracteres en forma individual (Sánchez, s/f; Baker, 1986).

La técnica del índice de selección diseñada por Smith (1936), aparenta ser el criterio más completo para obtener el máximo avance en la selección de un carácter tan complejo como el rendimiento. Así mismo, la selección podría ser más efectiva si se consideran simultáneamente otros caracteres con alta heredabilidad y positivamente correlacionados con el rendimiento (Celis *et al.*, 1986).

Brim *et al.* (1959) señalaron que la superioridad de los índices de selección sobre otros está basada en la correcta estimación de las componentes genéticas, tanto de varianzas y covarianzas genéticas como fenotípicas, al igual que la asignación de un valor económico o de mérito para los caracteres en estudio.

Así mismo, la combinación de pocas variables en un índice dado puede proporcionar ganancias genéticas y eficiencia de selección similares a índices que incluyen gran cantidad de variables, esto permitiría ahorrar tiempo en la toma de datos, recursos económicos y materiales.

Para el caso de un cultivo como el banano, cuyo primer ciclo productivo se completa de los 9 a los 12 meses, la selección indirecta vía un índice de selección, podría reducir considerablemente el tiempo para seleccionar plantas con rendimientos altos. Más aun, para los programas de producción masiva de plantas, permitiría seleccionar en edad temprana plantas con características que se traducirán en plantas altamente rendidoras así como para fuente de explantes de alta calidad.

Torres *et al.* (1974) trabajando con índices de selección y correlaciones genéticas en papa (*Solanum tuberosum* L), concluyeron que el índice de selección más eficiente fue

el que incluía las variables: número de ramas, número de hojas, ancho del foliolo terminal y número de tubérculos por planta; además, que la eficiencia de los índices de selección para peso de tubérculo se incrementó a medida de que aumentó en el índice el número de caracteres correlacionados con el carácter por mejorar.

Los índices de selección han sido determinados para varios cultivos, apoyándose en una selección previa de variables aplicando la técnica de coeficientes de sendero. Wong (1980) determinó índices de selección para arroz, y concluyó que las componentes determinadas por los coeficientes de sendero sí son de utilidad en la construcción de los índices, ya que se excluye a otras que en la práctica se le atribuye una relación importante con el rendimiento.

Wei *et al.* (1985) determinaron para el ciclo 67/68, la mayor ganancia genética con el índice de selección que incluyó las variables altura de planta y diámetro de planta. Para el ciclo 71/72 la mayor ganancia se obtuvo con el índice que incluyó la altura de planta, el diámetro de planta y frutos por racimo. De nueve variables consideradas pudieron determinar que con las variables antes señaladas se obtienen ganancias genéticas iguales o mayores a que si se utilizaran todas las variables.

Calixto *et al.* (1976), después de aplicar la técnica de coeficientes de sendero sobre 10 variables en trigo, detectó que las contribuciones directas más altas sobre el rendimiento fueron hechas por los caracteres longitud de la espiga y altura de planta; es decir, podrían discriminar a ocho variables por su poco aporte a la expresión del rendimiento y de esta forma realizar selección indirecta confiable. Así mismo, señaló que el método de coeficientes de sendero es una herramienta muy importante para

juzgar el significado de cada carácter en un índice de selección de máxima eficiencia, así como la interpretación de la mejor ecuación de regresión determinante de rendimiento.

Dentro de las limitaciones atribuidas a los índices de selección, Sánchez (s/f), señaló que los resultados de los índices de selección bajo condiciones favorables no pueden ser utilizados bajo condiciones desfavorables. Los resultados obtenidos en un ambiente no pueden ser utilizados para ambientes diferentes, a veces una sola característica o cinco o más características tienen la misma ganancia en la selección.

Así mismo, Fletes (1967) concluyó que el uso de un índice, así como los avances predeterminados, son únicos y específicos de cada población en estudio, lo que demuestra que éstos no puedan aplicarse a otras poblaciones aunque estas tengan gran similitud.

2.3. Hipótesis de trabajo

Considerando la revisión de literatura en relación a las actividades asociadas al objetivo general del trabajo se establecen las siguientes hipótesis de investigación:

1.- Existe una dosis óptima de 6-BAP para la formación de multiyemas en los genotipos estudiados.

2.- La variación mediante la inducción de mutaciones con rayos gamma, depende de la supervivencia del material *in vitro* por lo cual hay una dosis óptima de irradiación asociada al genotipo irradiado.

3.- Durante la multiplicación *in vitro* puede generarse variación somaclonal.

4.- El estudio de la variabilidad genética de algunos caracteres permite estimar parámetros como la heredabilidad, el avance genético, así mismo es posible la construcción de índices de selección con pocas variables de plántula y con alto valor predictivo del rendimiento en banano.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Determinación de la dosis óptima de 6-BAP para la formación de multiyemas

Uno de los factores que influyen para la regeneración *in vitro* es la adición de reguladores de crecimiento, los cuales juegan un papel importante para la formación de estructuras vegetativas tal como las multiyemas, estas pueden ser utilizadas tanto como base para la multiplicación masiva o bien como fuente de explantes para experimentos de embriogénesis y mutagénesis.

En octubre de 1996 se estableció un ensayo para determinar la mejor dosis de 6-Bencilamino purina (6-BAP) para la formación de multiyemas las cuales servirían posteriormente como fuente de explantes para llevar a cabo la irradiación con rayos gamma.

Se utilizaron plántulas regeneradas *in vitro* de los genotipos FHIA 02 y FHIA 03, obtenidos del laboratorio de biotecnología del Campo Experimental Forestal, Agrícola y Pecuario Huimanguillo, del INIFAP en Tabasco, así como de los genotipos FHIA 18 y Gran Enano del Instituto de Biotecnología de las plantas de la Universidad Central de las Villas, Cuba. Se utilizaron 100 plántulas de cada genotipo.

Se eliminó el tejido foliar y los peciolos del pseudotallo de las plantas, dejando como explante el brote apical de 0.5 cm de altura.

El medio de cultivo utilizado fue el de Murashige y Skoog (1962), los niveles de 6-BAP que se evaluaron fueron: 5, 15, 25 y 30 mg.L⁻¹. Los tratamientos se diseñaron bajo un arreglo factorial considerando los factores a) genotipo y b) dosis de 6-BAP con cuatro niveles cada uno, totalizando 16 tratamientos, estos se distribuyeron en un diseño en bloques al azar con cinco repeticiones y se colocaron en un cuarto de cultivo con un fotoperiodo de 16 horas luz y a 26 °C constantes. Las variables evaluadas fueron: número de brotes anotando el número total de brotes bien definidos en cada explante, altura del brote (cm) medido desde la base del sustrato hasta el ápice, diámetro basal del brote (cm) medido en la superficie inferior del explante tomando en cuenta el diámetro total de toda la masa de brotes y longitud de raíces (cm). Estas variables se evaluaron cada 15 días y los resultados se basaron en el promedio de las mismas a los 45 días del tratamiento.

3.2. Determinación de la dosis de irradiación gamma

Este trabajo se estableció en diciembre de 1996 y para llevarlo a cabo se utilizaron 40 yemas apicales de cada uno de los genotipos FHIA 18 y Gran Enano, las cuales fueron obtenidas de plántulas *in vitro* a las que se les eliminaron las hojas y sus peciolos hasta dejar el ápice con una altura aproximada de 0.5 a 0.7 cm. Posteriormente se eliminó la parte del cono hasta reducirla a una tamaño aproximado de 0.3 cm, de tal forma que el tamaño final del explante considerando la parte aérea y la del cono fue de 0.8 a 1.0 cm

Los brotes cortados fueron manipulados asépticamente en un sustrato de agar para ser sometidos al tratamiento de irradiación.

Las dosis de irradiación gamma utilizadas fueron: 0, 5, 10, 15, 25 Gy. La aplicación se realizó el 9 de diciembre de 1996 en el Centro Universitario Contra el Cáncer de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), mediante una fuente de cobalto 60 usando un equipo de irradiación modelo Ther; el tiempo máximo de exposición fue calculado con el equipo de cómputo del mismo sistema y este fluctuó entre los 30 a 40 minutos, los explantes fueron retirados paulatinamente a medida que completaban la dosis de irradiación

Una vez irradiados, los explantes se llevaron al laboratorio de Biotecnología Vegetal de la Facultad de Agronomía de la UANL y se colocaron en el medio de cultivo básico de Murashige y Skoog (1962) adicionado con 20 g.L⁻¹ de sacarosa, 4 mg.L⁻¹ de Phytigel y 5 mg.L⁻¹ de 6-BAP y ubicados en una cámara bioclimática, con 26 ° C de temperatura constante y un fotoperíodo de 16 horas.

Las variables evaluadas a las 6 semanas de incubación fueron: el porcentaje de sobrevivencia, el porcentaje de mortalidad y el crecimiento de los brotes midiendo en cm la longitud de los brotes desde la base en el sustrato hasta el ápice de los mismos.

3.3. Variación somaclonal

En cultivos cuya propagación es exclusivamente vegetativa la variación genética se obtiene por los cambios que ocurren espontáneamente en campo, las altas tasas de multiplicación que se obtienen en procesos de propagación *in vitro* favorecen el incremento de mutaciones las cuales pueden ser hacia características favorables.

Siendo el banano un cultivo con limitaciones para la generación de variabilidad genética, se buscó detectar la variación somaclonal que pudiera presentarse en la multiplicación *in vitro* de nuevos genotipos introducidos así como en el genotipo comercial denominado Enano gigante.

Se utilizó una población de 480 plantas de cada uno de los genotipos FHIA 02 y FHIA 03. Como se mencionó anteriormente, las plántulas provenían de un proceso de multiplicación *in vitro* que partió de 10 plántulas proporcionadas al INIFAP por la Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano (INIBAP) y que fueron sometidas a 5 ó 6 ciclos de subcultivo, realizados cada 3 semanas. Dichas plántulas se aclimataron en invernadero y posteriormente se establecieron en el área experimental a nivel de campo, la cual contó con bordos de plantas del material vegetal regional conocido como Enano gigante entre parcelas y las cuatro repeticiones, estas plantas sirvieron a su vez como fuente de inóculo de sigatoka negra.

La detección de variantes se realizó durante la etapa plantación-floración, la cual comprendió un período aproximado de 9 meses. Las plantas fueron marcadas y descritas de acuerdo a sus principales características distintivas de su fuente original. Se estimó el porcentaje de variación total así como dentro de genotipos. Considerando la importancia de la característica se evaluó la tolerancia a la sigatoka negra al momento de la floración basada en la escala de Stover modificada por Gahul (citado por Orozco, 1998).

3.4. Coeficientes de variabilidad genotípica y fenotípica, heredabilidad, avance genético, coeficientes de sendero e índices de selección.

El material vegetal empleado en la presente investigación fueron vitroplantas de banano introducidas desde el centro de tránsito de la Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano (INIBAP) ubicado en Lovaina, Bélgica.

Las vitroplantas llegaron en condiciones asépticas e indexadas cumpliendo con las normas internacionales para evitar la introducción de patógenos al país. Se recibieron 10 ejemplares de los genotipos FHIA 01, FHIA 02 y FHIA 03 los cuales se sometieron a un proceso de multiplicación *in vitro* utilizando el medio básico de Murashige y Skoog (1962), complementado con 20 g.L⁻¹ de sacarosa, 4 g.L⁻¹ de Phytigel ajustando a un pH de 5.7 y adicionando 5 mg.L⁻¹ de 6-BAP, esto se llevó en el laboratorio de Biotecnología del Campo Experimental Huimanguillo del INIFAP.

Desde su incorporación se realizaron entre 5 y 6 subcultivos durante los meses de enero a mayo de 1996, hasta obtener una población de 960 plántulas de banano de los genotipos FHIA 02 y FHIA 03, los cuales fueron aclimatadas en el invernadero del mismo campo experimental.

Durante esta fase se evaluaron las siguientes variables: altura de plántula (cm) medida desde la base hasta el punto de intersección de las dos primeras hojas (X1); número de hojas (X2); longitud de lámina (cm) medida desde la base de la tercera hoja hasta el ápice (X3); ancho de lámina (cm) medida en la parte central de la lámina de la 3ª hoja (X4); distancia entre la 2ª y 3ª hoja (cm) (X5); diámetro del pseudotallo (cm) medido en

la base del mismo (X6). En estado adulto se midió el número de hojas a la cosecha (X7); peso de por racimo (Kg) (X8); longitud del fruto (cm) medida desde la unión del fruto con el pedúnculo hasta el ápice del mismo (X9); el diámetro del fruto (cm) medido en la parte media (X10); días a floración (X11) e índice foliar, medido como la relación ancho/largo de la 3ª hoja en estado de plántula (X12).

Las plántulas permanecieron aproximadamente dos meses en el invernadero hasta alcanzar una altura promedio de 30 cm para posteriormente ser llevadas al campo experimental "Las Liliás", ubicado en el Km 46.5 de la carretera Villahermosa-Teapa, en Teapa, Tabasco.

Las plántulas se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar con un arreglo en parcelas divididas con cuatro repeticiones; en la parcela grande se ubicó el genotipo: FHIA 02 Y FHIA 03; y en la parcela chica el tamaño de plántula: < 20, 20-30 y > 30 cm de altura.

Se utilizó un sistema de plantación en triángulo equilátero con una equidistancia entre plantas de 2.7 m. La plantación fue establecida el 6 de agosto de 1996; se fertilizó durante los primeros 6 meses con 100 g de urea por planta cada seis semanas; el control de malezas se llevó a cabo mediante el chapeo manual hasta que la planta alcanzó una altura de 1.0 m para poder aplicar herbicida sin riesgo de dañarla.

Con los datos obtenidos se realizó el análisis de varianza y se estimó la esperanza de cuadrados medios (ECM) y productos cruzados medios (PCM) de acuerdo al arreglo utilizado (Cuadro 1).

Cuadro 1. Esperanza de cuadrados medios para el diseño de bloques completos al azar con un arreglo en parcelas divididas (Steel y Torrie, 1995).

F.V.	G.L.	C.M.	E.C.M.
Repeticiones	r-1		
Genotipos	g-1	G	$\sigma^2b + \sigma^2 a + r\sigma^2g$
Error a	(r-1)(g-1)	E (a)	$\sigma^2b + t\sigma^2 a$
Tamaños	t-1	T	$\sigma^2b+r\sigma^2t$
GxT	(t-1)(g-1)	TG	$\sigma^2b+r\sigma^2ta$
Error b	g(r-1)(t-1)	E(b)	σ^2b
Total	rgt-1		

a = error a, b= error b, g= genotipos, t = tamaños, r = repeticiones

Debido a la estimación de varianzas genéticas muy pequeñas o negativas, propició la obtención de coeficientes de correlación fuera del rango cero a 1. Debido a lo anterior se procedió a la estimación de la varianza genética mediante el diseño de bloques completos al azar, eliminando el factor tamaño con el fin de incrementar la variabilidad. AL proceder de esa manera se asumió que la misma posiblemente contenga el efecto tamaño de plántula.

Con las ECM y los PCM se construyeron las matrices de varianzas y covarianzas genotípicas y fenotípicas las cuales se emplearon tanto en el cálculo de sus respectivas correlaciones que a su vez se utilizaron en el cálculo de los coeficientes de sendero, así como para calcular los valores de beta empleados en el cálculo de los índices de selección.

Las correlaciones genéticas y fenotípicas fueron calculadas de acuerdo a la fórmula propuesta por Miller *et al.* (1958):

$$r = \sigma G(xy) / \sqrt{\sigma^2 G(x) \sigma^2 G(y)}$$

Las variables utilizadas para la construcción de los índices de selección se seleccionaron aplicando la técnica de Coeficientes de sendero, de acuerdo a Dewey y Lu (1959), en la cual se utiliza un sistema de ecuaciones igual al número de variables; estas determinan la relación entre las correlaciones y los coeficientes de sendero, y se estructuran bajo el sistema matricial:

$$\begin{matrix}
 \begin{pmatrix} r_{y.1} \\ r_{y.2} \\ r_{y.3} \\ \vdots \\ r_{y.n} \end{pmatrix} & = & \begin{pmatrix} 1 & r_{1.2} & r_{1.3} & r_{1.4} \dots r_{1.n} \\ r_{1.2} & 1 & r_{2.3} & r_{2.4} \dots r_{2.n} \\ r_{1.3} & r_{2.3} & 1 & r_{3.4} \dots r_{3.n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots \vdots \\ r_{1.n} & r_{2.n} & r_{3.n} & r_{4.n} \dots 1 \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} P_{y.1} \\ P_{y.2} \\ P_{y.3} \\ \vdots \\ P_{y.n} \end{pmatrix} \\
 r & & Q & & P
 \end{matrix}$$

Por álgebra de matrices el miembro Q se invierte y nos da Q⁻¹; por lo que esta expresión bajo el sistema de matrices es:

$$P = Q^{-1}r$$

Donde:

P= es un vector 11 X 1 de coeficientes de sendero o de las incógnitas.

Q⁻¹= Es el inverso de una matriz n X n de correlaciones genotípicas.

r = Es un vector 11 X 1 de correlaciones genotípicas directas entre las variables y el rendimiento.

De acuerdo con Wong (1980) las variables que mostraron mayor valor de coeficiente fueron seleccionadas para intervenir en la construcción de los índices de selección.

En función de que en el fitomejoramiento siempre se trabaja con gran número de características es necesario el uso de álgebra de matrices para representar todas las ecuaciones normales de tal forma que en un sistema matricial la representación de dichas ecuaciones es la siguiente:

$$\begin{matrix}
 \left(\begin{array}{ccc}
 \sigma^2 X_1 & \sigma X_{12} \dots \sigma X_1 X_n \\
 \sigma X_1 X_2 & \sigma^2 X_2 \dots \sigma X_2 X_n \\
 \vdots & \vdots & \vdots \\
 \sigma X_1 X_n & \sigma X_2 X_n \dots \sigma^2 X_n
 \end{array} \right) & = & \begin{matrix}
 \left(\begin{array}{c}
 b_1 \\
 b_2 \\
 \vdots \\
 b_n
 \end{array} \right) & \left(\begin{array}{c}
 \sigma y_{x1} \\
 \sigma y_{x2} \\
 \vdots \\
 \sigma y_{xn}
 \end{array} \right) \\
 [P] & & [b] \quad [g]
 \end{matrix}
 \end{matrix}$$

La solución de las ecuaciones es:

$$b = P^{-1} g$$

Donde b es el estimador de bj;

P⁻¹ es la inversa de la matriz de varianzas y covarianzas fenotípicas

g es el vector de covarianzas genotípicas entre el carácter por mejorar y el j-ésimo carácter.

Por lo anterior, un índice de selección es:

$$I = b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n$$

Donde X₁ a X_n son los valores fenotípicos de cada unidad de selección de la población que se incluirá a través de un índice.

Se estimó el coeficiente de variación genético (CVG) y fenotípico (CVF) a través de la fórmula de Burton (citado por Johnson *et al.*, 1955):

$$CVG \text{ ó } F = \sqrt{\sigma^2 G \text{ ó } \sigma^2 F} / \text{media} \times 100$$

Por otra parte se estimó la heredabilidad en sentido amplio para cada una de las variables mediante la formula: $H^2 = \sigma^2G / \sigma^2 F$

Se estimó el avance genético como % de la media, basándose en las estimaciones hechas por Rekha y Prasad (1993) y Chundawat *et al.* (1988) mediante la formula:

$$\Delta G (\%) = \sqrt{H^2} (CVG) (K) X 100$$

La eficiencia relativa de los índices (ER) se calculó mediante la relación entre el avance genético esperado de un índice dado y el avance genético del índice que incluyó solo el rendimiento.

$$ER = (\Delta GE (x) / \Delta GE) X 100$$

El avance genético esperado en rendimiento para cada índice se estimó de acuerdo a la formula de Robinson *et al.* (citado por Wong, 1980) :

$$\Delta GE = Z/P \sqrt{b_1\sigma y g_1 + b_2\sigma y g_2 + b_3\sigma y g_3 + \dots + b_n\sigma y g_n}$$

Donde:

Z/P= Diferencial de selección estandarizado (o intensidad de la selección) = 1.76 (equivalente a un 10 % de intensidad)

b= valor de beta

$\sigma y g_n$ = la covarianza genética entre la variable n y el rendimiento

En el estudio se incluyeron doce variables y se realizó la estimación de los índices para las combinaciones de las variables seleccionadas por coeficientes de sendero.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Determinación de la dosis óptima de 6-BAP para la formación de multiyemas.

Los resultados de la determinación de la dosis óptima de 6-BAP para la formación de multiyemas se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Significancia de variables evaluadas en el ensayo de dosis de 6-BAP.

Variable	Número de brotes	Altura del Brote	Diámetro basal del brote	Longitud de raíz
Genotipo	**	**	NS	**
Dosis de 6-BAP	**	**	*	**
Genotipo X Dosis	*	**	NS	*

NS=no significativa *=significativa ** altamente significativa

En el Cuadro 2 se observan las significancias encontradas en cada una de las variables evaluadas; se denota que tanto el factor dosis de 6-BAP como el genotipo mostraron mas influencia sobre el material tratado ya que en tres de las cuatro variables hubo diferencias altamente significativas. Con respecto a la interacción genotipo-dosis se presentó diferencia altamente significativa para la variable altura de brote, significativa para las variables número de brotes y longitud de la raíz y no significativa para el diámetro del brote.

En el Cuadro 3 se muestra la comparación de medias de las variables dentro del factor genotipo. Se destaca que el FHIA 03 mostró el mayor número promedio de brotes de 4.89 por explante siendo estadísticamente igual al obtenido por el FHIA 02 con 4.43; el genotipo FHIA 18 con 3.81 brotes fue estadísticamente igual a los anteriores pero el Gran Enano fue el que obtuvo el menor promedio con 2.29.

Cuadro. 3 Comparación de medias de genotipos para las diferentes variables medidas. (Tukey 5%).

Genotipos	Número De brotes	Altura de Brotes	Diámetro de Brotes	Longitud de Raíz
Gran Enano	2.29 B	2.94 A	1.00 A	2.54 A
FHIA 02	4.43 A	1.64 B	1.08 A	1.54 B
FHIA 03	4.89 A	2.12 B	1.19 A	2.26 A B
FHIA 18	3.81 AB	2.92 A	1.34 A	2.41 A B

Los genotipos FHIA, los cuales tienen al menos un genoma B, obtuvieron mayor número de brotes que el triploide AAA Gran Enano, lo que confirma lo señalado por Vuylsteke y De Langhe (1985), quienes consignaron que los explantes de los genotipos que contienen uno ó dos genomas del tipo B muestran mayor respuesta en la tasa de multiplicación.

La diferencia entre genotipos para esta variable fue señalada por Banergee *et al.* (1986) quienes mencionaron que la tasa de multiplicación está altamente influenciada por la configuración genómica de los cultivares.

Respecto a las variables altura de brote y longitud de raíz, a pesar de existir semejanza estadística entre algunos genotipos, se observa un comportamiento similar correspondiendo los mayores valores a los genotipos Gran Enano y FHIA 18.

En el Cuadro 4 se observa la comparación de medias entre las diferentes variables dentro del factor dosis de 6-BAP. Respecto al número de brotes el mayor valor se obtuvo con la dosis de 25.0 mg.L⁻¹, siendo estadísticamente igual a las dosis 15.0 y 30.0 mg.L⁻¹. Banergee *et al.* (1986), señalaron que la tasa de multiplicación es influida favorablemente por la concentración hormonal, algo similar se observa en el

incremento del número de brotes conforme al incremento en las dosis, ya que la concentración más baja de 5.0 fue la que resultó con el número de brotes mas bajo con 2.35.

Cuadro 4. Comparación de medias de dosis de 6-BAP para las diferentes variables medidas (Tukey 5%).

Dosis de 6-BAP	Número De brotes	Altura de Brotes	Diámetro de Brotes	Longitud de Raíz
5.0	2.35 B	2.13 B	0.75 B	3.27 A
15.0	4.27 AB	2.61 AB	1.50 A	2.36 B
25.0	4.93 A	2.12 B	1.18 A	2.02 BC
30.0	4.11 AB	2.69 A	1.17 A	1.39 C

La variable altura de brotes no guardó una relación directa con el incremento de la dosis de 6-BAP, de acuerdo al efecto antagónico a la dominancia apical (Vidale 1986, Sandoval, 1985) se esperaría que el incremento provocaría menor altura de los brotes; sin embargo, la mayor altura se obtuvo con la dosis máxima de 30.0 mg.L⁻¹.

El diámetro basal de brote de acuerdo a la significancia mostrada sí respondió al incremento en la dosis de 6-BAP, correspondiendo con la variable número de brotes, Sandoval (1985) señaló el estímulo de la 6-BAP en la proliferación de yemas laterales lo cual por consecuencia incrementa el diámetro basal del brote.

Respecto a la variable longitud de raíz, se observa una relación inversa con la dosis de 6-BAP, ya que al incrementarse la dosis se reduce la longitud de la raíz; esto fue corroborado con un valor de correlación entre estas variables de $r = -0.56$ (Cuadro 5) y confirma la acción de antagonismo a la rizogénesis de las citocininas señalado por Vidale (1986). Este mismo autor señaló que si la relación auxina/citocinina es baja

habrá formación de brotes y menos rizogénesis, el incremento en la dosis de 6-BAP utilizado permitió confirmar esto.

Cuadro 5. Correlaciones encontradas entre las variables medidas.

	Dosis de 6-BAP	Número de brotes	Altura del brote	Longitud de raíz	Diámetro del brote
Genotipo	0.0 ¹	0.18	-0.01	-0.04	0.20
	0.0 ²	0.03	0.88	0.73	0.02
Dosis de 6-BAP		0.19	0.14	-0.56**	0.18
Número de brotes		0.03	0.03	0.0001	0.04
Altura del brote			-0.15	-0.13	0.75**
Longitud de raíz			0.09	0.20	0.0001
				0.16	0.03
				0.11	0.75
					-0.11
					0.28

1= Valor de correlación. 2= Nivel de significancia para el valor de correlación calculado.

Considerando la significancia encontrada para la interacción (Cuadro 2) y el objetivo del presente ensayo se definió la mejor dosis de 6-BAP para cada genotipo, las cuales se presentan en el Cuadro 6, esta conclusión confirma lo indicado por Banergee y De Langhe (1985), respecto a que la respuesta de los explantes en la multiplicación, está fuertemente influenciada por la concentración hormonal utilizada en el medio de cultivo así como por la configuración genómica de los cultivares y por el número de subcultivos.

Cuadro 6. Dosis óptimas de 6-BAP para la formación de brotes múltiples para cada uno de los genotipos evaluados.

Genotipo	Dosis óptima de 6-BAP (mg.L-1)
Gran Enano	15.0
FHIA 02	25.0
FHIA 03	30.0
FHIA 18	25.0

En la Figura 1 se observa un detalle de los brotes múltiples obtenidos en este ensayo, se destaca la proliferación lateral a partir del explante inicial, se observan algunos brotes que iniciaron su fase de elongación; sin embargo, la mayoría de los brotes permanecen sin crecer prevaleciendo la ruptura de la dominancia apical y la proliferación de yemas laterales (Sandoval, 1985).



Figura 1. Brotes múltiples de banano obtenidos en el ensayo de la dosis de 6-BAP.

4.2. Determinación de la dosis óptima de irradiación gamma.

En el Cuadro 7 se muestra el porcentaje de supervivencia de los explantes en los genotipos FHIA 18 y Gran Enano en cada una de las dosis de rayos gamma utilizadas.

Cuadro 7. Porcentaje de supervivencia de los explantes de banano de los genotipos FHIA 18 y Gran Enano sometidos a diversas dosis de rayos gamma.

Dosis (Gy)	Genotipos	
	Gran Enano	FHIA 18
0	100	100
5	85	90
10	75	85
15	70	80
20	63	75
25	52	50

Se observa que las dosis de 5 y 10 Gy no tuvieron efectos sobre la mortalidad de los explantes obteniéndose porcentajes del 10 al 25 % y por lo tanto provocaron altos porcentajes de sobrevivencia. A partir de los 15 Gy en el genotipo Gran Enano registró una mortalidad del 30 %, aumentando a 37 y 48 % con los 20 y 25 Gy, respectivamente. Se destaca que este genotipo fue el más sensible a la radiación ya que a las mismas dosis el FHIA 18 mostró porcentajes de mortalidad de 10, 15 y 20, respectivamente. Esta mayor sensibilidad del Gran Enano con relación al FHIA 18, concuerda con Novak *et al.* (1993), quienes señalaron que los individuos con mayor ploidía y con genomas B toleran mayores dosis de radiación, todo esto en virtud de que el Gran Enano es triploide AAA y FHIA 18 es tetraploide AAAB.

El FHIA 18 en la dosis de 20 Gy mostró una mortalidad del 25 %; sin embargo, a pesar de su tetraploidía, al pasar a los 25 Gy sube al 50 %. Esta respuesta contrasta con las

dosis recomendadas por Novak *et al.* (1993) quienes recomendaron desde 40 Gy para genotipos con genomas B, hasta 50 Gy para tetraploides A.

Respecto a la altura de los explantes, en el Cuadro 8 se observa que en las dosis de 5, 10, y 15 Gy la altura de los explantes son muy similares aunque no estadísticamente con relación al testigo no irradiado, se observa que en Gran Enano a partir de la dosis de 20 Gy se afecta abruptamente reduciendo el crecimiento en más del 50 %. Respecto al genotipo FHIA 18 la diferencia en altura no se hace notoria hasta pasar a los 25 Gy.

Cuadro 8. Altura promedio de los brotes (cm) a las 6 semanas de recibir su dosis de radiación gamma.

Dosis (Gy)	Genotipos	
	Gran Enano	FHIA 18
0	10.0	11.0
5	9.6	11.0
10	7.3	10.3
15	7.0	10.0
20	4.5	9.4
25	3.0	5.3

En función de los resultados obtenidos, se observa que para el genotipo FHIA 18 la dosis apropiada para intentar provocar cambios como la altura promedio de los brotes mediante la radiación gamma, y mantener una mortalidad arriba de la LD50 y contar con una supervivencia que permita continuar con la técnica (Smith *et al.*, 1994) es la de 20 Gy, mientras que para el genotipo Gran Enano la dosis que permitirá tener una buena sobrevivencia para esperar cambios es la de 15 Gy.

4.3. Variación somaclonal

4.3.1. Proporción de variantes somaclonales

Se detectó un 9.8 % de variación considerando la población total; dentro de cada genotipo la variación resultó ser diferente. En el Cuadro 9 se muestra la variación total y dentro de genotipos. El genotipo FHIA 02 mostró 65 individuos variantes, es decir un 13.54 % mientras que FHIA 03 presentó 28 plantas variantes que representan un porcentaje de 5.8. En el Cuadro 1 A del anexo, se presenta la descripción de las principales características distintivas de cada tipo de los variantes encontrados en ambos genotipos.

Cuadro 9. Porcentajes de variación somaclonal observada total y dentro de genotipos.

Genotipo	Total de Plantas	Plantas normales	Plantas variantes	% de variantes
FHIA 02	480	415	65	13.5
FHIA 03	480	452	28	5.8
Total	960	867	93	9.7

Dentro de la variación encontrada, se obtuvieron resultados relevantes considerando que a pesar de que la mayoría de la variación fue de tipo desfavorable, se detectó un variante del genotipo FHIA 02 el cual fue denominado como "Rosado" por la tonalidad del pseudotallo, con características sobresalientes hacia tolerancia a sigatoka negra y con buenas cualidades de sabor y forma del fruto. Este resultado permite colocar a dicho variante como un prospecto para ser usado como material vegetal en la producción de bananos sin el uso de plaguicidas.

Desde el punto de vista de la propagación comercial de plántulas para establecer plantaciones, la variación observada resulta ser alta ya que de acuerdo con Coté *et al.* (1993) un porcentaje de variación adecuado no debe ser mayor del 3 al 5 %; sin embargo, desde el punto de vista del mejoramiento genético, un porcentaje alto representa mayor número de plantas susceptibles de ser seleccionadas. A pesar de esto, el porcentaje encontrado contrasta considerablemente con los reportados por Hwang y Ko (1990) el cual va hasta el 20% y por Vuylsteke y Swennen (1990) quienes obtuvieron hasta un 69% en el subgrupo plantain.

4.3.2. Tipos de variantes en el genotipo FHIA 02

Dentro del genotipo FHIA 02, se detectaron 10 tipos de variantes diferentes, los cuales mostraron diferente número de unidades destacando el tipo "Rosado" con 50. En el cuadro 10 se observan los variantes detectados y su frecuencia.

Cuadro 10. Tipos de variantes, frecuencia y porcentaje observados en el genotipo FHIA 02.

Tipo	Frecuencia	%
Rosado	50	10.4
Hojas poco curvadas	3	0.62
Hojas cortas	2	0.42
Virótica	2	0.42
Negra	2	0.42
Erecta	2	0.42
Hojas angostas	1	0.21
Púrpura	1	0.21
Manchada	1	0.21
Enana	1	0.21

El variante denominado como "Rosado" además de destacar con el mayor número de variantes encontrados, mostró mayor tolerancia a la sigatoka negra con relación a su fuente original.

En la Figura 2 se presentan algunos ejemplos de los tipos de variantes encontrados en el FHIA 02.

4.3.3. Tipos de variantes en el genotipo FHIA 03

En el genotipo FHIA 03 se detectaron 15 tipos de variantes, destacando el tipo "virótico" con 7 unidades. En el Cuadro 11 se muestran los principales tipos de variantes del FHIA 03.

Cuadro 11. Tipos de variantes, frecuencia y porcentaje observados en el genotipo FHIA 03.

Tipo	Frecuencia	%
Virótico	7	1.46
Hojas cortas y anchas	4	0.83
Hojas y base del peciolo angostos	4	0.83
Hojas cortas y nervadura central con tono rojizo	2	0.42
Otras	11	3.50

En la Figura 3, se presentan algunos ejemplos del tipo de variantes encontrados en el FHIA 03.

El variante tipo virótico que predominó en el genotipo FHIA 03, se caracteriza porque la planta semeja un daño por virus, con hojas enchinadas, nervaduras engrosadas y con vetas cloróticas siendo además una planta más raquítica. Este tipo fue también



Figura 2.- Algunos de los tipos de variantes encontrados en el genotipo FHIA 02



ERECTA



PALMA



VIROTICO

Figura 3.- Algunos de los tipos de variantes encontrados en el genotipo FHIA 03

señalado por Côté *et al.* (1993) en los genotipos "Gran Enano", "Nathan", "Williams" y lo describen con las mismas características foliares y de vigor de la planta.

4.3.4. Comparación de variantes somaclonales entre genotipos

La diferencia en la cantidad de tipos de variantes en cada genotipo, podría significar una mayor susceptibilidad a la variación de alguno de ellos. Aunque el FHIA 02 presenta un mayor porcentaje de variantes en cuanto al número de individuos, el genotipo FHIA 03 presenta una mayor variación en cuanto al tipo de variantes ya que tiene 15 tipos que porcentualmente significan un 3.12 %, mientras que FHIA 02 tuvo 10 tipos que representan un 2.1% de variación. Orellana (1994) encontró diferencias en cuanto al porcentaje de variación de acuerdo al genotipo. En "Gran Enano" encontró un 3.65%, en "Parecido al rey" 0.005%, en "Zanzíbar" 0.04%, en "Burro CEMSA" 0.04%. Es de destacarse el alto porcentaje de variación obtenido en el presente trabajo de investigación aun con una población relativamente pequeña, ya que Orellana (1994) utilizó poblaciones de 1500 a 107,100 y los porcentajes de variación no llegaron al 0.05%. Israeli *et al.* (1991) detectaron 10 tipos de variantes en los cultivares "Williams" y "Gran Enano" mientras que en "Shai", "Eilon", "Amon" y "Nathan" solo dos.

4.3.5. La tolerancia a la sigatoka negra en el variante "Rosado"

En el Cuadro 12 se presentan las características de tolerancia a la sigatoka negra del variante FHIA 02 denominado como "Rosado" con respecto al FHIA 02 normal.

Cuadro 12. Promedio del grado de infección de sigatoka negra en dos tipos de plantas del genotipo FHIA 02.

Tipo	HT	HMJM ¹	HMJE	Número de hoja									
				6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Normal	15	7	6	E	1	1	2	2	2	3	4	5	6
Rosado	15	12	6	E	E	E	E	E	E	1	1	1	1

E= estria; 1=Hasta 10 manchas; 2= > 10 manchas al 5% del área dañada; 3=6 al 15%; 4= 16 al 33%; 5=34 al 50% y 6= > del 50%.

HT= Hojas totales al momento de la floración; HMJM= Hoja más joven con el síntoma de mancha (representa la primera hoja que muestra dicho síntoma); HMJE= Hoja más joven con el síntoma de estria (representa la primera hoja que muestra dicho síntoma)

Es notorio que el síntoma de estria prevalece en la mayoría de las hojas presentándose el nivel de infección en las hojas más viejas, mientras que el tipo Normal presenta valores altos de infección en la mayoría de las hojas llegando hasta el grado 6, que representa una quema casi total de la hoja.

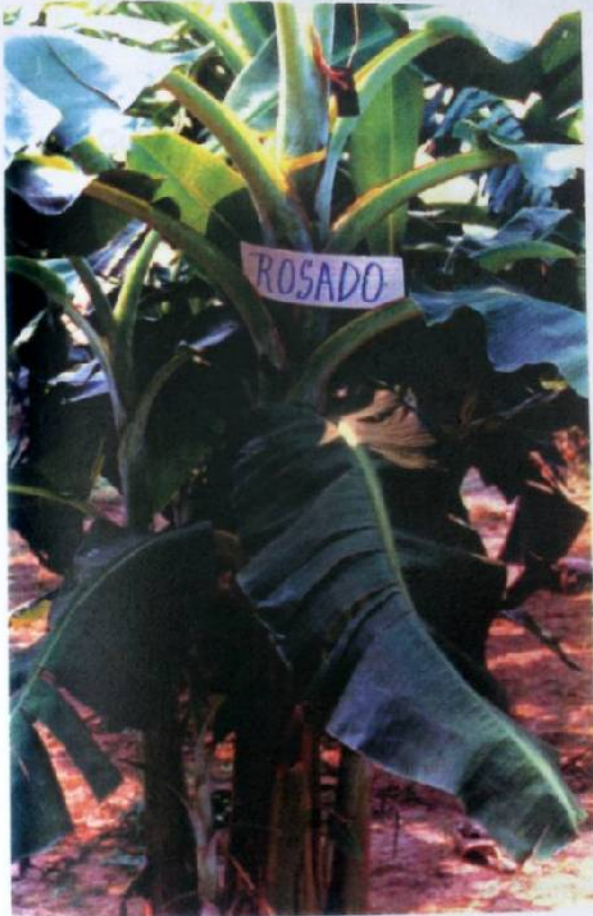
En la Figura 4 se muestra el variante denominado como "Rosado" en el cual se destaca la sanidad del follaje como resultado de la baja infección de sigatoka negra, así como la coloración rosada del pseudotallo y las características de los frutos y racimo.

4.4. Coeficientes de variabilidad genotípica y fenotípica, heredabilidad, avance genético, coeficientes de sendero e índices de selección.

4.4.1. Coeficientes de variabilidad genotípica y fenotípica, heredabilidad, avance genético.

En este apartado se presentan los parámetros genéticos tanto de variabilidad, heredabilidad en sentido amplio, coeficientes de variación genético y fenotípico, ganancias genéticas, los cuales fueron calculados partiendo de las varianzas genéticas estimadas.

En el Cuadro 13 se presenta el análisis de varianza para evaluar la influencia de la agricultura fitopatológica sus efectos que se han observado en las variedades estudiadas. La primera fluctuación de 0.067 a 0.539% corresponden al 1.47 a 20.43 para las variables



Planta del variante "Rosado"



Características del racimo y fruto del variante "Rosado"

Figura 4. Variante del genotipo FHIA 02 conocido como "Rosado"

En el Cuadro 13 se presenta el concentrado de los parámetros estimados, la varianza fenotípica fue mayor que la genotípica en todas las características estudiadas, la primera fluctuó de 0.067 a 583.01 y la segunda de 0.017 a 223.49 para las variables Índice foliar y Días a floración, respectivamente.

Cuadro 13. Análisis biométrico de características cuantitativas en banano.

Variables	Media	σ^2G	σ^2F	CVG	CVF	H ² (%)	ΔG (%)	σ^2 Amb.
Altura de plántula (cm)	14.69	107.92	111.76	70.72	71.97	96.56	122.31	3.84
Número de hojas	5.68	1.49	2.16	21.49	25.87	68.98	31.41	0.67
Longitud de lámina foliar (cm)	11.72	49.86	52.90	60.25	62.06	94.25	102.95	3.04
Ancho de lámina (cm)	5.19	10.72	11.36	63.08	64.94	94.37	107.85	0.64
Distancia entre la 2ª. y 3ª. Hoja (cm)	5.86	9.59	12.61	52.85	60.60	76.05	81.12	3.02
Diámetro de pseudotallo (cm)	1.05	0.21	0.23	43.64	45.67	91.30	73.39	0.02
Hojas totales al corte	6.14	2.57	4.03	26.11	32.69	63.77	36.69	1.46
Rendimiento (peso de racimo en Kg.)	26.87	9.84	27.57	11.67	19.54	35.69	12.27	17.73
Longitud del fruto (cm)	16.06	1.19	3.24	6.79	11.21	36.73	7.24	2.05
Diámetro del fruto (cm)	3.65	0.04	0.23	5.48	13.14	17.39	4.02	0.19
Días a floración	257.0	223.49	583.01	5.81	9.39	38.33	6.33	359.52
Índice foliar	2.27	0.017	0.067	5.74	11.40	25.37	5.09	0.05

σ^2G = Varianza genética; σ^2F = Varianza fenotípica, CVG= Coeficiente de Variación Genética, CVF= Coeficiente de Variación fenotípica, H²= Heredabilidad en sentido amplio, ΔG = Ganancia genética como % de la media, σ^2 Amb= Varianza Ambiental.

Se destaca que la varianza genotípica fue mayor que la ambiental en las variables, altura de plántula, número de hojas, longitud de lámina foliar, ancho de lámina foliar, distancia entre la 2ª y 3ª hoja, diámetro del pseudotallo y hojas totales al corte; en las variables rendimiento, longitud del fruto, diámetro del fruto, días a floración e índice foliar ocurrió lo contrario. Esto denota que en las siete primeras variables fueron poco influenciadas por el ambiente.

La implicación de lo anterior, es el hecho de que en los casos donde la varianza ambiental fue menor que la genotípica, la varianza fenotípica, es una medida confiable de la variabilidad genotípica ya que no existe influencia del ambiente en esos caracteres (Chundawat et al. ,1988).

El rendimiento y sus componentes mostraron una varianza ambiental mayor que la genética lo que indicó que fueron altamente influenciados por el ambiente, esto provocó que sus valores de heredabilidad fueron los más bajos; sin embargo, de acuerdo a la escala presentada por Robinson (1965) podrían ser consideradas como heredabilidades medias y altas, ya que sus valores fluctuaron entre 17.39 y 36.73 %.

Asimismo, Katiyar *et al.* (citados por Nayar *et al.*, 1979) señalaron que la similitud entre los CVG y CVF indica poca influencia del ambiente como en este caso sucedió para las variables cuya varianza ambiental fue menor que la genotípica.

Las variables que mostraron altos valores del CVG, tal como altura de la planta, longitud de la lámina, ancho de lámina y distancia entre la 2ª y 3ª hoja de acuerdo con Rekha y Prasad (1993) sugieren la importancia de esas características para el mejoramiento. El hecho de tener altos CVG tiene gran importancia ya que representa la extensión de la variabilidad de los caracteres y por lo tanto la posibilidad de contar con individuos aptos para realizar selección.

La proporción de la varianza total que puede ser atribuida a los efectos medios de los genes, es decir la heredabilidad, mostró coincidencias con trabajos similares.

Los valores de heredabilidad encontrados en este estudio variaron de 17.39 % para diámetro del fruto a 96.56 % para altura de plántula. Los mayores valores correspondieron a las variables altura de la plántula con 96.56%; ancho de la lámina foliar con 94.37 %; longitud de la lámina foliar con 94.25% y diámetro del pseudotallo con 91.3 %. Wei *et al.* (1985) encontraron un valor de heredabilidad también alto de

89.66% para altura de la planta, así como para diámetro de la planta con 91.78 %, Rhekha y Prasad (1993) también encontraron heredabilidades altas para esas variables con 86.9 % y 87.4 %, respectivamente. Esta coincidencia de valores comprobaría que se trata de dos variables poco influenciadas por el ambiente.

Respecto al rendimiento expresado como el peso de racimo, la heredabilidad estimada resultó media (35.69 %), contrastando con lo encontrado para esta variable por Rekha y Prasad (1993), con un 79.5 %; Chundawat *et al.* (1988) con un 78.66 %; Nayar *et al.* (1979) con un 83.0% y Wei *et al.* (1985) con un 72.46 %.

Las variables del fruto, longitud y diámetro mostraron heredabilidades de 36.73 y 17.39 %, respectivamente; Rekha y Prasad (1993) en ambos casos encontraron heredabilidades del 85 %, mientras que Nayar *et al.* (1979) para diámetro encontraron 98 % y para longitud 23 %.

Las variables hojas totales al corte, número de hojas y distancia entre la 2ª y 3ª hoja, de acuerdo con Robinson (1965), mostraron valores altos de heredabilidad con 63.77, 68.98, y 76.05 %, respectivamente; así mismo, Chundawat *et al.* (1988) encontraron, para la variable número de hojas, una heredabilidad de 40.6 % , mientras que Nayar *et al.* (1979) obtuvieron 94.0 % para esa misma variable.

La ganancia genética esperada varió de 4.02 a 122.31%, los mayores valores correspondieron a las variables altura de la planta con 122.31 %, longitud de la lámina foliar con 102.95 % y ancho de la lámina foliar con 107.85 %. Johnson *et al.* (1955) señalaron que las estimaciones de la heredabilidad y del avance genético esperado,

puede reflejar el progreso que resultará de selección de los mejores individuos. Rekha y Prasad (1993) señalaron que valores de alta heredabilidad y de alta ganancia genética son más confiables en la predicción de la ganancia por selección.

En este estudio, las variables altura de plántula, longitud de lámina, ancho de lámina y distancia entre la 2ª y 3ª hoja, mostraron altos valores del coeficiente de variación genético junto con altos valores de heredabilidad; así como alta ganancia genética esperada. Por lo tanto y de acuerdo con Johnson *et al.* (1955), Rekha y Prasad (1993) la selección en plántulas basada en estos caracteres podría ser altamente efectiva para el mejoramiento de esos caracteres en bananos.

4.4.2. Coeficientes de sendero

Para la estimación de los coeficientes de sendero se siguió la técnica de Dewey y Lu (1959), resolviendo las ecuaciones a través de álgebra de matrices, se despejó la incógnita P el cual es el valor del coeficiente de sendero para cada variable. Para lograr lo anterior, se calculó primero la matriz de correlaciones genéticas entre las doce variables consideradas.

En los Cuadros 14 y 15 se observan los valores de varianzas y covarianzas genéticas así como de correlaciones genéticas calculadas a partir del diseño en bloques al azar con arreglo en parcelas divididas, la presencia de varianzas negativas, sobre todo en la variable peso de racimo (X8), propició que en el cálculo de correlaciones genéticas se obtuvieran valores por encima de 1 y de valor cero. Siguiendo la estrategia propuesta por Baker (1986) se consideró un valor correspondiente de cero; sin embargo, se

obtuvieron tendencias similares que cuando se realizó el cálculo con las varianzas negativas.

Cuadro 14. Varianzas y covarianzas genéticas de las variables utilizadas, obtenidas de la ECM de un diseño en bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas.

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12
X1	0.514	0.234	6.628	3.352	-0.234	0.343	1.274	1.571	0.012	-0.380	12.76	-0.183
X2		-0.026	1.142	0.588	-0.059	0.062	0.367	-0.278	0.068	-0.456	3.857	-0.047
X3			49.591	25.079	-0.973	2.546	12.252	8.381	1.322	-2.745	106.18	-1.427
X4				12.678	-0.467	1.266	6.188	4.318	0.667	-1.391	58.25	-0.742
X5					-0.151	-0.042	-0.284	-0.489	-0.063	0.064	-1.516	0.001
X6						0.130	0.631	0.468	0.069	-0.142	5.370	-0.072
X7							2.609	2.341	0.159	-0.679	25.263	-0.334
X8								-3.948	0.439	-0.237	30.536	-0.355
X9									-0.039	0.079	2.169	-0.033
X10										0.142	-8.405	0.083
X11											197.17	-2.798
X12												0.035

X1=Altura de plántula, X2=Número de hojas, X3=Longitud de la lámina; X4=Ancho de la lámina; X5=Distancia entre la 2ª y 3ª hoja; X6=Diámetro del pseudotallo; X7 Número de hojas a la cosecha, X8=Rendimiento; X9=Longitud del fruto; X10=Diámetro del fruto; X11= Días a floración y X12= Índice foliar.

Cuadro 15. Matriz de correlaciones genéticas calculadas con varianzas negativas y muy pequeñas.

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12
X1	1	0.0	1.3124	1.3128	0.0	1.3262	1.0996	0.0	0.0	1.4066	1.2671	-1.367
X2		1	0.0	0.0	-0.954	0.0	0.0	-0.869	2.1567	0.0	0.0	0.0
X3			1	0.9598	0.0	1.0018	1.0772	0.0	0.0	-1.034	1.0736	-1.085
X4				1	0.0	1.009	1.0759	0.0	0.0	-1.037	1.0701	-1.115
X5					1	0.0	0.0	-0.634	-0.824	0.0	0.0	0.0
X6						1	1.0828	0.0	0.0	1.0480	1.0595	-1.065
X7							1	0.0	0.0	-1.116	1.1139	-1.108
X8								1	1.1206	0.0	0.0	0.0
X9									1	0.0	0.0	0.0
X10										1	1.2311	1.1738
X11											1	-1.087
X12												1

X1=Altura de plántula, X2=Número de hojas, X3=Longitud de la lámina; X4=Ancho de la lámina; X5=Distancia entre la 2ª y 3ª hoja; X6=Diámetro del pseudotallo; X7 Número de hojas a la cosecha, X8=Rendimiento; X9=Longitud del fruto; X10=Diámetro del fruto; X11= Días a floración y X12= Índice foliar.

Debido a lo anterior se procedió al calculo de varianzas y covarianzas genéticas en base a un diseño en bloques al azar. Se obtuvieron los valores que se observan en los (Cuadros 16 y 17).

Cuadro 16. Matriz de varianzas y covarianzas genéticas recalculadas con un diseño de bloques completos al azar.

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12
X1	107.9	5.4344	68.3109	32.8193	30.5245	4.3294	-7.5363	25.4805	11.8761	0.9168	-155.09	-1.2975
X2		1.4945	1.3061	0.78	1.9023	0.0123	-1.7719	1.5469	0.1769	0.3695	-18.156	-0.1179
X3			49.864	23.0251	17.1759	3.1617	-2.8105	22.2095	8.0868	0.0356	-87.34	-0.5455
X4				10.7217	8.6041	1.4727	-1.3872	10.2897	3.9357	0.0472	-43.294	-0.2848
X5					9.5926	1.2245	-1.4320	5.5579	3.7399	0.2337	-42.603	-0.4494
X6						0.2139	0.0032	1.4949	0.5968	-0.0275	-4.7239	-0.0359
X7							2.5687	1.7429	0.2314	-0.5301	21.6478	0.1117
X8								9.8457	3.7378	-0.7016	-32.045	-0.2141
X9									1.1932	-0.0972	-0.0972	-0.1601
X10										0.0425	-12.498	-0.0212
X11											223.487	2.5449
X12												0.0170

X1=Altura de plántula, X2=Número de hojas, X3=Longitud de la lámina; X4=Ancho de la lámina; X5=Distancia entre la 2ª y 3ª hoja; X6=Diámetro del pseudotallo; X7 Número de hojas a la cosecha, X8=Rendimiento; X9=Longitud del fruto; X10=Diámetro del fruto; X11= Días a floración y X12= Índice foliar.

Como puede observarse en el Cuadro 16, el recalcu de varianzas y covarianzas arrojó solo varianzas positivas (diagonal del mismo Cuadro) que al ser ingresadas en la formula de Miller *et al.* (1958), no se tuvo el problema de obtener el error de calculo de una raíz de varianza negativa. Con esto se pudieron calcular todas la correlaciones entre las variables consideradas.

A pesar de lo anterior, algunas correlaciones resultaron con un valor superior a uno como se observa en el Cuadro 17, las correlaciones entre X1-X9, X2-X10, X3-X9, X5-X12, X7-X10, X9-X12, y X11-X12, presentaron valores superiores a uno, esto como consecuencia de que la covarianza entre ellas resultó mayor que la raíz del producto de sus varianzas, de tal forma que al desarrollar la relación se obtuvo dicho valor.

Calixto *et al.* (1976) señalaron que es común encontrar valores de coeficiente de correlación superiores a la unidad, y que cuando esto sucede, estos valores deben interpretarse como correlaciones perfectas. Wong (1980), Calixto *et al.* (1976) y Mosqueda y Molina (1973) reportaron también valores de correlación genotípica superiores a uno.

Cuadro 17. Matriz de correlaciones genéticas calculadas con la esperanza de cuadrados medios de un diseño en bloques completos al azar.

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X9	X10	X11	X12
X1	1	0.428	0.931**	0.965**	0.949**	0.901**	-0.453	1.047**	0.428	-0.999**	-0.957**
X2		1	0.151	0.195	0.502	0.022	-0.904**	0.132	1.465**	-0.993**	-0.739
X3			1	0.996**	0.785*	0.968**	-0.248	1.048**	0.024	-0.827*	-0.592
X4				1	0.848*	0.972**	-0.264	0.751	0.048	-0.884**	-0.666
X5					1	0.855*	-0.288	0.826*	0.2734	-0.92**	-1.111**
X6						1	0.004	0.307	-0.075	-0.683	-0.595
X7							1	0.132	-1.604**	0.903**	0.534
X9								1	-0.432	-0.765*	-1.123**
X10									1	-1.406**	-0.789*
X11										1	1.304**
X12											1

** = Significativo al 1 y 5 % de probabilidad respectivamente.

X1=Altura de plántula, X2=Número de hojas, X3=Longitud de la lámina; X4=Ancho de la lámina; X5=Distancia entre la 2ª y 3ª hoja; X6=Diámetro del pseudotallo; X7 Número de hojas a la cosecha; X9=Longitud del fruto; X10=Diámetro del fruto; X11= Días a floración y X12= Índice foliar.

Con estos nuevos valores se procedió a los cálculos subsecuentes de correlaciones y coeficientes de sendero.

De acuerdo a la fórmula de Dewey y Lu (1959), después de obtener la matriz de correlaciones genotípicas, se obtuvo su matriz inversa (Cuadro 18) para posteriormente multiplicar por el valor de correlación genotípica del de las variables con el rendimiento (Cuadro 19).

Cuadro 18. Matriz inversa de correlaciones genéticas

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X9	X10	X11	X12
X1	5.7347	-17.936	17.2805	-46.825	-0.8939	16.8451	-9.6576	0.1983	4.0900	-0.9059	-7.903
X2		4.1995	1.5668	16.1454	4.6494	-7.1497	2.6026	-0.0337	-1.093	-3.1422	0.3381
X3			39.7431	-81.665	-12.646	36.396	4.3487	2.1687	6.4580	-0.1335	-0.7725
X4				186.833	19.3049	-76.996	3.4346	-2.2827	-15.127	-2.6913	8.8865
X5					-9.8546	-2.4261	8.2678	0.0273	-0.3541	-5.0463	-2.5251
X6						30.0167	-3.5884	-0.2232	5.74132	2.9705	-2.0012
X7							-2.3359	0.11084	-1.7309	2.1638	1.7782
X9								0.00703	-0.0119	-0.0103	-0.2203
X10									0.4727	1.04224	-0.1971
X11										-4.8982	-2.8569
X12											-2.4754

X1=Altura de plántula, X2=Número de hojas, X3=Longitud de la lámina, X4=Ancho de la lámina; X5=Distancia entre la 2ª y 3ª hoja; X6=Diámetro del pseudotallo; X7 Número de hojas a la cosecha; X9=Longitud del fruto; X10=Diámetro del fruto; X11= Días a floración y X12= Índice foliar.

Cuadro 19. Correlaciones genotípicas de las variables con el rendimiento (X8) y su respectivo valor de coeficiente de sendero (P).

Variables	r	P
Altura de plántula (X1)	0.7819	-0.8278
Número de hojas (X2)	-0.403	1.3374
Longitud de la lámina foliar (X3)	1.0024	-2.4726
Ancho de la lámina (X4)	1.0015	8.4938
Distancia entre la 2ª y 3ª hoja (X5)	0.5719	3.9968
Diámetro de pseudotallo (X6)	1.0301	-4.739
Hojas totales al corte (X7)	0.3466	-0.9896
Longitud del fruto (X9)	1.0905	0.0241
Diámetro del fruto (X10)	-1.084	-1.0601
Días a floración (X11)	-0.683	2.3513
Índice foliar (X12)	-0.523	2.1400

X1=Altura de plántula, X2=Número de hojas, X3=Longitud de la lámina; X4=Ancho de la lámina; X5=Distancia entre la 2ª y 3ª hoja; X6=Diámetro del pseudotallo; X7 Número de hojas a la cosecha; X9=Longitud del fruto; X10=Diámetro del fruto; X11= Días a floración y X12= Índice foliar.

En el Cuadro 20 se presentan los coeficientes de sendero para las variables los cuales aparecen en la diagonal, fuera de esta las vías indirectas que concurren hacia el

rendimiento. De acuerdo con Wong (1980) para la construcción de los índices de selección se seleccionaron aquellos caracteres que mostraron el mas alto valor de coeficiente de sendero en su efecto directo, estos fueron: Ancho de lámina foliar (X4), Distancia entre hojas (X5), Días a floración (X11), Índice foliar (X12).

Cuadro 20. Tabla de coeficientes de sendero (valores en la diagonal) y correlaciones parciales de cada variable con el rendimiento (X8).

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X9	X10	X11	X12	r
X1	-0.828	0.575	-2.302	8.195	3.792	-4.270	0.448	0.025	-0.454	-2.348	-2.048	0.782*
X2	-0.354	1.337	-0.374	1.655	2.008	-0.103	0.895	0.003	-1.554	-2.335	-1.581	-0.403
X3	-0.771	0.202	-2.473	8.458	3.139	-4.587	0.245	0.025	-0.026	-1.945	-1.266	1.002**
X4	-0.799	0.262	-2.462	8.494	3.391	-4.608	0.281	0.018	-0.051	-2.079	-1.425	1.001**
X5	-0.785	0.672	-1.942	7.208	3.997	-4.050	0.285	0.019	-0.289	-2.163	-2.378	0.572
X6	-0.748	0.029	-2.393	8.259	3.416	-4.739	-0.004	0.007	0.079	-1.608	-1.273	1.030**
X7	0.375	-1.209	0.613	-2.242	-1.151	-0.021	-0.989	0.003	1.700	2.124	1.143	0.347
X9	-0.868	0.177	-2.592	6.377	3.302	-1.456	-0.130	0.024	0.458	-1.799	-2.403	1.090**
X10	-0.354	1.960	-0.061	0.405	1.093	0.355	1.587	-0.010	-1.066	-3.310	-1.688	-1.084**
X11	0.827	-1.328	2.045	-7.508	-3.677	3.236	-0.884	-0.018	1.493	2.351	2.7901	-0.683
X12	0.792	-0.988	1.454	-5.657	-4.440	2.819	-0.529	-0.027	0.836	3.056	2.140	-0.523

**,* significativo al 1 y 5% de probabilidad

X1=Allura de plántula, X2=Número de hojas, X3=Longitud de la lámina, X4=Ancho de la lámina, X5=Distancia entre la 2ª y 3ª hoja; X6=Diámetro del pseudotallo; X7 Número de hojas a la cosecha; X9=Longitud del fruto; X10=Diámetro del fruto; X11= Días a floración y X12= Índice foliar.

4.4.3. Construcción de los índices de selección

En el cuadro 21 se muestran los 31 índices de selección generados por las combinaciones posibles de las cuatro variables seleccionadas, junto con el rendimiento (X8) como el principal carácter a mejorar. Así como la ganancia genética (GG) y la eficiencia relativa (ER) de cada índice en relación al índice que contiene solo al rendimiento (X8).

Cuadro 21. Índices de selección, ganancia genética y eficiencia relativa de cada uno de ellos, calculados a partir de las variables seleccionadas por coeficientes de sendero.

Variables en el índice	B1	b2	b3	b4	b5	GG	ER
X4	0.9306					5.45	158.95
X5		0.4387				2.75	80.21
X8			0.3849			3.43	100.00
X11				-0.0540		2.31	67.57
X12					-0.0004	0.015	0.45
X4-X5	1.2174	-0.3747				5.6881	166.00
X4-X8	0.9134		0.0186			5.4480	158.99
X4-X11	0.9960			0.0170		5.4820	159.99
X4-X12	0.9901				1.9029	5.5042	160.64
X5-X8		0.2917	0.3182			3.8375	111.99
X5-X11		0.3385		-0.0292		2.9550	86.24
X5-X12		0.4626			0.5566	2.7558	80.43
X8-X11			0.3478	-0.0401		3.8198	111.48
X8-X12			0.3677		-1.9369	3.5352	103.17
X11-X12				-0.04803	-1.6794	2.4251	70.78
X4-X5-X8	1.2519	-0.3841	-0.0293			5.6918	166.11
X4-X5-X11	1.2370	-0.3607		0.0079		5.6951	166.21
X4-X5-X12	1.2173	-0.3719			0.0617	5.6882	166.01
X4-X8-X11	0.9938		0.0020	0.0169		5.4820	159.99
X4-X8-X12	0.9825		0.0077	1.8903		5.5041	160.65
X4-X11-X12	1.0374			0.0139	1.7088	5.5272	161.31
X5-X8-X11		0.2023	0.3140	-0.0267		3.9633	115.67
X5-X8-X12		0.3086	0.3178		0.3909	3.8402	112.08
X5-X11-X12		0.3582		-0.0296	0.7235	2.9670	86.59
X8-X11-X12			0.3428	-0.0373	-0.8511	3.8371	111.98
X4-X5-X8-X11	1.2823	-0.3706	-0.0363	0.0089		5.7005	166.37
X4-X5-X8-X12	1.2517	-0.3813	-0.0293		0.0629	5.6918	166.11
X4-X5-X11-X12	1.2369	-0.3603		0.0079	0.0092	5.69	166.21
X4-X8-X11-X12	1.0429		-0.0050	0.0141	1.7146	5.5273	161.31
X5-X8-X11-X12		0.2249	0.3134	-0.0270	0.5452	3.9684	115.82
X4-X5-X8-X11-X12	1.2823	-0.3704	-0.3633	0.0089	0.0038	5.7005	166.37

Ancho de lámina foliar (X4), Distancia entre hojas (X5), Días a floración (X11), Índice foliar (X12) y rendimiento (X8).

Se destaca que el índice que contiene las 5 variables seleccionadas es con el que se obtiene la mayor GG y por lo tanto la mayor ER, comparado con el resto de los índices generados. Considerando la variable rendimiento, en base al peso de racimo como la

variable por mejorar, la ganancia de ese índice (con las cinco variables) fue de 5.7005 y su ER de 166.37 %. El índice que incluye las variables ancho de lámina (X4), distancia entre la 2ª. y 3ª. Hoja (X5), rendimiento (X8) y días a floración (X11), proporciona una GG y una ER (5.7005, 166.37, respectivamente) similar al que incluye todas las variables.

Igualmente al anterior, existen varios índices que obtienen eficiencias relativas porcentualmente iguales; tal es el caso del índice donde se incluyen solo dos variables: ancho de lámina (X4) y distancia entre la 2ª y 3ª hoja (X5) que presentan un valor de GG de 5.6881 y una ER de 166.00 %. Los índices que incluyeron solo dos variables y que obtuvieron altos valores de GG y de ER contaron con la presencia de la variable ancho de lámina (X4). Cuando la variable ancho de lámina (X4) se conjugó con cada una de las variables que individualmente aportaron poca GG, distancia entre la 2ª y 3ª (X11) hoja e índice foliar (X12), la ER se incrementó de 67.57 y 0.45 % a 159.99 y 160.64 %, respectivamente.

Lo anteriormente señalado, implica una importancia significativa de la variable ancho de lámina, ya que al observar el índice que incluye las cuatro variables restantes, el cual a pesar de tener a la mayoría de las variables, obtuvo una ER de 115.82 %, contrastando con índices de dos variables que incluyeron a dicha variable con ER muy cercanas al índice de mayor ganancia. Torres *et al.* (1974) trabajando con índices de selección y correlaciones genéticas en papa (*Solanum tuberosum* L), también destacaron la variable ancho de la hoja la cual participó en el índice de selección más eficiente que incluía además a las variables: número de ramas, número de hojas, y número de tubérculos por planta.

La GG obtenida con el índice de la variable de interés, el rendimiento (X8) fue de 3.43, observando el Cuadro 21 se puede comprobar la utilidad de los índices señalada por Sánchez, (s/f) y Baker, (1986) de obtener ER mayores al seleccionar simultáneamente para varios caracteres, logrando un progreso más rápido que la selección basada solo en dicha variable. La ventaja adicional es que se consideran solamente aquellas variables que presenten un alto valor de coeficiente de sendero.

Dicha utilidad fue comprobada por Wei *et al.* (1985), Calixto *et al.* (1976), Wong (1980), quienes trabajando en banano, trigo y arroz, respectivamente pudieron obtener GG y ER superiores a las obtenidas solo con el rendimiento.

Hay que considerar las restricciones de los índices señaladas por Sánchez (s/f) y Fletes (1967), de que los índices y sus respectivas ganancias y eficiencias son exclusivas para la población aquí estudiada, es decir FHIA 02 y FHIA 03, así como para el ambiente de la zona bananeras de Teapa, Tabasco, cualquier estudio de índices para otras zonas y con otros clones deberán de construirse índices particulares y de ahí iniciar un plan de selección. La utilidad del presente análisis radica en el desarrollo de la técnica en un cultivo de propagación clonal con poca variabilidad genética y la de mostrar el comportamiento general de algunas características para futuros trabajos con este cultivo.

Es importante destacar que variables, que son componentes del rendimiento tal como longitud y ancho del fruto, hayan sido discriminados al aplicar la técnica de coeficientes de sendero, Wong (1980) señaló que este procedimiento permite excluir características que en la práctica se les da una importante relación con el rendimiento.

Las variables días a floración (X11) e índice foliar (X12), presentaron altos valores de coeficiente de sendero (2.35 y 2.14, respectivamente); sin embargo, mostraron individualmente escasa o baja GG y E. R. Sus valores de correlación negativa con el rendimiento de -0.683 y -0.593, respectivamente, podrían ser la causa de dichos valores los cuales fueron de 2.31 y 67.57 %, respectivamente para días a floración (X11) y de 0.015 y 0.45 %, respectivamente para índice foliar (X12).

La combinación de las variables, ancho de la lámina foliar (X4) y distancia entre la 2ª y 3ª hoja (X5), en todos los índices que participaron juntas, los índices presentaron valores de máxima ganancia genética de 166 %, la importancia de ellas estaría justificada por los máximos valores de coeficiente de sendero de 8.49 y 3.99, respectivamente. Wei *et al.* (1985) así mismo, concluyeron que el índice que incluyó a las variables vegetativas altura de la planta y diámetro del pseudotallo se obtuvo la mayor ER.

Estas variables, al proporcionar las mayores GG y siendo variables de plántula, cumplen con el carácter predictivo de un índice; la inclusión de cualquier variable adicional en el índice no incrementaría de manera importante la ER

Resulta impráctico la utilización de índices que incluyan muchas variables; lo ideal es tratar de obtener GG favorables con índices que contengan pocas variables, principalmente aquellas que pudiesen ser tomadas a nivel de plántula; finalmente, la decisión de que índice utilizar será tomada por el fitomejorador considerando el aspecto práctico de la toma de datos, la disponibilidad de recursos y la precisión que

se quiera obtener, así en una población similar a la aquí utilizada, en la cual exista variación de origen somaclonal o inducida por mutagénesis, la preselección de plántulas de banano por mayor ancho de lámina y mayor distancia entre la 2ª y 3ª hojas permitiría seleccionar indirectamente por alto rendimiento.

El uso de variables tomadas en estado adulto como rendimiento, días a floración y otros componentes del rendimiento, podrían emplearse en programas de mejoramiento, en los cuales se pretenda llevar a cabo selección para esas variables y la toma de las mismas sea indispensable.

Los índices con variables de plántula podrían ser utilizados en estos programas para llevar a cabo una preselección de individuos que nos permita manejar una población menor de plantas. También en programas de producción masiva de plántulas en vivero seleccionadas para alto rendimiento o como futuras fuentes de explantes de calidad para la producción masiva *in vitro*.

5.- CONCLUSIONES

5.1. Determinación de la dosis óptima de 6-BAP para la formación de multiyemas.

Hipótesis planteada: Existe una dosis óptima de 6-BAP para la formación de multiyemas en los genotipos estudiados.

1.- Existe un efecto de la interacción genotipo por dosis de 6-BAP sobre las variables número de brotes, altura del brote y longitud de raíz.

2.- La dosis de 6-BAP correspondiente para cada genotipo para obtener la mejor respuesta a la formación de brotes múltiples son: Gran Enano 15.0 mg.l⁻¹; FHIA 02 25.0 mg.l⁻¹; FHIA 03 30.0 mg.l⁻¹ y FHIA 18 25.0 mg.l⁻¹

5.2. Determinación de la dosis óptima de rayos gamma

Hipótesis planteada: La variación mediante la inducción de mutaciones con rayos gamma, depende de la supervivencia del material *in vitro* por lo cual hay una dosis óptima de irradiación asociada al genotipo irradiado.

1.-La dosis óptima de irradiación gamma para los genotipos tetraploides AAAB FHIA es de 20 Gy.

2.- La dosis óptima de radiación gamma para el genotipo triploide AAA Gran Enano es de 15 Gy .

5.3. Variación somaclonal

Hipótesis planteada: Durante la multiplicación *in vitro* puede generarse variación somaclonal.

1.- La mayor variación de tipos se observó en el genotipo FHIA 03

2.- Se observa una mayor frecuencia de variantes en el genotipo FHIA 02

3.- La variación en FHIA 02 denominada "Rosado", resultó ser la más promisoría por su mayor tolerancia a Sigatoka negra.

5.4. Índices de selección

Hipótesis planteada: El estudio de la variabilidad genética de algunos caracteres permite estimar parámetros como la heredabilidad, el avance genético, así mismo es posible la construcción de Índices de selección con pocas variables de plántula y con alto valor predictivo del rendimiento en banano.

1.- Las variables altura de plántula, ancho de lámina foliar, longitud de lámina foliar y diámetro de pseudotallo presentaron los mayores valores de heredabilidad en sentido amplio, así como alta ganancia genética esperada. Por lo tanto, la selección en plántulas basada en estos caracteres podría ser altamente efectiva.

2.- El peso de racimo y días a floración fueron variables altamente influenciadas por el ambiente, por lo cual estas variables no deben ser utilizadas como criterios de selección.

3.- Existen Indices de selección que incluyen al menos dos variables tal como el que incluye las variables ancho de la lámina (X4) y distancia entre la 2ª y 3ª hoja (X5) o bien ancho de la lámina (X4) e índice foliar (X12) que permiten obtener ganancia genética y eficiencia relativa con valores muy parecidos a los que se obtienen incluyendo más variables.

6. RECOMENDACIONES

En base a los resultados, conclusiones y observaciones obtenidas se recomienda lo siguiente:

1.-Continuar con la observación en campo de los materiales sujetos a irradiación para la posible detección de mutantes con características agronómicas y comerciales sobresalientes.

2.- En estudios futuros la estimación de componentes de la varianza genética requiere una población con mayor variabilidad genética que permita disminuir la posibilidad de estimar varianzas negativas.

3.- Continuar con los estudios de comportamiento agronómico de los variantes obtenidos, principalmente el tipo "Rosado".

4.- Retomar los estudios de mercado de la fruta de los variantes y de nuevos genotipos introducidos, mediante la aplicación de pruebas organolépticas en los centros de consumo.

7. BIBLIOGRAFIA

- Acuña Ch., P. 1994. Influencia de la concentración de 6 BAP en la micropropagación de Plátano. In *MUSARAMA*. 4 (2):10.
- Ahloowalia, B.S. 1982. Plant regeneration from callus culture in potato. *Euphytica*. 31: 755-759.
- Angarita, A. y D. Castro 1984. Nuevas perspectivas para el control de la Sigatoka Negra. *Augura (Colombia)* 10 (2):13-18.
- Baker, R. J. 1986. *Selection Indices in Plant Breeding*. CRC. Boca Raton, Florida. USA. 216 p.
- Banerjee, N.; D. Vuylsteke and E. De Langhe. 1986. Meristem tip culture of *Musa*: Histomorphological studies of shoot bud proliferation. Eds. L. A. Withers and P. S. Alderson. In *Plant Tissue Culture and its Agricultural Application*. Butterworths Publishers. pp 139-148.
- Brim, C.A.; H.W. Jhonson and C.C. Cockerham. 1959. Multiple criteria in soybeans. *Agron. J.* 51:42-46.
- Burton, J.L. 1951. Quantitative inheritance in pearl millet, *Penisetum glaucum*. *Agric. Journ.* 43: 409-417.
- Calixto C., N.; J.D. Molina G. y A. Hernández S. 1976. Detección de caracteres determinantes del rendimiento de grano, mediante índices de selección, coeficientes de sendero y regresión lineal múltiple. *Agrociencia* 24: 95-113.
- Celis A., H.; J.D. Molina G. y A. Martínez G. 1986. Estimación de parámetros genéticos e índices de selección de la variedad de maíz (*Zea mays* L.) *Zac.* 58. *Agrociencia* 16: 121-138.
- Chaleff, R.S. 1983. Isolation of agronomically useful mutant from plant cell cultures. *Science*. 219: 676-682.
- Chundawat, B.S.; N.L. Patel; S.K. Dave and S.B.S Tikka. 1988. Quantitative variability for yield and other characters in banana. *Indian Journal of Horticulture*. 45:8-12.
- Cote, F.X.; X. Perrier and C. Teisson. 1992. Somaclonal variation in *Musa* sp.: theoretical risks, risk management, future research prospects. In *Proceedings of the workshop on Biotechnology Applications for Banana and Plantain Improvement*. San José, Costa Rica 27-31 enero 1992. pp 192-199.
- Cote, F.X.; J.A. Sandoval; Ph. Marie and E. Auboiron. 1993. Variations in micropropagated bananas and plantains: Literature Survey. *Fruits*. Vol 48(1):15-22.

- Daniells, J.W. and M.K. Smith. 1991. Postflask management of tissue-cultured bananas. ACIAR. Technicals Reports. 18:8.
- Daniells, J.W. and M.K. Smith. 1993. Somatic mutations of bananas –Their stability and potential. In Proceedings of the International Symposium on Recent Developments in Banana Cultivation Technology, Chiujung, Pingtung, Taiwan, 14-18. December 1992. Ed R.V. Valmayor. Los Baños Philippines: INIBAP/ASPNET. pp 162-171.
- De Beer, Z.C. and A. A. Visser. 1994. Mutation Breeding of Banana in South Africa. In The Improvement and Testing of *Musa*: A Global Partnership. Ed. D.R. Jones. pp 243-247.
- De Guzmán, E. V.; E.M. Ubalde and A.G. Rosario. 1976. Banana and coconut *in vitro* cultures for induced mutation studies. Improvement of vegetatively propagated plants and tree crops through induced mutations. Viena, Austria, International Atomic Energy Agency. pp 33-54.
- Dewey, D.R. and R.H. Lu 1959. A correlation and path-coefficient analysis of components of crested wheatgrass seed production Agron. J. 51:515-518.
- Dhed'a, D. 1992. Culture de suspensions cellulaires embryogeniques et regeneration en plantules par embriogenese somatique chez la bananier et le bananier plantain *Musa* spp. Tropicultura 10(4):152-153.
- Donini, B. and A. Micke. 1984. Use of induced mutations in improvement of vegetatively propagated crops. In Induced Mutation for Crops Improvement in Latin America. Tec. DOC. Viena, Austria: IAEA. pp 79-88.
- Evans, D. A.; W.R. Sharp; P.V. Ammirato and Y. Yamada. 1963. Handbook of plant cell culture. Techniques for propagation and breeding. Vol (1): 447-451.
- Evans, D. A. and W.R. Sharp. 1986. Somaclonal and gametoclinal variation. In Evans, D. A.; W.R. Sharp and P. V. Ammirato (eds). Handbook of plant cell culture. Mac Millan Publishing, New York. v. 4, pp. 97-132.
- Falconer, D.S. 1975. Introducción a la genética cuantitativa. Trad. F. Marquez S. 1ª ed. CECSA. 430.
- Fletes G., G.A. 1967. Determinación de índices de selección para mejorar el rendimiento en dos variedades de maíz de la raza Chalqueño. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. ENA. Chapingo, México.
- García, C. and M.A. Toro 1985. A note on the use of assortative mating in tandem selection. Anim. Prod. 40:372-373.
- Gill, J.L. and E.L. Jennsen. 1968. Probability of obtaining negative estimates of heredability. Biometrics. 24:517-526.

- Gould, R. A. 1986. Factors Controlling Generation of Variability *in vitro*. In Cell Culture and Somatic Genetics of Plants. Ed. Indra K. Vasil. Academic Press. pp.549-566.
- Hallauer, A.R. and J.B. Miranda. 1981 Quantitative Genetics in Maize Breeding. Iowa State University. Press. Ames, Iowa.
- Hazel, L.N. and J.L. Lush. 1942. The efficiency of three methods of selection. Journ. Heredity 33: 393-399.
- Henning, J.A. and L.R. Teuber. 1996. Modified convergent improvement: A breeding method for multiple trait selection. Crop. Sci. 36:1-8.
- Holguín M., F. y L. Avila A. 1981. Chamusco negro del plátano (*Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*) en Tabasco. X Congreso Nacional de Fitopatología. Culiacán, Sinaloa, México. El vector 3(2):1.
- Hwang S.C. and W.H. Ko. 1987. Somaclonal variation for resistance to Fusarium wilt . In banana and plantain breeding strategies. Cairns Australia. Ed Persley G. and E. De Langhe. QACCIAR proceedings of international workshop, 13-17 october 1986, 2:151-156.
- Hwang S.C. and W.H. Ko. 1990. Selection of improved Cavendish aspects of somaclonal variation in banana propagated by *in vitro* techniques. Scientia Horticulturae, 48:78-88 p.
- Iezzoni, A.F. and M.P. Pritts. 1990. Applications of principal components analysis to horticultural research. Hortscience. 26(4): 334-338.
- Israeli, Y.; O. Reuveni and E. Lahav. 1991. Qualitative aspects of somaclonal variation propagated by *in vitro* techniques. Scientia Horticulturae. 48:71-88.
- Jamaluddin, S.H. 1994. Mutation Breeding of Banana in Malaysia. In: The Improvement and Testing of *Musa*: A Global Partnership. Ed D.R. Jones. pp 228-232.
- Jamaluddin, S.H., *s/f* Using *in vitro* and mutation techniques for the improvement of bananas in Malaysia. Fruit Research Division. MARDI. Kuala Lumpur. pp 52-59.
- Jamaluddin, S.H. and F.J. Novak. 1992. Somatic embryogenesis in plant regeneration of banana cultivars, *Musa* cv. Mas (AA) and *Musa* cv. Rastali (AAB). In Proceedings International Symposium on Recent Developments in Banana Cultivation Technology. Ed. R.V. Valmayor. Los Baños Philipines. INIBAP/ASPNET. pp 201-212.
- Johnson, H. W., H.E. Robinson and R.E. Comstock. 1955. Estimates of genetic and environmental variability in soybeans. Agron. J. 47: 314-18.
- Jhonson, R.A. and D.W. Wichern. 1988. Applied Multivariate Statistical Analysis. 2nd. ed. Ed. Prentice-Hal. pp 340-366.

- Lameira, O.A.; J.E.B.P. Pinto y M. Pasqual. 1993. Propagación *In vitro* de banano "Prata" por medio de cultivo de tejidos. *In*, MUSARAMA 6(1) 8.
- Lambert, R.J and D.G. White. 1997. Disease reaction changes from tandem selection for multiple disease resistance in two maize synthetics. *Crop. Sci.* 37: 66-69.
- Larkin, P.J. and W.R. Scowcroft. 1981. Somaclonal variation, a novel source of variability from cell cultures for plant improvement. *Theor. Appl. Genet.* 60: 197-214.
- Litz, R.E. and R.L. Jarret. 1991. Regeneración de plantas en el cultivo de tejidos: embriogénesis somática y organogénesis. *In* Cultivo de Tejidos en la Agricultura. Fundamentos y Aplicaciones. Eds. William M. Roca y Luis A. Mroginski. Publicación CIAT. No 151. 152 p.
- Lopez P., E. 1986. Diseños estadísticos. *In*: Notas del curso Teoría sobre métodos de mejoramiento de plantas. UAAAN. Cap. III. pp 6.
- Matsumoto, K. and H., Yamaguchi. 1990. Selection of aluminium-tolerant variants from irradiated protocorm-like bodies in banana. *Trop. Agric. (Trinidad).* 67(3):229-232.
- Micke, A.; B. Donini and M. Malszynsky 1987. Induced mutations for crop improvement- a review. *Trop. Agric. Trinidad.* 64(4):278.
- Miller, P.A.; J.C. Williams Jr.; H.F. Robinson and R.E. Comstok. 1958. Estimates of genotypic and environmental variance and covariances in upland cotton and their implications in selection. *Agron. J.* 50:126-131.
- Mode. C.J. and H.F. Robinson. 1959. Pleiotropism and the genetic variance and covariance. *Biometrics* 15:518-537.
- Mosqueda V., R y J.D. Molina G. 1973. Estudio de caracteres correlacionados y analisis de componentes del rendimiento empleando coeficientes de sendero en *Carica papaya* (L.) *Agrociencia* 11: 3-14.
- Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. *Physiolgia Plantarum.* 15:473:497.
- Nayar, N.K.; K.R. Lyla and V. Mathew. 1979. Genetic variability in dessert type of banana. *Indian Journal Agric. Sci.* 49: 414-416.
- Novak, F.J.; H. Bruner, R. Afza and M. Van Duren. 1993 Mutation breeding of *Musa* sp. (Banana, Plantain). *Mutation Breeding Newsletter. IAEA.*(4):2-4.
- Orellana P., P.A. 1994. Tecnología para la micropropagación *in vitro* de clones de *Musa* spp. Tesis Doctorado en Ciencias Agrícolas, Universidad Central de las Villas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Instituto de Biotecnología de las Plantas, Santa Clara Villa Clara, Cuba. 96p.

- Orozco S., M. 1998. Manejo integrado de la sigatoka negra del plátano. Folleto Técnico No.1 SAGAR INIFAP-CIRPAC. Campo Experimental Tecóman, Colima. 96 p.
- Ouendeba, B.; G. Ejeta; W.W. Hanna and H.K. Kumar. 1995. Diversity among african pearl millet landrace populations. *Crop Sci.* 35:919-924.
- Pérez P., J. and P.A. Orellana. 1994. *Musa* Improvement in Cuba. In: *The Improvement and Testing of Musa: A Global Partnership*. Ed. D.R. Jones. pp 203-206.
- Pierik, R.L.M; H.H.M. Steegmans and J.A.J. Van Der Meys. 1974. Plantlet formation in callus tissue of *Anthurium andreaeanum* Lind. *Scientia Hortic.* 2:193.
- Pool, D. and H. Irizarry. 1987. "Off type" banana plants observed in a commercial planting of Grand naine propagated using the *in vitro* culture technique. In *Reunión de la Asociación para la cooperación en investigaciones en banano en el Caribe y en América tropical*. San José Costa Rica: Eds. J. Galindo and R. Jaramillo ACORBAT, Memorias, CATIE. pp 99-102.
- Przybyla, A. 1994. Mutagénesis en fitomejoramiento de plantas de propagación vegetativa. *Revista Chapingo. Serie Horticultura.* Num. 1. pp 145-150.
- Ramírez S., G.; U.Díaz Z. y J.R. Rodríguez R. 1999. Marco de Referencia del Cultivo de Plátano en el Centro de Investigación Regional Golfo Centro (Veracruz y Tabasco). SAGAR. INIFAP. CIRGOC. Documento Interno 25p.
- Rekha, A. and M.B.N.V. Prasad. 1993. Genetic variability and character association in banana. *Indian Journal of Horticulture.* 50(1): 36-40.
- Robertson, A. 1959. The sampling variance of the genetic correlation coefficient. *Biometrics.* 15:469-485.
- Robinson, H.F. 1965. Quantitative genetics in relation to breeding on the centennial of mendelism. *Indian J. Genet. Plant. Breed.* 25(3) 171-187.
- Rodríguez C., J.C. 1994. Propagación de plátano cv enano gigante a partir de ápices de brote cultivados *in vitro*. Memorias de la X reunión ACORBAT. Villahermosa, Tabasco. nov 11-13 1991. pp163-173 .
- Rodríguez, N.; J. Ventura; R. Rodríguez; J. López; J. Pino et M. Roman. 1991. L'a amélioration génétique des bananiers et des bananiers plantains à l'NIVIT. *Infomusa*, 1(1): 3-5.
- Roux, N.; R. Afza; H. Bunner; R. Morpurgo, and M. van Deuren. 1994. Complementary approaches to cross-breeding and mutation breeding for *Musa* improvement. In *The improvement and testing of Musa: a global partnership*. Ed. D.R. Jones. pp 213-227.
- Rowe, P. 1993. Informe de la Primera Reunión Regional del Programa Internacional de Evaluación de *Musa*. pp 14-22.

- Sánchez V., I. *s/f*. Importancia y limitaciones de los índices de selección. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de fitomejoramiento. Seminarios de postgrado. pp 3.
- Sandoval F., J.A. 1985. Micropropagación de musáceas. Asociación Bananera Nacional (ASBANA), San José, Costa Rica. pp 21-23.
- Sandoval F., J.A. ; A. Tapia; L. Müller y V. Villalobos. 1991. Observaciones sobre la variabilidad encontrada en plantas micropropagadas de *Musa* cv. "Falso Cuerno" AAB. *Fruits*, 46 (5): 533-539.
- Sangwan-Norrell, B.; F. Dubois; F. Flandre; L. Lavieville; H. Paul and R. Sanwgan. 1991. *In vitro* Culture and Plant Improvement. *Acta Horticulturae* 289: 19-32.
- Satterthwaite, F.E. 1946. An approximate distribution of estimates of variance components. *Biometrics*. 2:110-114.
- Schnabelrauch, L.S. and K.C Sink,. 1979. *In vitro* propagation of *Phlox subulata* and *Phlox paniculata*. *Hort Science*. 14(5):607-608
- Smith, H.F. 1936. A discriminant function for plant selection. *Ann Eugen*. 7: 240-250.
- Smith, M.K. and S.D. Hamill 1993. Early detection of dwarf off types from micropropagated Cavendish bananas, *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 33: 639-644 p.
- Smith, M.K.; S.D. Hamill; P.W. Langdom and K.G. Pegg. 1994. Mutation Breeding for Banana Improvement in Australia. *In: The Improvement and Testing of Musa: A Global Partnership*. Ed. D.R. Jones. 233-242 p.
- Smith, S.E.; L. Guarino; A. Al-Doss and D.M. Conta. 1995. Morphological and agronomic affinities among middle eastern alfalfa-accesions from Oman and Yemen. *Crop. Sci*. 35:1188-1194.
- Steel, R.G.D. y J.H. Torrie. 1995. *Bioestadística, Principios y Procedimientos*. 2ª ed. Mc. Graw Hill. pp 368-391.
- Stover, R.H. 1987. Somaclonal variation in Gran naine and Saba bananas in the nursery and field. *In Bananas and plantain breeding strategies: Proceedings of an international workshop held at Cairns, Australia, 13-17 october, 1986 ACIAR proceedings* 21:136-139.
- Thompson, W.A. Jr. and J.R. Moore. 1963. Non-negative estimates of variance components. *Technometrics*. 5:441-449.
- Torres G., L.; J.D. Molina G. y E. Casas D.; 1974. Correlaciones genéticas e índices de selección en la genotecnia de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Agrociencia*. 16: 21-37.

- Vidale, H. 1986. Cultivo *in vitro*. Trad por Ma. Eugenia de Aragón Espejo 1a.Ed. Ed. Científica. pp 16-18p.
- Vuylsteke, D. and De Langhe, E. 1985. Feasibility of *in vitro* propagation of bananas and plantains. *Tropical Agriculture, Trin.* 22:49-57.
- Vuylsteke, D. and R. Swennen 1990. Somaclonal variation in african plantains. *IITA Research* 1: 4-10.
- Wei, V.C.; S.Y. Lee and T.C. Yang. 1985. Variability, correlations and selection indices for some quantitative characters in banana. *J. Agric. China.* 132: 76-87.
- Wong P., J.J. 1980. Coeficientes de sendero e índices de selección en arroz. Tesis Maestría en Ciencias. C.P. Chapingo. México. 145 p.
- Wright, S. 1921. Correlation and causation. *J. Agric. Res.* 20:557-587.
- Wright, S. 1922. Theory of path-coefficients a reply to nils criticism. *Genetics* 8:239-255.
- Young, S.S.Y. 1961. A further examination of the relative efficiency of three methods of selection for genetic gains under less-restricted conditions. *Genet. Res.* 2: 106-121.
- Young, S.S.Y. and H. Weiler 1960. Selection for two correlated traits by independent culling levels. *J. Genet.* 57: 329-338.
- Zeinalli-Khanghah, D.; D.E. Green and R.M. Shibes. 1993. Use of morphological, developmental and plant nitrogen traits in a selection scheme in soybean. *Crop Sci.* 33: 1121:1127.

Cuadro 1 A. Identificación de plantas variantes en las parcelas con los genotipos FHIA 02 y FHIA 03.

NUM. PARCELA	GENOT.	REPET	NO. PLANTA	TIPO
1	FHIA 02	1	245	Planta con hojas enchinadas, angostas, nervaduras engrosadas con clorosis.
1	FHIA 02	1	331	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada.
1	FHIA 02	1	264	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada.
1	FHIA 02	1	309	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada.
2	FHIA 02	1	524	Pseudotallo pardo, hojas bajas con manchas negras.
2	FHIA 02	1	370	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada.
2	FHIA 02	1	483	Pseudotallo pardo, hojas bajas con manchas negras (Igual a la anterior) pero con menor intensidad
2	FHIA 02	1	448	Hojas cortas nervaduras engrosadas.
3	FHIA 02	1	327	Hojas con nervaduras engrosadas
3	FHIA 02	1	186	Planta con posible resistencia a S.N.
3	FHIA 02	1	191	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada.
3	FHIA 02	1	156	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada.
3	FHIA 02	1	300	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada.
3	FHIA 02	1	336	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada.
3	FHIA 02	1	188	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada.
3	FHIA 02	1	193	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada.
3	FHIA 02	1	243	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada.
3	FHIA 02	1	320	Plantas con hojas no pendulantes
4	FHIA 03	1	58	Pseudotallo delgado, hojas cortas y angostas, apariencia de planta enana.
4	FHIA 03	1	4	Hojas cortas y anchas
4	FHIA 03	1	7	Hojas cortas y nervadura central con tonalidad rojiza en el envez., hasta su inserción al pseudotallo.
5	FHIA 03	1	186	Nervadura central rojiza en el envez hasta su inserción al pseudotallo.
5	FHIA 03	1	8	Hojas anchas con nervaduras engrosadas
5	FHIA 03	1	184	Hojas enchinadas con nervaduras engrosadas.
5	FHIA 03	1	215	Pseudotallo pardo, hojas sin curvatura, hojas curvas y anchas, peciolo rosado
6	FHIA 03	1	408	Hojas delgadas y largas, pseudotallo delgado
6	FHIA 03	1	495	Peciolo del pseudotallo abiertos, hojas muy cortas apariencia de palma del viajero.
6	FHIA 03	1	415	Hojas cortas y angostas, nervaduras engrosadas, hojas en calza helicoidal bien definida.
6	FHIA 03	1	472	Hojas erectas mas angostas
7	FHIA 03	2	106	Hojas enchinadas cloróticas con variegados, angostas y con nervadura central rojiza en el envez.
10	FHIA 02	2	52	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada.
10	FHIA 02	2	60	Hojas con manchas circulares aparentando un daño de Cordana se presentan hasta en niveles de la hoja 4.
10	FHIA 02	2	36	Hojas poco curvadas, pseudotallo mas café y pardo.

Continuación cuadro 1 A.

NUM. PARCELA	GENOT.	REPET	NO. PLANTA	TIPO
11	FHIA 02	2	234	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada.
11	FHIA 02	2	17	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada.
11	FHIA 02	2	82	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada.
11	FHIA 02	2	323	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada.
12	FHIA 02	2	344	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada.
12	FHIA 02	2	265	Hojas cortas enchinadas.
12	FHIA 02	2	283	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada.
13	FHIA 03	3	356	Pseudotallo con tonalidad rosada
14	FHIA 03	3	131	hojas angostas, base de peciolo angosto.
15	FHIA 03	3	477	Hojas no curvadas con daño de S.N. en hojas bajas.
15	FHIA 03	3	492	Hojas erectas, angostas enchinadas.
15	FHIA 03	3	209	Hojas angostas enchinadas peciolo rojizo
15	FHIA 03	3	229	Hojas erectas anchas y cortas.
16	FHIA 02	3	25	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada.
16	FHIA 02	3	284	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada.
16	FHIA 02	3	400	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada.
17	FHIA 02	3	248	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada.
17	FHIA 02	3	59	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada.
17	FHIA 02	3	270	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada.
17	FHIA 02	3	149	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada.
17	FHIA 02	3	35	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada.
17	FHIA 02	3	69	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada.
17	FHIA 02	3	153	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada.
18	FHIA 02	3	215	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada.
18	FHIA 02	3	224	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada.
18	FHIA 02	3	137	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada.
18	FHIA 02	3	520	Planta con hojas poco curvadas pero con daño de S.N.,
18	FHIA 02	3	34	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada.
18	FHIA 02	3	55	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada.
18	FHIA 02	3	2	Rojiza en tallos y laminas hoja joven
18	FHIA 02	3	227	Hojas sin curvatura.
19	FHIA 02	4	345	Pseudotallo abierto, hojas angostas muy pequeña
19	FHIA 02	4	390	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada.
20	FHIA 02	4	500	Hojas angostas
20	FHIA 02	4	57	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada.
20	FHIA 02	4	115	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada.

Continuación cuadro 1 A.

NUM. PARCELA	GENOT.	REPET	NO. PLANTA	TIPO
20	FHIA 02	4	511	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada
20	FHIA 02	4	43	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada
21	FHIA 02	4	274	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada
21	FHIA 02	4	194	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada
21	FHIA 02	4	195	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada
21	FHIA 02	4	328	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada
21	FHIA 02	4	198	Planta con hojas poco curvadas con daño de quemaduras.
21	FHIA 02	4	203	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada
21	FHIA 02	4	259	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada
21	FHIA 02	4	184	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada
21	FHIA 02	4	185	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada y mas delgado.
21	FHIA 02	4	232	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada
21	FHIA 02	4	134	Planta con hojas poco curvadas sin daño de quema en hojas., posible resistencia a SN, pseudotallo con tonalidad rosada
22	FHIA 03	4	227	El envés de todas las nervaduras centrales rojizo
22	FHIA 03	4	228	Hojas muy angostas variegadas
23	FHIA 03	4	251	Hojas cortas y anchas planta muy pequeña
23	FHIA 03	4	64	Hojas angostas, base de la nervadura central delgado en su inserción al pseudotallo
23	FHIA 03	4	245	Hojas angostas con ligero achinamiento proliferación de hijos.
23	FHIA 03	4	243	Hojas angostas enchinadas
24	FHIA 03	4	407	Hojas angostas
24	FHIA 03	4	290	Hojas con base de la nervadura central delgado en su inserción al pseudotallo
24	FHIA 03	4	404	Hojas anchas y mas cortas
24	FHIA 03	4	463	Hojas angostas, enchinadas, variegadas.

Fe de erratas

Página 27 último párrafo donde dice:

Concluyeron que existió poco efecto del ambiente debido a que la variación genotípica fue mayor que la fenotípica, y esto permitió sugerir que el valor de la variación fenotípica fue un buen estimador de la varianza genética.

Debe decir:

Concluyeron que existió poco efecto del ambiente debido a que la variación genotípica fue mayor que la ambiental, y esto permitió sugerir que el valor de la variación fenotípica fue un buen estimador de la varianza genética.

Página 33 donde dice:

2.3. Hipótesis de trabajo

Debe decir:

2.6. Hipótesis de trabajo

Página 73 párrafo 3 donde dice:

Estas variables, al proporcionar las mayores GG y siendo variables de plántula, cumplen con el carácter predictivo de un índice; la inclusión de cualquier variable adicional en el índice no incrementaría de manera importante la ER

Debe decir:

Estas variables, al proporcionar las mayores GG y siendo variables de plántula, cumplen con el carácter predictivo de un índice; la inclusión de cualquier variable adicional en el índice no incrementaría de manera importante la ER.

En el anexo se deben incluir las siguientes tablas de análisis de varianza de las variables utilizadas para el cálculo de varianzas y covarianzas.

General Linear Models Procedure Class Level Information

Class	Levels	Values
V35	3	1 2 3
V2	6	1 2 3 4 5 6

Number of observations in data set = 808 NOTE: Observations with missing values will not be included in this analysis. Thus, only 443 observations can be used in this analysis.

Dependent Variable: V17 (Altura de la plántula)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	1674.242401	239.177486	62.34	0.0001
Error	435	1668.985590	3.836748		
Corrected Total	442	3343.227991			
R-Square	C.V.	Root MSE	V17 Mean		
0.500786	13.33474	1.958762	14.6891648		

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
V35	2	35.944403	17.972202	4.68	0.0097
V2	5	1638.056059	327.611812	85.39	0.0001

Dependent Variable: V18 (Número de hojas)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	26.97131563	3.85304509	5.78	0.0001
Error	435	291.15058053	0.66931168		
Corrected Total	442	318.12189616			
R-Square	C.V.	Root MSE	V18 Mean		
0.084783	14.39908	0.818115	5.68171558		

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
V35	2	1.66355411	0.83177706	1.24	0.2896
V2	5	25.76450107	5.15290021	7.70	0.0001

Dependent Variable: V19 (Longitud de la lámina)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	786.2190796	112.3170114	36.99	0.0001
Error	435	1320.8271958	3.0363844		
Corrected Total	442	2107.0462754			
R-Square	C.V.	Root MSE	V19 Mean		
0.373138	14.86611	1.742522	11.7214447		

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
V35	2	17.9122877	8.9561439	2.95	0.0534
V2	5	763.1420046	152.6284009	50.27	0.0001

Dependent Variable: V20 (Ancho de la lámina)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	167.8167836	23.9738262	37.75	0.0001
Error	435	276.2339613	0.6350206		
Corrected Total	442	444.0507449			
R-Square	C.V.	Root MSE	V20 Mean		
0.377923	15.34864	0.796882	5.19187359		

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
V35	2	4.0611770	2.0305885	3.20	0.0416
V2	5	164.0000298	32.8000060	51.65	0.0001

Dependent Variable: V21 (Distancia entre la 2ª y 3ª hoja)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	161.7567688	23.1081098	7.51	0.0001
Error	435	1338.3483775	3.0766629		
Corrected Total	442	1500.1051463			
R-Square	C.V.	Root MSE	V21 Mean		
0.107830	29.93995	1.754042	5.85853273		

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
V35	2	3.2752675	1.6376338	0.53	0.5876
V2	5	159.2728819	31.8545764	10.35	0.0001

Dependent Variable: V22 (Diámetro del pseudotallo)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	3.33817673	0.47688239	27.69	0.0001
Error	435	7.49221063	0.01722347		
Corrected Total	442	10.83038736			
R-Square	C.V.	Root MSE	V22 Mean		
0.308223	12.51502	0.131238	1.04864560		

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
V35	2	0.02406536	0.01203268	0.70	0.4978
V2	5	3.29520446	0.65904089	38.26	0.0001

Dependent Variable: V23 (Número de hojas a la cosecha)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	46.06755115	6.58107874	4.52	0.0001
Error	435	633.97308090	1.45740938		
Corrected Total	442	680.04063205			
R-Square	C.V.	Root MSE	V23 Mean		
0.067742	19.65468	1.207232	6.14221219		

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
V35	2	0.43178814	0.21589407	0.15	0.8624
V2	5	45.81710465	9.16342093	6.28	0.0001

Dependent Variable: V24 (Rendimiento en peso de racimo)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	292.8640077	41.8362868	2.36	0.0225
Error	435	7712.7828321	17.7305352		
Corrected Total	442	8005.6368397			
R-Square		Root MSE	V24 Mean		
0.036581		4.210764	26.8747178		
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
V35	2	57.5810954	28.7905482	1.62	0.1983
V2	5	236.3385708	47.2677142	2.67	0.0218

Dependent Variable: V30 (Longitud del fruto)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	31.99078440	4.57011206	2.23	0.0311
Error	435	892.48325623	2.05168565		
Corrected Total	442	924.47404063			
R-Square		C.V.	Root MSE	V30 Mean	
0.034604		8.919598	1.432371	16.0586907	
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
V35	2	4.32185231	2.16092616	1.05	0.3497
V2	5	28.15601048	5.63120210	2.74	0.0187

Dependent Variable: V31 (Diámetro del fruto)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	6.72200958	0.96028708	5.11	0.0001
Error	435	81.70480758	0.18782714		
Corrected Total	442	88.42681716			
R-Square		C.V.	Root MSE	V31 Mean	
0.076018		11.87775	0.433390	3.64875847	
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
V35	2	5.20095002	2.60047501	13.85	0.0001
V2	5	1.57734525	0.31546905	1.68	0.1381

Dependent Variable: V39 (Días a floración)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	35689.49761	5098.49966	14.16	0.0001
Error	435	156606.24505	360.01436		
Corrected Total	442	192295.74266			
R-Square		C.V.	Root MSE	V39 Mean	
0.185697		7.370919	18.97404	257.417607	
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
V35	2	30709.59626	15354.79813	42.65	0.0001
V2	5	5152.36787	1030.47757	2.86	0.0148

Dependent Variable: V42

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	0.68288839	0.09755548	1.94	0.0615
Error	435	21.84197172	0.05021143		
Corrected Total	442	22.52486011			
R-Square		C.V.	Root MSE	V42 Mean	
0.030317		9.866939	0.224079	2.27100901	
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
V35	2	0.18008471	0.09004236	1.79	0.1676
V2	5	0.50666260	0.10133252	2.02	0.0750



