

**Respuesta de monocultivos vs mezclas de cultivares de Musáceas a la infestación de Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijensis*)**

**Response of monocultures vs. mixtures of Musaceae cultivars to black Sigatoka (*Mycosphaerella fijensis*) infestation**

**Resposta de monoculturas vs. misturas de cultivares de Musaceae à infestação por Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijensis*)**

Ponce Cedeño, Vanessa  
Universidad Técnica Estatal de Quevedo  
[vanessa.ponce2016@uteq.edu.ec](mailto:vanessa.ponce2016@uteq.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0008-7554-2142>



Vera Aviles, Daniel Federico  
Universidad Técnica Estatal de Quevedo  
[dvera@uteq.edu.ec](mailto:dvera@uteq.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-8875-0193>



Gaibor Fernández, Ramiro Remigio  
Universidad Técnica Estatal de Quevedo  
[rgaibor@uteq.edu.ec](mailto:rgaibor@uteq.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-0981-2000>



Herrera-Feijoo, Robinson J.  
Universidad Técnica Estatal de Quevedo  
[rherreraf2@uteq.edu.ec](mailto:rherreraf2@uteq.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0003-3205-2350>



 DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v4/n2/277>

**Como citar:**

Ponce Cedeño, V., Vera Aviles, D. F., Gaibor Fernández, R. R., & Herrera-Feijoo, R. J. (2023). Respuesta de monocultivos vs mezclas de cultivares de Musáceas a la infestación de Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijensis*). *Código Científico Revista De Investigación*, 4(2), 1185–1203.

**Recibido:** 23/10/2023

**Aceptado:** 05/12/2023

**Publicado:** 31/12/2023

## Resumen

El objetivo de determinar un manejo óptimo de mezclas de cultivares de *Musa* spp con el fin de reducir la severidad de la enfermedad, estudiando el desarrollo de la Sigatoka Negra en diferentes mezclas intraespecífica de *Musa* spp, para así proponer alternativas de manejo integrado de plagas y enfermedades en el cultivo de plátano a través del uso de mezclas de cultivares con diferentes niveles de resistencia, para medir la relación entre los parámetros climáticos y el desarrollo de la Sigatoka negra. La investigación se realizó bajo un diseño factorial con un arreglo bloques completamente al azar con 4 repeticiones y 16 tratamientos que corresponden a la combinación factorial de: 2 épocas x 2 zonas y 4 tipos de mezclas de cultivares, se analizó estadísticamente mediante la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ), para la significancia estadística. Las variables de respuestas que se utilizaron son la incidencia de la Sigatoka negra y se correlaciono con las variables climáticas. El manejo de las mezclas intraespecíficas de *Musa* spp, no representó problemas alguno en cuanto a manejo agronómico, ni se observó diferencias importantes en la fisiología de los diferentes cultivares participantes en las mezclas, es posible visualizar el efecto de la biodiversidad mediante el uso de mezclas intraespecífica reduciendo el ataque de plagas y enfermedades, cuando se utilizaron las mezclas con variedades resistentes, como es el caso de los cultivares Limeño y Orito.

Palabras claves: Manejo, Biodiversidad, Variedades, Enfermedades

## Abstract

The objective of determining optimal management of mixtures of *Musa* spp cultivars in order to reduce the severity of the disease, studying the development of Black Sigatoka in different intraspecific mixtures of *Musa* spp, in order to propose alternatives for integrated pest management and diseases in banana cultivation through the use of mixtures of cultivars with different levels of resistance, to measure the relationship between climatic parameters and the development of black Sigatoka. The research was carried out under a factorial design with a completely randomized block arrangement with 4 repetitions and 16 treatments that correspond to the factorial combination of: 2 times x 2 zones and 4 types of cultivar mixtures, it was statistically analyzed using the Tukey test. ( $p \leq 0.05$ ), for statistical significance. The response variables that were used are the incidence of black Sigatoka and were correlated with the climatic variables. The management of intraspecific mixtures of *Musa* spp did not represent any problems in terms of agronomic management, nor were important differences observed in the physiology of the different cultivars participating in the mixtures. It is possible to visualize the effect of biodiversity through the use of mixtures. intraspecific, reducing the attack of pests and diseases, when mixtures with resistant varieties were used, as is the case of the Limeño and Orito cultivars.

Keywords: Management, Biodiversity, Varieties, diseases

## Resumo

Objetivou-se determinar o manejo ótimo de misturas de cultivares de *Musa* spp a fim de reduzir a severidade da doença, estudando o desenvolvimento da Sigatoka Negra em diferentes misturas intraespecíficas de *Musa* spp, a fim de propor alternativas para o manejo integrado de pragas e doenças na bananicultura através da utilização de misturas de cultivares com diferentes níveis de resistência, para mensurar a relação entre parâmetros climáticos e o desenvolvimento da Sigatoka negra. A pesquisa foi realizada sob delineamento fatorial com arranjo de blocos

inteiramente casualizados com 4 repetições e 16 tratamentos que correspondem à combinação fatorial de: 2 tempos x 2 zonas e 4 tipos de misturas de cultivares, foi analisada estatisticamente pelo teste de Tukey. ( $p \leq 0,05$ ), para significância estatística. As variáveis de resposta utilizadas são a incidência da Sigatoka negra e foram correlacionadas com as variáveis climáticas. O manejo de misturas intraespecíficas de *Musa* spp não representou problemas em termos de manejo agrônomo, nem foram observadas diferenças importantes na fisiologia das diferentes cultivares participantes das misturas. É possível visualizar o efeito da biodiversidade através do uso de misturas .intraespecífico, reduzindo o ataque de pragas e doenças, quando utilizadas misturas com variedades resistentes, como é o caso das cultivares Limeño e Orito.

Palavras-chave: Manejo, Biodiversidade, Variedades, doenças

## Introducción

Los plátanos son plantas monocotiledóneas perennes pertenecientes al género *Musa*, familia Musaceae y orden Zingiberales (Kimunye, et al., 2021). El género *Musa* comprende cinco secciones que se dividen en 40 especies. *Eumusa* es la sección más grande y mejor caracterizada e incluye dos especies con semillas, *Musa acuminata* y *M. balbisiana*, que son los ancestros de la mayoría de los cultivares de banano comestibles (Kimunye, et al., 2021). También se cree que algunas variedades surgieron de la hibridación de *M. esquizocarpa* (genoma S) con *M. acuminata* o *M. balbisiana*. Estudios recientes revelaron evidencia de diversificación dentro de *M. subespecies acuminata* e hibridación intraespecífica dentro de *M. acuminata subespecie malaccensis* y *burmannica* (Rouard et al., 2018). El sudeste de Asia e Indochina son los centros de diversidad del banano y la región donde se originaron los bananos.

El banano y plátano son el cuarto cultivo de mayor importancia a nivel mundial, por ser el sustento económico y alimenticio de millones de personas en más de 120 países, principalmente en América Latina y el Caribe (ALC), donde la producción se encuentra en manos de pequeños y medianos productores, con manejo en su mayoría de los casos de manera tradicional, destinando el 87% de la producción al consumo local y el 13% al comercio internacional (FAO, 2020).

En el Ecuador es uno de los principales productos de exportación, por tal motivo en las plantaciones donde se cultiva esta fruta se lucha incansablemente contra la enfermedad que ataca fuertemente a las plantaciones de banano y plátano. Esta enfermedad es la Sigatoka Negra que es causada por un hongo llamado *Mycosphaerella fijiensis*, el cual se desarrolla rápidamente en sectores con condiciones ambientales favorables para su evolución es decir ambientes lluviosos, que tengan altas temperaturas y haya mucha humedad. También este hongo se propaga por acción del viento lo que provoca que ciertas plantaciones que no hayan sido protegidas contra la enfermedad se vean afectadas considerablemente (Jiménez y Ruiz, 2016).

La producción bananera y platanera del Ecuador afronta con frecuencia problemas de sobreproducción y bajos precios en el periodo lluvioso. Esto conlleva a un manejo mínimo de los principales patógenos del cultivo. Las variedades de banano y plátano distribuidas en las regiones tropicales y subtropicales son: Williams, Gros Michel, Orito (*Musas acuminata* AAA) y Barraganete, Hartón, Maqueño, Dominicó (*Musas balbisiana* AAB). Con respecto a Williams y Barraganete presenta demanda por parte de países que requieren de su consumo en estado fresco o industrializado. En zonas productoras a nivel mundial, el banano y plátano presenta susceptibilidad a diversos problemas fitosanitarios. Las enfermedades fungosas que afectan al tejido foliar ocupan el primer lugar, entre ellas está, la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) que ocasiona disminución en los rendimientos hasta en un 50%.

La susceptibilidad de los cinco principales cultivares comerciales de musáceas a la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) significó pérdidas de casi el 47% en el rendimiento del banano en América Central (FAO 1998). Aunque existen las medidas para controlar la enfermedad, el costo para América Central, Colombia y México fue de US\$350 millones en el curso de 8 años además de los serios problemas de salud humana que se presentaron por la exposición a plaguicidas.

En este artículo discutiremos la evidencia relacionada con la pregunta de si la diversidad de los cultivares locales de musáceas reduce la susceptibilidad genética a los patógenos. La finalidad de dicha investigación es descubrir cuándo y cómo el uso de cultivares locales de tiene un efecto benéfico para los agricultores en cuanto a la incidencia de plagas y enfermedades. Discutimos si este tipo de investigación se necesita para decidir entre las dos hipótesis y determinar el uso óptimo de la diversidad para manejar las presiones de los patógenos. Finalmente, observamos que es el agricultor el que está en el centro del triángulo entre hospedero, patógeno y ambiente, y que los cultivares locales de los cultivos (los cultivares nativos) que se han manejado en sistemas agrícolas de bajos insumos y han existido durante mucho tiempo son un reservorio de variabilidad genética resultante de una interacción dinámica entre hospedero, plaga, ambiente y agricultor.

## **Metodología**

### *Descripción del sitio*

Se estableció dos ensayos de campo en zonas productoras de musáceas con distintas condiciones agroclimáticas en la zona central del Litoral ecuatoriano de acuerdo con la Tabla 1. Los sitios tienen dos estaciones lluviosas (diciembre-abril) y seca (mayo-noviembre). El Carmen ubicado en la provincia de Manabí, se caracteriza por su excelente calidad de plátano barraganete con monocultivos dedicados por más 50 años; su producto tuvo una acogida acelerada por el sector externo. Quevedo ubicado en la provincia de Los Ríos es una excelente zona de producción de banano Williams con 200.000 has en monocultivo donde se utiliza alta tecnología y su destino de producción hacia el mercado externo.

**Tabla 1***Principales características agroclimáticas de las zonas*

Parámetros	EL Carmen	Quevedo
Zona ecológica	BH - Tropical	BH - Tropical
Latitud	00° 16' 14" S	1° 5' 12" S
Longitud	79° 29' 12" W	79° 30' 2" W
Altura (msnm)	250	120
Textura	Franco arcilloso	Franco
pH	6,6	6,0
Precipitación (mm)	2860	2064
Temperatura (°C)	max	30,5
	min	22,5
Humedad relativa (%)	89	83
Heliofanía (horas luz)	765	863

*Nota:* Autores (2023)***Plantación y manejo del experimento***

En las dos localidades de estudio se diseñaron y establecieron parcelas nuevas y similares entre ellas tanto de monocultivos como mezclas (máximo cinco cultivares). El establecimiento de las parcelas se realizó con una población de 1333,33 plantas ha<sup>-1</sup> (2,5 m entre planta x 3,0 m entre hilera) utilizando plantas multiplicadas vegetativamente en invernaderos y con características agronómicas y sanitarias distintas frente a las plagas y enfermedades más habituales de las musáceas conforme se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2***Características agronómicas y sanitarias de los cultivares en estudio.*

Cultivares	Sigatoka negra	Picudo negro	Nematodos	AP m	DF días	DC días	PR kg
Barraganete (AAB)	Sensible	Sensible	Sensible	2,5	300	415	16
Orito (AA)	Resistente	Resistente	Tolerante	2,5	270	308	10
Gros Michel (AAA)	Tolerante	Resistente	Tolerante	4,0	340	430	23
Maqueño (AAB)	Tolerante	Tolerante	Tolerante	4,0	360	428	23
Limeño (AAB)	Resistente	Tolerante	Sensible	4,0	280	350	20

*Nota:* AP = altura planta; DF = días a floración; DC = días a cosecha, PR = peso racimo.

Las mezclas sembradas fueron de los cinco cultivares con mayor potencial de aceptación por parte de los productores: en El Carmen y Quevedo la variedad predominante local Barraganete que se combina con cuatro cultivares (Orito, Limeño, Maqueño y Gross Michel) con características de tolerancia a los problemas sanitarios prevalentes.

Se tomaron datos de los ensayos realizados en ellas y se compararon las parcelas de monocultivo con las de mezcla, dando lugar a 16 combinaciones de cultivares mostradas en la Tabla 3.

**Tabla 3**

*Combinación de cultivares usados en los diferentes niveles de mezclas, en función de sus características de resistencia a problemas fitosanitarios y sus características agronómicas.*

Nº	Tratamientos (Monocultivos y mezclas musáceas)
1	Limeño + Barraganete
2	Limeño + Orito
3	Limeño + Gros Michel
4	Barraganete + Orito
5	Barraganete + Gros Michel
6	Orito + Gros Michel
7	Limeño (Monocultivo)
8	Barraganete (Monocultivo)
9	Orito (Monocultivo)
10	Gros Michel (Monocultivo)
11	Limeño + Barraganete + Orito + Gross Michel
12	Limeño + Maqueño
13	Maqueño + Orito
14	Maqueño (Monocultivo)
15	Maqueño + Barraganete
16	Limeño+ Barraganete + Orito + Gros Michel + Maqueño

*Nota:* Autores (2023).

#### *Diseño de parcelas experimentales y recolección de datos*

La investigación se realizó bajo un arreglo factorial con un diseño de bloques al azar y 4 repeticiones. La combinación factorial se basó en: 2 zonas x 2 épocas x 4 tipos de mezclas de cultivos.

Para comparación de la intensidad del daño, se utilizó la escala visual de Stover (1971). Semanalmente se observaron 4 plantas por parcela desde los seis meses de edad para ver el progreso de la enfermedad en cada tipo de parcela hasta floración y finalmente en el momento de la cosecha (10 semanas después de la floración). Este método de evaluación se basa en la cuantificación del estado de desarrollo de la enfermedad según los síntomas observados en las

plantas afectadas (tipo y número de lesiones, número de hojas afectadas, porcentaje de área foliar afectada e infectada) a través de una estimación del área total foliar enferma, calculando para cada hoja el porcentaje de daño.

### *Análisis de datos*

El análisis de varianza (ANOVA) se realizó luego con el procedimiento del modelo lineal general (GLM) del software del Sistema de Análisis Estadístico R Commander (R Development Core Team. 2013). Las medias se separaron mediante la prueba de Tukey al 5%. Dada la naturaleza de este experimento, tratando de racionalizar la información que se deriva de ella, las variables se analizaron desde dos puntos de vista distintos: por un lado, la situación de las mezclas mismo (el diseño incluye el monocultivo o un solo cultivar/parcela, hasta la mezcla de los cinco cultivares, el número de mezclas estará dispuesto de acuerdo con el número de componentes o cultivares que lo integren.

## **Resultados y Discusión**

### **Efectos simples sobre ambientes y el Índice de infección de la enfermedad en monocultivos y mezclas de *Musas sp.***

Quevedo y El Carmen es una zona especialmente propicia al ataque de *M. fijiensis*, y el cultivar barraganete en que se basa la explotación en la zona es muy susceptible. Esto se observó en las parcelas de monocultivo, donde el nivel de daño alcanzo un 25%. Mientras que los otros cultivares en monocultivos tuvieron un comportamiento intermedio en el caso de Gros Michel y Maqueño.

Contrastando con los índices presentes en las parcelas de mezcla. Como se planteó en la hipótesis, todas las mezclas mostraron ser más tolerantes al ataque de *Sigatoka negra* incluso las mezclas de cuatro y cinco cultivares (equivalentes a 50 y 40% respectivamente de cultivares

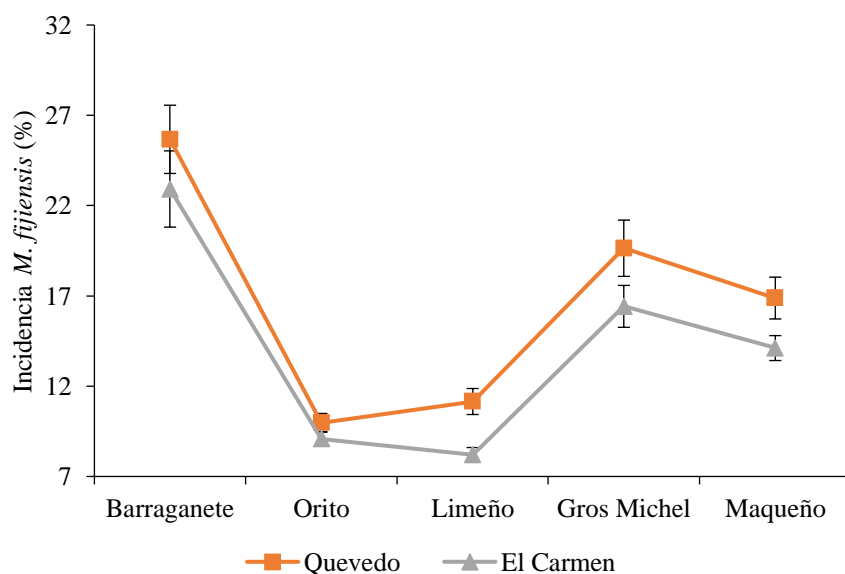


resistentes en la mezcla), presentaron una reducción de alrededor del 50% de infección con relación al monocultivo de barraganete (Figura. 1). Los máximos niveles de tolerancia se observaron cuando se combinaron los dos resistente (Orito + Limeño) que presentaron un mismo índice de infección ligeramente inferior al de los monocultivos correspondientes (Figura. 2).

Otro aspecto para destacar en las mezclas es que tratándose de una enfermedad que se transmite por el aire, la mezcla de un cultivar resistente (Orito), de menor altura que el susceptible (Barraganete) disminuye la eficiencia de la mezcla, hecho que habrá que considerar para planes de manejo, sin embargo, como se aprecia en la Figura 2, aun en estas condiciones el promedio de infección en la parcela bajo casi a un tercio con respecto al monocultivo de barraganete. En el caso del Limeño, la reducción correspondiente fue un poco menor con la mitad aproximadamente.

### Figura 1

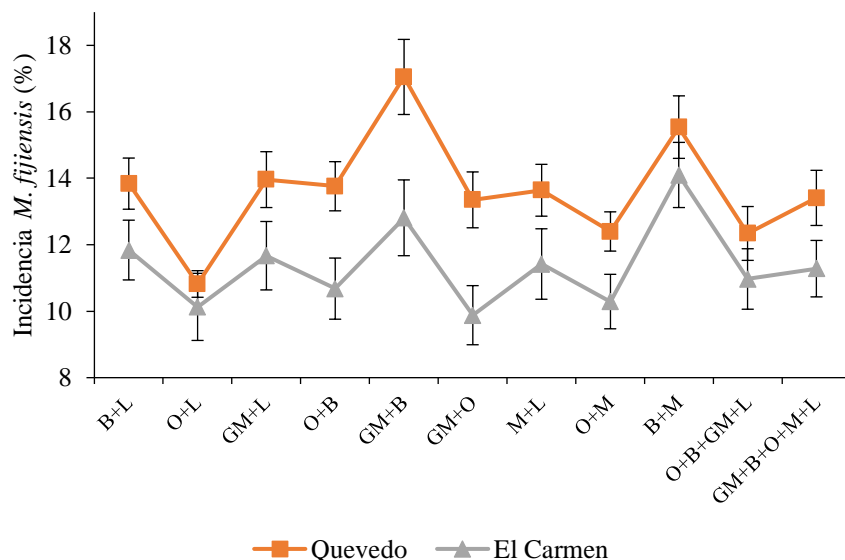
*Comportamiento de los monocultivos de Musas sp frente al índice de infección de M. fijiensis, en los dos ambientes, con barras de error estándar.*



**Nota:** Autores (2023)

**Figura 2**

Comportamiento de las mezclas de *Musas sp* frente al índice de infección de *M. fijiensis*, en los tres ambientes, con barras de error estándar.



**Nota:** Autores (2023)

**Efectos simples sobre los periodos estacionales (Lluvioso y seco) y el Índice de infección de la enfermedad en monocultivos y mezclas de *Musas sp***

Las zonas platanera cuentan con una marcada línea de precipitación durante el año que corresponde la época o periodo lluvioso de Enero a Junio y la época seca durante los meses de Julio a Diciembre. El desarrollo de las principales etapas fenológicas (floración, maduración y cosecha) se desarrolló entre los meses de octubre a septiembre del siguiente año, así tenemos: la floración etapa que dura 90 días, se desarrolla entre los meses de octubre a diciembre; la maduración etapa que dura 90 días, se desarrolla entre los meses de enero a marzo; la cosecha es una actividad que se realiza todo el año al ser el plátano un cultivo permanente, así los meses de marzo a junio fueron los de mayor producción (época de lluvias).

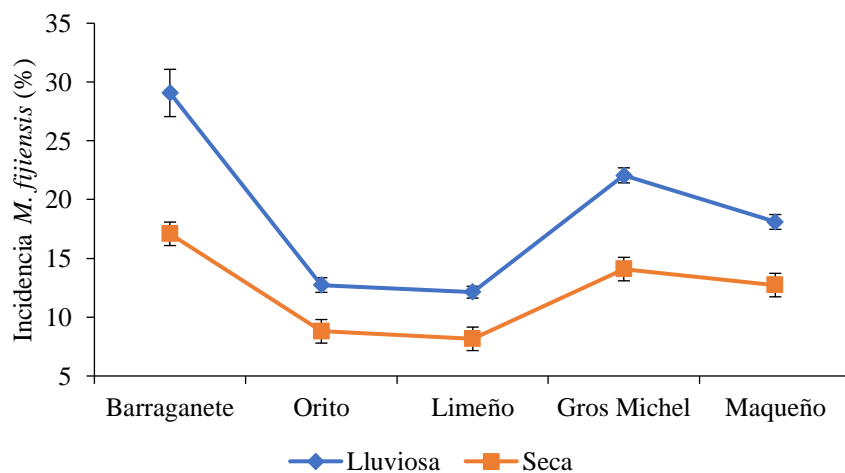
Las principales enfermedades que afecta al cultivo durante el año, en las provincias productoras es la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*). Es por esta situación que el hongo

de la sigatoka negra el ataque es más severo en la época lluviosa a encontrar condiciones propicias para su óptimo desarrollo. Se puede reflejar en la Figura 18, el incremento de los índices de infección del hongo en la época lluviosa de casi un 50% en el caso del barraganete que es el cultivar más sembrado en monocultivo. Igual comportamiento tuvieron las mezclas (Figura 3) pero con menores índice de la enfermedad. Se evidencia claramente cuando utilizamos cultivares en mezclas susceptibles no se reduce significativamente el índice de la enfermedad con respecto a los monocultivos, como es el caso de las mezclas (GM + B) y (M + B).

Sin embargo, en base a los resultados obtenidos en el presente estudio, no se puede asegurar las características anatómicas y bioquímicas presentes en los cultivares Orito (AA) y Limeño (AAB), por lo tanto, solo es posible hipotetizar que ocurre algo cercano a lo descrito en los trabajos mencionados. Es necesario realizar investigaciones encaminadas a estudiar la interacción de los cultivares Orito y Limeño con Sigatoka negra, desde el punto de vista estructural y bioquímico.

### Figura 3

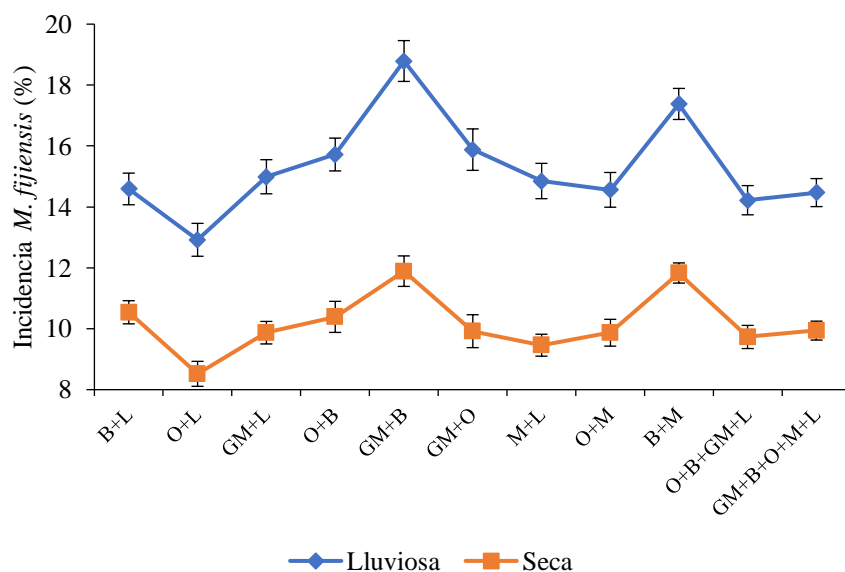
Comportamiento de los monocultivos de *Musa* sp frente al índice de infección de *M. fijiensis*, en dos periodos estacionales, con barras de error estándar.



**Nota:** Autores (2023)

**Figura 4**

Comportamiento de las mezclas de *Musas sp* frente al índice de infección de *M. fijiensis*, en dos periodos estacionales, con barras de error estándar.



**Nota:** Autores (2023)

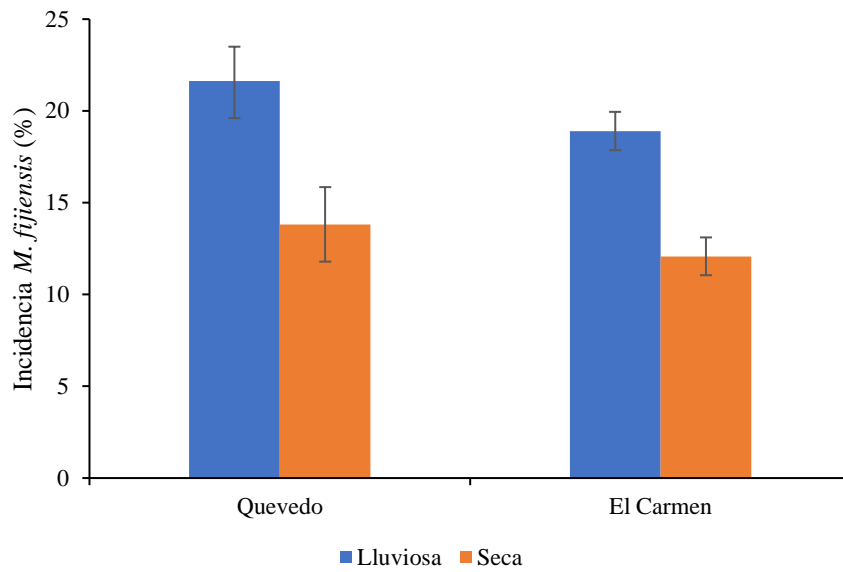
**Análisis de la interacción entre los factores: ambiente y épocas con el Índice de infección de la enfermedad en monocultivos y mezclas de *Musas sp***

Se compara y describe la incidencia de daño de Sigatoka Negra en el cultivo del plátano, en tres ambientes distintos, dos años y dos épocas en parcelas de monocultivos y mezclas. (Figura 5 y 6). De manera general se observa que la incidencia de este agente causal reflejó un comportamiento diferenciado en la interacción de los factores de estudio, sin embargo, los mayores porcentajes de incidencia se presentaron en los meses de enero a junio (época lluviosa) con porcentajes de 20 % respectivamente para las parcelas de monocultivos.

En términos generales la localidad de Quevedo se registró mayor presencia del hongo en comparación con las dos localidades, esto es lógico porque se encuentra en una zona de alta presión del hongo por sus condiciones climáticas óptimas para su reproducción y diseminación y por tener una superficie muy extensa de monocultivo.

**Figura 5**

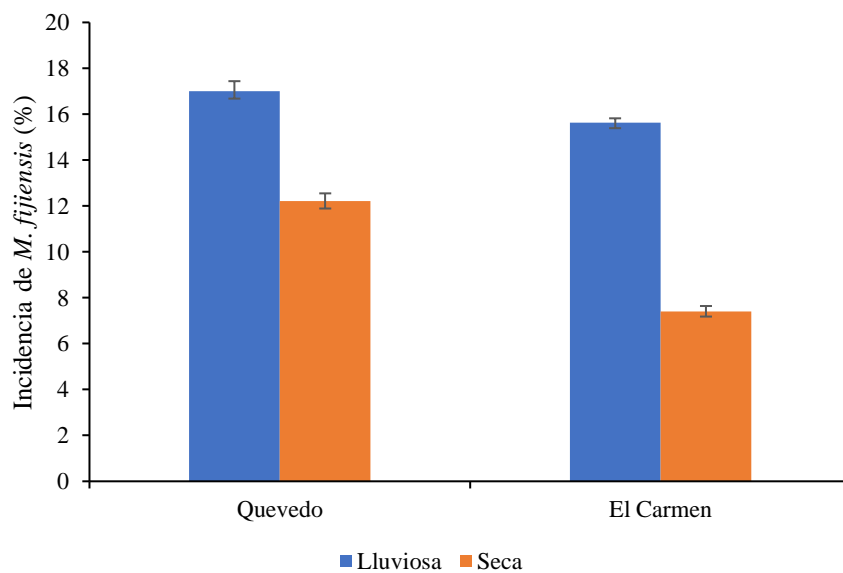
*Interacción entre los ambientes y épocas en la variable índice de la enfermedad en parcelas de monocultivos, con barras de error estándar.*



*Nota:* Autores (2023)

**Figura 6**

*Interacción entre los ambientes y épocas en la variable índice de la enfermedad en parcelas de mezclas, con barras de error estándar.*



*Nota:* Autores (2023)

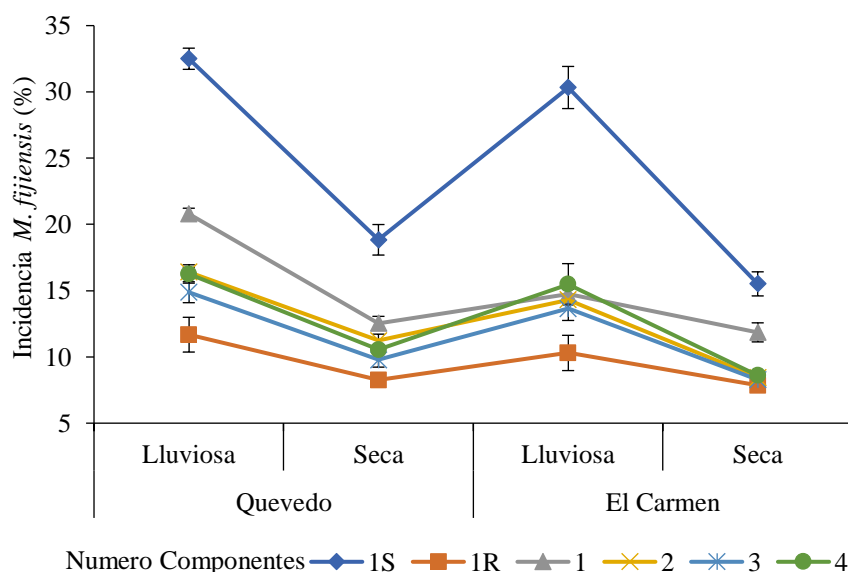
### **Análisis por componentes del Índice de enfermedad (%)**

La incidencia de la enfermedad según el número de componentes de mezclas y cultivares resistentes y susceptible se presenta en la Figura 7. El análisis de incidencia confirmó que hay una gran diferencia en cuanto al ataque de la enfermedad para el cultivar susceptible, especialmente en las localidades de Quevedo y El Carmen el índice de infección supera el 30% en las épocas lluviosa. El cultivar resistente el índice de la enfermedad fue bajo en todas las localidades con promedios del 8 al 15% de infección. Los componentes 2, 3 y 4, tuvieron un comportamiento intermedio con promedios del 8 al 16%.

Investigaciones realizadas por (Huhn, 1985, 1986a, 1986b), demuestra que las mezclas de tres componentes son generalmente mejor que las mezclas de dos componentes en cereales. Mundt et al. (1994) demostró que las mezclas de dos, tres y cuatro componentes dio en promedio un 12% de reducción de la gravedad de *R. secalis* sobre cebada. Mayor beneficio del individuo en mezclas, hasta un 32% de reducción de la enfermedad, asociada a la presencia de las líneas más resistentes en la mezcla en lugar de aumentar número de componente, que coincide con Hallazgos de Kølster et al. (1989) para el soporte de mezclas de cebada contra el moho. Nitzsche & Hesselbach (1983) demostraron que en la cebada el número de componentes hasta seis dio una clara tendencia hacia un mayor rendimiento, y en trigo Mundt (1994) mostraron la misma tendencia tanto en fungicida como en condiciones protegidas. Mundt también demostró mayor control de *Puccinia striiformis* aumentando el número de cultivares en la mezcla.

**Figura 7**

Efectos simples del Índice de la enfermedad (%) el números de componentes usados en varias localidades durante dos años.



**Nota:** 1S= monocultivo susceptible; 1R= monocultivo resistente; 1= promedio general de monocultivos; 2= mezclas de dos cultivares; 3= mezclas de cuatro cultivares y 4= mezclas de cinco cultivares.

### **Análisis de correlaciones entre el índice de infección de *M. Fijiensis* y variables climáticas, por el número de componente y los factores de estudios.**

El componente 1S, (monocultivo susceptible), mostró correlación positiva significativa entre el índice de infección de *M. Fijiensis* y dos factores climáticos (precipitación y temperatura máxima). Con valores de coeficientes de correlación superiores cercanos al 80%, este nos indica que los altos índice de infección de sigatoka negra están influenciado por los altos valores de precipitación y temperaturas extremas altas. (Tabla 4),

El componente 1R (monocultivo resistente) como lo es el Orito (AA) y Limeño (AAB) manifestaron una correlación positiva y significativa ( $p < 0,001$ ) con la precipitación, mientras

los otros factores climáticos no tuvieron efectos sobre el índice de infección de *M. fijiensis*. Finalmente, estos resultados sugieren que los cultivares Orito (AA) y Limeño (AAB) muestran buen potencial para ser recomendados en el establecimiento de sistemas de producción basados en mezclas intraespecíficas de variedades resistentes y susceptibles, con la finalidad de reducir fuente de inóculo y altos niveles de severidad de Sigatoka negra. En este sentido, Zhu et al. (2000), Castilla et al. (2003), Altieri y Nicholls (2004), Didelot et al. (2007), Mulumba et al. (2012) y Jarvis et al. (2011) sugieren que el establecimiento de monocultivos heterogéneos (mezcla varietal) incrementa el uso de la diversidad genética local y disminuye el impacto de plagas y enfermedades sobre los cultivos, así como de agroquímicos sobre los diversos agroecosistemas.

El componente 1 (promedio de los monocultivos), estuvo influenciado por la precipitación y la temperatura máxima, obteniendo coeficientes positivos y significativos. El resto de los componentes solo se vieron influenciado por la precipitación con coeficientes positivos y significativo la información se muestra en la Tabla 4.

**Tabla 4**

*Correlaciones lineales entre los índice de infección de M. fijiensis y las variables climáticas de acuerdo al número de componentes y nivel de reacción de los cultivares a la enfermedad.*

N° componentes	Variables climáticas	r - Pearson	p-valor
1S	Precipitación	0,72	0,008
	Temperatura máxima	0,79	0,002
	Temperatura mínima	0,56	0,059
	Humedad relativa	-0,02	0,942
	Heliofanía	0,50	0,097
1R	Precipitación	0,69	0,013
	Temperatura máxima	0,08	0,794
	Temperatura mínima	0,07	0,821
	Humedad relativa	0,35	0,261
	Heliofanía	0,05	0,883
1	Precipitación	0,73	0,007
	Temperatura máxima	0,67	0,018
	Temperatura mínima	0,56	0,058



	Humedad relativa	0,01	0,974
	Heliofanía	0,54	0,069
	Precipitación	0,67	0,018
	Temperatura máxima	0,51	0,093
2	Temperatura mínima	0,41	0,183
	Humedad relativa	0,11	0,739
	Heliofanía	0,31	0,325
	Precipitación	0,75	0,005
	Temperatura máxima	0,53	0,074
3	Temperatura mínima	0,39	0,213
	Humedad relativa	0,16	0,611
	Heliofanía	0,34	0,273
	Precipitación	0,66	0,019
	Temperatura máxima	0,65	0,018
4	Temperatura mínima	0,47	0,128
	Humedad relativa	0,12	0,718
	Heliofanía	0,44	0,148

*Nota:* Autores (2023).

## Conclusión

Es posible visualizar el efecto de la biodiversidad mediante el uso de mezclas intraespecífica reduciendo el ataque de Sigatoka negra, cuando se utilizaron las mezclas con variedades resistentes, como es el caso de los cultivares Limeño y Orito.

El análisis de incidencia confirmó que hay una gran diferencia en cuanto al ataque de la enfermedad para el cultivar susceptible, especialmente en las localidades de Quevedo y El Carmen el índice de infección supera el 30% en las épocas lluviosa. El cultivar resistente el índice de la enfermedad fue bajo en todas las localidades con promedios del 8 al 15% de infección. Los componentes 2, 3 y 4, tuvieron un comportamiento intermedio con promedios del 8 al 16%.

Se observó una correlación positiva significativa entre el índice de infección de *M. Fijiensis* y dos factores climáticos (precipitación y temperatura máxima), este nos indica que los altos índice de infección de sigatoka negra están influenciado por los altos valores de precipitación y temperaturas extremas altas.

Otras ventajas del uso de mezclas intraespecíficas que concuerdan con la propuesta de este proyecto es su impacto en el ambiente y el mantenimiento de cultivares en peligro de extinción debido a la falta de aprovechamiento como producto con valor económico.

### Referencias bibliográficas

- Altieri, M.; Nicholls, C. 2004. Biodiversity and pest management in agroecosystems 2nd ed. Binghamton, USA. Food Products Press. <https://doi.org/10.1201/9781482277937>
- Castilla, N.; Vera-Cruz, C.; Mew, T. 2003. Using rice cultivars mixtures: a sustainable approach for managing diseases and increasing yield. Mini Review. IRRN 28(2): 5 – 11.
- Didelot, F.; Brun, L.; Parisi, L. 2007. Effects of cultivar mixtures on scab control in apple orchards. Plant Pathology 56: 1014 – 1022.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2020. Base de Datos Agrícolas: FAOSTAT. <http://faostat.fao.org/site/343/DesktopDefault.aspx?PageID=343>
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1998. The State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. Rome: FAO.
- Huhn M, 1985. Theoretical studies on the necessary number of components in mixtures. 1. Number of components and yield stability. Theoretical and Applied Genetics 70, 383–9.
- Huhn M, 1986a. Theoretical studies on the necessary number of components in mixtures. 1. Number of components and yielding ability. Theoretical and Applied Genetics 71, 622–30.
- Huhn M, 1986b. Theoretical studies on the necessary number of components in mixtures. 3. Number of components and risk considerations. Theoretical and Applied Genetics 72, 211–8.
- Jarvis, D.; Hodgkin, T.; Sthapit, B.; Fadda, C.; López, I. 2011. An Heuristic Framework for Identifying Multiple Ways of Supporting the Conservation and Use of Traditional Crop Varieties within the Agricultural Production System. Critical Reviews in Plant Science 30: 125 – 176.
- Jiménez J., Ruiz, O. 2016. “determinación y aplicación de métodos estadísticos, para medir estabilidad genética en vegetales, caso: banano”. Repositorio de Tesis de Grado. ESPOL, Ecuador. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/14780>
- Kimunye, J., Were, E., Swennen, R., Viljoen, A., Mahuku, G. Fuentes de resistencia a *Pseudocercospora fijiensis*, causante de la Sigatoka negra en banano. Patología Vegetal. 2021; 70: 1651 – 1664. <https://doi.org/10.1111/ppa.13408>
- Kølster P, Munk L, Stølen O, 1989. Disease severity and grain yield in barley multilines with resistance to powdery mildew. Crop Science 29, 1459–63.
- Mulumba, J.; Nankya, R.; Adokorach, J.; Kiwuka, C.; Fadda, C.; De Santis, P.; Jarvis, D. 2012. A risk-minimizing argument for traditional crop varietal diversity use to reduce pest and disease damage in agricultural ecosystems of Uganda. Agriculture, Ecosystems and Environment 157: 70 – 86.

- Mundt CC, 1994. Use of host genetic diversity to control cereal diseases: Implications for rice blast. In: Zeigler RS, Leong SA, Teng PS. Rice Blast Diseases. Wallingford, UK: CAB International.
- Nitzsche W, Hesselbach J, 1983. Sortenmischungen statt Viellinien-Sorten. 1. Sommergerste (*Hordeum vulgare* L.). Zeitschrift für Pflanzenzüchtung 90, 68–74.
- Rouard, M., Droc, G., Martin, G., Sardos, J., Hueber, Y., Guignon, V. et al (2018) Tres nuevos ensamblajes de genoma respaldan una radiación rápida en *Musa acuminata* (banana silvestre). *Biología y evolución del genoma*, 10, 3129 - 3140 <https://doi.org/10.1093/gbe/evy227>
- R Development Core Team. (2013). An Introduction to R. Notes on R: A Programming Environment for Data Analysis and Graphics. Version 3.02. R Development Core Team. <http://cran.r-project.org/doc/manuals/Rintro.pdf>
- Stover, R. 1971. A proposed international scale for evaluating intensity of banana leaf spot. *Trop Agric Trin* 48, 185-196
- Zhu, Y.; Chen, H.; Fan, J.; Wang, Y.; Li, Y.; Chen, J.; Fan, J.; Yang, S.; Hu, L.; Leung, H.; Mew, T.; Teng, P.; Wang, Z.; Mundt, C. 2000. Genetic diversity and disease control in rice. *Nature* 406: 718 – 722.