



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
“DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ”
CARRERA AGRONOMÍA**

**COMPARACIÓN DE LOS ÍNDICES DE SEVERIDAD DE
SIGATOKA NEGRA ENTRE MÉTODO MODIFICADO DE
STOVER E IMAGEN DIGITAL EN BANANO, GUAYAS**

MANEJO FITOSANITARIO

Trabajo de titulación presentado como requisito para la obtención del título de

INGENIERA AGRÓNOMA

**AUTORA
CALLE CORTEZ SARA ANGELINA**

**TUTOR
ING. EDWIN HASANG MORAN MSc.**

GUAYAQUIL – ECUADOR

2024



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DR. JACOBO BUCARAM ORTÍZ
CARRERA AGRONOMÍA

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, EDWIN HASANG MORAN, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: COMPARACIÓN DE LOS ÍNDICES DE SEVERIDAD DE SIGATOKA NEGRA ENTRE MÉTODO MODIFICADO DE STOVER E IMAGEN DIGITAL EN BANANO, GUAYAS, realizado por la estudiante CALLE CORTEZ SARA ANGELINA; con cédula de identidad N° 0951410042 de la carrera AGRONOMIA, Unidad Académica Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Firma del Tutor

Guayaquil, 15 de agosto del 2024



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DR. JACOBO BUCARAM ORTÍZ
CARRERA AGRONOMÍA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: “COMPARACIÓN DE LOS ÍNDICES DE SEVERIDAD DE SIGATOKA NEGRA ENTRE MÉTODO MODIFICADO DE STOVER E IMAGEN DIGITAL EN BANANO, GUAYAS”, realizado por la estudiante CALLE CORTEZ SARA ANGELINA, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

ING. MARTILLO GARCÍA JUAN, M.Sc.
PRESIDENTE

ING. ESPINOZA MORÁN WINSTON, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

ING. VÉLEZ DUQUE PEDRO, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

ING. HASANG MORÁN EDWIN, M.Sc.
EXAMINADOR SUPLENTE

Guayaquil, 30 de agosto del 2024

Dedicatoria

Este trabajo se lo dedico principalmente a Dios, a mi familia y a mi novio Adrian. A Dios porque ha estado conmigo en cada etapa de mi vida y desde el inicio de mi carrera, me guio, cuido y me dio fortalezas para culminar con éxito mi tesis, para continuar, le agradezco a mi familia por velar por mi bienestar y estar conmigo en cada reto, madre, hermanas y tíos, seguido de mi novio Adrian que siempre me apoyo de forma incondicional en el proceso académico.

Agradecimiento

Los resultados de este trabajo merecen expresar un profundo agradecimiento, a la Universidad Agraria del Ecuador por darme la oportunidad de culminar mis estudios en su respetable instrucción.

A mi tutor el Ing. Edwin Hasang le agradezco por ser más que un tutor una mano amiga que supo guiar mi trabajo con sus tutorías.

A la hacienda Villa Nueva y a la hacienda La Central por brindarme sus instalaciones para realizar mi trabajo.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo CALLE CORTEZ SARA ANGELINA, en calidad de autor(a) del proyecto realizado, sobre “COMPACIÓN DE LOS ÍNDICES DE SEVERIDAD DE SIGATOKA NEGRA ENTRE MÉTODO MODIFICADO DE STOVER E IMAGEN DIGITAL EN BANANO, GUAYAS” para optar el título de AGRONOMÍA, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor(a) me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, 2 de septiembre del 2024

CALLE CORTEZ SARA ANGELINA

C.I. 0951410042

Índice general

PORTADA.....	1
APROBACIÓN DEL TUTOR	2
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	3
Dedicatoria.....	4
Agradecimiento.....	5
Autorización de Autoría Intelectual.....	6
Índice general	7
Índice de tablas.....	11
Índice de figuras.....	12
Resumen	14
Abstract.....	15
1. Introducción.....	16
1.1 Antecedentes del problema.....	16
1.2 Planteamiento y formulación del problema	18
1.2.1 Planteamiento del problema	18
1.2.2 Formulación del problema	19
1.2 Justificación de la investigación	19
1.4 Delimitación de la investigación	20
1.5 Objetivo general	20
1.6 Objetivos específicos.....	20
1.7 Hipótesis	20
2. Marco teórico.....	21
2.1 Estado del arte.....	21
2.2 Bases teóricas	23

2.2.1	Importancia del banano en Ecuador	23
2.2.3	Fisiología	24
2.2.4	Caracteres botánicos	25
2.2.4.1.	<i>Hoja</i>	25
2.2.4.2.	<i>Desarrollo de la hoja</i>	25
2.2.5	Clasificación taxonómica del banano	26
2.2.6	Condiciones edafoclimáticas	26
2.2.6.1.	<i>Temperatura</i>	26
2.2.6.2.	<i>Suelos</i>	26
2.2.7	Sigatoka negra	26
2.2.7.1.	<i>Origen</i>	26
2.2.7.2.	<i>Distribución</i>	27
2.2.8	Taxonomía	27
2.2.9	Agente causal	27
2.2.9.1.	<i>Reproducción sexual</i>	28
2.2.9.2.	<i>Reproducción asexual</i>	28
2.2.9.3.	<i>Ciclo de vida</i>	28
2.2.10	Condiciones favorables	28
2.2.11	Patosistema	29
2.2.12	Transporte	29
2.2.13	Periodo de alta incidencia	29
2.2.14	Descripción de los síntomas	30
2.2.15	Evaluación de severidad por Método Stover	30
2.2.15.1.	<i>Definición de monitoreo</i>	31
2.2.15.1.1.	<i>Método Stover modificado por Gauhl</i>	31

2.2.15.1.2. Escala de Stover modificada por Gauhl	31
2.2.15.1.3. Conteo de hojas	32
2.2.15.1.4. Hojas por planta	32
2.2.15.1.5. Hoja más joven afectada.....	32
2.2.15.1.6. Hoja más joven con necrosis	32
2.2.16 Evaluación de severidad por análisis de imágenes.....	32
2.2.16.1. Captura de imágenes.....	32
2.2.15.2. Medición.....	32
2.2.16.3. Software ImageJ.....	33
2.3 Marco legal.....	35
2.3.1 Según la Ley Orgánica de Sanidad Agropecuaria se deben tomar en cuenta los siguientes artículos:.....	35
3. Materiales y métodos	36
3.1 Enfoque de la investigación	36
3.1.1 Tipo de investigación.....	36
3.1.2 Diseño de investigación	36
3.2 Metodología	36
3.2.1 Variables	36
3.2.1.1. Variable independiente	36
3.2.1.2. Variable dependiente	36
3.2.2 Tratamientos.....	36
3.2.3 Diseño experimental	37
3.2.4 Recolección de datos	37
3.2.4.1 Recursos.....	37
3.2.4.1.1. Materiales de campo.....	37

	10
3.2.4.1.2. Recursos humanos	37
3.2.4.1.3. Equipos de oficina	37
3.2.4.1.4. Recursos bibliográficos	37
3.2.4.1.5. Recursos económicos	38
3.2.4.2. Métodos y técnicas	38
3.2.4.2.1. Métodos	38
3.2.4.2.2. técnicas	38
3.2.5 Análisis estadístico.....	41
4. Resultados	42
4.1 Niveles de severidad de infección de sigatoka negra en plantas de banano de diferentes locaciones mediante el método modificado de Stover	42
4.1.1 Monitoreo de los niveles de infección de sigatoka negra	42
4.2 Analizar imágenes de hojas afectadas por sigatoka negra mediante el software ImageJ estableciendo porcentajes de afectación.....	45
4.3 Analizar el grado de correlación de severidad de sigatoka entre método de Stover y procesamiento de ImageJ.	50
5. Discusión.....	53
6. Conclusiones.....	55
7. Recomendaciones	56
8. Bibliografía.....	57
9. Anexos	64

Índice de tablas

Tabla 1. Escala de Stover modificado por Gaulh	31
Tabla 2. Presupuesto para el trabajo experimental	38
Tabla 3. Demostración de método Stover por número de hojas por planta	42
Tabla 4. Demostración de método Stover para los grados de severidad	43
Tabla 5. Demostración de método Stover cálculo del porcentaje de la hoja sanas y hojas afectadas	44
Tabla 6. Demostración de método Stover cálculo del Promedio pondera de infección	44
Tabla 7. Coeficiente de correlación entre método Stover e ImageJ	50
Tabla 8. Correlación entre método Stover e ImageJ	51
Tabla 9. Prueba T para muestras Independientes	52
Tabla 10. Coeficientes de correlación entre diferentes localidades.....	52
Tabla 11. Datos Stover modificado de la Hacienda Villa Nueva.....	71
Tabla 12. Datos ImageJ de la Hacienda Villa Nueva	72
Tabla 13. Datos Stover modificado de la Hacienda La Central	73
Tabla 14. Datos ImageJ de la Hacienda Villa Nueva	74

Índice de figuras

Figura 1. Etapas del desarrollo de la hoja de banano	25
Figura 2. Remove bg herramienta para eliminar fondos	45
Figura 3. Fotor herramienta para aumentar calidad de imágenes.....	46
Figura 4. Imagen en el Software ImageJ.....	46
Figura 5. Opción Set Scale para establecer una escala en ImageJ para hoja del banano	47
Figura 6. Opción para delimitar la hoja en software ImageJ	47
Figura 7. Elección del área a trabajar en software ImageJ	48
Figura 8. Opciones de barra ajuste de color en software ImageJ para la hoja de banano	48
Figura 9. Selección de la hoja en el software ImageJ	49
Figura 10. Cálculo del Área total en software ImageJ	49
Figura 11. Correlación de datos de la localidad Naranjal hacienda Villa Nueva... 50	50
Figura 12. Correlación de la localidad Mariscal hacienda La Central.....	51
Figura 13. Correlación de dos localidades con diferentes métodos	52
Figura 14. Ubicación Naranjal Hacienda Villa Nueva	64
Figura 15. Ubicación de la Hacienda en Mariscal	64
Figura 16. Croquis del área experimental	65
Figura 17. Recorrido de la hacienda Villa Nueva	66
Figura 18. Observación de plantas de 0 semanas	66
Figura 19. Selección y marca en planta de 0 semanas.....	67
Figura 20. Conteo de hojas en planta de banano.....	67
Figura 21. Observación de estadios de la sigatoka negra.....	68
Figura 22. Recorrido de la hacienda La Central	68

Figura 23. Selección de planta de 0 semanas.....	69
Figura 24. Selección y marca en planta de 0 semanas.....	69
Figura 25. Conteo de hojas en planta de banano y observación de síntomas	70
Figura 26. Visita del tutor a campo.....	70

Resumen

En Ecuador la producción de banano es importante para economía de las familias significativas. Goza de una excelente reputación a nivel internacional por su calidad y sabor, de acuerdo con las investigaciones también existen factores que pueden bajar la calidad de este producto entre ellos la Sigatoka negra que aumenta en las épocas lluviosas y requiere una gestión cuidadosa a través del manejo fitosanitario para garantizar su éxito a largo plazo, para esto, el objetivo general de la investigación fue evaluar la incidencia y severidad de sigatoka negra comparando el método de Stover y análisis de imagen digital ImageJ en cultivos de banano provincia del Guayas, esta se desarrolló en dos localidades, en el cantón Naranjal en la hacienda Villa Nueva y en la parroquia Mariscal Sucre en la hacienda La Central, entre los meses de septiembre del 2023 a enero 2024. Las variables a medir fueron porcentaje de severidad con la validación de dos métodos en plantas al azar, en el método de Stover modificado por Gauhl, en la primera localidad se visualizó niveles de severidad con porcentajes bajos que iban de 0.45 a 0.78, y su promedio general de 0.44, la segunda localidad presentó índices de severidad de 0.66 a 2.2 con promedio general de 1.31, los resultados obtenidos para ImageJ fueron los siguientes en Naranjal en la hacienda Villa nueva 0 y en la hacienda La Central de 0 a 14.98 y su porcentaje 3.09, para finalizar este el presente trabajo se tomó todos los datos de ambos métodos y se implementó la estadística t-student para muestras pareadas, esto para ver si existe una correlación significativa.

Palabras claves: Severidad, Incidencia, Stover, índices, enfermedades, extensión, muestras, evaluación

Abstract

In Ecuador, banana production is important for the economy of Ecuadorian families; this product is the main export and generates significant income. It enjoys an excellent international reputation for its quality and flavor. According to research, there are also factors that can lower the quality of this product, including black Sigatoka, which increases during rainy seasons and requires careful management through handling. phytosanitary to guarantee its long-term success, for this, the present research work was developed in different locations, in the Naranjal canton on the Villa Nueva farm and in the Mariscal Sucre parish on the La Central farm, Guayas province. The study was carried out between the months of September 2023 to January 2024, The objective was to compare two methods to evaluate the severity and incidence of black Sigatoka in banana, the monitoring was carried out in an area of 26 hectares, 28 plants were taken at random per location and the two methods were applied per plant, in a Stover modified by Gauhl, in the first location severity levels were displayed with low percentages ranging from 0.45 to 0.78, and its general average of 0.44, the second location presented severity indices from 0.66 to 2.2 with a general average of 1.31, the results obtained for ImageJ, were the following in Naranjal at the Villa Nueva 0 estate and at the La Central estate from 0 to 14.98 and their percentage 3.09 to finish this work, all the data from both methods were taken and the t-student statistic was implemented for paired samples, this to see if there is a significant correlation .

Keywords: Severity, Incidence, indices, diseases, extension, samples, evaluation

1. Introducción

1.1 Antecedentes del problema

La producción agrícola de banano en Ecuador es de importancia socioeconómica, porque constituye el segundo sector exportador más destacado después del petróleo. Los Ríos con un 32.4% de la producción total es la provincia con mayor producción, seguida por la provincia El Oro con un 24.8% y en tercer lugar se encuentra Guayas con un 21.1% (Villalta, 2020).

Es el principal productor y exportador de banano a nivel mundial, con una presencia internacional que va en aumento a diversos continentes. El comercio de banano se ha convertido en la segunda mayor fuente de ingresos para su economía, después del petróleo, y juega un papel crucial en su desarrollo. El cultivo se concentra en la región costera, las hectáreas sembradas de cultivo de banano superan las 200 mil. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Ecuador, por sí solo, abastece más de un tercio de las exportaciones globales de banano (León, Arcaya, Barbotó, y Bermeo, 2020).

De las exportaciones de banano ecuatoriano el 90% de las ventas al exterior tienen como destino 10 socios comerciales destacados, estos son. La Unión Europea (UE), Rusia, Estados Unidos, Argentina, Turquía, China, Irán, Arabia Saudita, Japón y Ucrania. No obstante, las plantaciones bananeras se ven expuestas a situaciones ambientales desfavorables las cuales pueden incurrir en la productividad final (León, Baquero y Villa, 2020).

Dentro de la producción de banano en Ecuador, la Sigatoka negra es una enfermedad perjudicial, causada por el hongo ascomicete *Mycosphaerella fijiensis*. Esta enfermedad afecta de manera nociva el área foliar de la planta, retrasa la floración y decae la cosecha, de igual forma disminuye el llenado del racimo como

la vida útil de la fruta. De acuerdo con la investigación es la enfermedad foliar más destructiva y costosa en términos económicos para el agricultor. Esta conlleva a la disminución en la tasa de transpiración y fotosíntesis y puede reducir la producción.

En las fincas bananeras para el monitoreo de la sigatoka negra se utiliza el método tradicional propuesto por Stover modificado por Gauhl en el año 1989. Este radica en visualizar el área perjudicada, salvo la hoja candela o hojas quebradas. Este método evalúa de forma visual la severidad del daño en la hoja por su porcentaje de manchas o necrosis, esto ayuda para determinar el diagnóstico de la totalidad del área afectada (Guerrero, Infante y García, 2018).

Es imprescindible controlar la propagación de la Sigatoka negra para obtener una productividad viable. Sin embargo, esto conlleva un aumento en los costos a menudo impacto negativo hacia los productores, quienes pueden verse obligados a cambiar de rubro. De forma inapropiada los productores comerciales han logrado reducir la propagación de la enfermedad utilizando tratamientos químicos de manera desmesurada, Esto puede tener consecuencias negativas para la salud humana, como problemas respiratorios, endocrinos y cutáneos, y también tendrá efectos negativos sobre el medio ambiente y aumentar el riesgo de generar resistencia del hongo al fungicida (Torres, 2018).

El proyecto se centra en un programa de análisis y procesamiento de imágenes de dominio público, programado en Java y desarrollado por Wayne Rasband en el NIH (National Institutes of Health). Incluye cálculo de áreas y mediciones de distancia, lo que puede determinar la incidencia y severidad de la Sigatoka Negra. Este método es eficaz para realizar el monitoreo de la enfermedad y controlar de manera temprana, por lo general útil en el manejo de la enfermedad en las plantaciones de banano (Vilches, Legarralde y Cavazza, 2018).

El software ImageJ es un programa pensado para el análisis de imágenes como medir áreas, contar objetos, También tiene muchas opciones para mejorar el aspecto de la imagen, es una herramienta tecnológica muy versátil que permite a los investigadores procesar imágenes de forma avanzada, cuantificar datos con precisión y automatizar análisis, contribuye a avances en diversos campos científicos (Jiménez , Quintanar y Guevara, 2022).

El uso de la tecnología del software ImageJ se centra en el procesamiento, análisis de imágenes digitales, popular en la investigación científica, donde se utiliza para extraer datos y realizar análisis detallados a partir de imágenes generadas por equipos de captura. De acuerdo con la investigación los principales usos tecnológicos de ImageJ son análisis cuantitativo de imágenes, permite medir y analizar diferentes parámetros en imágenes como áreas, perímetros, ángulos, distancias y volúmenes. Esta capacidad es clave en campo. También en procesamiento avanzado de imágenes, la tecnología de ImageJ permite la aplicación de filtros para mejorar la calidad de las imágenes. Estos incluyen la reducción de ruido, ajuste de contraste y brillo, detección de bordes, suavizado, y corrección de desenfoque. Esto es esencial para la visualización precisa de detalles finos en imágenes científicas (Castañeda, Quintero y Garcia, 2022).

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

Las bananeras en el Ecuador afrontan diferentes desafíos entre ellos, la sigatoka negra, porque ocasiona pérdidas significativas. Por lo general los agricultores utilizan métodos convencionales, como monitoreo visual para detectar la presencia de la enfermedad. Sin embargo, el método presenta desventajas, como la evaluación visual, que llega a variar la interpretación de los síntomas. Los factores

ambientales como el clima, la sombra o la luz solar afectan la precisión de la evaluación visual. De igual forma, los costos y tiempo requieren de recursos humanos capacitados para las inspecciones, esto limita el monitoreo, en especial áreas extensas. La experiencia es otra desventaja ya que puede limitar su aplicabilidad en regiones donde no hay suficientes expertos disponibles en áreas donde los agricultores carecen de experiencia y capacitación en el reconocimiento de la enfermedad. Todas esas limitaciones resultan en evaluaciones que no permiten un efectivo control y por lo tanto disminuye la eficiencia en el manejo de la enfermedad.

1.2.2 Formulación del problema

¿Cuál es la relación del sistema de evaluación stover para sigatoka negra con un sistema de procesamiento digital de imagen?

1.2 Justificación de la investigación

El costo de la producción del banano cada vez se eleva por el uso indiscriminado de agroquímicos. Está resultará en la resistencia de enfermedades, con el tiempo aplicaran altas dosis o diferentes compuestos químicos para un control eficaz. Con base en la investigación esto añadirá un valor adicional al producto, además de tener un impacto negativo a la calidad por residuos tóxicos, de igual forma las restricciones y devolución al no cumplir con los requisitos nacionales e internacionales. Desde otra perspectiva el uso excesivo de agroquímicos causa daños al medio ambiente, suelo, agua, aire. Esta investigación establecerá una evaluación eficiente mediante el programa ImageJ que permitirá contar con la información de incidencia y severidad de forma computarizada, para dar un diagnóstico de precisión del grado de infección además una ventaja principal del método, no destructivos para mantener la integridad de las plantas y hojas.

1.4 Delimitación de la investigación

- **Espacio:** La presente investigación se llevó a cabo en el cantón Naranjal y Mariscal provincia de Guayas, dentro de las siguientes coordenadas 2°06'35.6"S 79°30'26.5"W, 2°33'11.3"S 79°33'07.1"W.
- **Tiempo:** El presente trabajo de investigación se realizó en los meses de septiembre del 2023 A febrero del 2024
- **Población:** Los resultados del presente trabajo servirán como información para el personal de campo, fitosanitarios y estudiantes de agronomía.

1.5 Objetivo general

Evaluar la incidencia y severidad de Sigatoka negra comparando el método de Stover y análisis de imagen digital ImageJ en plantaciones de banano provincia del Guayas.

1.6 Objetivos específicos

- Determinar niveles de infección de Sigatoka negra en plantaciones de banano de diferentes locaciones mediante el método modificado de Stover.
- Analizar imágenes de hojas afectadas por Sigatoka negra mediante el software ImageJ estableciendo porcentajes de afectación en diferentes plantaciones
- Analizar el grado de correlación de severidad de sigatoka entre método de Stover y el método de procesamiento de ImageJ.

1.7 Hipótesis

Los índices de severidad evaluados con el software ImageJ tienen correlación significativa con el método modificado de Stover para detectar los daños de la Sigatoka negra en el cultivo de banano, ampliando así los recursos para agricultura de precisión.

2. Marco teórico

2.1 Estado del arte

De acuerdo con las investigaciones realizadas los agricultores utilizan el método de Stover modificado por Gauhl que presenta seis grados, las muestras las toman al azar con plantas antes o proximas a la floración con evaluaciones semanales o quincenales, depende de las condiciones climaticas. Esto para evaluar la incidencia y severidad en hojas de banano infectadas por la enfermedad sigatoka negra para determinar los grados de daños en las hojas de banano. Esta detección la realizan bajo el criterio del agricultor. Por lo general hacen observaciones cada 3, 7, 15, 21 y 30 días en las plantaciones bananeras (Santos y Torres, 2018).

El monitoreo fitosanitario para Sigatoka negra consiste en detectar los grados de severidad a traves de un metodo tradicional basado en la supervisión, observación directa y recopilación de datos en conjunto con diferentes actividades. Por lo general contar el total de las hojas sin tomar en cuenta la hoja agobiada, candela, seguida de las observaciones de de hoja por plantas, la hoja mas joven enferma y el calculo del grado de infeccion, esto ocasiona que el método tenga deficiencia como variabilidad de datos entre diferentes personas, también podría ocasionarse por las diferentes condiciones, sol y sombras, limitación de alcance, tiempo y recursos, lo que causa uso excesivo en aplicaciones de agroquímicos en las plantaciones de banano (Guerrero, et al., 2018).

Para superar algunas de estas limitaciones, se desarrollan y utilizan cada vez más tecnologías de monitoreo automatizadas basadas en imágenes que pueden proporcionar una detección más precisa y objetiva de problemas fitosanitarios en las plantas utilizando diversas herramientas tales como cámaras fotográficas, teléfonos celulares. El programa ImageJ es una herramienta diseñada para

imágenes científicas, desarrollado por wayne rasband en el u.s. national institutes of health (NIH). Desde su creación en el año 1997 ha experimentado un desarrollo constante (González, 2018).

El proceso digital con programas inteligentes aborda beneficios para la agricultura, entre ellos el cálculo, escaneo y proceso de imágenes para determinar del área foliar. Parámetro importante utilizado en plantas, ya que suele indicar procesos morfológicos. de acuerdo con las investigaciones estas metodologías no destructivas contribuyen a la identificación del estado actual de la planta de igual forma detecta y clasifica enfermedades en plantaciones establecidas o de ciclo corto (Gómez et al., 2021).

Al analizar materiales, los investigadores deben medirlos para ponderar muestras. Por lo general existen diversas herramientas de software comerciales de código abierto para estudiar imágenes una de esas ImageJ que se encuentra de forma gratuita de dominio público, lo que significa que no está protegido por derechos de autor y funciona en diferentes sistemas operativos, como en Mac os x, Linux y Windows (González, 2018).

ImageJ es un procesador de imagen útil para determinar lesiones, de acuerdo con la investigación tomaron 10 plantas de caña de azúcar como muestras para detectar síntomas en las hojas, luego midieron el largo, ancho, área y toman fotografías para procesar las imágenes en el software, posterior del cálculo para determinar el porcentaje de severidad en la hoja afectada. Esta investigación se realizó para demostrar las ventajas y utilidad de procesar imágenes a través del software ImageJ en lesiones de la mancha anular en el cultivo de la caña de azúcar. Las características del programa son excelente visualización, análisis, edición y facilidad de proceso, además calcula el área (Aday et al., 2017).

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Importancia del banano en Ecuador

El banano en Ecuador, esencial por su riqueza en potasio, minerales, fibras, pectina, magnesio y vitaminas B1, B2 y B6. Estos elementos no solo aportan beneficios físicos, sino que también contribuyen a la obtención de energía. Además, la fruta se distingue por su excelente calidad (Ibarra, 2020).

El banano en Ecuador es una fruta esencial, destacada por su riqueza en potasio, minerales, fibras, pectina, magnesio y vitaminas B1, B2 y B6. Estos contribuyen a la obtención de energía.

De acuerdo con las investigaciones el cultivo de banano (*Musa paradisiaca L.*) se destaca como una de las actividades agrícolas relevantes en términos económicos en Ecuador, ya que este sector desempeña un papel significativo como generador clave de empleo en la nación (Álava, Reyes y Tapia, 2021).

La economía ecuatoriana encuentra su núcleo esencial en las exportaciones de banano, actividad que desempeña un papel fundamental en el desarrollo y sustento del país. Este sector no solo se refleja en términos de generación de ingresos, sino también en la generación de empleo y la consolidación de la posición de Ecuador en los mercados internacionales (León, Espinoza, Carvajal y Quezada, 2022).

La fruta se destaca con promedios anual en ventas internacionales de 6 millones de toneladas métricas comercializadas en diferentes continentes, Este fruto tiene una tasa de ingresos de \$8 337 746 anuales (Anchundia, Suatunce y Poveda, 2021).

Las plantas de banano se cultivan en países con clima tropical. Estos crecen en racimos al madurar cambian en volumen y color. Este es un alimento de gran importancia por las propiedades nutritivas. Además de ser fuente de trabajo para la población ecuatoriana (León, Matailo, Romero y Portalanza, 2020).

En Ecuador, una porción significativa de la actividad económica se encuentra vinculada a las exportaciones de banano. Durante el año 2014, el país logró exportar un total de 4 millones 768 mil 530 toneladas de esta fruta, consolidándose como el principal exportador a nivel mundial con una participación del 28% en el mercado internacional (Rodríguez, Quevedo y García, 2021).

Según la información de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura la producción de banano destaca como un cultivo lucrativo en América Latina (Zhiminaicela, Quevedo y García, 2020).

El segundo rubro sobresaliente luego del petróleo. Las fincas bananeras del Ecuador son productoras y exportadoras con mas de cincuenta años de experiencia, destacada por predominar en la exportación a nivel internacional con distribución del 81% en la Costa, el 16% en la Sierra y el 3% en el Oriente. De acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. Los ecuatorianos tienen la ventaja al elaborar un producto atractivo, para el consumidor extranjero por la calidad del suelo y el clima favorable de la región está fruta exquisita se encuentra disponible todo el año debido a la latitud 0 que el Ecuador disfruta (León, et al., 2020).

2.2.3 Fisiología

El termino fisiología hace referencia al proceso funcional de las plantas entre ellos la transpiración esta se refiere a la liberación del vapor de agua por medio de las hojas de banano. EL transporte de nutrientes es otra función y se da en los tejidos vasculares, de acuerdo con la investigación comienza través de la xilema el cual adsorbe agua y sales minerales posterior son transportados de la raíz hasta las hojas y el floema es por donde desciende la sabia elaborada. La planta de banano puede medir hasta 9m de longitud, sus hojas capturan la luz solar y fijan el dióxido

de carbono por medio de la fotosíntesis esto para el desarrollo y crecimiento de la planta. Las hojas de banano son valiosas para el agricultor ya que de esto depende una excelente productividad junto a su calidad. Este es un cultivo de ciclo perennes, sus hojas tienen forma de espiral, peciolo son cortos además tienen nervaduras fuertes, flores y frutos (Moreno, 2022).

2.2.4 Caracteres botánicos

2.2.4.1. Hoja

Las hojas son importante para la planta de banano, su función es crucial dentro del ciclo de vida y el desarrollo de la planta de banano, estas estructuras foliares desempeñan un papel fundamental al facilitar la fotosíntesis, tienen partes como vaina, peciolo nervadura central, además llegan a medir de 70 a 100 cm de ancho y de longitud 3 a 4m, la hoja al surgir es de forma espiral (Martínez, et al., 2019).

2.2.4.2. Desarrollo de la hoja

El desarrollo de la hoja de banano tiene diferentes estados esto conforme se abre la hoja , empieza con una hoja de textura suave y tierna en forma de rosca espiral, Por lo general en condiciones favorables tiende abrirse a los 7 días y por otra parte toma de 15 a 20 días abrir en condiciones desfavorables. Para observar el desarrollo figura 1 de la hoja en plantas de banano, donde se aprecian los estadios (Carlier, Waele y Escalant, 2002)

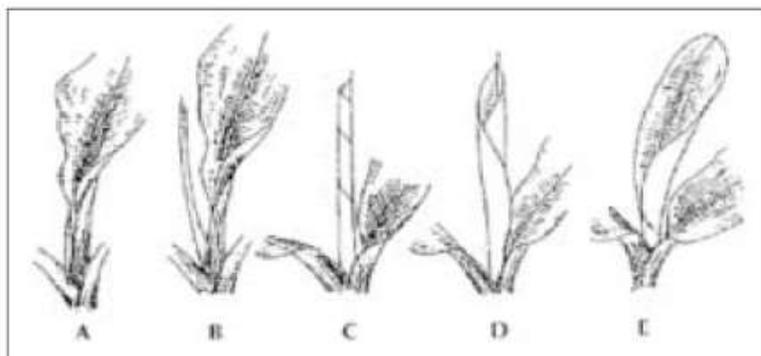


Figura 1. Etapas del desarrollo de la hoja de banano
Carlier, Waele y Escalant, 2002

2.2.5 Clasificación taxonómica del banano

Según Ancajima y Cortez (2022) la clasificación taxonómica del cultivo de banano se detalla de la siguiente forma.

Reino: Plantae

División: Angiospermae

Sub división: Angiospermaphyta

Clase: Monocotiledónea

Orden: Zingiberales

Familia: Musaceae

Sub Familia: Musoideae

Género: Musa

2.2.6 Condiciones edafoclimáticas

2.2.6.1. Temperatura

La temperatura ideal para el desarrollo del banano se encuentra en rangos de máximo superior a 21°C a 30°C, para óptimos rendimientos (Lima, Bravo y Rozane, 2020).

2.2.6.2. Suelos

Por lo general para que los bananos crezcan de forma óptima, necesitan suelos que tengan características de textura, franco limoso o franco arcilloso, buen drenaje con una profundidad mínima de 1.2 metros y un pH de 5.76, los suelos salinos no son favorables a las plantaciones (Torres, Segura, Sandoval y Ortega, 2019).

2.2.7 Sigatoka negra

2.2.7.1. Origen

El primer registro de la enfermedad se dio en el sudeste asiático en la isla de Fiji, descubierta por Rhodes en el año 1963, su primer rastreo fue en el continente

americano en el año 1972, Después, se expandió hacia los países cercanos de América Latina y Ecuador en el año 1987 (Campo, Vélez y Barrera, 2020).

2.2.7.2. Distribución

De acuerdo con la investigación la enfermedad se extendió en baneras de varios continentes, se observó en Honduras en el año 1972 luego se desimino por todo el continente americano. En el año 1981 se encontró en Uraba y avanzó a partes bajas del país (Cedeño, et al., 2021).

2.2.8 Taxonomía

Lincango (2020), especifica la clasificación taxonómica del hongo que provoca la enfermedad de la Sigatoka negra.

Reino: Fungi

Filo: Ascomycota

Orden: Dothidemyces

Familia: Mycosphaerellaceae

Género: Mycosphaerella

Especie: *M. fijiensis* Morelet

2.2.9 Agente causal

La sigatoka negra, es una enfermedad en el cultivo de banano, causada por un hongo del género *Mycosphaerella fijiensis* Morelet hemibiotrófico que ocasiona daños significativos, incluso llega a destruir por completo el área foliar, la maduración temprana del fruto, lo que resulta en una reducción en el tamaño del racimo (Arriaga, Meza y Painii, 2022).

El hongo produce esporas que se dispersan por el aire y el agua, infectando las hojas jóvenes del banano, comienza a colonizar el tejido foliar, causando las primeras manchas y a medida que crece el hongo se disemina (Molina, 2018).

2.2.9.1. Reproducción sexual

El estado sexual del hongo inicia con el desarrollo de varios espermogonios en la parte inferior de la hoja, por lo general responsable de las infecciones a extensa longitud ocasionada por la elevada humedad y diseminadas por el viento (Borja, 2019).

2.2.9.2. Reproducción asexual

Se denomina *Pseudocercospora fijiensis* a la forma asexual del hongo hemibiotrófico de la enfermedad sigatoka negra. Se originan conidios individuales y apical en el conidióforo, por lo general germinan en períodos de alta humedad e infectan a la hoja por las estomas (Martínez & Rey, 2021).

2.2.9.3. Ciclo de vida

Con base en la investigación, la sigatoka negra experimenta modificaciones por cambios climáticos, por lo general su proceso de infección y la manifestación de los síntomas. El ciclo de la enfermedad comienza con la incubación de 17 días, esta luego de 28 días forma estrías notables para después culminar el ciclo con la dispersión de las ascosporas a los 49 días, que se adhieren a la superficie inferior de las hojas de la planta hospedera, esto bajo condiciones climáticas adecuadas, tal como una temperatura media de 27°C y periodos prolongados de alta humedad en el ambiente (Rodríguez, et al., 2021).

2.2.10 Condiciones favorables

Las condiciones para el óptimo desarrollo de la enfermedad son ambientes propicios ejemplo, la humedad y temperatura que varían desde los 25°C - 28 °C benefician el desarrollo de la enfermedad (Benavides, Camacho y Muñoz, 2022).

De acuerdo con la investigación realizada, la proliferación del hongo aumenta en ambientes caracterizado por niveles altos humedad, crean un ambiente idóneo para

que se manifiesten las enfermedades, durante los meses lluviosos en Ecuador, esto afecta de manera significativa consecuencias negativas para las plantaciones de banano (Freitez, Ablan y Gómez 2009).

2.2.11 Patosistema

De acuerdo con la investigación el termino de patosistema en los cultivos involucra la relación de diferentes como el origen y desarrollo de la enfermedad en plantaciones, así como todos los factores que se encuentran asociados. Constituyen 4 elementos específicos para crear el patosistema los cuales son el hospedero, patógeno, condiciones climáticas y hombre (Beitia y Tormos, 2018).

2.2.12 Transporte

La enfermedad foliar provoca infección y limita la fotosíntesis se disemina de forma habitual por el aire y lluvias, por lo general el humano es otra forma de transporte sea esto por el calzado, vestidos o herramientas (Molina, 2018).

2.2.13 Periodo de alta incidencia

La sigatoka negra se transmite por el aire y afecta las hojas de las plantas de banano en extensiones pequeñas y grandes plantaciones. Los síntomas comienzan como pequeñas motas que se convierten en rayas paralelas a las venas de las hojas. Estas rayas se agregan y eventualmente forman manchas que se unen, formando un halo clorótico con el tiempo, estas líneas se acumulan, dando lugar a manchas que se fusionan para formar un halo clorótico, culminando eventualmente en una necrosis extensa (Barreto, Macías, Valdez y Naula, 2019).

La sigatoka negra se encuentra en estado evolutivo, en niveles bajos durante las primeras cuatro o cinco semanas, a partir de este punto los índices aumentan. En el Ecuador las lluvias empiezan a finales de diciembre o principios de enero y terminan a fines de abril o inicio de mayo. La enfermedad se propaga de manera

más efectiva durante períodos de alta humedad, en especial si una capa de agua libre cubre la superficie de las hojas. los conidios tienden a infectar a corta distancia, principalmente entre hojas de una misma planta (Cedeño, et al., 2021).

2.2.14 Descripción de los síntomas

Se pueden reconocer los síntomas de la sigatoka negra a través de seis estadios conforme a la escala de Fouré. En el Estado uno se aprecian lesiones pequeñas, puntos blancos, amarillento y marrón, de 1 mm de longitud en el envés de la hoja. En el Estado dos, aparecen rayas o estrías cloróticas de 3 a 4 mm de longitud por 1 mm de ancho, de color marrón. En el Estado tres, las estrías se extienden y se ensanchan. No tienen bordes definidos y su color es café, llegan a medir 2 cm de longitud. En el Estado cuatro, de acuerdo con las investigaciones se aprecian manchas ovaladas de color café en el envés de la hoja y negro en el haz. En el Estado cinco manchas negras rodeadas de un anillo negro y, en ocasiones, un halo amarillento, con un centro seco y semihundido. En el Estado seis, se observan manchas con un centro seco y hundido, de coloración marrón clara, que están rodeadas de tejido clorótico (Pinto, et al., 2017).

2.2.15 Evaluación de severidad por Método Stover

Para obtener datos e información del estado fitosanitario en las plantaciones bananeras es necesario realizar monitoreos constantes con técnicas precisas para detectar daños en las hojas de bananos y así obtener gracias a este método la incidencia y severidad. Estas las realizan de forma aleatoria en campo con evaluación semanal o quincena, por lo general es importante para el agricultor obtener de manera eficaz y detallada la información sanitaria de su plantación, De acuerdo con la investigación de esto depende la productividad de su cultivo y sus respectivas ganancias (Valverde, 2019).

2.2.15.1. Definición de monitoreo

El monitoreo es la supervisión y recopilación constante de información permanente de diversas actividades como la observación directa, recopilación de datos en campo, encuestas, etc. Esta enlaza las necesidades y las fuentes de información, para establecer métodos apropiados. Esto para obtener un producto de calidad que cumpla con los estándares que establecen los mercados nacionales e internacionales (Berbey, Valencia y González, 2019).

2.2.15.1.1. Método Stover modificado por Gauhl

Utiliza una escala que evalúa de forma visual el área de las hojas afectadas con daño necrótico. Para determinar la incidencia de la enfermedad en plantas cercanas a la floración, recién florecidas o próximas a la cosecha (Marín, 2018).

2.2.15.1.2. Escala de Stover modificada por Gauhl

Lincango (2020) afirma que es esencial mantener y controlar la enfermedad, por ello, la metodología de Stover modificada por Gauhl proporciona información de la condición sanitaria de las plantaciones de banano. El método de Stover fue ideado para evaluar la presencia y agresividad de enfermedad Sigatoka negra.

Tabla 1. Escala de Stover modificado por Gauhl

Grado de severidad	Descripción de la severidad
0	Sin síntomas
1	Hasta 10 manchas por hojas
2	Menos del 5% del área foliar enferma
3	De 6 a 15% del área foliar enferma
4	De 16 a 33% del área foliar enferma
5	De 34 a 50% del área foliar enferma
6	Más del 50% del área foliar enferma

2.2.15.1.3. Conteo de hojas

Para el conteo de las hojas en plantas de banano, empieza de arriba hacia abajo sin tomar en cuenta la hoja candela o agobiada, la más cercana es la número uno son alternas y opuestas (Sánchez, Díaz, Conde, Cervantes y Sánchez, 2021).

2.2.15.1.4. Hojas por planta

Por lo general, para obtener el número de hojas por planta H/P, cuente el número total de hojas, suman y dividen (Sánchez, et al., 2021).

2.2.15.1.5. Hoja más joven afectada

La hoja más joven afectada o también denominada HMJE o YLI es la primera hoja con menos de diez manchas y se ubica en el grado 0 según la escala de Stover modificado a esta hoja se le dará un valor (Daza y Pineda, 2017).

2.2.15.1.6. Hoja más joven con necrosis

La hoja más joven con presencia de necrosis HMJN o YLS está presente el grado dos de daños y tenga el 5% del área afectada (Ribadeneira y Ruiz, 2020).

2.2.16 Evaluación de severidad por análisis de imágenes

2.2.16.1. Captura de imágenes

De acuerdo con la investigación el método no destructivo es a través, de la captura visual. Las fotografías deben tener alta calidad, por lo general se utilizan instrumentos electrónicos para recopilar imágenes que enfoquen el entorno u objeto, se utiliza cámaras fotográficas para capturar las imágenes digitales (Gómez, et al., 2021).

2.2.15.2. Medición

La mediación de la severidad en plantaciones de banano se da a través del programa ImageJ que por lo general requiere una regla para medir el ancho y longitud de la hoja. De acuerdo con la investigación, esto define la escala sea esta

en centrimetros, pixeles y micrometros de referencia en la imagen tomada, con una línea trazada en forma horizontal (Newton, Mongon y Minussi, 2020).

2.2.16.3. Software ImageJ

La tecnología avanza, un ejemplo de eso es la computación científica, particular en el área de la imagen biológica, el software de ImageJ es líder como herramienta abierta para analizar imágenes científicas (Schneider, Rasband & Eliceiri, 2017).

Herramienta que brinda diversas opciones para ampliar los campos del conocimiento, Este es impulsado por la comunidad de usuarios que se encuentran comprometidos a nuevos desafíos de analizar imágenes (Schroeder, et al., 2020).

Es un software de procesamiento de imágenes, desarrollado originalmente en el National Institutes of Health (NIH) de los Estados Unidos. Se utiliza principal en el ámbito científico y de investigación (Martin, Fipke y Minussi, 2020).

El software se encuentra de forma gratuita para el proceso de imágenes, está es procesada por el programa en un sistema informático utilizada para las investigación y diagnósticos, herramienta útil y versátil para cuantificar, delimitar contorno (Vaquero, Audisio y Buey, 2022).

Esta tiene la capacidad para trabajar con una variedad de formatos de imagen hacen de ImageJ una herramienta versátil y ampliamente utilizada en entornos de investigación científica, donde se requiere un análisis preciso y detallado de datos visuales (Césari, Espartaro, Fernández y Castellanos, 2021).

De acuerdo con la investigación el software ImageJ tiene varias ventajas tales como la edición, además ofrece al usuario resultados numericos, tablas que tienen la facilidad de transformar a excel para luego pasar a la estadística. Por lo general otra ventaja del programa es la de evaluar enfermedades fungosas y calcular el área afectada de la hoja (Aday, et al., 2017).

El método de ImageJ ofrece analizar mediciones más fiables y reproducibles para la detección de la enfermedad de la mancha en comparación con los sistemas de puntuación visual tradicionales. Aunque el análisis visual basado en la selección manual de las lesiones por parte del usuario puede ser utilizado, este requiere de tiempo (Elliott, Berry, Kim y Bart, 2022).

Los métodos que hacen uso de imágenes digitales pueden ser categorizados en dos enfoques destructivos o no destructivos. El enfoque destructivo implica la eliminación física de las hojas de la planta mientras que, en el enfoque no destructivo, las imágenes digitales de las hojas son capturadas sin necesidad de ocasionar daños a las hojas. Esta distinción es esencial en diversos campos, ya que la elección entre métodos destructivos y no destructivos dependerá de las necesidades específicas de la investigación (Newton, et al., 2020).

2.3 Marco legal

2.3.1 Según la Ley Orgánica de Sanidad Agropecuaria se deben tomar en cuenta los siguientes artículos:

TÍTULO II
DEL RÉGIMEN DE SANIDAD VEGETAL
CAPÍTULO I
DE LA PROTECCIÓN FITOSANITARIA

Artículo 21. Del control fitosanitario. - El control fitosanitario en los términos de esta Ley, es responsabilidad de la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario, tiene por finalidad prevenir y controlar el ingreso, establecimiento y la diseminación de plagas que afecten a los vegetales, productos vegetales y artículos reglamentados que representen riesgo fitosanitario. El control fitosanitario y sus medidas son de aplicación inmediata y obligatoria para las personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, dedicadas a la producción, comercialización, importación y exportación de tales plantas y productos (p. 8)

Artículo 22. De las medidas fitosanitarias. - Para mantener y mejorar el estatus fitosanitario, la Agencia de Regulación y Control, implementará en el territorio nacional y en las zonas especiales de desarrollo económico, las siguientes medidas fitosanitarias de cumplimiento obligatorio:

a) Requisitos fitosanitarios; b) Campañas de sanidad vegetal, de carácter preventivo, de control y erradicación; c) Diagnóstico, vigilancia y notificación fitosanitaria de plantas y productos vegetales; d) Tratamientos de saneamiento y desinfección de plantas y productos vegetales, instalaciones, equipos, maquinarias y vehículos de transporte que representen un riesgo fitosanitario; e) Cuarentena cuando se detecte una o varias plagas que represente un riesgo fitosanitario; f) Áreas libres de plaga y de escasa prevalencia de plagas; g) procedimiento fitosanitario para la importación y exportación de plantas, productos vegetales y artículos reglamentados ;y, h) Las demás que establezca la agencia. Cuando la información científica sobre una nueva plaga o enfermedad sea insuficiente, la Agencia, definirá las medidas provisionales, de emergencia o previsión para aplicarse en caso de una situación fitosanitaria nueva o imprevista (p. 8)

Artículo 23. De los centros de propagación de especies vegetales.- La Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario realizará el control fitosanitario de los centros de propagación de especies vegetales y establecerá la aplicación de las medidas fitosanitarias de conformidad con esta Ley y su reglamento Toda persona natural o jurídica propietaria de un centro de propagación de especies vegetales para su funcionamiento deberá contar con la autorización de la Agencia y cumplirá con los requisitos y permisos fitosanitarios establecidos en el reglamento de esta Ley (p. 9)

Artículo 24. De la cuarentena. - La Agencia, mediante resolución establecerá áreas, lugares y sitios bajo cuarentena ante la presunción de la presencia de una plaga cuarentenaria reglamentada o no, de plantas, productos vegetales y artículos reglamentados; esta condición podrá ser, revisada periódicamente, ratificada (Asamblea Nacional del Ecuador, p.8-9, 2017).

3. Materiales y métodos

3.1 Enfoque de la investigación

En esta investigación se recopiló información de datos para obtener el nivel de severidad, se realizó en campo se evaluó la incidencia y severidad de daños causado por sigatoka negra.

3.1.1 Tipo de investigación

Los datos se obtuvieron de la presente investigación. se empleó una modalidad descriptiva, aplicada en campo, se abarcó enfoques tanto descriptivos como explicativos. Se utilizaron metodologías que incluyeron fases de tipo, analítico y de observación, destacándose la innovación a través de los resultados obtenidos.

3.1.2 Diseño de investigación

El presente trabajo se realizó en dos localidades. En el cantón Naranjal en la hacienda Villa Nueva perteneciente a la provincia del Guayas y en el cantón Mariscal Sucre en la hacienda La Central en la provincia del Guayas.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

3.2.1.1. Variable independiente

Estadios de la enfermedad a evaluar sigatoka negra.

3.2.1.2. Variable dependiente

Método convencional de evaluación para sigatoka negra Stover modificado por Gaulh.

Software para la evaluación de sigatoka negra ImageJ.

3.2.2 Tratamientos

Esta investigación no contó con tratamiento por tratarse de una investigación descriptiva.

3.2.3 Diseño experimental

Se aplicaron dos métodos para calcular la severidad en hojas de banano que presenten daños por sigatoka negra, los métodos fueron Stover modificado por Gauhl y el software ImagJ, se analizaron las correlaciones de los resultados obtenidos de ambos con la estadística t student de muestras pareadas.

3.2.4 Recolección de datos

3.2.4.1 Recursos

3.2.4.1.1. Materiales de campo

- Cámara celular
- Esfero, Tablero
- Tiza, Franela

3.2.4.1.2. Recursos humanos

Tesista y tutor

3.2.4.1.3. Equipos de oficina

- Computadora
- Cámara de celular
- Software
- Autocad

3.2.4.1.4. Recursos bibliográficos

Los recursos que se utilizarán en esta investigación serán de las siguientes fuentes

- Artículos de revista
- Artículos científicos
- Libro, tesis de grado
- Revistas científicas

3.2.4.1.5. Recursos económicos

Tabla 2. Presupuesto para el trabajo experimental

Actividad y producto	Producto	Costo \$
Monitoreo método modificado		
Esfero	2	1
Tablero	1	5
Tiza	20	5
Franela	2	3
Software ImageJ	1	0
Computadora (Reparación)	1	100
Cámara de celular	1	200
Viáticos		200
Total		514

Calle, 2024

3.2.4.2. Métodos y técnicas

3.2.4.2.1. Métodos

Métodos teóricos: se obtuvo la facilidad para la investigación del proyecto con relación a conceptos y fuentes confiables de teoría.

Método deductivo: La información se recolectó y fue comparada con otros datos para poder obtener una conclusión técnica.

Método inductivo: Con la ayuda de este método se pudo observar los resultados de manera óptima.

Método sintético: Con la ayuda de este método se compararon los resultados obtenidos y elaboraron criterios recomendaciones y conclusiones con forma a la investigación a realizar.

3.2.4.2.2. técnicas

Medición del grado de severidad mediante Stover modificado

1. El muestreo estuvo establecido en las observaciones de los síntomas en todas las hojas, Se tomaron mínimo 4 plantas por hectárea, se utilizó un muestreo al azar en la plantación
2. El muestreo estuvo acoplado a la disposición del fitosanitario. Se escogió plantas de 0 semanas fisiológicas. Contaron todas las hojas de la planta excepto las hojas agobiadas
3. Calcularon el total del número de hojas por planta. Se identificó la hoja más joven afectada y la hoja más joven con necrosis. Los datos tomados en campo se anotaron en un formulario con las fechas respectivas de cada visita
4. Después de obtener estas observaciones se empleó una fórmula para tener el promedio ponderado de infección de la sigatoka negra, con el fin de determinar la gravedad de daño.

Fórmula:

Para determinar la gravedad de daño, se aplica la siguiente fórmula.

% Hojas Infeccionadas = 100 - % Hojas Sanas (Grado 0)

$PPI = \sum (\% \text{ Hojas Infeccionadas por grado} \times \text{grado correspondiente}) / 100$

Medición del grado de severidad mediante el software ImageJ

1. Las fotografías para procesar en Imagej se tomaron de una cámara de celular Samsung Galaxy modelo A12 de 128 GB y cámara de 48 MP
2. Las fotos se las trasladaron a remove bg y a Fotor aplicaciones online.
3. Se instaló el software ImageJ aplicación de libre acceso, en una laptop con procesador Intel® Core™ i3-1005G1 CPU @ 1.20GHz 1.19 GHz, Ram instalada 4.00GB, Con un sistema operativo de 64 bits Y edición Windows, el software se deberá descargar en páginas web link:

<https://imagej.nih.gov/ij/download.html> y se seleccionará la opción Download y luego instalar.

4. Una vez que se haya completado la instalación, se inició desde el icono del escritorio
5. Se selecciono menú File, esta una vez presionada dio más opciones, luego hacer clic en open. Además, se eligio una imagen que debe llevar una escala con una distancia conocida
6. Con la imagen, se tomó el cursor y selecciono en la barra ícono Straight
7. Se selecciono menú Analyze en la opción Set scale de donde apareció un cuadro que mostro la distancia en pixeles. Esto se cambió a la longitud real de la distancia en cm y definió la escala de la fotografía.
8. Convertir la imagen, a escala de grises, en el menú Image la opción Type y clic en 8 bits. Se seleccionó el menú process y la opción binary y clic en make binary
9. Se hizo clic para seleccionar las variables, en la imagen se seleccionó el menú Anlyze y Set
- 10.El menú Analyze y opción Analyze Particles, click en el recuadro Size, Además coloco la unidad de medida de la escala de la imagen original.
- 11.El menú Analyze, luego la opción Measure para obtener la tabla con el valor del área calculado. Al final se mostró la imagen con el área total y el área afectada posterior se utilizó la siguiente fórmula para hallar el porcentaje de la severidad de daños en hojas de banano.

Formula:

Con el fin de determinar la gravedad de daño, se aplicará la siguiente fórmula.

$$Severidad = \left(\frac{\text{área afectada}}{\text{área total}} \right) \times 100$$

3.2.5 Análisis estadístico

Las muestras pareadas, son aquellas en la que el dato de una muestra se corresponde a un dato de la segunda muestra, la prueba de hipótesis para diferenciar estas medidas es, muestras dependientes (muestras pareadas y $n \leq 30$). Se utilizará como estadística de prueba la T Student que se calculará con la expresión:

$$t = \frac{\bar{d} - \mu_d}{s_d/\sqrt{n}}$$

\bar{d} : Medida de las diferencias de la variable de interés de las muestras

s_d : Desviación estándar de las diferencias entre los datos de las muestras

μ_d : Media esperada de la diferencia de la variable de interés en la población

n : Tamaño de la muestra

Se establecerán los valores críticos de t, utilizando n-1 grados de libertad

Métodos a evaluar

Ho: Ninguno de los métodos a evaluar presentarán diferencia significativa en los resultados de los estados de severidad de la sigatoka negra

H1: Al menos uno de los métodos a evaluar presentará diferencia significativa en los resultados de los estados de severidad de la sigatoka negra

4. Resultados

4.1 Niveles de severidad de infección de sigatoka negra en plantas de banano de diferentes locaciones mediante el método modificado de Stover

4.1.1 Monitoreo de los niveles de infección de sigatoka negra

El muestreo se utilizó como herramienta especializada para observar y recopilar datos, la continuidad semanal de las observaciones de los cambios y la retroalimentación del hallazgo de los síntomas presentes apporto con información relevante sobre el estado de la plantación. Esto para entender y gestionar diversos aspectos de nuestro entorno, permitiendo tomar acciones adecuadas para mantener su estado. El monitoreo se basó en las observaciones de los síntomas visibles en las hojas de banano, para estimar el área foliar afectada por la enfermedad destructiva de la sigatoka negra en diferentes etapas (estados evolutivos). La recopilación de los datos se obtuvo al aplicar el método de Stover modificado por Gaulh, en diferentes localidades, se tomaron plantas de cero semanas fisiológicas. Se procedió anotar el número plantas (#/P) y las hojas por planta (H/P), cuyos resultados se presentan en la (Tabla 2).

Tabla 3. Demostración de método Stover por número de hojas por planta

#P	Posición de la hoja													H/P	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
1									1	2	2				11
2									1	1	2				11
3							1	1	2	2					11
4									1	1	2	2			15

La tabla presenta el recuento de plantas con el símbolo (#P) junto con la cantidad de hojas por planta (HP).

Calle, 2024

Al ingresar a las plantaciones de banano se procedió a monitorear las zonas con foco de afectación y se identificó las plantas de cero semanas posterior a esto

fueron señalizadas para evaluar y determinar de forma visual la presencia de sigatoka negra (*Mycosphaella fijiensis*) en las plantas. En las diferentes localidades se observaron los síntomas con detalle y se anotaron los estadios presentes en las hojas de banano. Además, se realizó de acuerdo como indica la literatura observaciones en todas las hojas que presentaron afectaciones y acentuar la visión en la hoja más joven afectada representada con el termino (HMJE), conocida con las siglas “YLI”, esta fue categorizada con el grado uno de la escala, de igual forma se observaron las hojas más jóvenes con necrosis representadas con grado dos de la escala de Stover modificada por Gaulh que indico más de diez manchas como expresa la (Tabla3).

Tabla 4. Demostración de método Stover para los grados de severidad

#P	Posición de la hoja													H/P	YLI	YLS	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13				
1									1	2	2				11	9	10
2									1	1	2				11	9	11
3								1	1	2	2				11	8	10
4									1	1	2	2			15	9	11

Esta tabla presenta la joven afectada representada con las siglas (YLI) con grado 1 y las hojas más jóvenes con necrosis está representada con grado 2 de la escala de Stover modificada por Gaulh
Calle, 2024

En el monitoreo, se procedió a la observación de forma visual de hojas sanas denominada (%H/S) hojas sin presencia visible de síntomas de sigatoka negra, se tomó en cuenta los datos individuales de cada planta para ser utilizado en el cálculo. La hoja número ocho, que no presentaba síntomas (grado cero), esta se dividió por el número total de hojas en la primera planta once, y luego se lo multiplico por cien. Esto resultó en un porcentaje de hojas sanas del 72.72% (%H/S). posterior se restó este valor por cien, dio como resultado el porcentaje de hojas afectadas, 27.27%.

Tabla 5. Demostración de método Stover cálculo del porcentaje de la hoja sanas y hojas afectadas

#P	Posición de la hoja													Grado				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	H/P	0	%H/S	%H/A	
1									1	2	2				11	8	72.72	27.27
2									1	1	2				11	8	72.72	27.27
3								1	1	2	2				11	7	63.63	36.36
4								1	1	2	2				15	8	53.33	46.66

En el siguiente cuadro se observa porcentaje de hojas sanas representado con %H/S así como porcentaje de hojas afectadas %H/A
Calle, 2024

Se contabilizó el número de hojas en cada grado, para ello se determinó el total de cada grado y se calculó el porcentaje dividiendo esta suma entre el número total de hojas presentes, dio 9.09% y 18.18%. Luego se usó el cálculo del promedio ponderado de infección al sumar el producto del porcentaje de cada grado de infección por el grado respectivo y dividiendo entre 100. fórmula $PPI = \sum (\% \text{ Hojas Infectadas por grado} \times \text{grado correspondiente}) / 100$. De la fórmula, se obtuvo un valor de 0.45. Los detalles adicionales se presentan en la (tabla 4) a continuación.

Tabla 6. Demostración de método Stover cálculo del Promedio pondera de infección

#P	Posición de la hoja													Grado		Promedio ponderado infección %		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	H/P	1		2	
1									1	2	2				11	1	2	0.45
2									1	1	2				11	2	1	0.36
3								1	1	2	2				11	2	2	0.54
4								1	1	2	2				15	2	2	0.40

La tabla muestra el promedio ponderado de infección o abreviado PPI
Calle, 2024

4.2 Analizar imágenes de hojas afectadas por sigatoka negra mediante el software ImageJ estableciendo porcentajes de afectación

Las imágenes fueron capturadas mediante el dispositivo móvil A12, como se evidencia en la imagen. La fotografía presentó un conjunto más extenso de hojas, y se requiere seleccionar una en específica para esto se empleó un sitio web online de nombre remove bg de dominio público link <https://www.remove.bg/es/upload>. Este es eficiente para eliminar el fondo de las imágenes.

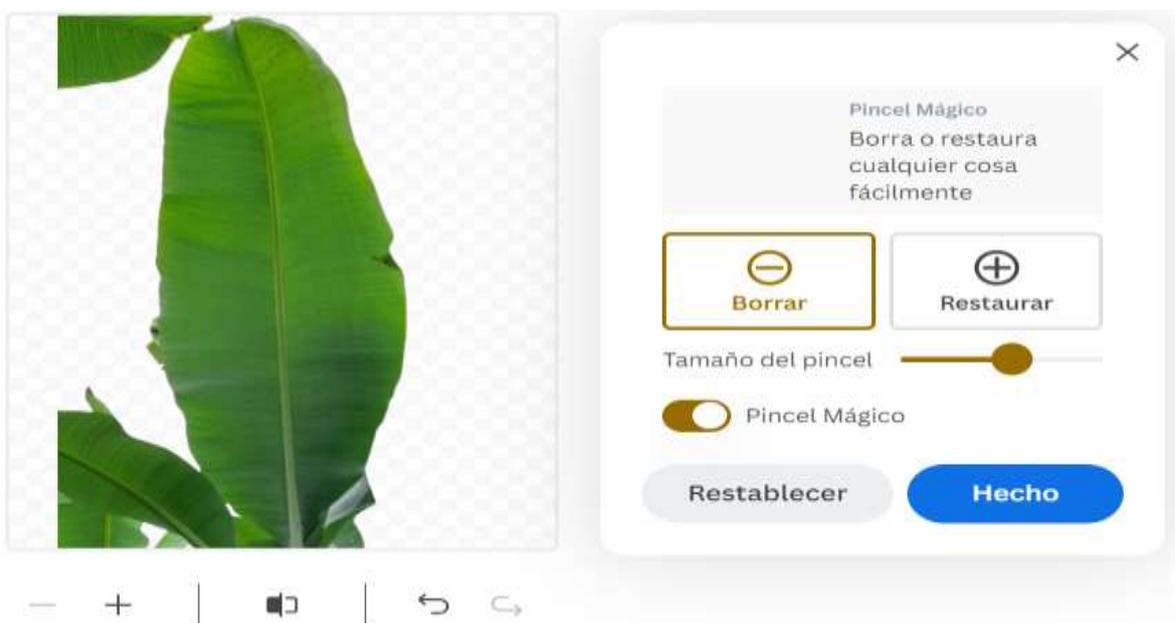


Figura 2. Remove bg herramienta para eliminar fondos
Calle, 2024

Después de haber adquirido la imagen sin fondo de remove bg, nos encontramos ante la tarea de perfeccionar su calidad visual. Con este fin, procedimos a transferir la imagen a una plataforma en línea especializada. La aplicación Fotor su link <https://www.fotor.com/es/> esta es útil, para modificar aspectos tales como luminosidad, contraste con la intención de aumentar su nitidez, luego a través de algunos ajustes se obtiene una imagen de calidad el objetivo de este paso es mejorar la calidad de fotografía y así obtener mejor visualización de los síntomas ocasionados por sigatoka negra a continuación se visualiza en la figura 3.



Figura 3. Fotor herramienta para aumentar calidad de imágenes
Calle, 2024

La imagen fue descargada de la aplicación online de dominio público Fotor una vez lista, se la llevó al software ImageJ en el programa, se seleccionó el punto de interés que se visualiza en la figura 4.

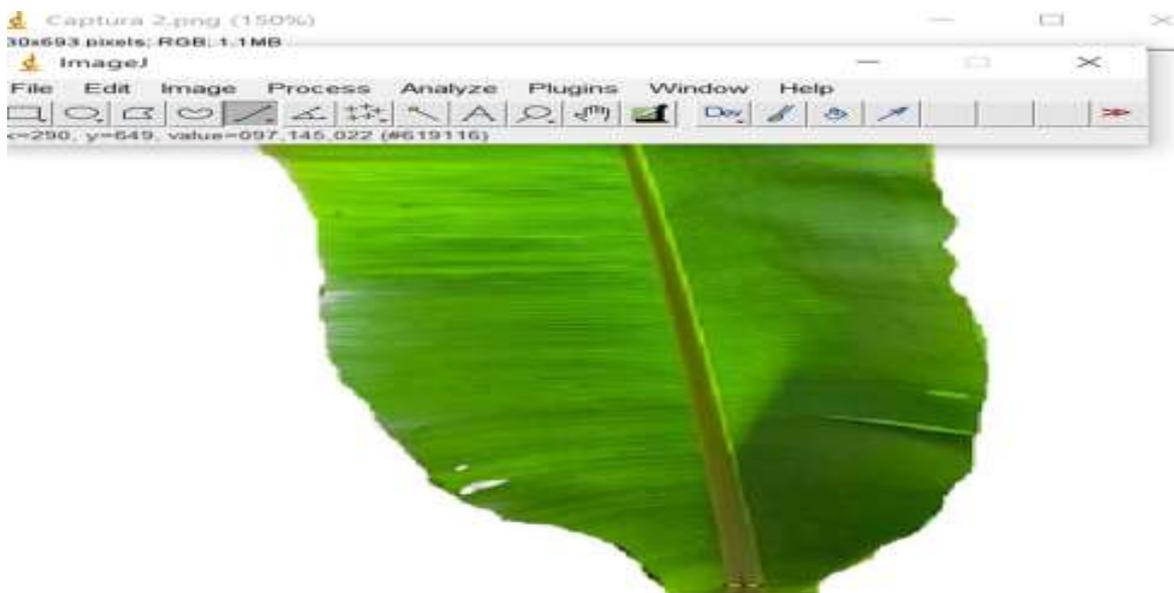


Figura 4. Imagen en el Software ImageJ
Calle, 2024

Se seleccionó la palabra "Analyze", y se dio click en Set Scale esto abrió una ventana en la parte de known distance colocamos tres esta es la distancia conocida en la imagen y en unit of length en centímetro como muestra la figura 5.



Figura 5. Opción Set Scale para establecer una escala en ImageJ para hoja del banano
Calle, 2024

Después de esto se procedió a seleccionar la opción señalada en la imagen, esto para delimitar la zona de trabajo deseada. Esta acción posibilita elegir de manera libre el área específica en la que se llevará a cabo el trabajo, Este paso se llevó a cabo con el objetivo de avanzar en el proceso según las indicaciones visuales proporcionadas, se llevó a cabo de manera cuidadosa y precisa, garantizando así que se siguieran las instrucciones correctamente y se llevara a cabo todo lo requerido como se observa en la figura 6.



Figura 6. Opción para delimitar la hoja en software ImageJ
Calle, 2024

El siguiente paso fue elegir la palabra edit, procedimos a presionar sobre la opción clear outside, este paso fue crucial en el contexto de la tarea que estábamos realizando, ya que nos permitió acceder a las modificaciones pertinentes y de forma automática, la imagen es delimitada y el resto de imagen es eliminada, dejando solo la hoja figura 7.

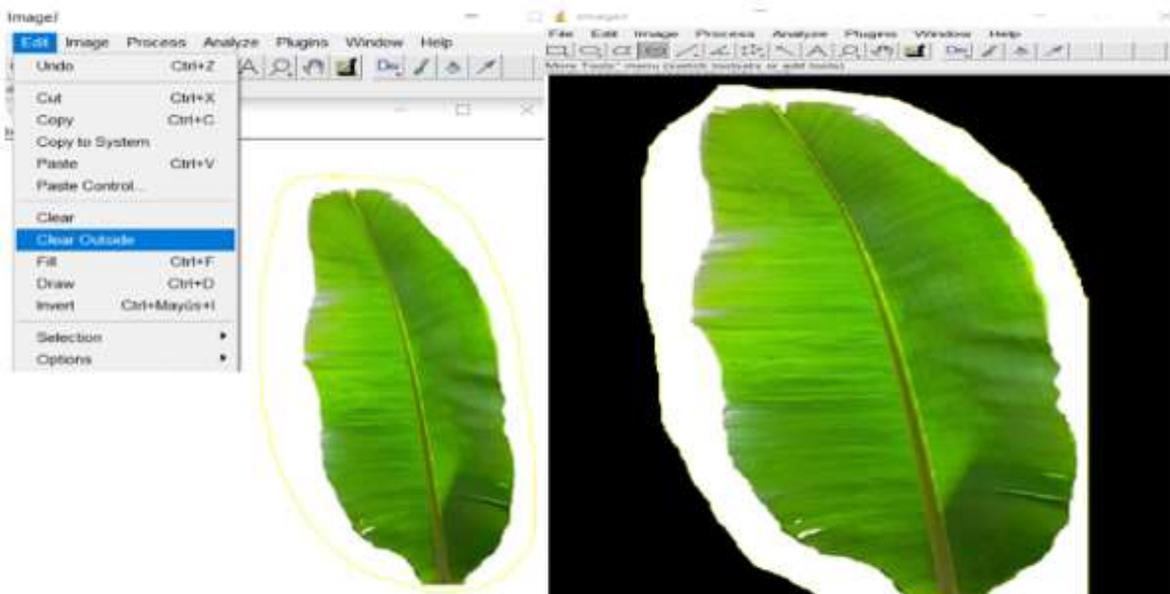


Figura 7. Elección del área a trabajar en software ImageJ
Calle, 2024

Elegimos la opción image, accedemos a ajust en color threshold umbral de color, al seleccionar estas opciones aparecen unas barras de colores figura 8.



Figura 8. Opciones de barra ajuste de color en software ImageJ para la hoja de banano
Calle, 2024

Manipulamos para calcular el área total, de modo que la hoja quedara marcada y se accedió a la opción "Select" como detalla la figura 9.

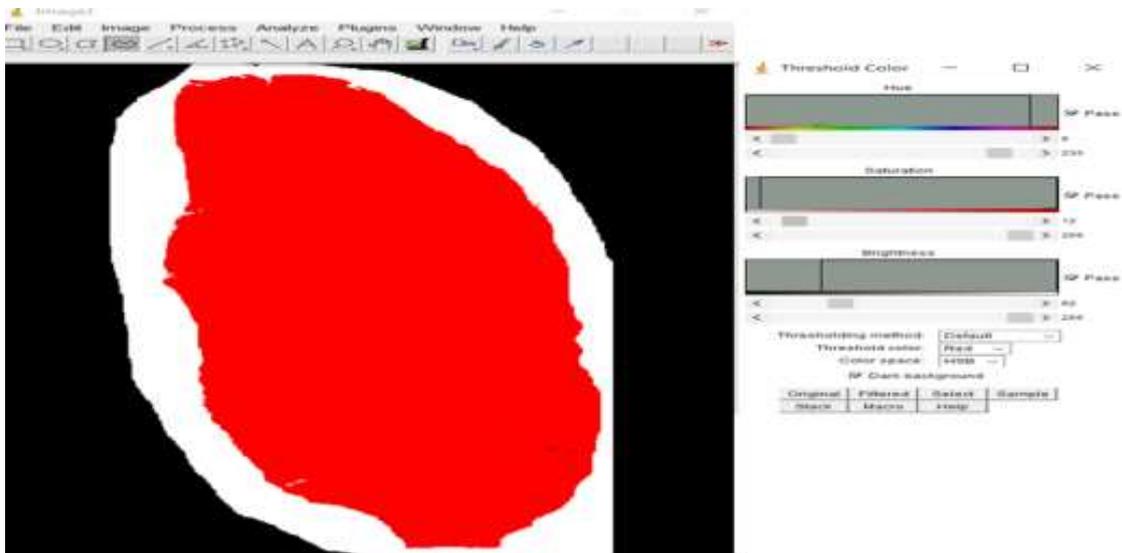


Figura 9. Selección de la hoja en el software ImageJ
Calle, 2024

El último paso fue realizar clic en "Analyze" y "Measure", hacer click en esta opción específica de manera automática se obtuvo el área total de la hoja, al obtener el resultado se aplica una fórmula y así obtener el porcentaje de severidad a continuación se presenta en la figura 10.

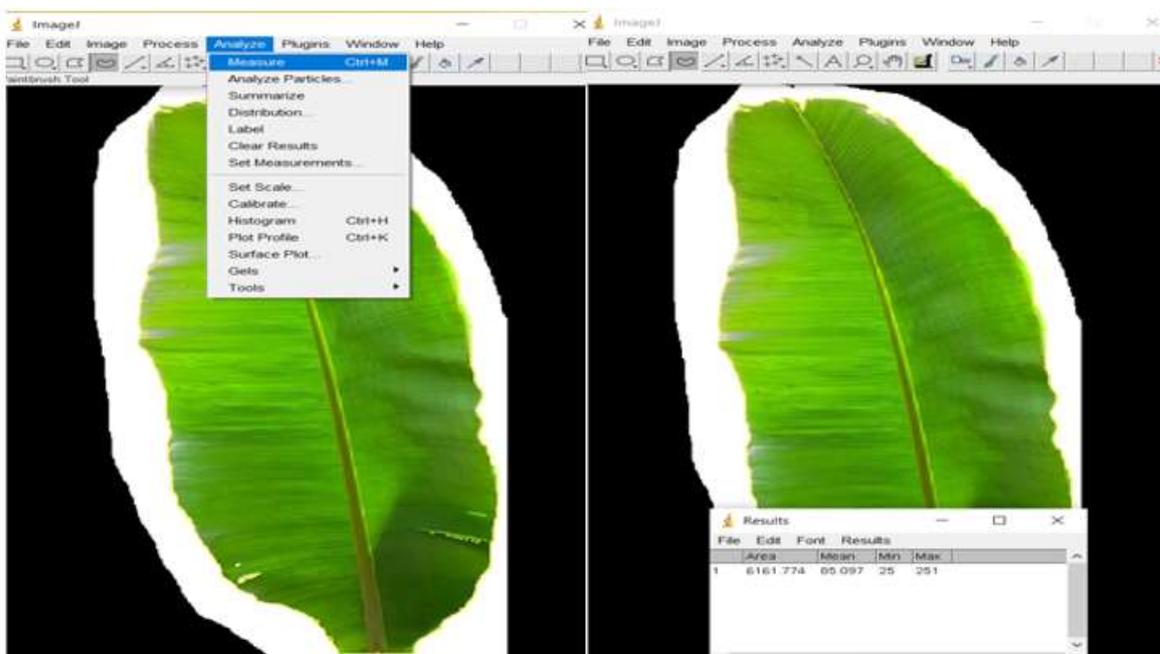


Figura 10. Cálculo del Área total en software ImageJ
Calle, 2024

4.3 Analizar el grado de correlación de severidad de sigatoka entre método de Stover y procesamiento de ImageJ.

El software infostat estadístico es utilizado en el ámbito académico e investigaciones, esta herramienta fue de gran aporte para cumplir con nuestro objetivo de analizar la correlación de los resultados entre los dos métodos a través de análisis de datos y generar gráficos. Se tomo 28 datos de cada método del porcentaje de severidad en la Hacienda Villa Nueva. La primera localidad presento índices bajos de severidad entre grado 1 y 2 con más frecuencia. Los datos fueron llevados a infostat para una correlación entre sí. Los resultados de la correlación dieron el valor de 0,00 esto significa que no existe correlación entre las variables como muestras la (tabla 6). A continuación, el diagrama de dispersión, muestra el número de plantas (eje X) y el porcentaje de severidad (eje Y). Los puntos marcados de diferentes colores, amarillos para ImagenJ y azul para Stover, esto se presenta en la (figura 11).

Tabla 7. Coeficiente de correlación entre método Stover e ImageJ

	% Severidad Stover modific..	%Severidad ImageJ modific..
% Severidad Stover modific..	1,00	0,00
%Severidad ImageJ modific..	0,00	1,00

Calle, 2024

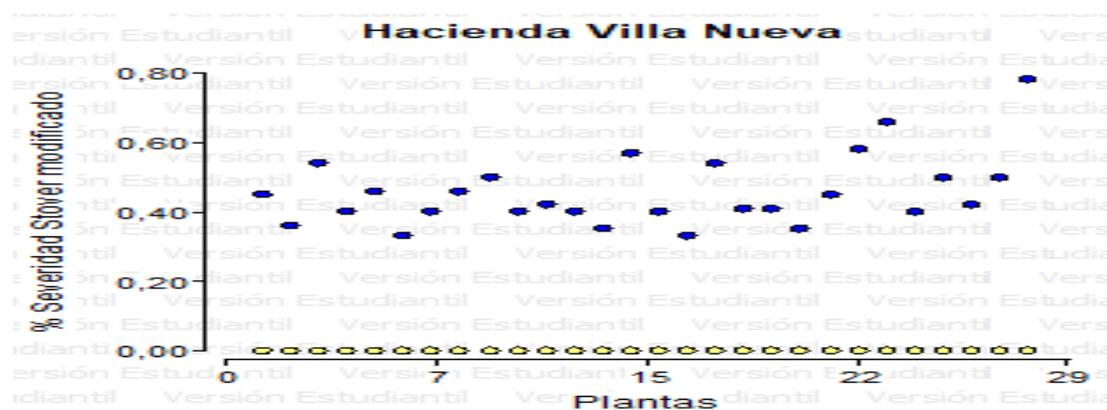


Figura 11. Correlación de datos de la localidad Naranjal hacienda Villa Nueva Calle, 2024

Los datos recopilados de los dos métodos utilizados en la hacienda La Central reflejan los resultados de correlación positiva muy fuerte, el método ImageJ de 0,86 Y del método Stover modificado por Gauhl 1,00 como se visualizó en la (tabla 7).

En la hacienda La central se observó estadios de 3 y 4. Estos grados se analizaron en el software ImageJ dando datos de área total y área afectada de la hoja. El eje horizontal indica la cantidad de plantas, mientras que el eje vertical representaba el grado de severidad. Los puntos fueron representados en el gráfico mediante dos tonalidades distintas: azul para el método de Stover y amarillo para el software Imagen J, a continuación, se muestra en la (figura 12).

Tabla 8. Correlación entre método Stover e ImageJ

	% Severidad Stover modific..	% Severidad ImageJ
% Severidad Stover modific..	1,00000	0,86973
% Severidad ImageJ	0,86973	1,00000

Calle, 2024

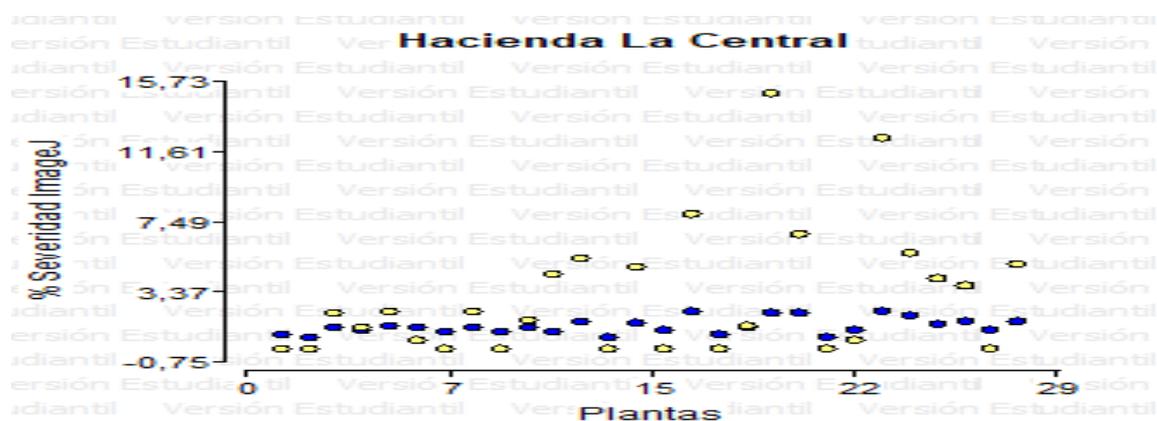


Figura 12. Correlación de la localidad Mariscal hacienda La Central Calle, 2024

Ambos datos de las diferentes localidades fueron analizados con la prueba t de Student para comparar las medias de dos grupos diferentes y determinar si existen diferencias significativas entre ellas (tabla 8). El siguiente gráfico presenta el coeficiente de correlación de Pearson entre la finca Villa Nueva y la finca La Central (tabla 9), en un diagrama de dispersión, se detalló (figura 13) las variables X para

el número de plantas Y positivas el porcentaje de severidad del método de Stover. Este análisis revela la falta de correlación entre ambos métodos, dado que sus resultados varían considerablemente.

Tabla 9. Prueba T para muestras Independientes

	Grupo 1 % Severidad ImageJ	Grupo 2 % Severidad Stover
n	56	56
Media	1,55	0,89
Media(1)-Media(2)	0,66	
LI(95)	-0,18	
LS(95)	1,50	
pHomVar	<0,0001	
T	1,57	
p-valor	0,1210	

Calle, 2024

Tabla 10. Coeficientes de correlación entre diferentes localidades

	% Severidad Stover modifico	% Severidad ImageJ
% Severidad Stover modifico	1,0000	0,8438
% Severidad ImageJ	0,8438	1,0000

Calle, 2024

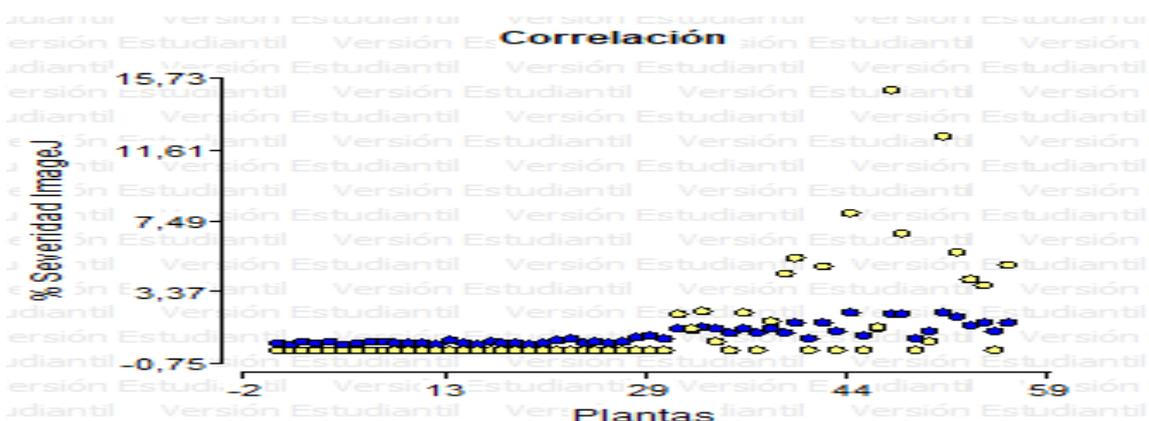


Figura 13. Correlación de dos localidades con diferentes métodos

Calle, 2024

5. Discusión

Luego de haber realizado la investigación y evaluado el nivel fitosanitario de la sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis* Morelet a través de los métodos Stover modificado por Gulh e ImageJ en el cultivo de banano, se discute lo siguiente:

Tras utilizar el método stover de acuerdo con los estudios se consideró todas las hojas de banano en cada planta que presentaron síntomas excepto hojas agobiadas, se obtuvo el promedio ponderado de infección PPI el cual se relaciona directamente con la severidad, esto concuerda con (Marín, 2018). Donde menciona que un PPI menor de 2% indica un bajo índice de daño en plantaciones con un buen manejo fitosanitario, y que el índice de daño será mayor según aumenta el PPI, además se concuerda con (Pinto, et al., 2017), ya que en el muestreo utilizó método de Stover modificado por Gaulh y PPI le dieron una severidad de 2.72% por lo tanto es importante conocer el estado fitosanitario en las plantaciones bananeras. El propósito de esta investigación fue brindar resultado de porcentajes de severidad al utilizar diferentes métodos de muestreo en dos localidades, estos fueron de 0.44% y 1.31%.

Al realizar el siguiente método se discute lo siguiente:

El software ImageJ representa un avance tecnológico significativo al proporcionar la imagen del nivel de daño de la plantación de banano por efecto de la sigatoka negra, esta se utilizó para calcular el porcentaje de severidad lo cual nos dio severidad de 0% y 3.09%, por lo que se concuerda con (Díaz, et al., 2017). Quien uso el software ImageJ en caña de azúcar y pudo determinar la severidad e índice de las lesiones ocasionadas por *Leptosphaeria sacchari* también conocida como la mancha anular, donde se evidenció el incremento del daño en las hojas más viejas del tallo.

En este estudio, se empleó una correlación diferentes localidades, esto dio como resultado que la hacienda Villa Nueva no existió correlación entre las variables método de evaluación de sigatoka negra, en la hacienda La Central dio como resultado una correlación positiva muy fuerte (0.86) por lo que se concuerda con (Gómez, et al., 2021), que indica que estos dos métodos se correlacionan fuertemente por lo cual se puede inferir que ambos están midiendo de manera consistente el mismo nivel de severidad, esto proporciona una validación cruzada ya que aumenta la confianza en precisión y validez de los resultados obtenidos por ambos métodos.

H1: Las imágenes obtenidas por el software ImageJ en el cultivo de banano tienen una correlación positiva con el método de Stover modificado en las evaluaciones de niveles de sigatoka negra, Ho: las imágenes obtenidas por el software ImageJ no tienen correlación positiva con el método de Stover modificado en la evaluación de niveles bajos, por lo cual no cumple la función principal en la detección temprana de sigatoka negra.

6. Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos en este trabajo de investigación se concluye lo siguiente:

Mediante el método de Stover modificado por Gauhl se determinó la incidencia y severidad de la sigatoka negra, en la localidad de Naranjal y Mariscal Sucre donde se encontraron diferentes grados de severidad en las plantaciones evaluadas con porcentajes de 0.44% y 1.31% además el mayor índice de infección se encontró en el cantón Mariscal Sucre en la provincia del Guayas.

El uso del software ImageJ determinó el índice de incidencia y severidad de las plantaciones evaluadas obteniendo porcentajes de severidad de 0% y 3.09% esto refleja que el software en plantaciones con menor grado de severidad de sigatoka negra no es lo suficientemente eficiente mientras que en plantaciones con mayor grado de severidad es más eficiente.

Tras una exhaustiva revisión y evaluación de ambos métodos se evidenció que el método Stover modificado se adapta mejor a plantaciones con bajos niveles de incidencia de la enfermedad, mientras que el uso del Software ImageJ solo determina incidencias sobre grado 3 de severidad de sigatoka negra, lo cual hace que este método tenga falencias al momento de evaluar en plantaciones con bajos niveles evolutivos de la enfermedad.

7. Recomendaciones

Con base a las conclusiones obtenidas en esta investigación, se realizan las siguientes recomendaciones:

Se recomienda capacitaciones frecuentes a los técnicos fitosanitarios y personal de campo sobre la importancia de obtener información actualizada del estado fitosanitario del cultivo de banano.

Se recomienda la utilización de Stover modificado por ser el método que presenta resultados más cercanos a la realidad en comportamiento de la enfermedad dentro del sistema productivo del banano.

Integrar nuevas tecnologías que faciliten la obtención de data que alimenten el software ImageJ a través de fotografías de alta calidad para medir los grados de Sigatoka negra en cultivo de banano.

8. Bibliografía

- Aday, O., González, R., Díaz, F., Reyes, C., Cruz, Y., Reyes, S., y Barroso, J. (2017). Aplicación del software ImageJ en la caracterización de los síntomas de la mancha anular de la caña de azúcar. *Centro agrícola*, 44(2), 1-5.
- Álava, A., Reyes, M., y Tapia, R. (2021). Estudio socioeconómico de los productores de banano orgánico. *Arte Revista tecnologica Espol*, 33(3), 1-2.
- Ancajima, A., & Cortez, H. (2022). *Enfermedades que afectan la agroexportación de banano orgánico Musa paradisiaca en el Valle Del Chira* (tesis pregrado), Universidad Nacional de Frontera, Sullana- Perú.
- Anchundia, D., Suatunce, J., y Poveda, R. (2021). Análisis económico del banano orgánico y convencional en la provincia Los Ríos, Ecuador. *Avances*, 23(4), 1-7.
- Arriaga, S. N., Meza, W. G., y Painii, V. F. (2022 12 de diciembre). Uso de drones para el control de sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis*. *Revista Científica Ecológica Agropecuaria RECOA*. Recuperado de <https://revistas.ug.edu.ec/>
- Asamblea Nacional de la República del Ecuador. (2017), Ley organica de Sanidad Agropecuaria. En Registro Oficial Òrgano del Gobierno del Ecuador
- Barreto, A., Macías, D., Valdez, D., y Naula, J. (2019). Comportamiento evolutivo de la sigatoka negra *Mycosphaerella Fijiensis* Morelet sobre las características físicas de los suelos bananeros. *Ciencias Sociales y Humanística*, 3 (15), 2-3.
- Beitia, F., y Tormos, J. (2018). Incidencia de los insectos vectores en el patosistema de xylella fastidiosa. *Phytoma*(304), 28-32.
- Benavides, L., Camacho, M., y Muñoz, M. (2022). Relación entre factores climáticos y la infección foliar de Sigatoka negra *Pseudocercospora fijiensis* en plantas

- de banano Musa AAA con y sin la aplicación de fungicida. *Agro Innovación en el Trópico Húmedo*, 3(1), 2-13. doi:10.18860/rath.v3i1.6503
- Berbey, E., Valencia, M., y González, A. (2019). Incidencia del control previo en el componente de actividades de monitoreo de las empresas públicas en Panamá su relación con la contabilidad financiera y la auditoría. *Faeco Sapiens*, 2(1).
- Borja, N. (2019). *El deshoje fitosanitario como alternativa para reducir la incidencia y severidad de la sigatoka negra Mycosphaerella fijiensis Morelet en banano* (tesis de pregrado), Universidad técnica de Babahoyo. Babahoyo, Ecuador.
- Campo, R., Vélez, S., y Barrera, L. (2020). La sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, en los cultivos de plátano y banano. *Fitopatología Colombiana*, 44(2).
- Carlier, J., Waele, D., y Escalant, J. (2002). *Evaluación global de la resistencia de los bananos al marchitamiento por fusarium, enfermedades de las manchas foliares causados por Mycosphaerella y nematodos*. Recuperado de <https://books.google.es/>
- Castañeda, R., Quintero, P., y Garcia J. (2022). *Procesamiento y cómputo de imágenes para holografía digital con ImageJ*. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/>
- Cedeño, J., Díaz, E., Conde, E., Cervantes, A., Avellán, L., Tobar, G., y Sánchez, A. (2021). Evaluación de la severidad de sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis* Morelet en plátano bajo fertilización con magnesio. *Revista técnica*, 44(1).

- Césari, M., Espartaco, V., Fernández, M., y Castellanos, M. (2021). Aplicación del software ImageJ en el análisis de imágenes médicas. *Carecon*. doi:10.13140/RG.2.2.28366.54084
- Daza, F., y Pineda, L. (2017). *Efectividad del uso de fungicidas sistémicos y decontacto para la prevención y control de la sigatoka negra Mycosphaerella fijensis, en cultivos de Musa paradisiaca plátano en el minicipio de San José del Guaviare*. (Tesis de maestría), Universidad nacional abierta y a distancia UNAD San José.
- Elliott, K., Berry, J., Kim , H., y Bart, R. (2022). Una comparación de ImageJ y los métodos de análisis de imágenes basados en el aprendizaje automático para medir la gravedad de la enfermedad del tizón bacteriano de la yuca. *Métodos de plantas*, 18(86), 1-12.
- Freitez, J., Ablan, M., y Gómez, C. (2009). Propuesta de modelos predictivos del brote de la Sigatoka Negra para las plantaciones de plátano. *Revista UDO Agrícola* , 9(1), 191-198.
- Gómez, A., Garzón, L., Espinoza, W., Cárdenas, S., Guzmán, D., y Bermúdez Duarte, D. (2021). Efecto de la coplanaridad entre cámara y hoja para la determinación de área foliar en Eichhornia crassipes con imágenes digitales. *Facultad de ciencias básicas*, 16(1), 19-30. doi:DOI: <https://doi.org/10.18359/rfcb.4916>
- González, A. (2018). Image J unanherramienta indispensable para medir el mundo biológico. *Folium relatos botánicos*, 3(1), 2-17.
- Guerrero , J. Q., Infante, C. C., y García Batista, R. M. (2018). Efecto del uso de predominante de fungicidas sistémicos para el control de sigatoka negra

- Mycosphaerella fijiensis* Morelet en el área foliar del banano. *Agroecosistemas*, 6(1), 1-9.
- Ibarra, A. (2020). Análisis de las exportaciones de banano en el marco comercial multipartes entre Ecuador y la Unión Europea. *eumednet*. Recuperado de <https://www.eumed.net/>
- Jiménez, J., Quintana, X., y Guevara, J. (2022). Uso de ImageJ y R para la digitalización de datos de ubicación de árboles en inventarios forestales. *Ria*. Recuperado de <https://rida2.utp.ac.pa/>
- León, L., Baquero, E., y Villa, J. (2020). Incidencia de los ingresos en la producción de banano, Canón Santa Rosa. *Enlace Universitario*, 19, 54.
- León, A., Matailo, A., Romero, A., y Portalanza, C. (2020). Producción de banano, café y cacao por zonas y su impacto económico. *UISRAEL*, 7(3).
- León, J., Espinoza, M., Carvajal, H., y Quezada, J. (2022). Análisis de la producción y comercialización de banano en la provincia de El Oro. *Multidisciplinar*, 7(1).
- León, S., Arcaya, M., Borbotó, N., y Bermeo, Y. (2020). Análisis comparativo de las exportaciones de banano orgánico y convencional e incidencia en la Balanza Comercial. *Revista Científica y Tecnológica*, 5 (2).
- Lima, J., Bravo, N., y Rozane, E. (2020). Gestión de residuos de pseudotallo para aumentar el crecimiento de plántulas de banano. *Acta Agronomica*, 1-7. doi:<https://doi.org/10.15446/acag.v69n3.84274>
- Lincango, A. (2020). *Detección temprana de sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis Morelet) en el cultivo de banano Musa x paradisiaca utilizando sensores multiespectrales* (Tesis pregrado) Universidad central del Ecuador. Quito

- Marín, D. (2018). Instructivo para la evaluación de incidencia y severidad de la sigatoka *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. *Severidad de sigatoka negra - Stover modificado*, 1-6.
- Martin, T., Fipke, G., & Minussi, J. (10 de julio de 2020). Software ImageJ como método alternativo para estimar área foliar en avena. *Acta Agronómica*. doi:<https://doi.org/10.15446/acag.v69n3.69401>
- Martínez, A., Rodríguez, G., Salas, T., y Lemuz, L. (24 de mayo de 2019). Efecto de fertilización y peso del corno sobre la multiplicación de semilla de bananito. *Temas agrarios*. DOI: <https://doi.org/10.21897/rta.v24i2.1857>
- Martínez, G., y Rey, J. (2021). Bananos Musa AAA Importancia, producción y comercio en tiempos de Covid-19.. doi:<https://doi.org/10.15517/am.v32i3.43610>
- Molina, E. (2018). Manejo de la sigatoka negra en banano. Recuperado de <https://www.intagri.com/articulos/>
- Moreno, K. (8 de marzo de 2022). Guía Completa del Banano desde sus Características hasta sus Subproductos [Mundo comida sana]. Recuperado de <https://mundocomidasana.com/>
- Motoche, M., Garzón, V., Carvajal, H., y Quezada, J. (17 de mayo de 2022). De la participación del banano en las exportaciones agropecuarias del Ecuador. *Revista metropolitana de ciencias aplicadas*, 4(2), 82-89. Recuperado de <https://www.redalyc.org/>
- Newton, T., Mongon, G., y Minussi, J. (2020). Software ImageJ como método alternativo para estimar el área foliar en la avena. *Acta agronomica*, 1-7.

- Pardo, G., Narváez, C., y Erazo, J. (2020). Análisis del impacto tributario y contable por las variaciones del precio de la caja de banano en los productores del cantón Machala, Ecuador. *Dominio de las ciencias*, 6(1), 396- 398.
- Pinto , S., Guzmán, J., Murcia , K., Romero, M., Valencia , B., y Juez, G. (2017). Validación mediante el método PPI de un algoritmo computacional para la medición automática del área de afectación por sigatoka negra en imágenes de hojas de plátano del departamento del meta. *Sistemas cibernética e informática*, 14(1).
- Ribadeneira, B., y Ruiz, O. (2020). Desarrollo de un modelo porcentual para la evaluación de sigatoka negra en condiciones de invernadero. Recuperado de <https://www.dspace.espol.edu.ec/>
- Rodríguez , A., Quevedo, J., y García , R. (2021). Construcción de la curva de estado evolutivo de sigatoka negra *mycosphaerella fijiensis* morelet en banano orgánico. *Agroecosistemas*, 9(2), 147-148.
- Sánchez, A., Díaz, E. J., Conde, E., Cervantes, A., y Sánchez, C. (2021). Manejo de sigatoka negra para la producción sostenible de plátano. *Agroecosistemas*, 9(1), 43-49.
- Santos , J., & Torres , P. (2018). Surgery or surgical defoliation in Grand Naine' banana in the control of black Sigatoka in the state of Rio de Janeiro. *Brás Frutic*, 40(5), 1-4. doi:<https://doi.org/10.1590/0100-29452018144>
- Schneider, C., Rasband, W., & Eliceiri, K. (13 de agosto de 2017). NIH Image to ImageJ 25 years of Image Analysis. *Nat Methods*.
- Schroeder, A., Dobson, E., Rueden, C., Tomancak, P., Jug, F., y Eliceiri, K. (2020). The ImageJ ecosystem Open-source software for image visualization, processing, and analysis. *Tools for protein science*. doi:10.1002/pro.3993

- Torres, P., Segura, R., Sandoval, J., y Ortega, R. (2019). Manejo de la sanidad radical del cultivo del banano mediante rizoestimulante microbianos, enmiendas y minerales. *Corbana*, 83-92.
- Torres, L. (2018). Beneficios en América Latina y el Caribe de la producción de banano Cavendish AAA resistente a la sigatoka negra. *Ciencias Biológicas*, 3, 740-744. doi:DOI. 10.21931/RB/2018.03.04.9
- Valverde, M. (2019). *Manejo y prevención de Sigatoka negra Mycosphaerella fijiensis en el cultivo de banano, en la hacienda Banaloli zona de Babahoyo.* (tesis de pregrado). Universidad Técnica de Babahoyo, Los Rios Babahoyo.
- Vaquero, A., y Buey, L. (2022). Uso del software imageJ para evaluar la reparación radiológica de defectos óseos circulares tratadas con matriz ósea desmineralizada en conejos. *Ciencia veterinaria*, 24, 2-12.
- Vilches, A., Legarralde, T., Y Cavazza, C. (2018). El uso de teléfonos celulares, computadoras y el software de procesamiento de ImageJ en las clases de biología. *Boletín biológica*, 12(39), 35-41.
- Villalta, B. (2020). *Evaluación de la incidencia del aceite ozonizado sobre el fasarium oxysporum Raza 1 en el cultivar de banano Musa acuminata AAA* (tesis de pregrado), Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil-Guayas.
- Zhiminaicela, J., Quevedo, J., y García, R. (2020). La producción de banano en la probincial de el Oro y su impacto en la agrobiodiversidad. *Metropolitana de ciencias aplicadas*, 3(3), 190-191.

9. Anexos

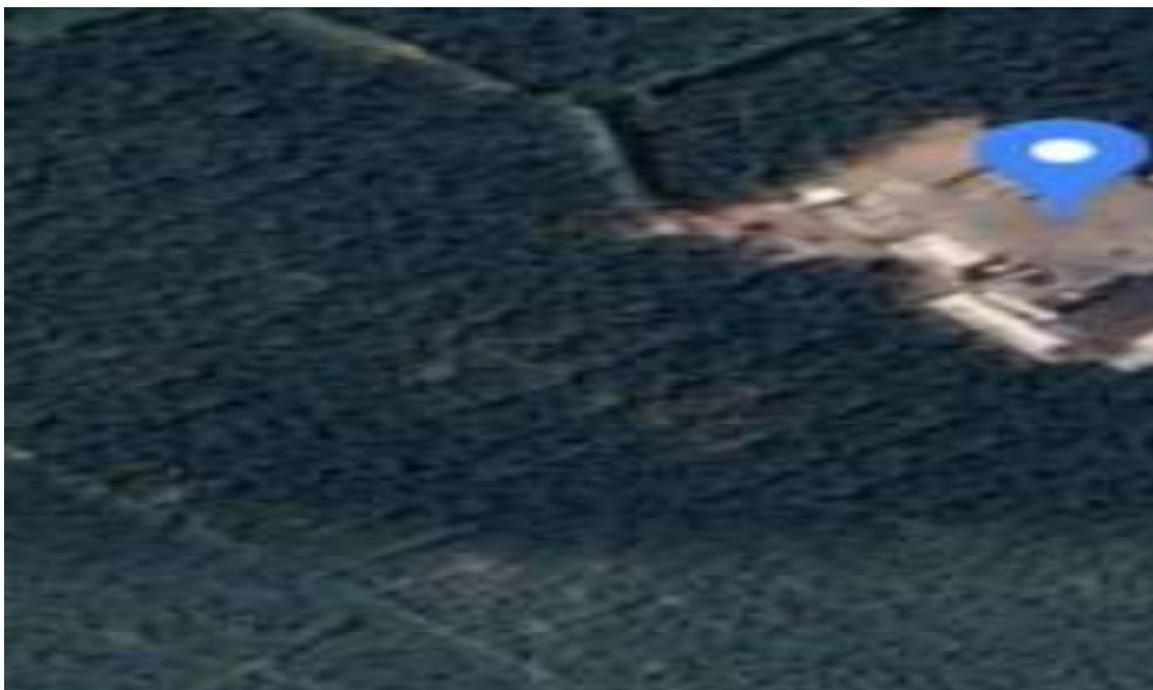


Figura 14. Ubicación Naranja Hacienda Villa Nueva Calle, 2024

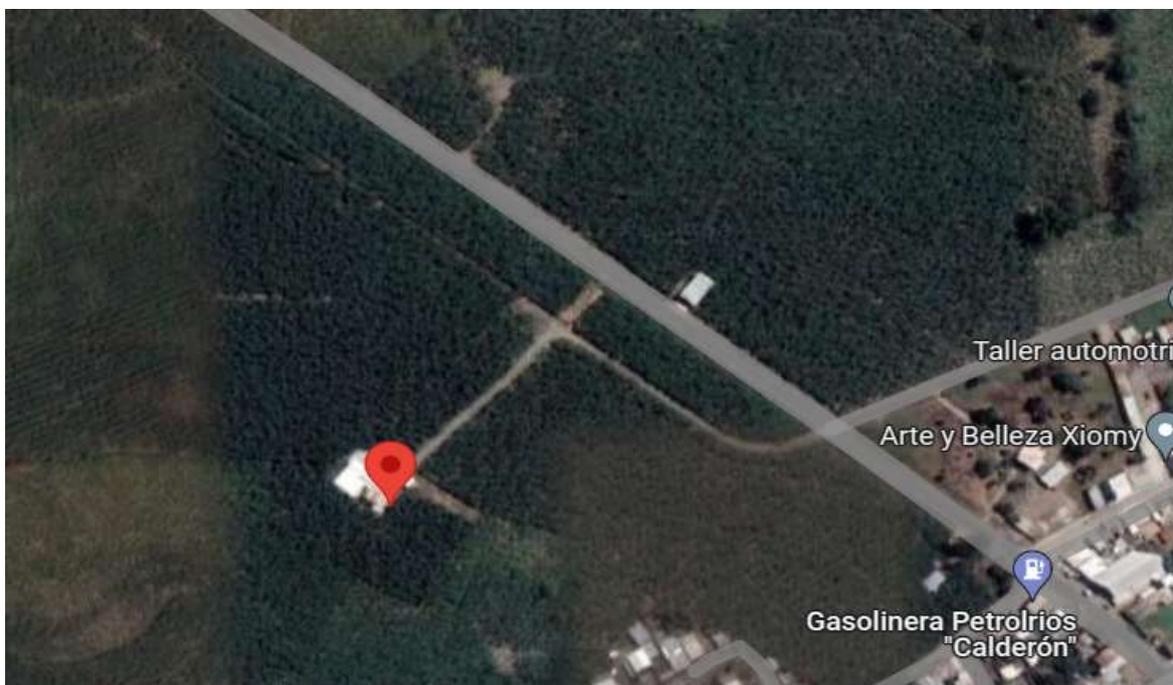


Figura 15. Ubicación de la Hacienda en Mariscal Calle, 2024

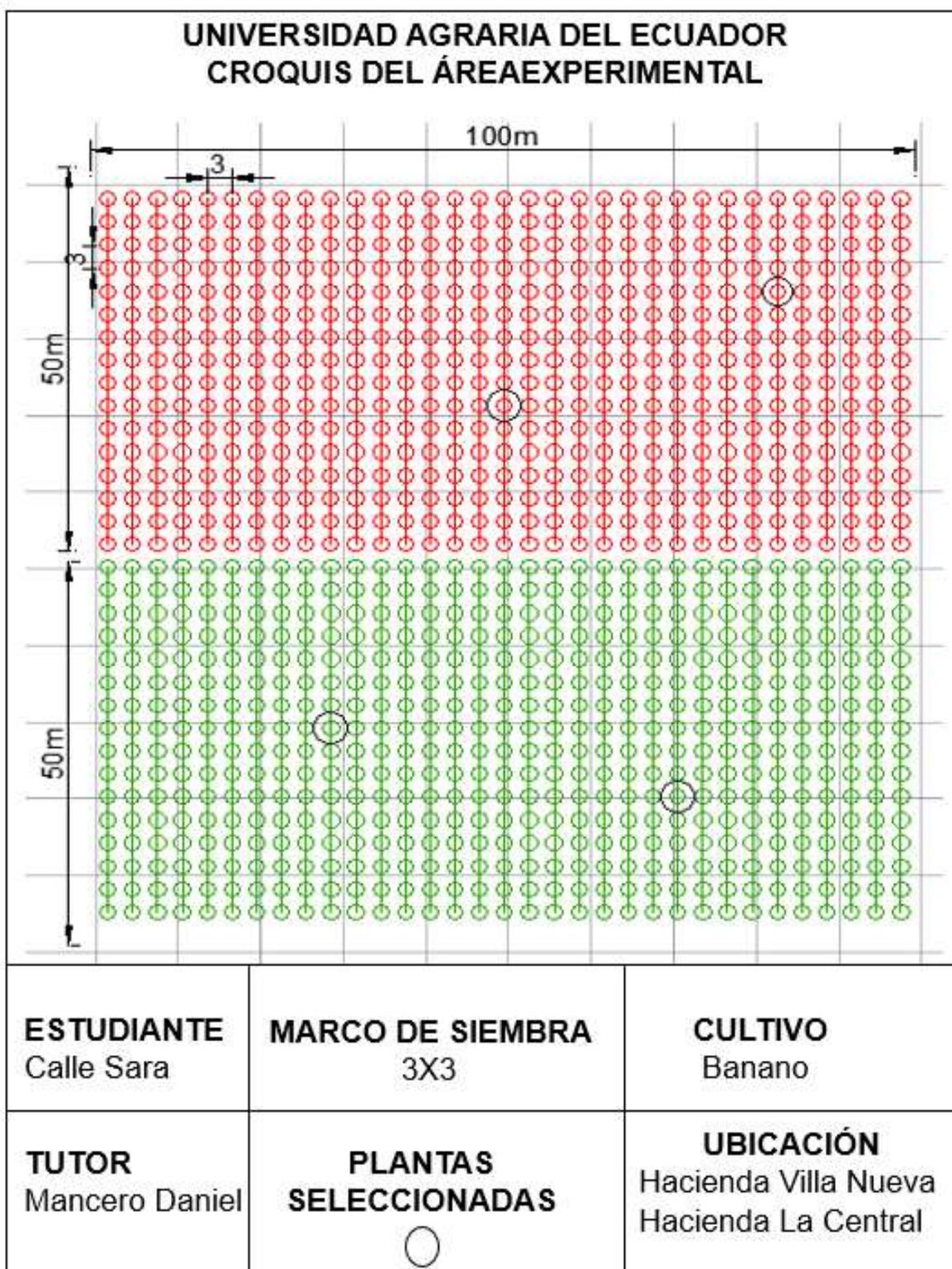


Figura 16. Croquis del área experimental
Calle, 2024



Figura 17. Recorrido de la hacienda Villa Nueva
Calle, 2024



Figura 18. Observación de plantas de 0 semanas
Calle, 2024



Figura 19. Selección y marca en planta de 0 semanas
Calle, 2024



Figura 20. Conteo de hojas en planta de banano
Calle, 2024



Figura 21. Observación de estadios de la sigatoka negra
Calle, 2024



Figura 22. Recorrido de la hacienda La Central
Calle, 2024



Figura 23. Selección de planta de 0 semanas
Calle, 2024



Figura 24. Selección y marca en planta de 0 semanas
Calle, 2024

Tabla 11. Datos Stover modificado de la Hacienda Villa Nueva

PLANTAS	SEMANAS	# HOJAS	% HOJA SANAS	% HOJAS AFECTADAS	% SEVERIDAD
1	S1	11	72.7272727	27.2727273	0.454545455
2	S1	11	72.7272727	27.2727273	0.363636364
3	S1	11	63.6363636	36.3636364	0.545454545
4	S1	15	53.3333333	46.6666667	0.4
5	S2	15	53.3333333	46.6666667	0.466666667
6	S2	15	53.3333333	46.6666667	0.333333333
7	S2	15	53.3333333	46.6666667	0.4
8	S2	15	60	40	0.466666667
9	S3	14	57.1428571	42.8571429	0.5
10	S3	15	46.6666667	53.3333333	0.4
11	S3	14	57.1428571	42.8571429	0.428571429
12	S3	15	60	40	0.4
13	S4	14	64.2857143	35.7142857	0.357142857
14	S4	14	42.8571429	57.1428571	0.571428571
15	S4	15	46.6666667	53.3333333	0.4
16	S4	15	46.6666667	53.3333333	0.333333333
17	S5	11	63.6363636	36.3636364	0.545454545
18	S5	12	75	25	0.416666667
19	S5	12	75	25	0.416666667
20	S5	14	57.1428571	42.8571429	0.357142857
21	S6	11	72.7272727	27.2727273	0.454545455
22	S6	12	66.6666667	33.3333333	0.583333333
23	S6	15	46.6666667	53.3333333	0.666666667
24	S6	15	60	40	0.4
25	S7	12	58.3333333	41.6666667	0.5
26	S7	14	64.2857143	35.7142857	0.428571429
27	S7	14	64.2857143	35.7142857	0.5
28	S7	14	50	50	0.785714286

Calle, 2024

Tabla 12. Datos ImageJ de la Hacienda Villa Nueva

PLANTAS	SEMANAS	ÁREA	ÁREA AFECCTADA	%SEVERIDAD IMAGEN J
1	S1	6161774 cm ²	0	0
2	S1	15608288 cm ²	0	0
3	S1	8783473 cm ²	0	0
4	S1	8892454 cm ²	0	0
5	S2	2513440 cm ²	0	0
6	S2	7140941 cm ²	0	0
7	S2	8348975 cm ²	0	0
8	S2	7672082 cm ²	0	0
9	S3	6328273 cm ²	0	0
10	S3	9682032 cm ²	0	0
11	S3	6132642 cm ²	0	0
12	S3	6302548 cm ²	0	0
13	S4	14123394 cm ²	0	0
14	S4	8269691 cm ²	0	0
15	S4	7482411 cm ²	0	0
16	S4	8425086 cm ²	0	0
17	S5	8117600 cm ²	0	0
18	S5	9186554 cm ²	0	0
19	S5	9067428 cm ²	0	0
20	S5	7729151 cm ²	0	0
21	S6	8640225 cm ²	0	0
22	S6	7953004 cm ²	0	0
23	S6	6213992 cm ²	0	0
24	S6	6910887 cm ²	0	0
25	S7	5584251 cm ²	0	0
26	S7	5316995 cm ²	0	0
27	S7	7439447 cm ²	0	0
28	S7	8010019 cm ²	0	0

Calle, 2024

Tabla 13. Datos Stover modificado de la Hacienda La Central

PLANTAS	SEMANAS	# HOJAS	% HOJA SANAS	% HOJAS AFECTADAS	% SEVERIDAD
1	S1	6	50	50	0.83333333
2	S1	6	66.6666667	33.3333333	0.66666667
3	S1	8	25	75	1.25
4	S1	7	42.8571429	57.1428571	1.14285714
5	S2	6	33.3333333	66.6666667	1.33333333
6	S2	8	25	75	1.125
7	S2	7	28.5714286	71.4285714	1
8	S2	7	42.8571429	57.1428571	1.28571429
9	S3	11	54.5454545	45.4545455	1
10	S3	12	41.6666667	58.3333333	1.25
11	S3	11	63.6363636	36.3636364	1
12	S3	10	50	50	1.6
13	S4	12	41.6666667	58.3333333	0.66666667
14	S4	11	54.5454545	45.4545455	1.54545455
15	S4	10	50	50	1.1
16	S4	12	33.3333333	66.6666667	2.16666667
17	S5	11	45.4545455	54.5454545	0.81818182
18	S5	12	41.6666667	58.3333333	1.25
19	S5	11	45.4545455	54.5454545	2.09090909
20	S5	10	40	60	2.1
21	S6	9	55.5555556	44.4444444	0.66666667
22	S6	8	50	50	1.125
23	S6	10	30	70	2.2
24	S6	11	45.4545455	54.5454545	1.90909091
25	S7	10	50	50	1.4
26	S7	8	50	50	1.625
27	S7	12	41.6666667	58.3333333	1.08333333
28	S7	10	60	40	1.6

Calle, 2024

Tabla 14. Datos ImageJ de la Hacienda Villa Nueva

PLANTAS	SEMANAS	ÁREA	AREA	ÁREA AFECCTADA	%SEVERIDAD IMAGEN J
1	S1	10231654 cm ²	0	0 cm ²	0
2	S1	8775687 cm ²	0	0 cm ²	0
3	S1	6795333 cm ²	6654243 cm ²	141090 cm ²	2.07
4	S1	7889480 cm ²	7789480 cm ²	100000 cm ²	1.26
5	S2	1585105 cm ²	1549913 cm ²	35192 cm ²	2.22
6	S2	10095840 cm ²	10041480 cm ²	54360 cm ²	0.53
7	S2	0 cm ²	0 cm ²	0 cm ²	0
8	S2	11603692 cm ²	11343208 cm ²	260483 cm ²	2.2
9	S3	0 cm ²	0 cm ²	0 cm ²	0
10	S3	3264934 cm ²	3210409 cm ²	54525 cm ²	1.67
11	S3	4260083 cm ²	4072993 cm ²	187090 cm ²	4.39
12	S3	4853491 cm ²	4595909 cm ²	257582 cm ²	5.3
13	S4	0 cm ²	0 cm ²	0 cm ²	0
14	S4	3974347 cm ²	3783600 cm ²	190747 cm ²	4.79
15	S4	0 cm ²	0 cm ²	0 cm ²	0
16	S4	18788318 cm ²	17304880 cm ²	1483438 cm ²	7.89
17	S5	0 cm ²	0 cm ²	0 cm ²	0
18	S5	1150118 cm ²	1134507 cm ²	15611 cm ²	1.35
19	S5	10139192 cm ²	8619506 cm ²	1519686 cm ²	14.98
20	S5	7887836 cm ²	7354773 cm ²	533063 cm ²	6.75
21	S6	0 cm ²	0 cm ²	0 cm ²	0
22	S6	3566909 cm ²	3547715 cm ²	19194 cm ²	0.53
23	S6	892917 cm ²	782566 cm ²	110351 cm ²	12.35
24	S6	5701753 cm ²	5378862 cm ²	322891 cm ²	5.66
25	S7	9012593 cm ²	8635110 cm ²	377483 cm ²	4.1
26	S7	5031020 cm ²	4842433 cm ²	188587 cm ²	3.74
27	S7	0 cm ²	0 cm ²	0 cm ²	0
28	S7	8011170 cm ²	7614810 cm ²	396360 cm ²	4.94