



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES
CARRERA DE AGRONOMÍA

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

Título del Proyecto de Investigación

ANÁLISIS ESPACIAL DE MONILIASIS (*Moniliophthora perniciosa*) A SU DISEMINACIÓN
EN PLANTACIONES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) CCN – 51

Autora:

Domenica Maite Carrera Peña

Director del Proyecto de Investigación

Ing. Agr. Erick Alberto Eguez Enriquez; M.Sc.

Mocache – Los Ríos – Ecuador

2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

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

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

Atentamente;

Domenica Maite Carrera Peña

Autora

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito **Ing. Erick Alberto Eguez Enriquez, MSc.**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante **Domenica Maite Carrera Peña**, realizó el Proyecto de Investigación titulado “**Análisis espacial de moniliasis (*Moniliophthora perniciosa*) a su diseminación en plantaciones de Cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN – 51 .”**, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Atentamente;

Ing. Erick Alberto Eguez Enriquez, MSc.

Director del Proyecto de Investigación

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

El suscrito **Ing. Erick Alberto Eguez Enriquez, MSc.**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en calidad de Director del Proyecto de Investigación titulado “**Análisis espacial de moniliasis (*Moniliophthora perniciosa*) a su diseminación en plantaciones de Cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN – 51 .”**, perteneciente a la estudiante de la carrera de Ingeniería Agronómica **Domenica Maite Carrera Peña**, CERTIFICA: el cumplimiento de los parámetros establecidos por el SENESCYT, y se evidencia el reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico (URKUND) con un porcentaje de coincidencia del

	
Documento	TESIS DOMENICA CARRERA.pdf (D151047568)
Presentado	2022-11-26 10:35 (-05:00)
Presentado por	Erick Alberto Eguez Enriquez (eeguez@uteq.edu.ec)
Recibido	eeguez.uteq@analysis.orkund.com
Mensaje	Tesis Domenica Mostrar el mensaje completo
	4% de estas 28 páginas, se componen de texto presente en 12 fuentes.

Ing. Erick Alberto Eguez Enriquez, MSc.
Director del Proyecto de Investigación



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES
CARRERA DE AGRONOMÍA

Proyecto de Investigación

Título:

“Análisis espacial de moniliasis (*Moniliophthora perniciosa*) a su diseminación en plantaciones de Cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN – 51”

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo

Aprobado por:

Dr. Hayron Fabricio Canchignia Martínez

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. César Ramiro Bermeo Toledo

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Freddy Javier Guevara Santana

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Mocache – Los Ríos – Ecuador

2022

Agradecimientos

Primeramente, agradezco a Dios por darme vida, fuerza y sabiduría todos los días para alcanzar mi objetivo brindándome experiencia y oportunidades durante estos cinco años de estudios.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente, y a todos sus miembros directivos y docentes.

A mi director de tesis, Ing. Erick Alberto Eguez Enriquez, MSc, por cada apoyo brindado en el transcurso de mi investigación por la enseñanza y conocimientos compartidos.

Mis Padres que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento motivándome día a día para continuar con mis estudios y no rendirme ante las adversidades que se presentan en la vida.

Mi Esposo Jefferson Párraga por estar conmigo en todo momento brindándome su apoyo económica y moralmente en el transcurso de mis estudios.

A mi bella Hija Alaia Juliette Párraga Carrera quien es mi inspiración y pilar fundamental para seguir con mis estudios.

Finalmente agradezco al maravilloso grupo de amigos Edinson, Alexander, Teresa, Valeria, Adriana y Jennifer con quien compartí cinco años de estudios por ser ese apoyo y compañía, también a una persona maravillosa Melissa Vera quien ha sido mi compañera de viajes a la Universidad gracias estar desde el primer día conmigo apoyándome en todo, a mis compañeros de aula gracias por siempre estar.

Domenica Maite Carrera Peña

Dedicatoria

Esta tesis va dedicada a:

A Dios quien ha sido mi guía, fortaleza, fidelidad y amor. A mis padres quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mi esposo Jefferson Párraga por brindarme su apoyo, confianza, cariño en todo momento.

En especial a la luz de mis días mi hija Alaia Párraga es mi fortaleza e inspiración, quien llego en el momento más difícil de la carrera estudiantil, pero sin embargo es quien me motiva a seguir alcanzando mis metas.

Domenica Maite Carrera Peña

Resumen

La agricultura de precisión facilita la gestión del cultivo, generando mapas de estimación son la mejor opción para representar gráficamente datos geoestadísticos de un cultivo en una determinada zona para así conocer el análisis y enfermedad de un cultivo. El objetivo general del presente trabajo de investigación fue Analizar la diseminación de Moniliasis (*Moniliophthora perniciosa*) en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN-51 mediante la técnica de análisis espacial. La presente investigación se llevó a cabo en la finca La Mariscal en el área agrícola, ubicada en el Cantón El Carmen - Provincia de Manabí, cuyas coordenadas geográficas son: 79°33'31.2" de longitud Oeste y 0°32'19.5" de latitud Sur. Se utilizó Geoestadística para verificar normalidad en la distribución de los datos mediante plugin Smart Map. El muestreo consistió en georreferencia con las variables que se utilizaron, la interpolación de datos fue mediante el IDW de productividad por cada mes y área. Las variables que fueron evaluadas son moniliasis interna, moniliasis externa y mazorca sana en los meses de marzo a junio. Los mapas finales para los meses de marzo a junio presentaron un 28 % moniliasis interna sureste del área de estudio. El 38 % de moniliasis externa principalmente en la parte este del área de estudio. Con un 44% de la superficie de mazorcas sanas en la parte norte o este y sur del área de estudio. La distribución de los datos mediante Smart Map, se obtuvieron valores de I moran y P valor esto indico que no existe dependencia espacial.

Palabras clave: georeferencia, interpolación, *Theobroma cacao*. L.

Abstract

Precision agriculture facilitates crop management, generating estimation maps are the best option to graphically represent geostatistical data of a crop in a certain area in order to know the analysis and disease of a crop. The general objective of this research work was to analyze the spread of Moniliasis (*Moniliophthora perniciosa*) in cocoa (*Theobroma cacao* L.) CCN-51 plantations using the spatial analysis technique. The present investigation was carried out on the La Mariscal farm in the agricultural area, located in the El Carmen Canton - Manabí Province, whose geographical coordinates are: 79°33'31.2" West longitude and 0°32'19.5" South latitude. Geostatistics was used to verify normality in the distribution of the data through the Smart Map plugin. The sampling consisted of georeference with the variables that were used, the interpolation of data was through the IDW of productivity for each month and area. The variables that were evaluated are internal thrush, external thrush and healthy ear in the months of March to June. The final maps for the months of March to June presented 28% of internal thrush southeast of the study area. 38% of external thrush mainly in the eastern part of the study area. With 44% of the surface of healthy ears in the northern or eastern and southern parts of the study area. The distribution of the data using Smart Map, values of I moran and P value were obtained, this indicated that there is no spatial dependence.

Keywords: georeference, interpolation, *Theobroma cacao*. L.

Tabla de Contenido

Portada.....	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO	iv
CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	v
Agradecimientos	vi
Dedicatoria	vii
Resumen	viii
Abstract.....	ix
Tabla de Contenido.....	x
Código Dublín	xviii
Introducción.....	1
CAPÍTULO I.....	2
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1.Planteamiento del Problema	3
1.2 Justificación.....	5
1.3 Objetivos.....	6
1.3.1 Objetivo General:	6
1.3.2 Objetivos Específicos:	6
CAPÍTULO II.....	7
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	7
2.1 Marco Conceptual	8
2.1.1 El Cacao.....	8
2.1.2 Moniliasis (<i>Moniliophthora perniciosa</i>).....	8
2.1.3 Agricultura de Precisión	8

2.2 Marco Referencial	9
2.2.1 El Origen y Distribución del Cacao.....	9
2.2.2 Características del Cacao CCN-51	10
2.2.3 Botánica del Cultivo	10
2.2.3.1 Raíz.....	10
2.2.3.2 Tallo.....	10
2.2.3.3 Hojas.....	10
2.2.3.4 Inflorescencia.....	11
2.2.3.5 Flores	11
2.2.3.6 Frutos.....	11
2.2.3.7 Semillas	11
2.2.4 Producción Potencial	11
2.2.5 Condiciones Edafoclimáticas para el Cultivo de Cacao	11
2.2.6 Enfermedades del Cacao	12
2.2.6.1 Historia de Moniliophthora Perniciosa.....	12
2.2.6.2 Importancia de Moniliophthora Perniciosa en Ecuador.	12
2.2.6.3 Sintomatología de Moniliophthora Perniciosa	13
2.2.6.4 Ciclo de Vida y su Comportamiento en Condiciones Climáticas.	13
2.2.7 Agricultura de Precisión (AP)	15
2.2.8 Sistema de Navegación Global por Satélite – GNSS	15
2.2.8.1 Segmento Espacial.....	16
2.2.8.2 Segmento de Control	16
2.2.8.3 Segmento de Usuario.....	17
2.2.9 Agricultura de Precisión en el Ecuador	17
2.2.10 SIG en la Agricultura de Precisión	17
2.2.11 Geoestadística.....	18
2.2.12 Tipos de Muestreo	18

2.2.12.1 Muestreo Aleatorio	18
2.2.12.2 Muestreo Espacial.....	18
2.2.13 Geoestadística vs Estadística Clásica	19
2.2.14 Análisis Exploratorio de Datos.....	19
2.2.14.1 Promedio.....	19
2.2.14.2 Varianza.....	19
2.2.14.3 Desviación Estándar	19
2.2.14.4 Coeficiente de Variación	20
2.2.14.5 Valor Mínimo	20
2.2.14.6 Valor Máximo	20
2.2.15 Gráfico de Dispersión h.....	20
2.2.16 Medidas de Dependencia Espacial	20
2.2.16.1 Correlación	21
2.2.16.2 Auto Correlación	21
2.2.16.3 Semivariograma.....	21
2.2.16.4 Índice de Dependencia Espacial	23
2.2.16.5 Modelos de Semivariograma	23
2.2.17 Variabilidad Espacial.....	24
2.2.18 Métodos de Interpolación	24
2.2.19 Métodos Basados en Unidades Discretas	24
2.2.19.1 Uso de Elementos Externos del Paisaje para Delinear	25
2.2.19.2 Uso de Algoritmos para Determinar el Límite Entre Unidades Homogéneas	25
2.2.20 Métodos Basados en el Concepto de Continuidad	25
2.2.21 Interpolación a Partir de Puntos	25
2.2.22 Métodos de Interpolación Global	26
2.2.22.1 Análisis de Tendencia de Superficies (Modelos Polinomiales)	26
2.2.22.2 Método de la Triangulación.....	26

2.2.22.3 Método del Promedio en Lugar	26
2.2.22.4 Método del Inverso de la Distancia (IDW)	26
2.2.22.5 Método de Interpolación Kriging	27
3.1 Localización	29
3.1.1 Características Agroclimáticas	29
3.2 Tipo de Investigación	30
3.2.1 Descriptiva.....	30
3.2.2 Analítica	30
3.3 Método de Investigación	30
3.3.1 Método Deductivo	30
3.3.2 Método Sintético	30
3.4 Fuentes de Recopilación de Información	30
3.5 Diseño de Investigación	31
3.5.1 Descripción del Área Experimental.....	31
3.6 Instrumento de Investigación	31
3.6.1 Manejo del Experimento	31
3.6.1.1 Levantamiento de factores Fitosanitarios	31
3.6.1.2 Mapeo de la Variabilidad Espacial y Temporal de Otros Factores	32
3.7 Tratamiento de los Datos.....	33
3.8 Recursos Humanos y Materiales	34
3.8.1 Recursos Humanos	34
3.8.2 Recursos Materiales.....	34
CAPÍTULO IV	36
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
4.1 Resultados.....	37
4.1.1 Cosecha Del Cultivo De Cacao CCN-51.....	37
4.1.2 Variabilidad Espacial del Cacao (Theobroma cacao L.) CCN-51.....	38

4.1.3 Interpolación de Moniliophthora Perniciosa Interna Cultivo De Cacao CCN-51.....	39
4.1.4 Interpolación de Moniliophthora Perniciosa Externa Cultivo De Cacao CCN-51.....	40
4.1.5 Interpolación de Mazorca Sana del Cultivo de Cacao CCN-51.	42
CAPÍTULO V	45
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	45
5.1 Conclusiones.....	46
5.2 Recomendaciones	47
CAPÍTULO VI	48
BIBLIOGRAFÍA	48
6.1 Bibliografía.....	49
CAPITULO VII.....	54
ANEXOS.....	48
7.1 Anexos.....	55

Índice de Tablas

Tabla 1. Características agroclimáticas de la Finca La Mariscal.....	29
Tabla 2. Estadística descriptiva de los datos de cosecha del cultivo cacao CCN-51.	37
Tabla 3. Índices I de moran y P valor del Cacao CCN- 51 en la Finca La Mariscal.....	38

Índice de Figuras

Figura 1. Expansión del cultivo del cacao desde su zona de origen, el continente americano.....	9
Figura 2. Ciclo de vida de Moniliasis.....	14
Figura 3. Variograma teórico	22
Figura 4. Ajuste del semivariograma teórico o exponencial	22
Figura. 5 Ubicación de la finca La Mariscal	29
Figura 6. Cuadrícula muestral utilizada en la cosecha en el área experimental	32
Figura 7. Mapa IDW de la moniliasis interna en la plantación de cacao para los meses de marzo (A), abril(B), mayo(C) y junio(D), en la Finca La Mariscal.....	37
Figura 8. Mapa final con IDW de la moniliasis interna en la plantación de cacao para los meses de marzo (A), abril(B), mayo(C) y junio(D), en la Finca La Mariscal	40
Figura 9. Mapa IDW de la moniliasis externa en la plantación de cacao para los meses de marzo (A), abril(B), mayo(C) y junio(D), en la Finca La Mariscal.....	38
Figura 10. Mapa final con IDW de la moniliasis externa en la plantación de cacao para los meses de marzo, abril, mayo y junio, en la Finca La Mariscal	39
Figura 11. Mapa IDW mazorca sanas de la plantación de cacao para los meses de marzo (A), abril(B), mayo(C) y junio(D), en la Finca La Mariscal	40
Figura 12. Mapa final con IDW de mazorca sanas de la plantación de cacao para los meses de marzo, abril, mayo y junio, en la Finca La Mariscal.....	43

Índice de Anexos

Anexo A. Croquis de la distribución de las parcelas en el terreno de investigación.....	55
Anexo B. Cuadrícula de interpolación de las Moniliasis Interna.....	56
Anexo C. Cuadrícula de interpolación de las Moniliasis Externa	57
Anexo D. Cuadrícula de interpolación de las Mazorca Sanas	58
Anexo E. Fotografías del ensayo	59

Código Dublín

Título	‘Análisis espacial de moniliasis (<i>Moniliophthora perniciosa</i>) a su diseminación en plantaciones de Cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) CCN – 51”
Autora	Domenica Maite Carrera Peña
Palabras clave:	agricultura de precisión, geo estadística, interpolación, <i>Theobroma cacao</i> . L, <i>Moniliophthora perniciosa</i>
Fecha de publicación:	
Editorial:	
Resumen:	Resumen. - La agricultura de precisión facilita la gestión del cultivo, generando mapas de estimación son la mejor opción para representar gráficamente datos geoestadísticos de un cultivo en una determinada zona para así conocer el análisis y enfermedad de un cultivo. El objetivo general del presente trabajo de investigación fue Analizar la diseminación de Moniliasis (<i>Moniliophthora perniciosa</i>) en plantaciones de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) CCN-51 mediante la técnica de análisis espacial. La presente investigación se llevó a cabo en la finca La Mariscal en el área agrícola, ubicada en el Cantón El Carmen - Provincia de Manabí, cuyas coordenadas geográficas son: 79°33'31.2" de longitud Oeste y 0°32'19.5" de latitud Sur. (...). Summary. - Precision agriculture facilitates crop management, generating estimation maps are the best option to graphically represent geostatistical data of a crop in a certain area in order to know the analysis and disease of a crop. The general objective of this research work was to analyze the spread of Moniliasis (<i>Moniliophthora perniciosa</i>) in cocoa (<i>Theobroma cacao</i> L.) CCN-51 plantations using the spatial analysis technique. The present investigation was carried out on the La Mariscal farm in the agricultural area, located in the El Carmen Canton - Manabí Province, whose geographical coordinates are: 79°33'31.2" West longitude and 0°32'19.5" South latitude. (...).
Descripción:	Hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM
URL:	

Introducción

El cacao, es uno de las principales fuentes económicas del producto interno bruto en el Ecuador durante las últimas décadas posee fuerte y considerable apoyo por organizaciones privadas y estatales para la investigación obtener el aumento de producción, variedades resistentes a plagas y enfermedades reportándose entre ellas la Moniliasis (*Moniliophthora perniciosa*) (1).

La época de su desarrollo productivo está regulada por el clima, generando así un sistema variado que se ve afectado por la presencia de plagas y enfermedades que limitan el desarrollo de la planta e indirecta e directamente a la mazorca. El caso de *Moniliophthora perniciosa* hongo hemibiotrófico, su método de infección se da a través de conidios, los cuales caen en mazorcas sanas, presentando síntomas después de 40 a 80 días (1).

Este factor de propagación muchas veces se ve relacionado con el ambiente húmedo dentro de la plantación los conidios germinan y penetran la mazorca, originando afecciones internas en las primeras etapas de vida de este patógeno. Cabe mencionar que la época productiva más alta del cacao se da en el periodo lluvioso, lo que causa un aumento de pérdidas económicas al productor (1).

Análisis por semivariogramas y la interpolación IDW han sido empleados para detectar patrones de dispersión espacio-temporal de *Moniliophthora perniciosa* en frutos de cacao. estudiaron la relación espacio-temporal de la enfermedad de cacao empleando análisis por semivariogramas o IDW, demostrando que no existe dependencia espacial de la distribución de la enfermedad en el cultivo (2).

En la actualidad los agricultores no tienen el conocimiento de la nueva tecnología que se viene dando para poder monitorear la enfermedad y rendimiento del cultivo cacao CCN-51, el presente trabajo tiene como objetivo analizar la diseminación de Moniliasis *Moniliophthora perniciosa* en plantaciones de cacao *Theobroma cacao* L. CCN-51 mediante la técnica de análisis espacial.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del Problema

La propagación de *Moniliophthora perniciosa* proporciona un ambiente negativo en las plantaciones de cacao, ya que esta enfermedad genera un impacto productivo y económico. La presencia de este patógeno limita a la obtención mazorcas sanas, en vista que la inoculación de este agente infeccioso provoca daños por dentro y fuera de la mazorca, aumentando un necrosamiento y pudrición del fruto. El desconocimiento por parte de los agricultores sobre el manejo de la enfermedad y los factores climáticos que facilita la proliferación del hongo facilita la dinámica del patógeno.

Es importante determinar la distribución espacial, así como el nivel de infestación, superficie y dirección hacia donde se desplaza la enfermedad, factores que son influenciados por las condiciones ambientales como humedad relativa, dirección y velocidad del viento.

La agricultura de precisión facilita la gestión del cultivo, generando mapas que sirven para tomar decisiones frente a la variabilidad de la enfermedad dentro del cultivo.

Diagnostico

La aplicación de diferentes métodos de control o prevención de plagas y enfermedades por parte de los agricultores en grandes áreas como una unidad homogénea dan lugar a la proliferación y evolución de *Moniliophthora perniciosa* de cultivos de cacao, produciendo pérdidas estimadas hasta el 80% de cosecha anual.

Formulación Del Problema

¿Existe variabilidad espacial en la incidencia de *Moniliophthora perniciosa* en la finca la Mariscal del cantón El Carmen?

Sistematización del Problema

¿Podríamos conocer la variabilidad espacial *Moniliophthora perniciosa* con la elaboración de mapas de estimación obtenidos en el análisis geoestadístico?

¿Se logrará evaluar la variabilidad temporal de la monilla mediante técnicas utilizando el método de kingrig?

¿Se logrará generar mapa de incidencia de monilla del cacao CCN-51 en campo por medio del análisis geoestadístico?

1.2 Justificación

La presente investigación está enfocada en adoptar nuevas tecnologías en el campo agrícola, como lo es la agricultura de precisión que atiende las características y necesidades de cada área en específico en el campo, para así lograr una reducción de costos de producción y del impacto ambiental mediante la aplicación de insumos en tasas variables.

Los mapas geoestadísticos se pueden mostrar mediante imágenes con puntos específicos y diferenciación de coloración los rendimientos del cultivo de cacao utilizando las herramientas del sistema de información geográfica (SIG). Es importante crear una metodología encaminada al control de la enfermedad, por lo que el estudio de análisis espaciales podía determinar los factores que influye la incidencia de los patógenos en campo creando una herramienta, con el fin de aplicar planes y programas de control ayudando a la toma de decisiones.

Es importante generar mapas de incidencia el cual permitirá al agricultor visualizar mediante imágenes en qué condiciones se encuentra su cultivo de esta manera podrá solucionar los problemas que se presenten ya sean de población, producción, enfermedades, deficiencia de nutrientes, en el cultivo de cacao, con los mapas generados se podía visualizar en que parte se necesita la aplicación ya sea de químicos o podas para mejorar su producción y controlar las enfermedades.

Las enfermedades que ataca al cultivo de cacao son muchas entre la principal tenemos la moniliasis, siendo de suma importancia en el Ecuador pudiendo terminar con la totalidad de la cosecha si no se toma los correctivos oportunos para la identificación de la misma en las plantaciones de cacao.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General:

Analizar la diseminación de Moniliasis (*Moniliophthora perniciosa*) en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN-51 mediante la técnica de análisis espacial.

1.3.2 Objetivos Específicos:

- ✓ Analizar la Variabilidad espacial *Moniliophthora perniciosa* con la elaboración de mapas de estimación obtenidos en el análisis geoestadístico.
- ✓ Evaluar la variabilidad temporal mediante técnicas geoestadísticas utilizando el método de kingrig.
- ✓ Generar mapa de incidencia de la monilla mediante el análisis geoestadístico.

CAPÍTULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Marco Conceptual

2.1.1 El Cacao

La especie *Theobroma* en el año 2020 obtuvo una producción en África del 70 % ocupando el primer lugar como productor a nivel mundial, mientras que América latina con un 14 %; en el 2019 Ecuador se convirtió en el primer exportador de cacao en grano en América y ocupa el cuarto puesto en el mundo, lo que esto ha significado ingresos económicos para el país, permitiendo que la balanza comercial tenga menos déficit (3).

En la época de conquista cuando llegaron los españoles a la costa del pacífico ya se visualizaban grandes árboles de cacao que demostraban el conocimiento y su utilización de esta especie en la región costera, Zamora Chinchipe es el centro de origen de la domesticación del cacao nacional, no obstante, en la actualidad el cultivo se localiza más desarrollado en la zona costera del Ecuador, los intercambios entre sociedades amazónicas y costeras podrían explicar esta migración que aparenta ser muy ancestral (4).

2.1.2. Moniliasis (*Moniliophthora perniciosa*)

La candidiasis es una enfermedad fúngica que ataca los cultivos de cacao, causada por el basidiomiceto *Moniliophthora Perniciosa* presente en la mayoría de los países de América Latina y adaptada a una variedad de ambientes, situación que amenaza la sostenibilidad de la producción del cultivo de cacao en todo el país, dando como resultado invierno modera el daño severo a la producción (11).

2.1.3 Agricultura de Precisión

La agricultura de precisión es un sistema para analizar y controlar los cambios espaciales y temporales en la tierra y los cultivos. La variación espacial incluye diferencias en la fertilidad en diferentes partes de la tierra y diferencias en el crecimiento de las plantas cultivadas. Las variaciones temporales incluyen las diferencias en la producción observadas entre una temporada y otra en el mismo terreno (18).

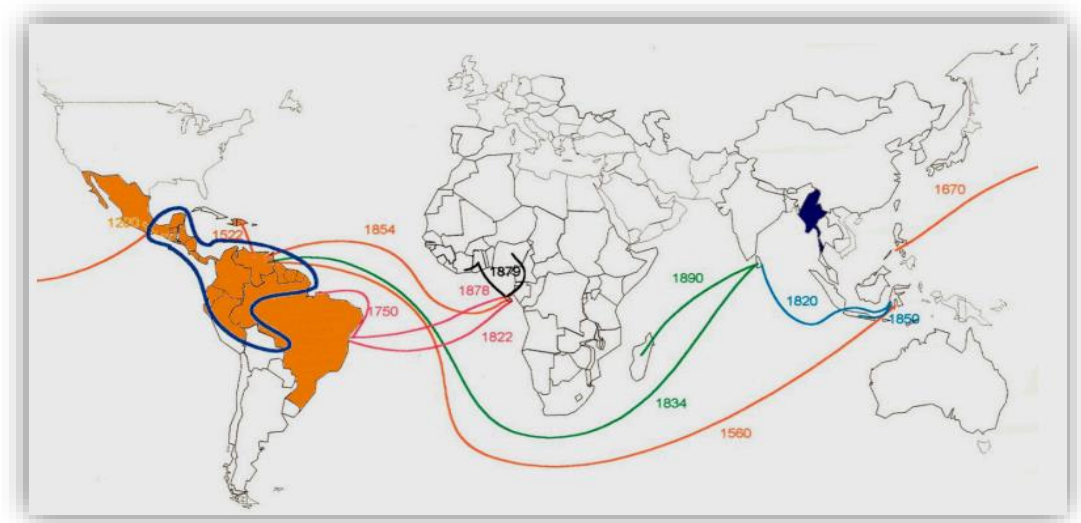
2.2 Marco Referencial

2.2.1 El Origen y Distribución del Cacao

El cacao *Theobroma cacao* se originó por primera vez en la Región del Soconusco, es un cultivo perenne de clima tropical, se realiza sistemas de drenaje y riego cuando las lluvias son insuficientes. Se indica que existían plantaciones, con más de 1000 árboles por hectárea en el tiempo de los imperialistas. Al desarrollarse el hallazgo de este cultivar fue centro de estudio por los europeos, sin embargo, lograban plantas para aumentar su región con el sembrío de cacao. En el siglo XVI se implantó la principal amplificación de cacao por toda Centroamérica, obteniendo desarrollarse en países como Colombia, Venezuela y Ecuador (5).

Figura 1.

Expansión del cultivo del cacao desde su zona de origen, el continente americano.



Nota. Gráfico expansión del cultivo de cacao Cilas (2020) (3).

2.2.2 Características del Cacao CCN-51

El cacao CCN-51 es un genotipo de cacao ecuatoriano, en lo cual el agrónomo Homero Castro Zurita apertura un arduo trabajo, se determina por ser un cultivo IMC-67(Forastero), después realizó el secundario encuentro con un Canelo (Trinitario, mostrándolo al mercado como Colección Castro Naranjal (CCN) y el que más sobresalió fue el CCN-51 (6).

El cultivo de cacao es precoz este inicia a los dos años de edad, es auto compatible (no necesita de polinización cruzada), tolerancia a (*Moniliophthora perniciosa*), es de factible adaptación, con un óptimo índice de mazorca y semillas (6).

2.2.3 Botánica del Cultivo

2.2.3.1 Raíz

Es un grifo de rápido crecimiento, que consta de seis filas de raíces secundarias laterales desarrolladas horizontalmente, la edad es de 10 años con buen desarrollo, con una raíz pivotante y mide 1 a 2 metros de longitud (7).

2.2.3.2 Tallo

Es pubescente en ejes jóvenes. Su corteza es oscura, café, con ramas cafés y finamente vellosas (8).

2.2.3.3 Hojas

Son esbeltas, medianas y de color verde, algunas plantas tienen hojas jóvenes y de diferentes colores, que pueden ser: café claro, verde claro, morado o rojizo, según la variedad del cultivo (7).

2.2.3.4 Inflorescencia

Son caulinares y cimosas se originan a partir de botones axilares de las hojas caducas (8).

2.2.3.5 Flores

Son pentámeras, hermafroditas, actinomorfas, los sépalos son verdosos, blancos o rosas claros, angostamente lanceoladas, persistentes y fusionados en la base (8).

2.2.3.6 Frutos

Es una mazorca es grande, polimorfa, esférico a fusiforme, púrpura o amarillo en la madurez, glabro y con surcos longitudinales (8).

2.2.3.7 Semillas

Son Café-rojizas, ovadas, ligeramente comprimidas (8).

2.2.4 Producción Potencial

Según Arce (9) menciona que el cacao CCN-51 se logra rendimientos que consiguen a 44 quintales por hectáreas, ya que estudios elaborados por el inventor de este clon donde estimo producciones para CCN-51 y CCN-10 de 70 qq y 100 qq por hectárea; respectivamente. Sin embargo, se debe mencionar que el auténtico potencial genético sigue en investigación.

2.2.5 Condiciones Edafoclimáticas para el Cultivo de Cacao

Los requerimientos climáticos de esta especie mantienen una altitud de 15 a 800 msnm, es decir un cacao productivo debe estar entre en promedio de altitud 15° N. y 15 S en el Ecuador. Por lo tanto, un clima adecuado presenta las primordiales causas que

provocan al beneficio o las pérdidas que implican en muchos procesos fisiológicos del cultivar. Por lo tanto, el primer factor, es la temperatura debida que es la principal variable que induce al proceso de floración y fructificación. Sin embargo, las altas temperaturas afectan al sistema radical que está en la parte superficial confinando la absorción o lo contrario una disminución de temperatura retarda la elongación y menos floración. Es por eso que las temperaturas adecuadas son 24 a 25°C (10).

Es así como el segundo factor es la precipitación con un adecuado bastimento de agua ayuda a los procesos metabólicos, se puede mencionar que la presencia de humedad está determinada por el primer factor ya mencionado. Los valores apropiados para este factor es 1500 – 3000 mm. En cuanto a la velocidad apropiada es de 1 – m/sg, ya que vientos superiores afecta la caída de flores y hojas (10).

2.2.6 Enfermedades del Cacao

2.2.6.1 Historia de *Moniliophthora Perniciosa*

La situación sanitaria en el cultivo de cacao ha sido el problema que afecta la economía de los productores, perteneciendo a la primera publicación por parte de los españoles que revelaron la enfermedad llamada mazorca negra. Sin embargo, notaron que las enfermedades existentes podían contagiar a otra especie, ocasionando el mismo desarrollo de agente infeccioso como la podredumbre helada de (*Moniliophthora perniciosa*) (6).

El programa de manejo integrado reduce significativamente la influencia de *Moniliophthora perniciosa*, en tanto que el uso de podas y raleos fitosanitarios disminuyo un 40% de incidencia. Es así como se puede controlar la enfermedad ya sea de forma biológica o de manera fungicidas no sistemática (11).

2.2.6.2 Importancia de *Moniliophthora Perniciosa* en Ecuador.

En el Ecuador la moniliasis es el patógeno más serio del cultivo forzado a las pérdidas potenciales que es capaz de hacer y la complicación para su manejo. Las

disposiciones intensivas requeridas para el uso de la enfermedad están más allá de las oportunidades de muchos agricultores porque requieren de una limpieza eficiente es una actividad que encarece el valor de la producción. Las pérdidas del 2001 estuvieron en un 30% de producción general, con un valor de 51 millones de USD, en tanto que en el 2013 estas escalaron a 50 mil. Ecuador posteriormente de la aparición de la moniliasis su producción decayó de 50,000 a 30,000 toneladas (12).

En la región amazónica en el norte de Ecuador que comprende a Sucumbíos, Orellana y napo, concurren condiciones ambientales de alta húmedas, sin embargo, es así como se disminuye más del 40% de producción, en otras palabras 800 toneladas de cacao, es decir lo que representa 20 millones de dinero por cada año. Así como su mayoría del mundo afectados por la moniliasis ha realizado perdidas hasta el 70% de la misma manera se han perdidas en clones alto productivos que logro en algunos años aproximadamente el 100% de pérdidas en producción sin todo tipo de control (13).

2.2.6.3 Sintomatología de *Moniliophthora Perniciosa*

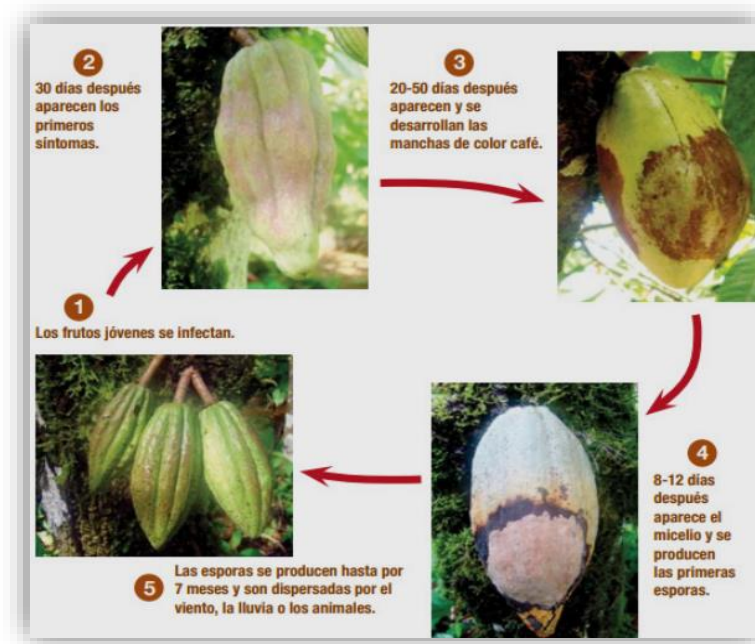
Es un patógeno infeccioso pertenece a los Basidiomicetos, afecta directamente a las mazorcas desde en estado inicial provocando necrosis miento totalmente, este permanece adherido a la mazorca y al árbol en el que crece, este patógeno libera esporas cuando madura tienen una apariencia aterciopelada con una capa de micelio y masa compacta. Esta segunda enfermedad suele aparecer junto con la infección inicial, aunque su progresión da a lugar a la aparición de masas miceliales blancas con un aspecto exterior afelpado (14).

2.2.6.4 Ciclo de Vida y su Comportamiento en Condiciones Climáticas.

Su ciclo de vida de este patógeno posee dos fases, esta primera fase biotrófica que va a partir de la germinación de las esporas hasta la invasión intercelular de la panoja, continuo por la segunda que invade el interior de las células, induciendo así la visión de necrosis. Se estima que en un centímetro cuadrado de una lesión esporulada muestra alrededor de 44 millones de esporas (15).

Figura 2.

Ciclo de vida de moniliasis



Nota. Gráfico ciclo de vida de moniliasis Escobar (2012) (15)

El agente climático y *Moniliophthora perniciosa* juega un papel clave en esto, ya que los patógenos requieren del clima para multiplicarse, promoviendo el crecimiento de la mayoría de las esporas disponibles en el ambiente durante los períodos de sequía, sin embargo, se requiere otro miembro para el desarrollo de la infección, a saber, la humedad, sin embargo, la temperatura, la humedad relativa y las condiciones secas facilitan la libertad y la dispersión de los conidios; dado que, las fuertes precipitaciones preparan los conidios para la germinación y la penetración en frutos húmedos (16).

Argumentando que las variabilidades del clima activan varios procesos del hongo comenzando con la germinación de conidios a la temperatura de 22°C y humedad relativa del 93% deseadas, continua su crecimiento e infección con temperaturas entre 25-27°C más una humedad relativa superior al 80%. El contagio de un fruto a otro se asocia por la acción del viento y en pocas veces por la precipitación aplicada naturalmente (lluvia) o riego por aspersores, acción de insectos sobre todo los que poseen la capacidad de volar (16).

2.2.7 Agricultura de Precisión (AP)

La agricultura de precisión surgió en Estados Unidos como un ciclo de retroalimentación anual para obtener resultados relacionados con la aplicación de insumos en función de las necesidades específicas del terreno. Con el tiempo, las tecnologías de la información y la comunicación consiguieron a utilizar para mejorar el manejo de suelos y cultivos, como resultado las nuevas aplicaciones de agricultura de precisión se desarrollaron y adecuaron a diferentes labranzas, productos y países (17).

La agricultura de precisión es un sistema para analizar y controlar los cambios espaciales y temporales en la tierra y los cultivos. La variación espacial incluye diferencias en la fertilidad en diferentes partes de la tierra y diferencias en el crecimiento de las plantas cultivadas. Las variaciones temporales incluyen las diferencias en la producción observadas entre una temporada y otra en el mismo terreno (18).

La agricultura de precisión gestiona variables y gestiona eficientemente los insumos (por ejemplo, agua o fertilizantes). Logra una mayor sostenibilidad al minimizar los insumos de recursos, el impacto ambiental y los riesgos agroalimentarios al tiempo que maximiza los rendimientos. Además, puede reducir el uso de insumos agrícolas (como agroquímicos) liberados al medio ambiente hasta en un 90%. (18).

2.2.8 Sistema de Navegación Global por Satélite – GNSS

Estos son un conjunto de sistemas de navegación por satélite como GPS, GLONASS y, más recientemente, Galileo. Es decir, sistemas capaces de proporcionar posicionamiento espacial y temporal en cualquier momento (19).

No obstante, el concepto de GNSS es relativamente nuevo, pues su historia comienza con el desarrollo del sistema GPS en los Estados Unidos en la década de 1970, inicialmente para aplicaciones militares, cuya cobertura, aunque global, no era la que es hoy. "Global" en el sentido de que es un sistema destinado a uso militar, controlado por los Estados Unidos y sujeto a un estricto control gubernamental. Por lo tanto, después de varios estudios, a partir de la segunda mitad de la década de los noventa, esta tecnología

comenzó a usarse con multas civiles y se firmaron muchos acuerdos entre el gobierno de los EE. UU (19).

Los sistemas dependientes del GPS que no contaban con segmento espacial o en fase experimental como el Galileo no son completamente operativos. (19)

Hasta la actualidad el GPS y GLONASS (aunque su constelación no tiene cobertura global) cuenta con segmento espacial exclusivo, el segmento de control está implantado de distintas formas en los países como Japón, Estados Unidos y Rusia o Europa otorgando lugar a los sistemas fundamentado en tierra o satélites. (19)

Un sistema de navegación por satélite tiene una estructura bien definida dividida en tres segmentos distintos: el segmento espacial, el segmento de control y el segmento de usuario. El GNSS no se puede entender sin ninguno de estos tres elementos (19).

2.2.8.1 Segmento Espacial

Para permitir que el segmento espacial funcione las 24 horas del día y bajo cualquier condición climática en cualquier lugar de la tierra, el segmento espacial consta de al menos 24 satélites funcionales. El número de satélites fluctúa según los satélites que se desconectan y los que se lancen para ponerlos en servicio o mantenerlos en reserva. Los satélites orbitan aproximadamente a 20.200 kilómetros sobre la superficie terrestre con un tiempo de revolución de aproximadamente 12 horas, en seis planos orbitales con cuatro satélites cada uno (20).

2.2.8.2 Segmento de Control

Para monitorear los mensajes de navegación de los satélites del segmento de control y enviar los ajustes necesarios. Consiste en un grupo de estaciones terrestres que recopilan datos de los satélites. Las descripciones de esta parte son complejas, propias de cada país o federación de países, y se estructuran según los diferentes criterios más convenientes (20).

Su función es asegurar el desempeño del sistema monitoreando el segmento espacial, corrigiendo la posición orbital y horaria del satélite, y enviando información de diagnóstico del reloj atómico y corrección del posicionamiento orbital a diferentes satélites (20).

2.2.8.3 Segmento De Usuario

El segmento consta de receptores y antenas que reciben y procesan las señales de los satélites para determinar su ubicación en la tierra, en el aire o en el mar. Dentro de la aplicación civil podemos citar: relevamiento de datos para sistemas georreferenciados, navegación marítima y terrestre, topografía, servicios de emergencia, aviación, posicionamiento preciso, agricultura, fotogrametría, etc (20).

2.2.9 Agricultura de Precisión en el Ecuador

La empresa Bodagán S. A esta situada en el Litoral del Ecuador, en la provincia del Guayas, específicamente en el cantón Playas, dedicada a la producción de cacao, esta adoptó la agricultura de precisión basada en el manejo de sitio específico, el cual consistió en el mapeo y división de la hacienda en bloques para determinar su eficiencia en el cultivo de cacao, para lo que se utilizó, sistemas de captura de imagen, asistencia técnica en la interpretación de imágenes, y mano de obra de apoyo en la instalación de la nueva tecnología (21).

Conforme a los resultados obtenidos en el análisis, la implementación presenta ventajas para la empresa Bodagán en cuanto a su producción, ingresos, rendimiento de cacao, y presentó un crecimiento de 400% y 250% para los años 2006 y 2007, los efectos en el caso de los ingresos tienen el mismo comportamiento, esto frente a un crecimiento en la producción de la empresa Bodagán del 250% y 100% para los mismos años (21).

2.2.10 SIG en la Agricultura de Precisión

Los SIG son sistemas de información geográfica son sistemas informáticos usados para almacenar, visualizar y analizar datos referidos geográficamente. En la agricultura de precisión donde permiten analizar la información obtenida mediante los distintos receptores

(v.g. sensores remotos), para realizar tomas de decisiones sobre el manejo de la variabilidad espacio-temporal. Existen varios GIS disponibles comercialmente (22).

El reto con esta tecnología es analizar los datos adecuadamente. El software agrícola aún no posee un consenso internacional en lo referente a la comunicación entre las distintas tecnologías empleadas en AP, que existen iniciativas de estandarización propuesta por la Organización Internacional de Estandarización, (ISO por sus siglas en inglés), en su norma ISO11783.15,25 La estandarización permitirá la compatibilidad entre distintos dispositivos (22).

2.2.11 Geoestadística

La geoestadística se encarga de estudiar el análisis modelado de la variabilidad espacial en las ciencias del planeta. Su objetivo es analizar y predecir fenómenos en el espacio y tiempo como las leyes de los metales, las porosidades y las concentraciones de un producto, etc (23).

2.2.12 Tipos de Muestreo

2.2.12.1 Muestreo Aleatorio

Es una técnica que permite obtener una muestra representativa de la población. Ésta se basa en el concepto de probabilidad, el cual marca que cualquier elemento de la población tiene la misma probabilidad de ser elegido y que la elección de cada elemento es independiente de cualquier selección previa (24).

2.2.12.2 Muestreo Espacial

El enfoque del muestreo espacial depende un área su objetivo de estudio es la caracterización del patrón espacial de dependencia en un área, de modo que la ubicación de las muestras deberá ser tal que se obtengan estimaciones confiables de similitud en cada rango de distancias (24).

2.2.13 Geoestadística vs Estadística Clásica

La geoestadística es un conjunto de técnicas para analizar y predecir valores de una propiedad distribuida en relación con el espacio o tiempo. Contrariamente a la estadística clásica o tradicionales, estos valores no se consideran independientes, sino que implícitamente se supone que están relacionadas entre sí, es decir que existe una dependencia espacial (23).

2.2.14 Análisis Exploratorio de Datos

2.2.14.1 Promedio

Representa un valor con el mismo peso de cada una de las observaciones y por consiguiente cada uno de los datos influye de igual forma en el resultado de ocasionando que en muchas situaciones cuando se tienen algunos datos que se alejan considerablemente del resto, el valor promedio encontrado no refleja la verdadera realidad (25).

2.2.14.2 Varianza

La varianza muestral, s^2 , está dado por:

$$s^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

Esto es el promedio del cuadrado de la diferencia de los valores observados de su media. Como involucra las diferencias al cuadrado, la varianza es sensible a valores altos (25).

2.2.14.3 Desviación Estándar

La desviación estándar, s , es simplemente la raíz cuadrada de la varianza y frecuentemente es usada en lugar de la varianza ya que sus unidades son las mismas que las unidades de la variable estudiada (25).

2.2.14.4 Coeficiente de Variación

El coeficiente de variación, CV, es una estadística que se usa frecuentemente como una alternativa de asimetría para describir la forma de la distribución. Un CV cercano a cero indica que los datos están muy juntos (o son muy similares), mientras que un CV muy grande (cercano a 100 % o a 1, o mayor a estos valores) indica que los datos están muy dispersos (o son muy diversos) (25).

2.2.14.5 Valor Mínimo

El valor más pequeño en el conjunto de datos es el mínimo (25).

2.2.14.6 Valor Máximo

El valor más grande en el conjunto de datos es el máximo (25).

2.2.15 *Gráfico de Dispersión h*

En la mayoría de los fenómenos naturales se espera que los valores tomados de puntos cercanos sean semejantes, una manera de evaluar estas semejanzas es con los gráficos de dispersión de una variable con ella mismo para diferentes intervalos de distancia, h es el valor del intervalo de la distancia usado para parear valores para una dirección dada, el grafico muestra la dispersión de todos los posibles pares de puntos separados por una distancia h (23).

2.2.16 *Medidas de Dependencia Espacial*

El objetivo es desenvolver la relación de dependencia en función de la distancia h .

2.2.16.1 Correlación

Es una agrupación entre dos variables numéricas, específicamente evalúa la creciente o decreciente en los datos (26).

2.2.16.2 Auto Correlación

Ocurre cuando el valor de una variable en una unidad geográfica depende de los valores de la misma variable en las unidades vecinas (27).

2.2.16.3 Semivariograma

Es la representación gráfica de la semivarianza espacial con respecto a una distancia. Esta herramienta se utiliza para designar variación de error que se produce al determinar un valor oculto en una región dada (28).

Cálculo de la semivarianza

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N} \sum [z(x_i) - z(x_i + h)]^2$$

Donde:

$\gamma(h)$: Valor de la semivarianza

$z(x_i)$: Valor de la variabilidad medida en la posición x ;

$z(x_i + h)$: Valor de la variable media en la posición $x_i + h$;

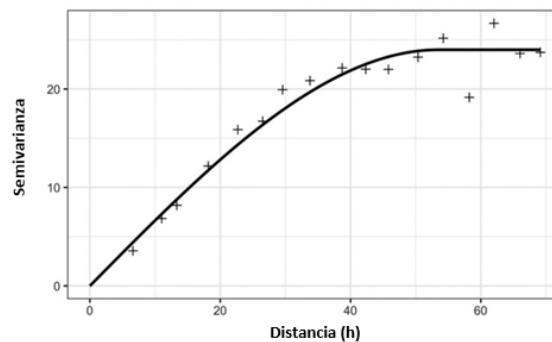
N : Número de pares de datos para la distancia de separación;

h : Distancia entre los puntos de muestreo.

Posteriormente, el modelado del variograma se ajusta a un modelo teórico que será utilizado en el modelo de interpolación de la variable (29).

Figura 3.

Variograma teórico

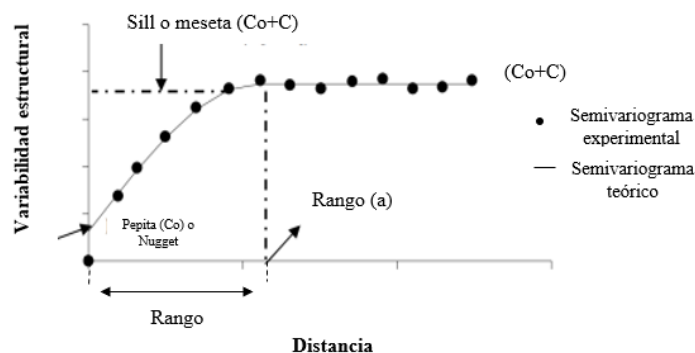


Nota. El gráfico representa el variograma teórico tomado de Ocampo (2018)(25)

El análisis y el ajuste del semivariograma teórico o exponencial puede ser representado en la siguiente figura.

Figura 4.

Ajuste del semivariograma teórico o exponencial



Nota. El gráfico representa el semivariograma experimental y teórico tomado de Ocampo (2018)(25)

✓ **Nugget o pepita (Co).** Es el valor de la semivarianza para la distancia $h = 0$. Refleja la estructura espacial no captada por la menor escala de muestreo, los errores de muestreo, análisis de laboratorio, etc (24).

✓ **Rango (A).** Es decir, corresponde a la distancia en que las muestras presentan dependencia espacial. En teoría, a partir de (A) las muestras se tornan independientes, ósea no presentan dependencia espacial. A partir del rango teóricamente la varianza muestral es igual a la semivarianza (Sill) (24).

✓ **Sill o Meseta (Co+C).** Corresponde al valor de semivarianza, en el cual las muestras son aleatorias. Teóricamente esa semivarianza corresponde a la varianza total (S^2) de las muestras (Co+C) (24).

✓ **Efecto pepita o efecto nugget puro.** Cuando el efecto pepita (Nugget) sea igual al Sill se denomina efecto nugget puro demostrando que la muestra no recibe influencia espacial dado que el gráfico será una línea recta (24)

2.2.16.4 Índice de Dependencia Espacial

El análisis de la dependencia espacial (IDE), se utiliza la siguiente fórmula (31):

$$IDE = \frac{c}{c+c_0} \times 100 \text{ ó } \frac{c}{sill} \times 100$$

Donde:

$\leq 25\%$ BAJA

Entre 25% y 75% MODERADA

$\geq 75\%$ ALTA

2.2.16.5 Modelos de Semivariograma

✓ **Esférico.** Este modelo corresponde a los fenómenos más frecuentemente observados y por ello es utilizado ampliamente. El comportamiento es de una tendencia casi lineal hasta que se alcanza el rango en donde se estabiliza el fenómeno (sill) (25).

✓ **Exponencial.** Tiene un comportamiento muy similar al esférico, la diferencia con aquel radica en que nunca se alcanza el valor del sill (32).

✓ **Gaussiano.** Se utiliza cuando el fenómeno de estudio es extremadamente continuo sin embargo es pertinente mencionar que existe una gran cantidad de modelos teóricos que se pueden aplicar (25).

✓ **Lineal.** En este modelo la semivarianza no alcanzan la meseta o el sill, aumenta linealmente con respecto a la distancia (25).

2.2.17 Variabilidad Espacial

La técnica utilizada es realizar análisis geoestadísticos con el fin de determinar la ocupación espacial del suelo u otro objeto a evaluar. La geoestadística se basa en el uso de variables obtenidas de estudios de auto correlación espacial, lo que significa que asume que las observaciones de dos sitios son más similares al rango ajustado (33).

Teniendo en cuenta el error causado por el cambio, la escasez espacial contiene dos componentes importantes: la aleatoriedad y la sistematicidad. La falta sistemática se debe a causas conocidas, comprensibles y predecibles, a diferencia de la rara vez, que a menudo se denomina así porque involucra datos aleatorios. donde la adicional está permitida por el factor de varianza de probada que el observador desea utilizar. La consistentemente, por otro lado, la variabilidad sistémica se compone por tendencia relacionado con la localización y dependencia espacial (34).

2.2.18 Métodos de Interpolación

La interpolación tiene como objetivo estimar, a partir de una muestra, valores de Z, de un conjunto de puntos (X, Y) de una muestra. La interpolación puede utilizarse para cumplir tres funciones (35).

- (a) estimar valores de Z de una ubicación específica (X, Y);
- (b) estimar valores de Z de la cuadrícula rectangular;
- (c) cambiar la resolución de la cuadrícula mostrable en un archivo ráster (método conocido como re muestreo) (35).

2.2.19 Métodos Basados en Unidades Discretas

Entre estos métodos tenemos:

2.2.19.1 Uso de Elementos Externos del Paisaje para Delinear

Se establece los límites entre unidades previamente definidas y su resultado no es replicable ni es posible evaluar estadísticamente (35).

2.2.19.2 Uso de Algoritmos para Determinar el Límite entre Unidades Homogéneas

Se utilizada en el campo el procesamiento digital de imágenes o en el análisis de conjuntos de datos multi variados y se fundamenta en la premisa de que existen unidades homogéneas en el set de datos. Su función es definir los límites entre dichas unidades (35).

2.2.20 Métodos Basados en el Concepto de Continuidad

Este método utiliza una función matemática y un conjunto de puntos de muestreo para describir la superficie continua, este método puede dividirse en globales que utilizan todos los puntos de muestreo para crear una superficie y los locales utilizan una sola parte de ellos (35).

A continuación, se describen los interpoladores más comunes que operan a partir de puntos.

2.2.21 Interpolación a Partir de Puntos

Una de las fuentes de datos para elaborar modelos digitales de elevación son ubicaciones (X, Y) con sus respectivos atributos (Ej. Elevación, precipitación, temperatura, presión, etc). Los puntos pueden muestrearse en forma aleatoria o utilizando un patrón regular (sistemático) (35).

A partir de estos valores las rutinas de interpolación crean una superficie en la cual cada punto tiene un valor estimado. Independientemente del interpolador utilizado la calidad de la interpolación dependerá del número y la distribución de puntos de muestreo; así como de las características del terreno. Cuanto mayor sea el número de puntos y mejor distribuidos se encuentren mejores serán los resultados (35).

2.2.22 Métodos de Interpolación Global

2.2.22.1 Análisis de Tendencia de Superficies (Modelos Polinomiales)

Esta técnica de análisis trata de definir la tendencia general observada en el set de datos mediante una ecuación polinomial de grado (n). El objetivo del ajuste polinomial es reducir la varianza residual en el set de datos a un mínimo. En realidad, el método no se considera como un interpolador de superficies sino más bien como una técnica para detectar aquellas áreas que muestran una variabilidad superior a la tendencia general del set de datos. La estimación del error asociado al modelo de regresión asume que los residuos son independientes (35).

2.2.22.2 Método de la Triangulación

Este método remueve la discontinuidad, se ajusta a un plano que pasa por tres puntos muestrales, la ecuación de plano puede expresarse por (21).

$$Z = a.x + b.y + c$$

Donde:

x y y : son las coordenadas

Z : Es el valor de la variable en el punto.

2.2.22.3 Método del Promedio en Lugar

El valor de “V” en el punto es obtenido por media aritmética de todos los valores próximos al punto (21).

2.2.22.4 Método del Inverso de la Distancia (IDW)

Los pesos son obtenidos por el inverso de la distancia ponderada (37).

2.2.22.5 Método de Interpolación Kriging

Kriging, nombre que rinde homenaje a Daniel G. Krige, el primero en hacer uso de esta herramienta, es un interpolador que utiliza el análisis espacial de acuerdo con los 50 semivariogramas experimental, proporcionando estimaciones no sesgadas con varianza mínima (35).

Asume que la distancia y/o la dirección entre puntos de muestreo es una expresión de la correlación espacial entre los puntos y que por tanto dicha información explica la variabilidad existente en la superficie georreferenciada. El algoritmo ajusta a un modelo matemático de los puntos georreferenciados o a aquellos que se encuentren en un radio de búsqueda (35).

El método de interpolación Kriging puede utilizarse prácticamente con cualquier tipo de datos ya que es muy flexible. Cuando no se especifica la varianza “pepita” o (Nuggets) el interpolador se comporta como exacto. En general, Kriging es considerado como uno de los mejores métodos de interpolación ya que provee estimaciones insegadas y de varianza mínima (35).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Localización

La presente investigación se llevó a cabo en la finca La Mariscal en el área agrícola, ubicada en el Cantón El Carmen - Provincia de Manabí, cuyas coordenadas geográficas son: 79°33'31.2" de longitud Oeste y 0°32'19.5" de latitud Sur.

Figura. 5

Ubicación de la finca La Mariscal



Autor: Doménica Carrera

3.1.1 Características Agroclimáticas

Tabla 1.

Características agroclimáticas de la Finca La Mariscal

Parámetros	Valores
Clima	Tropical húmedo
Temperatura	23.9 °c
Precipitación	2845.0 mm
Humedad relativa	89 %
pH	8

Fuente Estación Meteorológica “Puerto Ila” INAMHI (38)

3.2 Tipo de Investigación

3.2.1 Descriptiva

Se observó y se registraron variables de mazorcas sanas y moniliasis externas e internas.

3.2.2 Analítica

Correlación espacial de la variable, estimando valores en lugares no muestreados a partir de muestras existentes de mazorcas sanas y enfermas externas e internas

3.3 Método de Investigación

3.3.1 Método Deductivo

Para extraer una conclusión con base en una a los datos obtenidos dentro de la investigación.

3.3.2 Método Sintético

Para sintetizar la información por mapas de estimación obtenidos en el análisis geoestadístico de todos los datos que se van a recolectar en el área experimental.

3.4 Fuentes de Recopilación de Información

Las fuentes de información primarias de los datos de las variables en estudio y la secundaria fue la recopilación de información de revistas científicas, guías, manuales tesis de pregrado y posgrado.

3.5 Diseño de Investigación

Se utilizó Geoestadística para verificar normalidad en la distribución de los datos mediante el plugin Smart Map. El plugin es un complemento para el software QGIS(39) (QGIS developmet team, 2012) versin 3.10 o superior desarrollo en Python (creado por Gudo Van Rossun y generado por Python Software Foundation, Delaware, EVA). Smart map puede ser instalado del repositorio de plugins de QGIS el muestreo consistio en georreferenciar, las variables que se va a utilizaron, la dependencia espacial de datos de la productividad por cada mes será mediante el IDW. Como método de interpolación después de ajustar con el IDW se determinó por el método de la distancia el mapa temático de análisis espacial.

3.5.1 Descripción del Área Experimental

La finca tiene una superficie de plantación de 3000 m² de 6 años con espaciamiento de 3 x 3 m², con 83 hileras y 40 plantas por hilera, 30 fallas, con un total de 3290 plantas, su tipo de siembra en cuadro. Su fertilización al suelo se realizó con un saco abono completo (Yara Mila) y fertilización foliar con cytokin y kristalon.

3.6 Instrumento de Investigación

3.6.1 Manejo del Experimento

3.6.1.1 Levantamiento de Factores Fitosanitarios

Se analizará la enfermedad *Moniliophthora perniciosa* que afecta al cacao de forma recurrente en la región y que trae históricamente prejuicios en la producción, la evaluación se llevará a cabo durante la cosecha realizada entre los meses de (marzo, abril, mayo y junio), utilizando en celdas regulares, Figura 4, el área fue dividida en celdas rectangulares de 30 x 30 aproximadamente. El tamaño de la celda fue proporcional el tamaño del área en estudio.

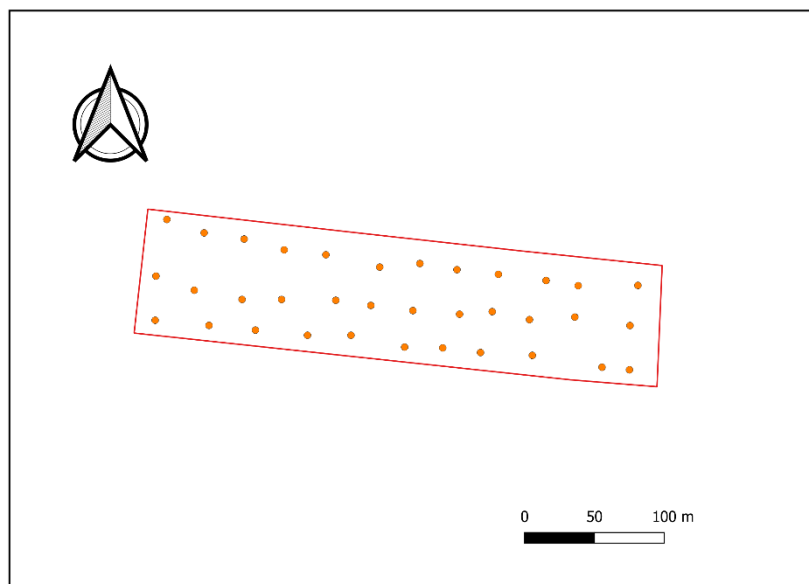
En la cosecha se recolectará las mazorcas maduras, abriéndolas para extraer las almendras frescas y colocadas en sacos dispuestos en cada celda. Antes de tomar los datos fitosanitarios, los sacos será georreferenciados con un GPS utilizando la aplicación Mobile

Topographer (40) instalada en un celular Media Tek Dimensity 700 Octacore hasta 2,2 GHz 7 nm como muestra la Figura 4.

Del total de mazorcas cosechadas por celda se obtendrá el porcentaje de incidencia de la monilla que se vinculara a las respectivas coordenadas geográficas que formaran los puntos de incidencia del mapa. Los puntos serán entonces interpolados en una cuadrícula regular de 1 x 1 m después del análisis geoestadístico generando así valores de incidencia de la enfermedad en toda la superficie.

Figura 6.

Cuadrícula muestral utilizada en la cosecha en el área experimental



Autor: Domenica Carrera

Entre los meses de (marzo, abril, mayo y junio) serán realizadas cosechas quincenales. Los mapas serán interpolados separadamente y después sumandos para formar un mapa de incidencia de la enfermedad final.

3.6.1.2 Mapeo de la Variabilidad Espacial y Temporal de otros Factores

Con el fin de caracterizar mejor el área y contribuir a la interpretación de los resultados y comprensión de las relaciones causa y efecto, se mapeará la altitud y mazorcas sanas. Los puntos de incidencia de la enfermedad será aprovechado para generar un MDE (Modelo Digital de Elevaciones), a partir de los datos de altitud registrados por el receptor

de GPS en cada sacó georreferenciado se utiliza el receptor Mobile Topographer (40), Media Tek Dimensity 700 Octacore hasta 2,2 GHz 7 nm.

Las medidas de actitud serán vinculadas a las coordenadas de los puntos de la cuadrícula, y entonces interpolados para generar el mapa final de elevaciones.

Para la mapeamiento de las moniliasis y mazorcas sanas en la cosecha se realizará a través del análisis visual de los síntomas de enfermedad, se contarán las mazorcas enfermas y sanas en cada celda de la cuadrícula.

3.7 Tratamiento de los Datos

Los valores de productividad fueron analizados con estadística descriptiva, para verificar normalidad en la distribución de los datos. El test de normalidad será realizado por medio del Software QGIS (41).

La geoestadística se utilizó para verificar la calidad de la cuadrícula mostrada utilizable y también de la interpolación para generar el mapa temático de incidencia de la enfermedad. Para esto se analizará la interpolación IDW de la incidencia de la enfermedad por cada mes y área.

Para la interpretación de los datos se determinó la auto correlación espacial calculado del índice de moran univariado. El pseudo p- valor fue obtenido de los puntos de la cuadrícula muestral con el objetivo de verificar su significancia al 5% de probabilidad.

Para los semivariogramas se probaron los modelos esféricos, exponencial, gaussiano, linear y linear to sill. El modelo escogido en cada semivariograma fue aquel que presento menor valor de RMSE.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x}_i)^2}$$

Donde:

$\hat{x}_i$ = representa el valor estimado del atributo en el punto i .

x_i = el valor observado del atributo en el punto i .

n = el número de puntos muestreados.

De esta forma, también se calculó el coeficiente de determinación (R^2) para cada modelo. El R^2 representa la fracción de la variación total de los puntos que se explica por el modelo, expresando así la calidad estimativa.

De cada modelo ajustado se obtuvieron tres parámetros C_0 , $C_0 + C$, a .

Fue utilizada la clasificación de Cambardella et.al.1994 (30) para la determinación del índice de dependencia espacial.

Todo el análisis geoestadístico se realizó utilizando herramientas de geo procesamiento del QGIS. Para interpolación y generación de los mapas temáticos era utilizado el software QGIS por el método inverso de la distancia (cuando la dependencia espacial fuera baja).

3.8 Recursos Humanos y Materiales

3.8.1 Recursos Humanos

Docente director del proyecto de investigación.

Estudiante responsable del proyecto de investigación

3.8.2 Recursos Materiales

- ✓ Plantas de cacao CCN-51
- ✓ Flexómetro
- ✓ Letreros
- ✓ Cinta peligro amarilla
- ✓ Computadora
- ✓ Impresora
- ✓ Hojas para impresión
- ✓ Material de apoyo de hojas (Tablero)
- ✓ Memoria USB
- ✓ Cámara fotográfica.

- ✓ Libreta de campo
- ✓ Lapiceros
- ✓ Calculadora

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

4.1.1 Cosecha del Cultivo de Cacao CCN-51

Los datos de cosecha en la época de evaluación presentan coeficientes de variación para moniliasis interna entre 21.35 % y 24.03 %, moniliasis externa entre 22.08% y 31,17% y mazorcas sanas entre 18.66% y 27.32. Los coeficientes de variación bajos nos indican que los valores no están dispersos (tabla 2).

Tabla 2.

Estadística descriptiva de los datos de cosecha del cultivo cacao CCN-51

Parámetro	Descriptiva	$\bar{X}$	Des. Estándar	Varianza	Min	Max	CV%
Marzo	Monilla Interna	9.86	2.28	5.18	7.00	15.00	23.1
	Monilla Externa	9.97	2.46	6.49	6.00	16.00	25.56
	Mazorca Sana	83.00	21.77	473.7	49.00	137.00	26.22
Abril	Monilla Interna	13.71	3.33	11.09	9.00	22.00	24.28
	Monilla Externa	12.86	3.10	9.59	7.00	18.00	24.09
	Mazorca Sana	103.05	28.16	793.11	54.00	162.00	27.32
Mayo	Monilla Interna	11.77	2.83	8	6.00	18.00	24.03
	Monilla Externa	11.14	3.47	12.06	7.00	21.00	31.17
	Mazorca Sana	119.51	24.48	599.37	59.00	162.00	20.48
Junio	Monilla Interna	12.11	2.59	6.69	7.00	18.00	21.35
	Monilla Externa	9.69	2.14	4.57	5.00	13.00	22.08
	Mazorca Sana	110.63	20.65	426.53	69.00	153.00	18.66

4.1.2 Variabilidad Espacial del Cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN-51

Para obtener la variabilidad espacial de los datos obtenidos en las 35 parcelas de la moniliasis Externa e Interna y mazorca sana del cultivo de cacao CCN-51 en la finca La Mariscal se realizó geoestadística para verificar normalidad en la distribución de los datos mediante Smart Map por medio de software QGIS y el Grid, realizado este proceso el I de Moran debe ser mayor a 0.70 y el P valor menor 0.05 para que exista autocorrelación espacial.

Se puede observar en la tabla 3 los datos obtenidos para los meses de marzo, abril, mayo y junio que indican una autocorrelación negativa debido a que los valores de I de Moran son menores de 0.70 por otro lado el P valor es mayor de 0.05 esto indica que no existe distribución espacial de los valores de las variables estudiadas en la finca La Mariscal, la geoestadística no consiguió estimar variabilidad espacial debido a que la enfermedad está dispuesta en el cultivo de forma aleatoria, se analizó los datos georreferenciados por medio del IDW en el software QGIS.

Tabla 3.

Índices I de moran y P valor del Cacao CCN- 51 en la Finca La Mariscal

Época	Variables	Parámetros		Interpretación
		I Moran	P valor	
Marzo	Monilla Interna	0.499	0.455	No significativo
	Monilla Externa	0.566	0.197	No significativo
	Mazorca Sana	0.541	0.287	No significativo
Abril	Monilla Interna	0.397	0.049	Si significativo
	Monilla Externa	0.455	0.222	No significativo
	Mazorca Sana	0.575	0.172	No significativo
Mayo	Monilla Interna	0.591	0.100	No significativo
	Monilla Externa	0.410	0.262	No significativo
	Mazorca Sana	0.611	0.053	Si significativo
Junio	Monilla Interna	0.605	0.073	No significativo
	Monilla Externa	0.494	0.427	No significativo
	Mazorca Sana	0.542	0.319	No significativo

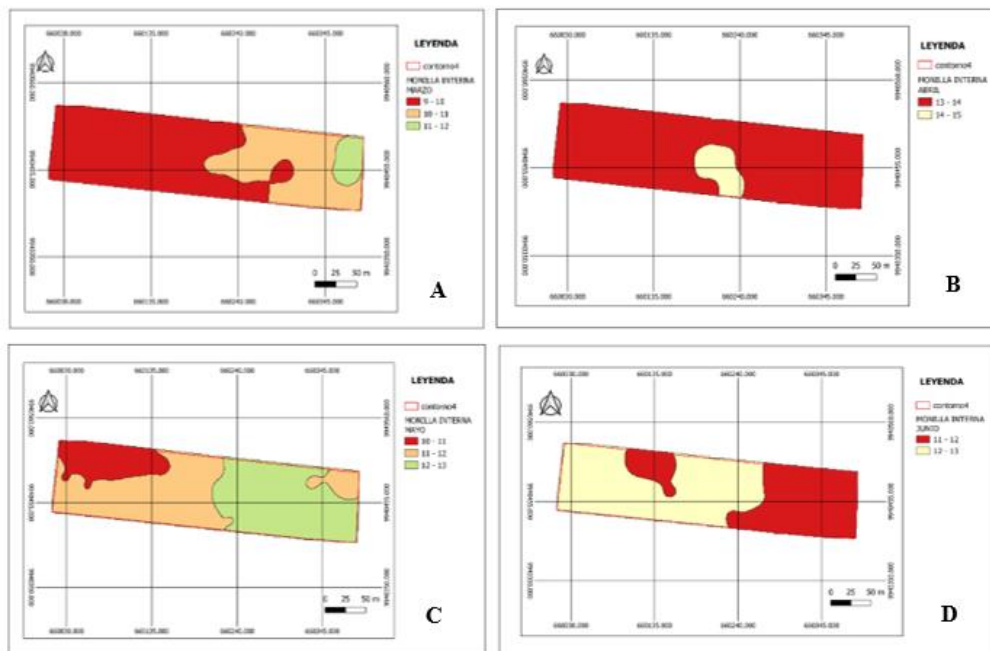
4.1.3 Interpolación de *Moniliophthora Perniciosa* Interna del Cultivo de Cacao CCN-51.

A través de los ajustes realizados, fue posible interpolar los datos de cada mes a través de software QGIS, se genera los mapas de moniliasis interna donde no existe dependencia espacial y se generó mapas utilizando el método de interpolación IDW.

El mes de marzo, primer mes de cosecha, se presentó un 10 % de la superficie con producciones de moniliasis interna , principalmente en la parte noreste del área de estudio, en el mes de abril hubo un aumento de un 20 % de la superficie con producciones de moniliasis interna en la parte central sur del área, en el mes de mayo se presentó un aumento de un 35 % de la superficie con moniliasis interna en la parte sureste, sin embargo en el mes de junio, último mes de cosecha aumento a 55 % de la superficie con producciones de moniliasis interna en la parte este del área de estudio (figura 7).

Figura 7.

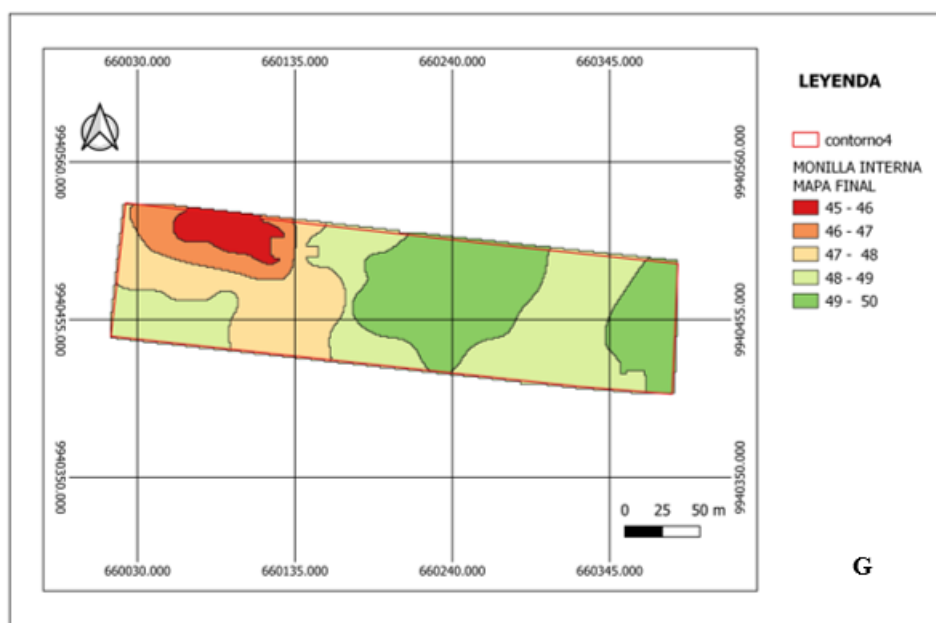
Mapa IDW de la moniliasis interna en la plantación de cacao para los meses de marzo (A), abril(B), mayo(C) y junio(D), en la Finca La Mariscal



El mapa final para los meses de marzo, abril, mayo y junio presentó un 28 % de la superficie con producciones de moniliasis interna en la parte sureste del área de estudio (figura 8).

Figura 8.

Mapa final con IDW de la moniliasis interna en la plantación de cacao para los meses de marzo, abril, mayo y junio, en la Finca La Mariscal

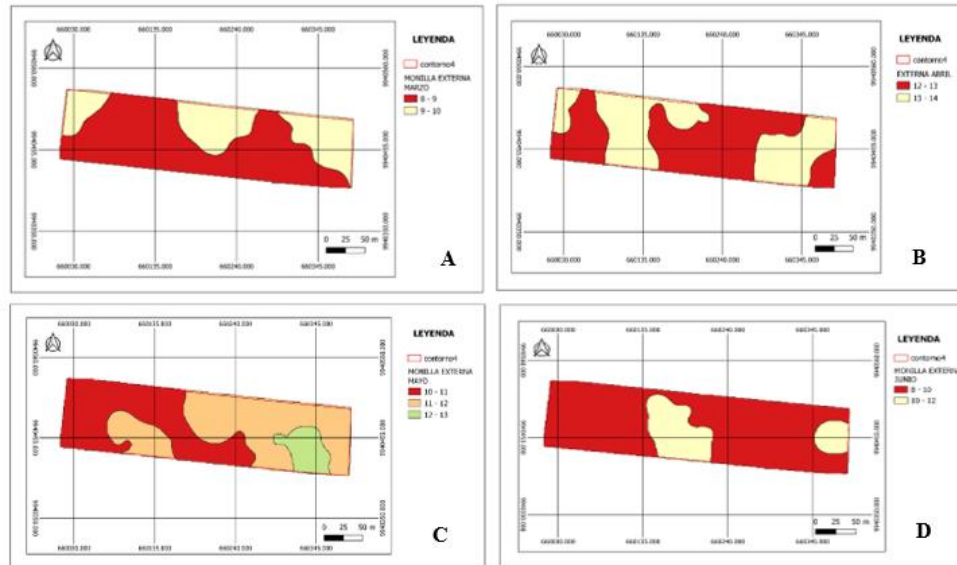


4.1.4 Interpolación de *Moniliophthora Perniciosa Externa* del Cultivo de Cacao CCN-51.

El mes de marzo, primer mes de cosecha, se presentó un 31 % de la superficie cosechada con moniliasis externa , principalmente en la parte norte del área de estudio ,en el mes de abril hubo un aumento de un 38 % de la superficie con moniliasis externa distribuida en toda la superficie, en el mes de mayo se presentó un bajo porcentaje de la superficie con producciones de moniliasis externa con valores que no superaron el 10% de la superficie evaluada, sin embargo en el mes de junio, último mes de cosecha aumento de nuevo la moniliasis externa en la superficie evaluada con el 20% principalmente distribuida en la parte central del área de estudio (figura 9).

Figura 9.

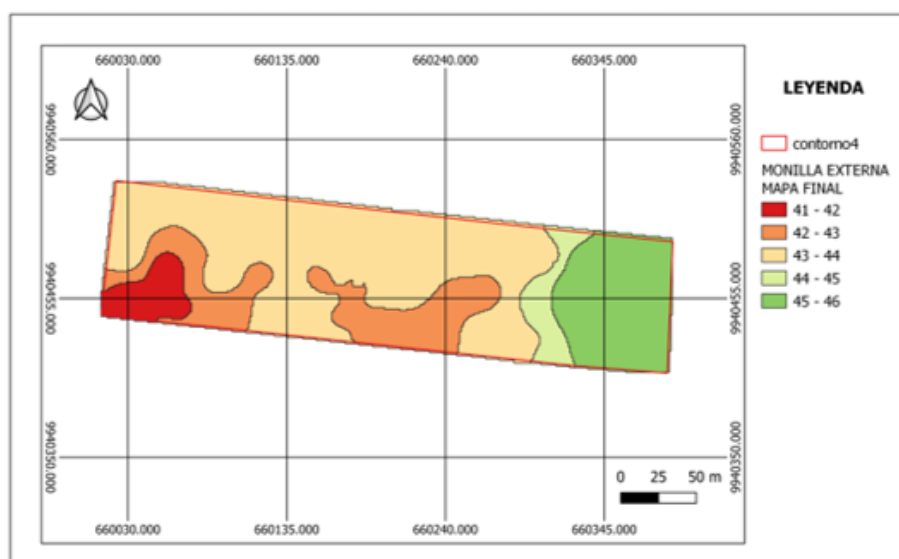
Mapa IDW de la moniliasis externa en la plantación de cacao para los meses de marzo (A), abril(B), mayo(C) y junio(D), en la Finca La Mariscal



El mapa final de la suma de los meses de marzo, abril, mayo y junio presentó un 38 % de la superficie con síntomas de moniliasis externa principalmente en la parte este del área de estudio (figura 10).

Figura 10.

Mapa final con IDW de la moniliasis externa en la plantación de cacao para los meses de marzo, abril, mayo y junio, en la Finca La Mariscal.

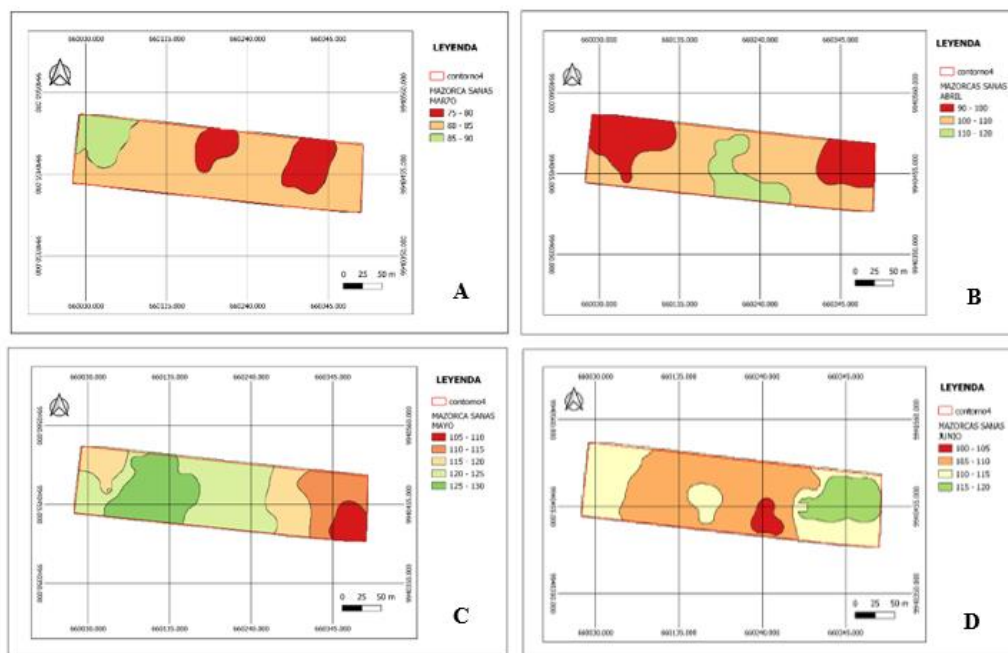


4.1.5 Interpolación de Mazorca Sana del Cultivo de Cacao CCN-51.

El mes de marzo, primer mes de cosecha, se presentó un 50 % de la superficie con producciones de mazorcas sanas, principalmente en la parte noroeste del área de estudio, en el mes de abril disminuyó un 49 % de la superficie con producciones de mazorcas sanas en la superficie evaluada norte y sur, en el mes de mayo se presentó un 25 % de la superficie con producciones de mazorcas sanas en la parte oeste y en el mes de junio, último mes de cosecha un 39% de la superficie producciones de mazorcas sanas en la parte extrema este y oeste del área de estudio (figura 11).

Figura 11.

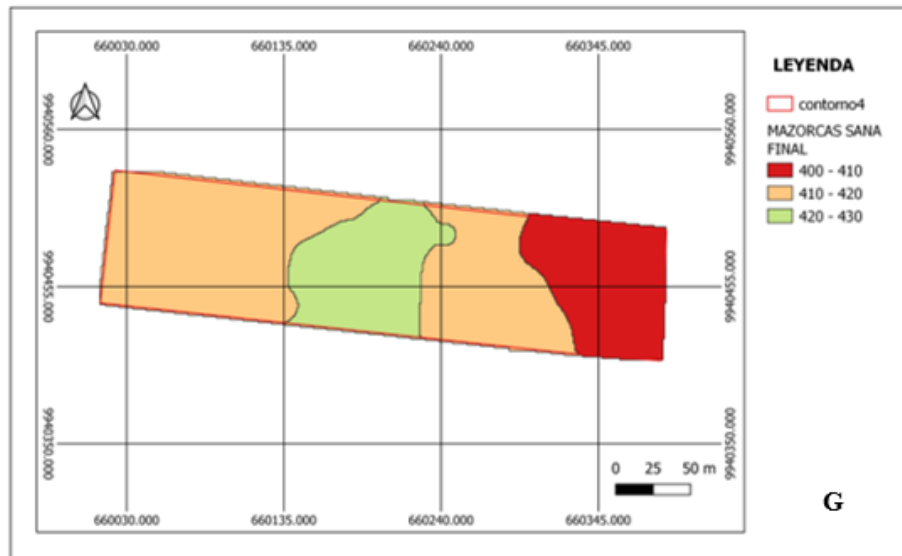
Mapa IDW mazorca sanas de la plantación de cacao para los meses de marzo (A), abril(B), mayo(C) y junio(D), en la Finca La Mariscal



El mapa final para los meses de marzo, abril, mayo y junio presentó un 44% de la superficie de mazorcas sanas en la parte norte o este y sur del área de estudio (figura 12).

Figura 12.

Mapa final con IDW de mazorca sanas de la plantación de cacao para los meses de marzo, abril, mayo y junio, en la Finca La Mariscal



4.2 Discusión

Para determinar la mejor estrategia para el análisis espacial de moniliasis (*Moniliophthora perniciosa*) de cacao CCN-51 se llevaron a cabo varias variables.

De acuerdo con los datos de los resultados se menciona en la finca La Mariscal donde se encontró mayor incidencia de la enfermedad con un 83% en moniliasis interna y a diferencia del 38% en moniliasis externa de incidencia. Lo que concuerda con Pallazhco *et al.* (11) es una de las principales enfermedades del cultivo de cacao logrando abordar hasta un 80% en la época de invierno, de acuerdo a las pérdidas que han tenido los agricultores.

Para determinar de una manera eficaz el rendimiento del cultivo mediante un sistema de información geográfica (SIG) se debe realizar la cuadrícula de 30 x 30 m lo que concuerda con Hernández *et al.* (42) el tamaño de la cuadrícula (30 x30) para determinar la media del rendimiento.

La metodología de análisis espacial no permitió evaluar presencia de *Moniliophthora perniciosa* en las plantas monitoreadas de prueba Índice de Moran y P valor lo cual no fueron útil para probar autocorrelación espacial entre los puntos o sitios de infección de la enfermedad. De acuerdo con Castillo *et al.* (43) es un índice de co-variación entre otras zonas, que reforma en el intervalo (-1 , 1). Un valor de 0 muestra que no existe autocorrelación en los datos estudiados. Si es diferente a 0, habría autocorrelación.

Los mapas de análisis espacial mediante el método de interpolación IDW en los cuales se generó mazorcas sanas en los meses de abril hasta junio muestran variabilidad espacial entre un mes y otro, lo que concuerda con Hernández *et al.* (42) el mapa obtenido muestra el comportamiento de la variabilidad espacial del rendimiento del cultivo de la papa.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- ✓ La variabilidad espacial en el cacao CCN-51 en lo que es *Moniliophthora perniciosa* en la finca la Mariscal se realizó geoestadística para verificar normalidad en la distribución de los datos mediante Smart Map, se obtuvieron valores de I moran y P valor esto indico que no existe dependencia espacial.
- ✓ La variabilidad temporal fue posible realizarla a través de los modelos del IDW, fue posible interpolar los datos de cada mes a través de software QGIS y el Grid donde se genera los mapas de superficie que muestran las parcelas con presencia de Moniliasis Externa e Interna y mazorca sana.
- ✓ Se idéntico la incidencia de la moniliasis mediante el mapa geo estadístico del cacao CCN-51 mediante los meses de marzo, abril, mayo y junio.

5.2 Recomendaciones

- ✓ Es importante realizar las cuadrillas de 30 x 30 m², para que la distribución muestral sea más precisa.
- ✓ Se recomienda realizar un análisis de suelo, del lugar que se está realizando el experimento y a su vez un análisis foliar.
- ✓ Para este tipo de investigación es importante que el terreno donde va a realizar el análisis de datos tenga un solo tipo de cultivo mas no que sea variado.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

6.1 Bibliografía

1. Steven r. incidencia de inoculantes microbianos en el control de la moniliasis (*Moniliophthora roreri*) del cacao (*Theobroma cacao* l.). 2020 [cited 2022 may 4]; available from: [http://181.198.35.98/archivos/ronquillo macias marcos steven.pdf](http://181.198.35.98/archivos/ronquillo%20macias%20marcos%20steven.pdf)
2. Cárdenas Pardo nj, darghan a, sosa rico md, Rodriguez A. análisis espacial de la incidencia de enfermedades en diferentes genotipos de cacao (*Theobroma cacao* l.) en el yopal (casanare), colombia. *acta biológica colomb* [internet]. 2017 [cited 2022 nov 18];22(2):209–20. available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0120-548x2017000200010&lng=en&nrm=iso&tlng=es
3. Alcívar Córdova ks, Quezada Campoverde j, Barrezueta unda s, Garzón Montealegre vj, Carvajal Romero h. análisis económico de la exportación del cacao en el ecuador durante el periodo 2014 – 2019. *polo del conoc rev científico - prof issn-e 2550-682x*, vol 6, nº 3, 2021, págs 2430-2444 [internet]. 2021 [cited 2022 nov 24];6(3):2430–44. available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7926903&info=resumen&idioma=spa>
4. M. B. el producto tradicional ecuatoriano [internet]. 2004 [cited 2022 nov 24]. available from: <https://www.bing.com/search?q=barragan+m.+el+producto+tradicional+ecuatoriano.&cvid=f21fd95baf7b430da6b40f9a9d41f004&aqs=edge..69i57j69i59i450l5...5.422j0j4&form=anab01&pc=u531>
5. Cilas c, Bastide p. challenges to cocoa production in the face of climate change and the spread of pests and diseases. *agron* 2020, vol 10, page 1232 [internet]. 2020 aug 20 [cited 2022 may 4];10(9):1232. available from: <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/9/1232/htm>
6. Leon n, Johanna m. facultad de ciencias agropecuarias carrera de ingeniería agronómica machala 2020. 2020;
7. De f, agroindutrial i, gamonal eb. influencia del indice de cosecha sobre la calidad sensorial del grano de cacao (*theobroma cacao* l.) del clon ccn-51 en la provincia de mariscal CÁCERES–SAN MARTÍN. 2016 [cited 2022 nov 9]; available from:

<http://tesis.unsm.edu.pe/handle/11458/530>

8. Dostert n, Roque j, cano. hoja botánica: cacao. theobroma cacao l. 2012 [cited 2022 nov 9]; available from: <https://repositoriodigital.minam.gob.pe/handle/123456789/185>
9. Mendis i, Arce p. ministerio de agricultura programa para el desarrollo de la amazonia proamazonia manual de cultivo del cacao. 2016;
10. Toala va, Ventura rb, Huamán la, Castro-Cepero v, Julca-otiniano a. control cultural, biológico y químico de moniliophthora roreri y phytophthora spp en theobroma cacao ‘ccn-51.’ sci agropecu [internet]. 2019 [cited 2022 may 4];10(4):511–20. available from: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s2077-99172019000400008&lng=es&nrm=iso&tlng=es
11. Dario pmr. analisis espacial de la moniliasis en el cultivo de cacao en tres zonas de la provincia del guayas. 2021;
12. Pérez-Vicente l. moniliophthora roreri h.c. evans et al. y moniliophthora perniciosa (stahel) aime: impacto, síntomas, diagnóstico, epidemiología y manejo [internet]. 2018 [cited 2022 may 4]. available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s1010-27522018000100007&lang=es#r
13. Alvare sic. manejo técnico de la monilla “moniliophthora roreri” en el cultivo de cacao (theobroma cacao) en el recinto cuatro esquinas | revista pertinencia académica. issn 2588-1019 [internet]. 2020 [cited 2022 may 4]. available from: <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/rpa/article/view/1997>
14. David f, Mora s, Rafael f, fiallos g. moniliophthora roreri (cif y par) evans et al. en el cultivo de cacao. 2012 [cited 2022 may 4]; available from: www.sci-agropecu.unitru.edu.pe
15. Escobar cpe. estudio de factibilidad para la producción de cacao en el cantón san lorenzo, provincia de esmeraldas. 2012;
16. Roxana psy. análisis de concentración de ozono para el control del crecimiento de la moniliophthora roreri (monilia) en laboratorio. 2018;
17. Orozco ó, de glr. sistemas de información enfocados en tecnologías de agricultura de

- precisión y aplicables a la caña de azúcar, una revisión. scielo.org.co [internet]. 2016 [cited 2022 nov 9]; available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s1692-33242016000100007
18. Ocampo, m cc. agricultura de precisión y tecnológica para el congreso. foroconsultivo.org.mx [internet]. 2018 [cited 2022 nov 9]; available from: https://foroconsultivo.org.mx/incytu/documentos/completa/incytu_18-015.pdf
 19. Abelardo d, Alvarez g. universidad autonoma de madrid escuela politecnica superior proyecto fin de carrera sistema gnss (global navigation satellite system). 2008;
 20. Mantovani ec, Magdalena c. programa cooperativo para el desarrollo tecnológico agroalimentario y agroindustrial del cono sur. 2014 [cited 2022 may 4]; available from: <http://www.iica.int>
 21. Ricardo m, Villamil r, zabala v. análisis costo-beneficio de la aplicacion de la agricultura de precisión caso cacao. 2012 [cited 2022 jun 3]; available from: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/6814>
 22. López e, Carlos l, Simeón p, Gabriel j, Navarro m. los sistemas de información geográfica. 2006;
 23. Mariano c, Cecilia b, José Luis c, Mónica b. geoestadística multivariada en agricultura de precisión. 2011;
 24. A. pv. tipos de muestreo. [internet]. 2017 [cited 2022 nov 9]. available from: https://scholar.google.com.mx/scholar?hl=es&as_sdt=0%2c5&q=porras+velázquez+a.+tipos+de+muestreo.+2017+%5bcited+2022+nov+6%5d%3b+&btnq=
 25. J. M. introduccion a la geoestadistica y su aplicacion [internet]. 2009 [cited 2022 nov 9]. available from: https://scholar.google.com.mx/scholar?hl=es&as_sdt=0%2c5&q=moreno+j.+introduccion+a+la+geoestadistica+y+su+aplicacion.+%5binternet%5d.+2009+&btnq=
 26. Fernández s, Cordero m ca. estadística descriptiva [internet]. 2002 [cited 2022 nov 9]. available from: https://scholar.google.com.mx/scholar?hl=es&as_sdt=0%2c5&q=fernández+s%2c+cordero+m%2c+córdoba+a.+estadística+descriptiva+%5binternet%5d.+madrid%3

- b+2002+%5bcited+2022+nov+6%5d.+&btng=
27. Cr s. análisis espacial de la correlación entre cultivo de palma de aceite y desplazamiento forzado en colombia [internet]. 2013 [cited 2022 nov 9]. available from:
https://scholar.google.com.mx/scholar?hl=es&as_sdt=0%2c5&q=sabogal+cr.+análisis+espacial+de+la+correlación+entre+cultivo+de+palma+de+aceite+y+desplazamiento+forzado+en+colombia.+2013+%5bcited+2022+nov+8%5d%3b&btng=
 28. Furtado D, Oliveira f. distribuição espacial da produtividade e fatores fitossanitários de cacaueiros na amazônia oriental. 2019 [cited 2022 nov 9]; available from:
<http://www.bdta.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/1447>
 29. Ga pv. análisis estructural [internet]. 2019 [cited 2022 nov 9]. available from:
https://scholar.google.com.mx/scholar?hl=es&as_sdt=0%2c5&q=porras+velázquez+ga.+análisis+estructural.+2019%3b&btng=
 30. Furtado dc, Oliveira fcd de. distribuição espacial da produtividade e fatores fitossanitários de cacaueiros na amazônia oriental. 2019;
 31. Soares g, Soares j, Assis s, Batista r. variabilidade espacial de atributos químicos em um variabilidade espacial de atributos químicos em um argissolo cial de atributos químicos em um argissolo argissolosob pastagem . 2008;
 32. En m, Porras Velázquez ga. análisis estructural. 2019;
 33. Valbuena Calderón ca, Martínez Martínez lj, Henao rg. variabilidad espacial del suelo y su relacion con el rendimiento de mango (mangifera indica l.). rev bras frutic [internet]. 2008 [cited 2022 may 4];30(4):1146–51. available from:
<http://www.scielo.br/j/rbf/a/hzkh6flgtmqmb7fkcvh83jr/abstract/?lang=es>
 34. J d f. j. vista de variabilidad espacial del suelo: bases para su estudio [internet]. 2012 [cited 2022 may 4]. available from:
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/rfc/article/view/49004/50077>
 35. Fallas j. modelos digitales de elevación: teoría, métodos de interpolación y aplicaciones hydrometereorology of tropical cloud forest view project gis and wildlife management view project. 2010 [cited 2022 jun 3]; available from:
<https://www.researchgate.net/publication/229021279>

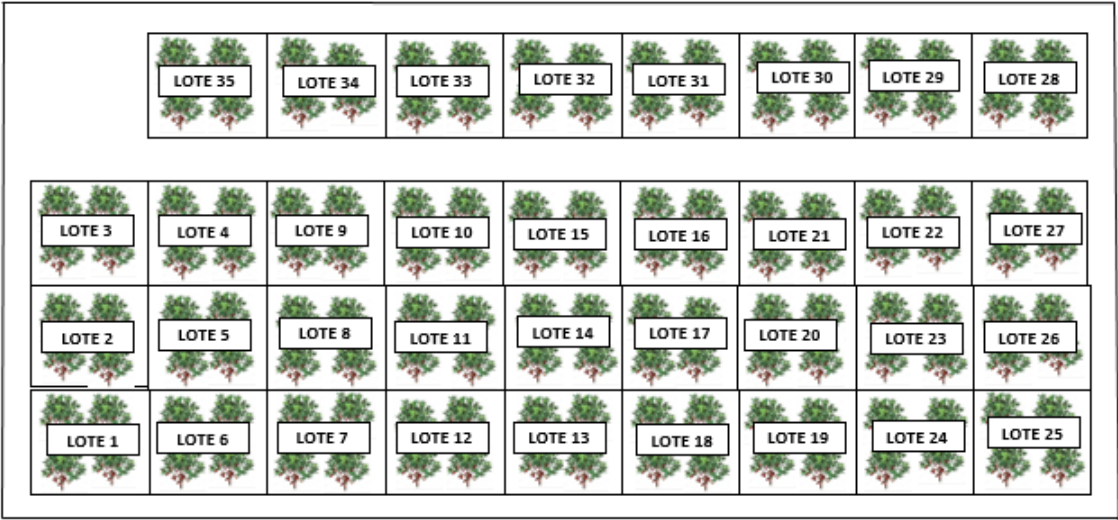
36. Moreno j. introduccion a la geoestadistica y su aplicacion. 2009.
37. Villalba fel. distribucion espacial de contaminantes gaseosos mediante el metodo de interlopacion determinista y exacto idw. 2014;
38. Inami. inamhi. estación metereologica puerto ila [internet]. 2022 [cited 2022 nov 18]. available from: <https://www.bing.com/search?q=inamhi.+estación+puerto+ila+%5binternet%5d.+2022+%5bcited+2022+nov+12%5d.+available+from%3a+http%3a%2f%2f186.42.174.236%2finamhiemas%2f%23&cvid=63c3ae180c7e45e08c461eb058cc02bd&aqs=edge..69i57j69i60.904j0j4&form=anab01&pc=u53>
39. Faq [internet]. 2021 [cited 2022 nov 8]. available... - google académico [internet]. [cited 2022 nov 9]. available from: https://scholar.google.com.mx/scholar?hl=es&as_sdt=0%2c5&q=faq+%5binternet%5d.+2021+%5bcited+2022+nov+8%5d.+available+from%3a+https%3a%2f%2fqgis.org%2fes%2fsite%2fgetinvolved%2ffaq%2findex.html&btnq=
40. Robaina ej, Maysa s, Rangel p, Celebrini p, Campos o. análise altimétrica de baixo custo para projeto básico em levantamento geométrico de rodovia existente. 2015;
41. Reyes rg, Pérez md, acimed dap-, undefined. prointec: un software para el tratamiento inteligente de datos sobre patentes. scielo.sld.cu [internet]. 2008 [cited 2022 may 23]; available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s1024-94352008000500006
42. Rodríguez Pérez Cuba Hernández Alfonso u, Piedra h, Suárez d, Hernández z, Valdés d. obtención del mapa de rendimiento georreferenciado del cultivo de la papa mediante el empleo de técnicas de agricultura de precisión. rev ciencias técnicas agropecu [internet]. 2006 [cited 2022 nov 21];15(2):37–41. available from: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93215208>
43. Carolina Castillo Giraldo a, Armando Rodríguez Alvarez d, Manuel Carrillo García j. lattice data: plugin de qgis que implementa análisis estadístico exploratorio de datos lattice para la identificación de correlación espacial. 2015 [cited 2022 oct 30]; available from: <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/13719>

CAPÍTULO VII

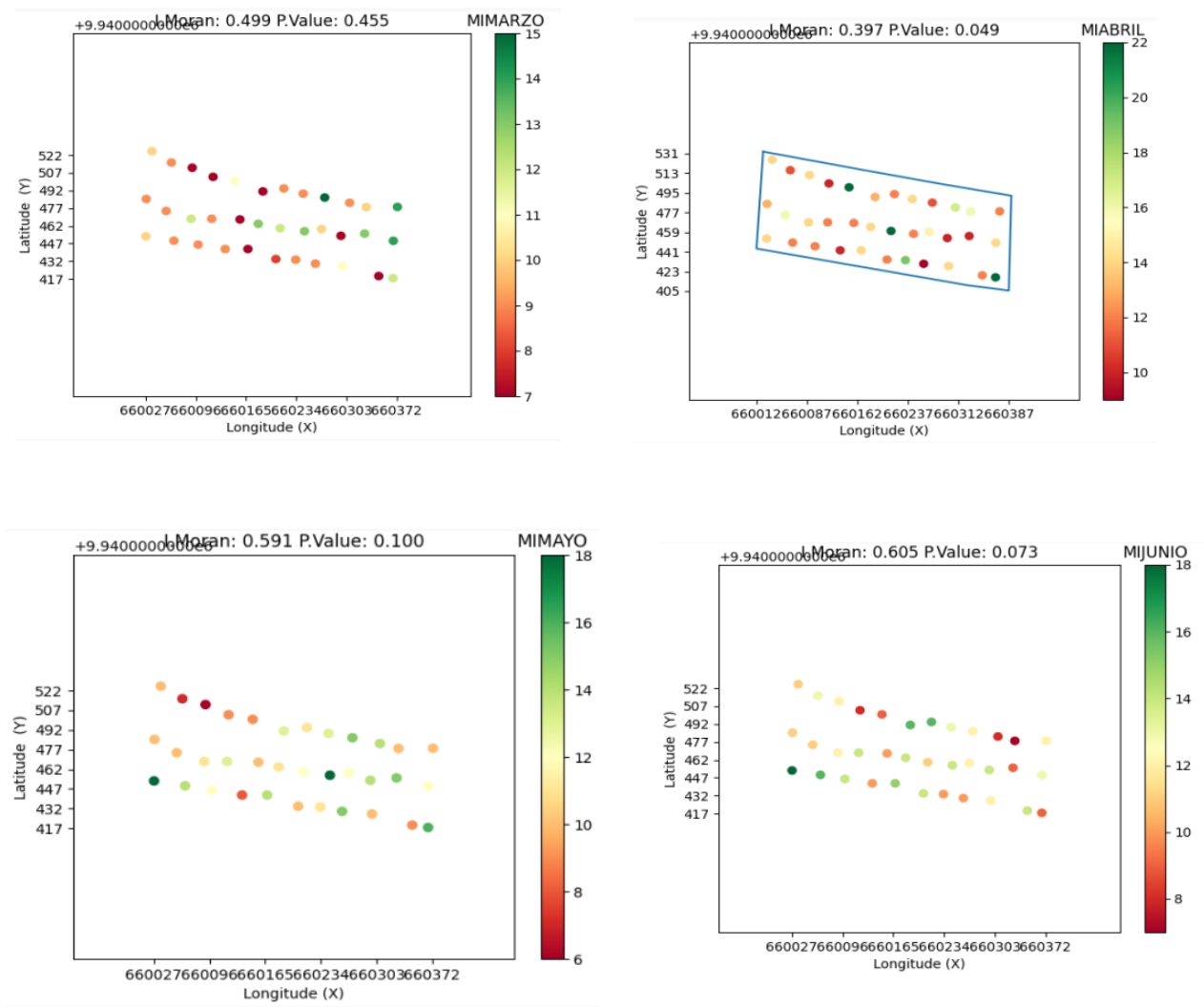
ANEXOS

7.1 Anexos

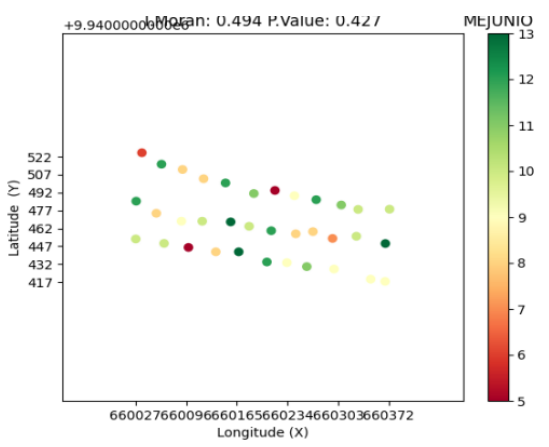
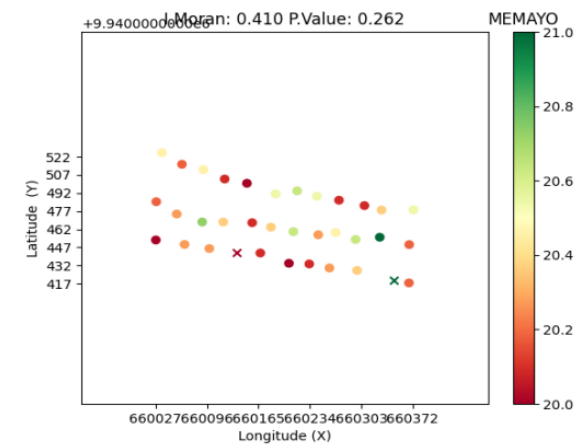
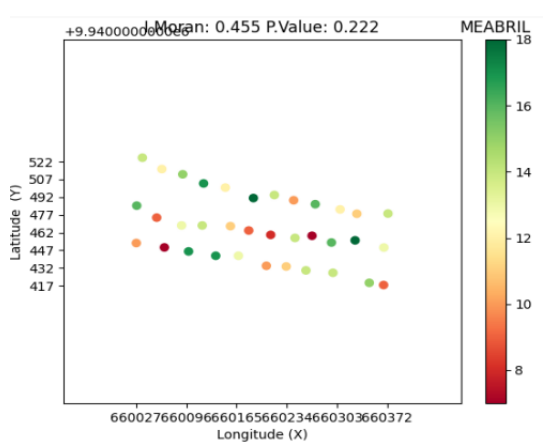
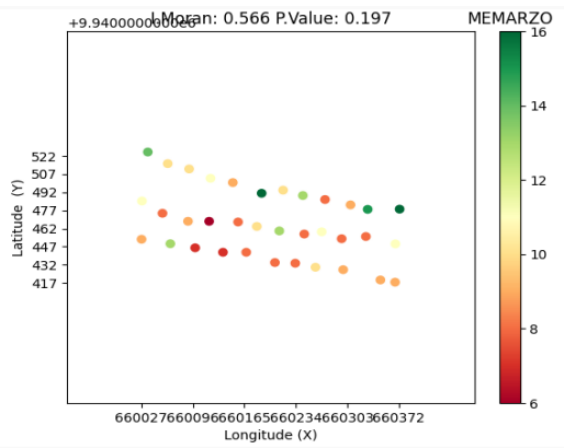
Anexo A. Croquis de la distribución de las parcelas en el terreno de investigación



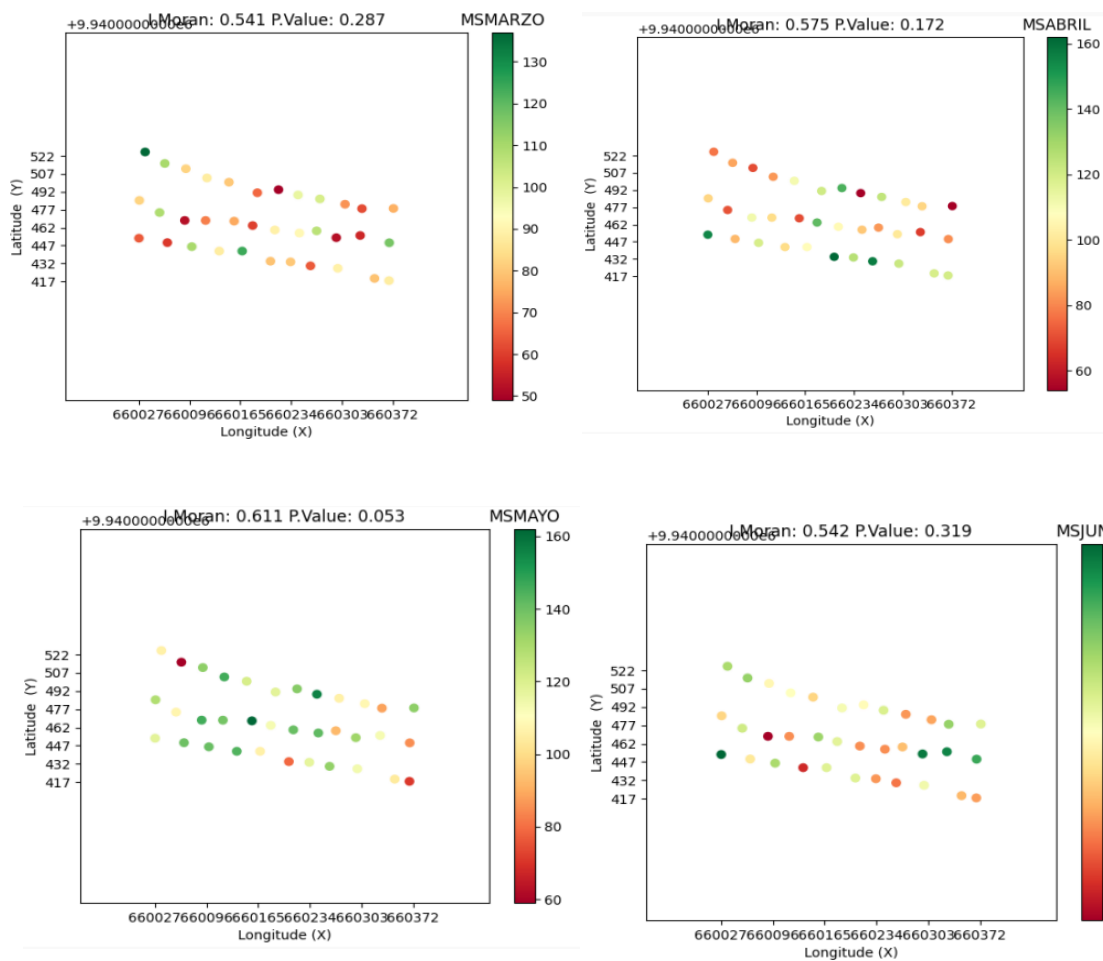
Anexo B. Cuadrícula de interpolación de las Moniliasis Interna



Anexo C. Cuadrícula de interpolación de las Moniliasis Externa



Anexo D. Cuadrícula de interpolación de las Mazorca Sanas



Anexo E. Fotografías del ensayo



Preparando las latillas



Realizando los huecos para las cañas



Colocando la Cinta



Medición del terreno



Toma de Datos



Día de Cosecha