



UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

TÍTULO DE:

**MAGISTER EN MATEMÁTICAS CON MENCIÓN EN
MODELACIÓN MATEMÁTICA**

TEMA:

**MODELO MATEMÁTICO PARA DETERMINAR LA INCIDENCIA
QUE TIENE EL CRECIMIENTO DE LA MONILLIASIS Y CÓMO
AFECTA LA PRODUCCIÓN DE CACAO EN LA ZONA DEL KM 30
VÍA CHILINTOMO DE LA CIUDAD DE BABAHOYO.**

AUTOR

Lcdo. JIMMY DARLIN ZAMBRANO PALMA

DIRECTOR TFM

Ing. EDWIN EVARISTO LEÓN PLÚAS. PhD

MILAGRO, NOVIEMBRE 2022

ECUADOR

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Por la presente hago constar que he analizado el proyecto de grado presentado por el **Sr. Jimmy Darlin Zambrano Palma**, para optar al título de **Magister en Matemáticas Mención Modelación Matemática** y que acepto tutorizar al estudiante, durante la etapa del desarrollo del trabajo hasta su presentación, evaluación y sustentación.

Milagro, a los 29 días del mes de Noviembre del 2021.

Ing. Edwin Evaristo León Plúas

Ph.D.

C.I. 0918303165

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El autor de esta investigación declara ante el Comité Académico del Programa de Maestría en **Matemáticas Mención Modelación Matemática** de la Universidad Estatal de Milagro, que el trabajo presentado cuyo título es: **Modelo matemático para determinar la incidencia que tiene el crecimiento de la moniliasis y cómo afecta la producción de cacao en la zona del km 30 vía Chilintomo de la ciudad de Babahoyo**. Es de mi propia autoría, no contiene material escrito por otra persona, salvo el que está referenciado debidamente en el texto; parte del presente documento o en su totalidad no ha sido aceptado para el otorgamiento de cualquier otro Título o Grado de una institución nacional o extranjera.

Milagro, a los 23 días del mes de Noviembre del 2022

Lcdo. Zambrano Palma Jimmy Darlin.

C.I. 1203164189

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
DIRECCIÓN DE POSGRADO
CERTIFICACIÓN DE LA DEFENSA**

El TRIBUNAL CALIFICADOR previo a la obtención del título de **MAGÍSTER EN MATEMÁTICA CON MENCIÓN MODELACIÓN MATEMÁTICA CON MENCIÓN EN MODELACIÓN MATEMÁTICA**, presentado por **LIC. ZAMBRANO PALMA JIMMY DARLIN**, otorga al presente proyecto de investigación denominado "DISEÑAR UN MODELO MATEMATICO PARA DETERMINAR LA INCIDENCIA QUE TIENE EL CRECIMIENTO DE LA MONILLIASIS Y COMO AFECTA LA PRODUCCION DE CACAO EN LA ZONA DEL KM 30 VIA CHILINTOMO DE LA CIUDAD DE BABAHOYO.", las siguientes calificaciones:

TRABAJO DE TITULACION 52.33

DEFENSA ORAL 36.33

PROMEDIO 88.67

EQUIVALENTE Muy Bueno



Firmado electrónicamente por:
**BYRON RAMIRO
ROMERO ROMERO**

**Msc. ROMERO ROMERO BYRON RAMIRO
PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL**



Firmado electrónicamente por:
**LUIS HENRY
TORRES
ORDONEZ**

**Mee TORRES ORDOÑEZ LUIS HENRY
VOCAL**



Firmado electrónicamente por:
**JUAN DIEGO
VALENZUELA
COBOS**

**Ph.D. VALENZUELA COBOS JUAN DIEGO
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL**

DEDICATORIA

El presente trabajo de Investigación, lo dedico con mucho cariño a mi hija Nathalia Zambrano, mi esposa, mi madre y a todos aquellos que de una u otra forma me apoyaron en forma incondicional para poder culminar esta etapa muy importante en mi vida profesional.

Lcdo. Jimmy Zambrano Palma

AGRADECIMIENTO

A Dios, a mi familia, al Tutor, a todos los profesores de los diferentes módulos de la Maestría, a los compañeros del grupo cuatro, y a cada una de las personas que colaboraron con sus consejos e ideas para el desarrollo de este trabajo de Investigación.

Lcdo. Jimmy Zambrano Palma

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Señor Doctor.

Fabricio Guevara Viejó.

RECTOR DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO.

Presente.

Mediante el presente documento, libre y voluntariamente procedo a hacer entrega de la Cesión de Derecho del Autor del Trabajo realizado como requisito previo para la obtención del Título de Cuarto Nivel, con el tema “**MODELO MATEMÁTICO PARA DETERMINAR LA INCIDENCIA QUE TIENE EL CRECIMIENTO DE LA MONILLIASIS Y CÓMO AFECTA LA PRODUCCIÓN DE CACAO EN LA ZONA DEL KM 30 VÍA CHILINTOMO DE LA CIUDAD DE BABAHOYO**” que corresponde al Vicerrectorado de Investigación y Posgrado.

Milagro, a los 23 días del mes de Noviembre del 2022

Lcdo. Zambrano Palma Jimmy Darlin.
C.I. 1203164189

INDICE GENERAL

CONTENIDO	Página
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.	4
CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.1 Planteamiento del problema.....	4
1.2 Delimitación del problema	5
1.2.1 Espacio	5
1.2.1Tiempo	6
1.2.3 Universo	6
1.3 Formulación del problema.....	6
1.4 Preguntas de Investigación.....	6
1.5 Objetivos	7
1.5.1 Objetivo general	7
1.5.2 Objetivos Específicos	7
1.6 Justificación.....	7
1.7 Conceptualización y operacionalización de variables	8
CAPÍTULO II.	10
MARCO TEORICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	10
2.1 Modelo Matemático	10
2.2 Modelo Matemático de Regresión lineal	11
2.3 Tipos de variables	11
2.4 Marco conceptual.....	13
2.5 Marco referencial.....	14
2.5.1 Hipótesis y Estimación	17

2.5.2 La linealización.....	17
2.6 El ajuste del modelo.....	19
2.7 Especificación del modelo regresión lineal múltiple	20
2.8 Plantación de cacao en Ecuador.....	20
2.8.1 Condiciones que favorecen el desarrollo de la Moniliasis del cacao	21
2.8.2 Impacto de la moniliasis del cacao en América Latina	22
CAPÍTULO III	24
MARCO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN	24
3.1 Tipo de Investigación	24
3.1.1 Investigación Exploratoria. -	24
3.1.2 Investigación Documental. -	24
3.1.3 Investigación de Campo. -.....	24
3.1.4 Investigación Aplicada. -	25
3.1.5 Investigación Cuantitativa. -	25
3.2 Diseño de la investigación.....	25
3.3 Tipo de métodos de investigación.....	26
3.4 Población y muestra.....	27
3.5. Instrumento de recolección de información.....	27
3.6 Variable de Investigación.	27
3.6.1 Variable Dependiente.	27
3.6.2 Variable Independiente.....	28
3.7 Experimentación.....	28
3.8 Contribución de los expertos.....	28
CAPITULO IV.....	29
PROPUESTA DEL MODELO MATEMÁTICO	29
4.1 Formulación del modelo de regresión lineal múltiple.....	29
4.2 Diagnósis y validación del modelo de regresión lineal múltiple.....	30

4.3 Análisis de los resultados obtenidos	36
Conclusiones generales	38
Recomendaciones.....	39
BIBLIOGRAFÍA	40
ANEXOS	43

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Ilustración 1 : Flujo del manejo pos cosecha del cacao. Fuente: Asociación Nacional de Exportadores de Cacao - Ecuador.	4
Ilustración 2 : Mazorcas buenas de los Residuales.....	32
Ilustración 3 : Mazorcas con Monilliasis de los Residuales	33
Ilustración 4 : Edad de la planta de los residuales	33
Ilustración 5 : Mazorcas buenas de Regresión ajustada	34
Ilustración 6 : Monilliasis de Regresión Ajustada	34
Ilustración 7 : Edad de la planta de Regresión Ajustada	35
Ilustración 8 : Muestra percentil.....	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de las variables	9
Tabla 2: Tipos de variables y su modelo de regresión. Fuente: Modelos estadísticos para el pronóstico de los parámetros fisicoquímicos 2018	13
Tabla 3: Estadísticas de la regresión	31
Tabla 4: Análisis de varianza.....	31
Tabla 5 : Parámetros.....	32

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Forma funcional ecuación de Regresión.	11
Ecuación 2: Ecuación de la variable endógena.....	12
Ecuación 3: Ecuación del modelo de regresión multivariada.	15
Ecuación 4: Ecuación del modelo muestral estimado	16
Ecuación 5: Ecuación del coeficiente de determinación.....	19
Ecuación 6: Ecuación del coeficiente de determinación ajustado	19
Ecuación 7: Ecuación para obtener el tamaño de la muestra de una población no cuantificable	27
Ecuación 8: Ecuación de un modelo de regresión adecuado.....	29
Ecuación 9: Ecuación de la producción de cacao	29
Ecuación 10: Ecuación general del modelo de Regresión Lineal Múltiple	37

RESUMEN

Modelar matemáticamente no es más que idealizar la realidad con el propósito de transcribirla con sus códigos y formalismos a relaciones, ecuaciones, variables, parámetros, proposiciones, para resolver sustanciales problemas económicos, industriales y sociales. De hecho, el objetivo de esta investigación es determinar un modelo matemático para determinar la incidencia que tiene el crecimiento de la moniliasis y cómo afecta la producción de cacao. Los modelos matemáticos han demostrado ser una útil herramienta para estudiar, analizar, simular y predecir para la toma de decisiones en función de obtener mejores resultados en este caso en la cosecha de cacao.

Palabras claves: moniliasis, modelo matemático, producción de cacao.

ABSTRACT

Mathematical modeling is nothing more than idealizing reality with the purpose of transcribing it with its codes and formalisms into relationships, equations, variables, parameters, propositions, to solve substantial economic, industrial and social problems. In fact, the objective of this research is to determine a mathematical model to determine the incidence of moniliasis growth and how it affects cocoa production. Mathematical models have proven to be a useful tool to study, analyze, simulate and predict for decision making in order to obtain better results in this case in the cocoa harvest.

Keywords: moniliasis, mathematical model, cocoa production.

INTRODUCCIÓN

El cacao es de origen de las selvas de Centro América y Sudamérica, toma el nombre de “alimento de los dioses” según su significado en griego. Hay evidencia arqueológica que el cacao fue consumido por los mayas 400 años antes de Cristo por lo tanto se puede asegurar que fueron ellos comenzaron a cultivar el árbol del cacao, dando un gran valor a sus semillas, las utilizaban como moneda y alimentos por sus cualidades nutritivas (República del cacao, 2005).

Consideramos que el Ecuador cuyas principales materias primas de exportación son el banano, camarón, y el cacao, en cuanto el sector agropecuario se ha desarrollado satisfactoriamente gracias a los avances tecnológicos que este a su vez facilita el adecuado crecimiento y desarrollo que, con las estrategias empleadas ayuda a que las personas obtengan un producto de calidad.

En este trabajo de investigación vamos a considerar el cacao, que es una fruta tropical cuyos cultivos se encuentran principalmente en el litoral provincia de Los Ríos, Manabí, Guayas, Esmeraldas y en algunas zonas de la Amazonía como Sucumbíos, donde se encuentra la principal producción. Cuando se habla de cacao en el Ecuador debemos decir que se presentan dos tipos de granos: el cacao CCN-51 y el denominado Cacao Nacional que es uno fino de aroma que desde la época colonial se lo conoce como “Cacao Arriba”, El CCN 51 es un cacao clonal creado por el agrónomo ambateño Homero Castro Zurita en 1965 y que significa Colección Castro Naranjal, este cacao de origen ecuatoriano que el 22 de junio del 2005 fue declarado, mediante acuerdo ministerial, un bien de alta productividad. Con esta declaratoria, el Ministerio de Agricultura se compromete dar las facilidades para fomentar la producción de este cacao. (Guillermo Guerrero, 2013).

Para la toma de datos vamos a necesitar la presencia de expertos, los cuales, por su experiencia de varios años en el cultivo de cacao, por simple inspección pueden deducir del total de mazorcas que produce la mata, cuantas alcanzaran la madures y cuantas no porque son afectadas por las diferentes enfermedades que azotan a la mata de cacao, y con ello las afectadas por Monilliasis.

En esta investigación se debe considerar que para obtener una plantación adecuada de cacao se necesita tener una superficie óptima para la producción

sustentable, esto quiero decir que a más de tener un suelo imponderable, las condiciones climáticas deben ser excelentes además de no acumular mucha humedad en la zona debido a la siembra de árboles que producen poca luminosidad para el cultivo de cacao, y permitir que las labores asociadas a la producción sean las mínimas y así obtener una productividad máxima.

El Ecuador se ha posicionado en los últimos tres años, como el tercer productor mundial de cacao.

En el año 2016 las provincias de Los Ríos, Manabí, Guayas y Esmeraldas fueron, en ese orden, las zonas con mayor área sembrada en el Ecuador. Siendo la provincia de Guayas la de mayor productividad y rendimiento de cacao representando un 28% del porcentaje nacional (ANECACAO, 2019).

La provincia de los Ríos es una de las cuatro provincias en el Ecuador con mayor área sembrada del producto cacao CCN-51. Este trabajo se lo realizará en la zona del kilómetro 30 vía Chilintomo de la ciudad de Babahoyo, en una plantación de cacao de muestras no cuantificables, se consideró matas de cacao de diferentes edades, que oscilan entre los 2 y 10 años.

Para obtener la producción de una mata de cacao se cogió las mazorcas maduras de dicha mata se le saco la cascara y se desveno las pepas, luego estas entraron al periodo de fermentación, para luego proceder al secado correspondiente y así poder estimar la producción de cada mata de cacao tomada como dato.

Actualmente sobre cacao los estudios se dirigen más por optimizar la producción, así como, mejorar los niveles de calidad, entre otros, con el fin de que brinde oportunidades no solo para los mercados nacionales sino también a los internacionales, por lo que se espera que la exportación de la nación aumente.

Pensamos que el modelo matemático intenta describir una relación entre las variables, usando términos matemáticos. Cabe indicar que se han construido modelos matemáticos en todas las ciencias, como las ciencias físicas, biológicas, sociales, además en el cálculo, en geometría y otras áreas afines.

Consideramos también que el Modelo matemático a utilizar, establecerá una serie de relaciones definidas en un grupo de variables que reflejan la esencia de los fenómenos en el objeto de estudio. Considerando que en este trabajo existe una gran cantidad de datos (660), se va a desarrollar el modelo de regresión lineal múltiple. (Pérez, R. A., Mosquera, S. A., & Bravo, J. J. 2012).

En entorno, el cacao al ser un producto de exportación con el cuál se puede elaborar una gran variedad de derivados, sin embargo, no hemos encontrado suficientes publicaciones de producción que permitan observar el pronóstico de este a futuro, la presente investigación tiene como meta la propuesta de un modelo matemático para determinar la incidencia que tiene el crecimiento de la moniliasis y cómo afecta la producción de cacao.

CAPÍTULO I.

CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA

En el presente capítulo se desarrolla los niveles macro, meso, micro del contexto de estudio y se resalta las problemáticas observadas con relación a la cosecha de cacao y se explica cómo se manifiesta la existencia del problema de investigación.

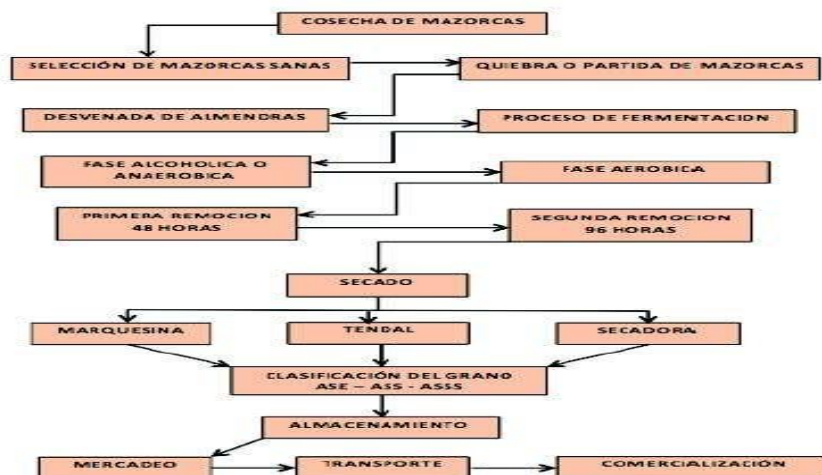
1.1 Planteamiento del problema

El cacao se puede cosechar en los diferentes periodos durante todo el año, sin embargo, en nuestro país, hay dos etapas de cosecha: ciclo 1, entre fines de febrero hasta a mediados de mayo y el ciclo 2 de fines de Septiembre a inicios de enero. Siendo el último ciclo con menor intensidad en relación al primero. (ANECACO, 2006).

La clave para determinar el momento exacto para la cosecha de las mazorcas de cacao es el cambio de coloración en su cáscara. Después de la cosecha se debe seguir un proceso de secado de la almendra, hasta llegar a la comercialización o exportación del cacao.

Se conoce este proceso como beneficio de las almendras a continuación se puede observar en siguiente diagrama de flujo

Ilustración 1 : Flujo del manejo pos cosecha del cacao. Fuente: Asociación Nacional de Exportadores de Cacao - Ecuador.



La planta de cacao presenta varias enfermedades que pueden afectar el cultivo, sin embargo, una de las más importantes y con una capacidad de afectar la

producción entre un 40 y 50% es la enfermedad conocida en Latinoamérica como moniliasis, vaina helada, enfermedad de Quevedo o podredumbre-acuosa cuyo agente causal es el hongo *Moniliophthora roreri*. La moniliasis se encuentra distribuida en 11 países de Latinoamérica y es capaz de afectar a especies silvestres y cultivadas de cacao. (Arvelo, M. A., González, D., Delgado, T., Maroto, S., & Montoya, P. 2017).

En el Ecuador la enfermedad afecta a mazorcas en cualquier estado fisiológico y se han presentado pérdidas de la producción que van en un rango entre 16 - 80% aproximadamente, con medias anuales que oscilan entre el 20 - 22% (Guamán, F. U. 2009).

Las condiciones para el desarrollo de la enfermedad varían en cada uno de los sectores debido a las condiciones ambientales como precipitación, humedad relativa, temperatura, luminosidad, patógeno infectivo, susceptibilidad del material. (Guamán, F. U. 2009).

El autor de esta investigación considera que la exportación de cacao en los últimos años es una gran fuente de ingreso de divisas, generando empleo, aportando a la balanza comercial y así como al Producto Interno Bruto (PIB). Pero se debe trabajar para contener el desarrollo de la enfermedad moniliasis, a fin de obtener buenos rendimientos en la cosecha de este producto.

1.2 Delimitación del problema

Para el cultivo de cacao CCN-51 existen dos enfermedades primarias como son la escoba de bruja y la Monilliasis; estas enfermedades son las causantes de la disminución en la producción cacaotera. En las nuevas plantaciones de cacao se han observado el desarrollo de nuevas enfermedades que afectan también a la producción, pero han tenido poca importancia y no se las ha analizado a fondo.

De estas enfermedades se puede mencionar el chinchorro, la mazorca negra, y otros males que pueden ocasionar la pérdida en la producción de cacao. (Guerrero, H. 2013).

1.2.1 Espacio

Este estudio se ejecutó en la provincia de Los Ríos, cantón Babahoyo, en el sector del kilómetro 30 vía Chilintomo.

1.2.1 Tiempo

Los datos que completan la información se obtuvieron dentro del rango previsto de validez de una investigación científica, para este trabajo de investigación duró de 2 años.

1.2.3 Universo

El tratado se apoyará en la propuesta de un Modelo Matemático de regresión lineal múltiple aplicado a la producción en una plantación de cacao del sector de Chilintomo, Babahoyo.

Para tratar de determinar la incidencia que tiene la Monilliasis en la producción de cacao, se va a considerar un modelo matemático que permita el análisis de la variable dependiente, por lo que también se puede comprender la relación de dos o más variables y nos admitirá relacionar mediante ecuaciones, una variable en relación a otras variables llamándose Regresión múltiple.

1.3 Formulación del problema

Teniendo en cuenta el estudio realizado en esta área del conocimiento, se asume como **Problema científico**:

¿De qué manera el uso de la regresión lineal múltiple ayudara en el desarrollo de un modelo matemático para predecir la producción de cacao a través del tiempo y la incidencia que tiene la Moniliasis, en la zona del km 30 vía Chilintomo de la Ciudad de Babahoyo?

1.4 Preguntas de Investigación.

1. ¿Qué características epistemológicas y bibliográficas se conoce acerca del estado del arte sobre modelo de regresión lineal?
2. ¿Mediante el análisis de los componentes de un modelo matemático se podrá identificar los factores que inciden en la producción de cacao en la zona del km 30 vía Chilintomo de la Ciudad de Babahoyo?
3. Al analizar los componentes de un modelo matemático, ¿Será posible identificar los factores que inciden en el crecimiento de la Moniliasis y cómo afecta la producción de cacao en la zona del km 30 vía Chilintomo de la Ciudad de Babahoyo?

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Establecer un modelo matemático apropiado para predecir la producción de cacao a través del tiempo, y la incidencia que tiene la Moniliasis en dicha producción en la zona del km 30 vía Chilintomo de la Ciudad de Babahoyo utilizando regresión lineal múltiple.

1.5.2 Objetivos Específicos

Revisión de la literatura relativa a modelos de regresión lineal, así como las características de cada uno de ellos.

1. Analizar el efecto de la Moniliasis que afecta la producción de cacao.
2. Analizar el efecto de los resultados del modelo matemático.
3. Considerar criterio de los Expertos para corroborar el valor científico del modelo matemático propuesto para determinar la producción de cacao y la incidencia que tiene la Moniliasis.

1.6 Justificación

Los modelos matemáticos, utilizan un proceso en el cual el objetivo es determinar si existe o no relación entre dos o más variables. Lo que se hace es que, conociendo los valores de una variable independiente, se trata de estimar los valores, de una variable dependiente.

Ejemplos de trabajos basados en estas herramientas tenemos los siguientes:

Ávila G. de Hernández Rita M, Rodríguez Pérez Vianel, y Hernández Caraballo Edwin A. 2012: Predicción del rendimiento de un cultivo de plátano mediante redes neuronales artificiales de regresión generalizada.

Rivas Raúl, Ocampo Dora, y Carmona Facundo.2011: Modelo de predicción de rendimiento de trigo a partir de NDVI: aplicación en el contexto de la agricultura de precisión.

En los estudios citados anteriormente, las técnicas utilizadas han sido la regresión en sus diferentes formas, demostrando que esta herramienta es ampliamente utilizada para estimar el rendimiento agrícola de diferentes especies vegetales.

1.7 Conceptualización y operacionalización de variables

A partir de los presupuestos anteriores, la **hipótesis** que caracterizó el proceder científico del autor de la Tesis durante el proceso de investigación, fue definida en los siguientes términos:

Si se desarrolla un modelo de regresión lineal múltiple entonces se podrá obtener la producción de cacao a través del tiempo en la zona del km 30 vía Chilintomo de la Ciudad de Babahoyo.

Variable independiente: Mazorcas buenas, Mazorcas con Moniliasis, y edad de la planta de cacao.

Variable dependiente: La producción en libras de cacao.

1.8 Operacionalización de las variables

Tabla 1: Operacionalización de las variables

Variable	Definición conceptual	Indicadores	Técnica
<p>Independiente:</p> <p>Mazorcas buenas, Mazorcas con Moniliasis, y edad de la planta de cacao</p>	<p>Mazorcas apta para la producción.</p> <p>Es una enfermedad causada por el <i>Moniliophthora roreri</i>.</p> <p>Oscilan entre los 2 y 10 años.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Color de la Mazorca • Se observa puntos o pequeñas manchas aceitosas de un color marrón. • Tamaño de la planta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Observación del color de la mazorca para determinar las mazorcas buenas y las mazorcas con problema
<p>Dependiente:</p> <p>La producción en libras de cacao</p>	<p>Mediante modelo matemático, utilizado hoja de cálculo de Excel.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Campos continuos. • Categóricos o derivados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Predecir la cantidad de cacao por producción mediante el modelo matemático.

Elaborado por: El autor

CAPÍTULO II.

MARCO TEORICO DE LA INVESTIGACIÓN

El presente capítulo es producto de varias fuentes: Revisión bibliográfica sobre el tema (textos, investigaciones, artículos), se hace un estudio sobre los modelos matemáticos y en particular el de regresión lineal múltiple. Además, se hace un análisis sobre las enfermedades en la plantación de cacao y en especial en la Moniliasis.

2.1 Modelo Matemático

Es importante señalar que un verdadero modelo matemático se define por las relaciones que combina entre sí. Estas relaciones son independientes de los datos que se quieran incluir en el modelo matemáticos, ya que, un modelo matemático se puede utilizar en diferentes circunstancias y en diferentes contextos (Aravena y otros, 2008)

Un modelo es, en definitiva, una herramienta de apoyo a la toma de decisiones; por esta razón, sus resultados deben ser inteligibles y útiles (Ramos y otros, 2010).

La construcción de modelos matemáticos es una de las herramientas utilizadas para analizar y estudiar problemas de distintas áreas del conocimiento; el objetivo de los modelos matemáticos es poder describir, explicar y predecir fenómenos y procesos en diferentes campos del conocimiento (Montesinos-López & Hernández-Suárez, 2007).

Consideramos que un modelo es una representación matemática simplificada de una realidad compleja. Modelar es la acción de construir un modelo, de acuerdo con la realidad.

De hecho, en cualquier modelo matemático se pueden determinar 3 fases:

- Construcción del modelo. Lo cual implica la transformación del objeto no-matemático en lenguaje matemático.
- Análisis del modelo. Estudio del modelo matemático.
- Interpretación del análisis matemático. Aplicación de los resultados del estudio matemático al objeto inicial no matemático.

Según Rodríguez Velázquez, los modelos matemáticos tienen un grado de exactitud con que se representa al objeto inicial y no la precisión con que las matemáticas analizan el modelo (Rodríguez Velázquez & Steegmann Pascual, 2013).

Para la realización de los modelos matemáticos se debe de trabajar en equipo multidisciplinario que aportan diferentes perspectivas y conocimiento en la representación de la realidad. Por lo tanto, un modelo se convierte en una herramienta de apoyo en la toma de decisiones (Ramos y otros, 2010).

El autor considera que los modelos matemáticos, deben ser vistos como el vínculo entre la teoría matemática y el mundo habitual en que vivimos, de modo que se convierten en una alternativa para resolver problemas que la sociedad presenta, con un pensamiento crítico que propicie la toma de decisiones.

2.2 Modelo Matemático de Regresión lineal

Para aplicar el modelo de regresión, considerando el tipo de variables y la representación funcional entre ellas. Las más básicas (aunque las más potentes en el sentido de que se puede obtener más información) es aplicar las lineales.

La regresión lineal en su versión “simple” se la considera para igualar dos variables, que resulta ser insuficiente; para derivar fenómenos complejos en la que influyen más de dos variables, esta versión es la “múltiple”. En el modelo de regresión lineal múltiple presumimos que más de una variable tiene influencia o está correlacionada con el valor de una otra variable (Universidad de Granada).

En el modelo de regresión lineal múltiple se establece la forma funcional:

Ecuación 1: Forma funcional ecuación de Regresión.

$$y_j = \beta_0 + \beta_1 X_{1j} + \beta_2 X_{2j} + \dots + \beta_k X_{kj} + u_j$$

Donde y_j es la variable endógena, x_{ij} las variables exógenas, u_j los residuos y β_i los coeficientes estimados del efecto marginal entre cada x e y . (Universidad de Granada).

2.3 Tipos de variables

En regresión lineal, se considera varias variables relacionadas con cualquier otra función y su desviación típica, que es una denominación que se reserva a la

muestra y a la población, cuando se refiere a un parámetro estimado, la media, la tendencia u otro - se suele denominar error estándar. (Montero 2016).

Aunque existen muchos tipos de variables, en estadística se asignan diferentes nombres a un mismo tipo de variable. Entonces en la función

Ecuación 2: Ecuación de la variable endógena

$$y_j = \beta_0 + \beta_1 X_{1j} + \beta_2 X_{2j} + \dots + \beta_k X_{kj} + u_j$$

y es una variable que alternativamente puede llamarse endógena, dependiente, regresiva, explicada o variable de respuesta entre otras, x son variables que se pueden llamar: exógenas, independientes, regresoras o explicativas (Bocco, M. 2010).

En regresión lineal múltiple se presenta una variable endógena y varias variables exógenas. Por lo que, se individualiza el fenómeno observado. También se da el caso de la presencia de varias variables endógenas, pero su solución es difícil por lo que no es el caso general (Cárdenas Sáez, B. L. 2018).

Cada variable tanto endógena como exógena puede adoptar dos formas generales:

- **Continuas:** Este tipo de variables, son aquellas que colman espacios. Por lo general suelen ser dígitos reales con decimales o no, y además funcionarán cuando su rango no sea de $-\infty$ a $+\infty$. Suelen ser variables (como el peso o la edad) consideradas variables cuantitativas, pero también pueden considerarse como variables cualitativas continuas cuando pueden ordenarse y tener un número no bajo de elementos (se dice que con más de siete elementos puede considerarse cuantitativa). (Universidad de Granada 2016).

Ejemplos son el número de ladrillos de una pared, puertas en una casa, árboles frutales plantados en un área...) Todas las variables de conteo, siempre que su rango sea alto (más de 7 elementos) podrían considerarse como continuas. Entre las variables continuas, cobran especial relevancia las conocidas como porcentajes. (Universidad de Los Andes-Chile).

Estas razones pueden considerarse variables continuas normales cuando se mueven en un rango central relativamente amplio, pero deben ser consideradas

de manera especial cuando se mueven cerca de sus extremos porque sus tasas de crecimiento están restringidas al intervalo [0; 1] (Universidad de Granada 2016).

- **Discretas:** Las variables discretas, suelen ser factores cualitativos que indican alguna característica del individuo (como la especie, el tono, el idioma...) Si solo hay dos características, se les suele llamar dicotómicas (especie, color...). Si hay más de dos, por lo general se les llama simplemente un factor. (Universidad de Granada 2016).

El tipo de variable es importante si afecta a la variable endógena (porque nos obligará a utilizar uno u otro modelo de regresión) pero no es tan importante si afecta a la variable exógena (Universidad de Granada 2016).

Pensamos que para cada tipo de variable existe un modelo de regresión completamente diferente, como se muestra en la tabla:

Tabla 2: Tipos de variables y su modelo de regresión. Fuente: Modelos estadísticos para el pronóstico de los parámetros fisicoquímicos 2018

Tipo de Variable	Modelo
Continua	Lineal
Dicotómica	Logit o probit
Recuento	Poisson o Binomial
Factor ordenado	Logit o probit Ordenada
Factor	Logit o probit Multinomial
Porcentaje	Regresión fraccional

2.4 Marco conceptual

El cacao: Es la materia prima con la que se fabrica el chocolate. De las mazorcas del cacao se obtienen las semillas crudas, luego de un proceso de fermentación y secado, para después molerse y luego el enfundado y distribución. Este es proceso regular para elaborar Chocolate a partir de las mazorcas de cacao sea del tipo que fuere.

Moniliasis: Es un tipo hongo que ataca al cultivo del cacao, causado por el basidiomiceto *Moniliophthora roreri*. En los países de América Latina se presenta con mucha frecuencia pues se adapta a una diversidad de ambientes.

Perturbación: Es el componente errático del modelo y, por tanto la desviación entre las observaciones reales de los fenómenos, y las observaciones esperadas de acuerdo con este modelo. En la perturbación se incluyen cuestiones tan diferentes como los errores de medida, la omisión de variables relevantes, la especificación incorrecta de la relación funcional, el comportamiento imprevisible de los individuos y de los agentes económicos, etc. (Universidad de Granada 2016).

Modelos matemáticos: Es una de las herramientas utilizadas para analizar y estudiar problemas de distintas áreas del conocimiento; el objetivo de los modelos matemáticos es poder describir, explicar y predecir fenómenos y procesos en diferentes campos del conocimiento.

Regresión lineal múltiple: Es una práctica propuesta a examinar por qué caminan las cosas o cuáles son las primeras explicaciones de algún evento.

Modelo de regresión lineal múltiple: Es un modelo descriptivo variable para valorar las relaciones entre varias variables. Otras medidas pueden ser campos continuos, categóricos o derivados, de modo que las relaciones no lineales también estén admitidas.

Heterocedasticidad: se produce cuando la varianza (del error) no es constante en las observaciones llevadas a cabo.

2.5 Marco referencial

La regresión es una técnica estadística que se fundamenta en calcular la similitud de una o varias variables en forma de función matemática. Esta situación nos da información sobre dicha relación.

Nos referimos en la presente investigación, en los trabajos enunciados pues abordan temas similares y muestran aportes interesantes de aplicación:

- Modelación matemática del tratamiento anaerobio de aguas residuales urbanas para la Hacienda Teresita. Sector agrícola de Milagro. Este trabajo tomado como referencia se basa en la propuesta de un modelo

matemático que permita la cantidad de la demanda bioquímica de oxígeno a la salida de una planta de tratamiento de aguas residuales, para lograrlo se utilizará la regresión multivariada como estrategia de obtención de los parámetros del modelo matemático (Bravo Moreno J, 2022).

- Modelos de regresión lineal múltiple. Como sabemos, la regresión lineal múltiple suele ajustar modelos lineales o linealizables entre una variable dependiente y más de unas variables independientes. En este tipo de modelos es importante ceder la heterocedasticidad, la multicolinealidad y la especificación (Universidad de Granada .2016).
- Análisis parcial en las preparatorias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla en las materias de matemáticas. Se aplica algunas técnicas de Estadísticas y un modelo de regresión lineal simple para determinar la relación que existe entre alguna variable x y otra variable y para hacer estimaciones sobre el comportamiento de la variable y (Armenta, D. 2012)

La Función regresión lineal múltiple pretende acordar modelos lineales o linealizables entre una variable dependiente y varias variables independientes. En este tipo de modelo es importante otorgar la heterocedasticidad, la multicolinealidad y la especificación (Montero Granados, 2016).

En la regresión lineal múltiple se utiliza más de una variable explicativa o independiente; esto tiene la ventaja de utilizar más información en la construcción del modelo y, por lo tanto, dar estimaciones más precisas (Rojo Abuín, 2007).

El modelo también incluye un término independiente. Si designamos por y a la variable dependiente o variable de respuesta, por $x_1, x_2, x_3, x_4, \dots, x_k$ a las variables independientes o explicativas; por ε al error o perturbación aleatoria, el modelo de regresión multivariado o regresión lineal múltiple viene dado por la siguiente expresión (Rodríguez Velázquez, J. A., & Steegmann Pascual, C. 2013):

Ecuación 3: Ecuación del modelo de regresión multivariada.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + \dots + \beta_k X_{ki} + \varepsilon_i$$

Los parámetros $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_k$ son fijos y desconocidos.

β_0 = intersección en eje (y)

β_1 = pendiente del eje (Y) con la variable X_1 manteniendo constante las variables X_2, X_3, \dots, X_k

β_2 = pendiente del eje (Y) con la variable X_2 manteniendo constante las variables X_1, X_3, \dots, X_k

β_3 = pendiente del eje (Y) con la variable X_3 manteniendo constante las variables $X_1, X_2, X_4, \dots, X_k$

·
·
·

β_k = pendiente del eje (Y) con la variable X_k manteniendo constante las variables $X_1, X_2, X_3, \dots, X_{k-1}$

ε_i = es el termino de error aleatorio en Y para la observación en i, que tiene la media 0 y la varianza σ^2 (prezi.com)

El modelo muestral estimado es:

Ecuación 4: Ecuación del modelo muestral estimado

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + \dots + \beta_k X_{ki} + \varepsilon_i$$

Donde ε_i es el residuo o diferencia entre el valor observado de Y y el valor estimado de Y obtenido utilizando los coeficientes estimados b_j , donde $j=1, \dots, k$. El método de regresión logra estimaciones simultaneas b_j de los coeficientes del modelo poblacional β_j utilizando el método de mínimos cuadrados.

En el modelo lineal, se logra diferenciar entre varios tipos de variable dependiente, ya que puede fijar el tipo de modelo de regresión. (Universidad de Granada, R. 2016):

Libre: Son datos de una muestra que abarcan toda la medida posible de la variable que puede tener en la población.

Censurada: Se puede establecer que, faltan datos en la muestra de la variable en alguna zona, pero existen datos en la población (el estado de salud en una

encuesta que solo recoge a mayores de 16 y hasta 85 años). En ocasiones, los modelos se pueden ajustar para la regresión censurada. (Modelos Tobit)

Truncada: Faltan datos en la muestra, o saltan después de un momento.

Un ejemplo, se considera que está prohibido trabajar por menos del salario mínimo, por lo que quien no gana el salario mínimo proyecta ganar cero. Esto hace que la regresión se trunque. En ocasiones, los modelos se pueden ajustar para la regresión truncada.

- **Doble Valla:** Nace como una maniobra del modelo truncado donde parece que hay dos fenómenos que cuantifican una relación: uno que determina el acceso o no al fenómeno y un segundo que determina el grado con el que se accede. (Montero, R. 2016)

2.5.1 Hipótesis y Estimación

Que los resultados de la regresión sean "fiables" (fiable es una forma coloquial de referirse a: imparcial, es decir que sus resultados son similares a los reales; y óptimo, es decir que su varianza es mínima) Es necesario que (Szretter, M. 2017):

- **La relación entre las variables sea lineal**, esto no significa que tenga que ser una línea recta, ya que puede ser lineal con alguna improvisación. (Montero, R. 2016)
- **Las perturbaciones** (son los efectos causados aleatoriamente por variables no incluidas en el modelo) deben ser: media cero, homocedástico y no auto correlacionado. Estos suelen resumirse bajo el nombre de "esfericidad" de los residuos.

2.5.2 La linealización

Para linealizar el modelo se debe considerar que la relación entre las variables dependientes e independientes sea directa. Pero, en algunos momentos observamos fenómenos que no tienen este carácter pero que pueden linealizarse con relativa habilidad.

Los procedimientos habituales para linealizar variables son: (Cannavos, G. 1995):

- En el caso de **factores ordinales**: Recopilación de una serie de libros de forma que, aunque la relación del factor con el dependiente no sea lineal, la de cada guía con el dependiente será lineal por construcción porque entre la referencia y cada serie de libros, sólo hay un paso. (Aunque probablemente nunca lo necesitaremos, llamaremos a esta operación simulación de linealización)
- En el caso de **variables cuantitativas** (ya sean cifras reales, enteros o naturales) las instrucciones más comunes son: tomar logaritmos o crear polinomios. (Universidad de Granada, Montero, R. 2016)

La función logaritmo se suelen tomar cuando se dispone de datos cuantificados en unidades monetarias, especialmente si son datos de diferentes momentos en el tiempo, pero también si son transversales. La razón es que los datos en unidades monetarias tienden a acumularse con el tiempo (inflación, producción, salarios...) y pueden conducir a un crecimiento que parece exponencial cuando es lineal. (Universidad de Granada, Montero, R. 2016).

Cuando se trabaja con la variable que fueron transformada en logaritmos (por su facilidad matemática se suele utilizar el logaritmo natural (\ln)) lo que se suele hacer es tener cuidado con la interpretación de la β^* ya que no corresponderá al incremento de una unidad de x antes de una unidad de $\ln(x)$. (Modelos-de-regresión-lineal-múltiple. Free Download)

Dadas las diferentes propiedades que tiene la función logaritmo, pueden interpretarse en el sentido de elasticidades (haciendo una regresión de $\ln(x)$ sobre $\ln(y)$) como el cambio porcentual en y cuando cambia un valor de 1% x , o en el sentido de semielasticidades (regresión de $\ln(x)$ sobre y) como el cambio en y de un cambio del 1% en x . (Universidad de Granada, Montero, R. 2016)

La construcción de polinomios sigue una filosofía similar. Esto implica introducir un polinomio de la variable en lugar de la variable misma. De modo que se logre la linealidad de la relación. Por lo que, podemos implantar la variable x entonces dicha variable será regresoras, e introducimos x_2 ; x_3 , etc. (Universidad de Granada, Montero, R. 2016).

2.6 El ajuste del modelo

Resulta que la variable dependiente tiene variabilidad total (que elevamos al cuadrado llamamos Total Sum of Squared - SCT), resulta que los residuos tienen otra variabilidad restante (que elevamos al cuadrado llamamos Sum of Squared Residuals - SCR), entonces su modelo se ajusta a la diferencia (Aravena, M., Caamaño, C., & Giménez, J. 2008).

Se puede montar un índice que llamamos coeficiente de determinación como:

Ecuación 5: Ecuación del coeficiente de determinación

$$R^2 = 1 - \frac{SCR}{SCT}$$

El cual es un valor que oscila entre 0 (peor ajuste) y 1 (ajuste más alto). De hecho, un ajuste superior a 0,8 también debería preocuparnos porque quizás nos hayamos equivocado en algo como haber puesto variables próximas o combinaciones lineales de la variable dependiente como independientes.

Entonces aplicando construcción, una vez que adiciono una variable al modelo, y no acomodo nada, reduzco los grados de libertad, lo que aumenta el ajuste (en última instancia, un modelo con tantas variables dependientes como datos encajaría perfectamente, aunque las variables independientes no tienen nada que ver), por lo que es mejor corregir este coeficiente con los grados de libertad. (Universidad de Granada, Montero, R. 2016).

El coeficiente de determinación ajustado es:

Ecuación 6: Ecuación del coeficiente de determinación ajustado

$$\bar{R}^2 = 1 - \frac{SCR/n-k}{SCT/n-1}$$

Siendo n es el número total de observaciones y k es el número de variables en el modelo, (n-k) son los grados de libertad de los residuos y (n-1) son los grados de libertad del modelo. \bar{R}^2 , es un parámetro que oscila entre 0 (ajuste nulo) y 1 (ajuste sospechosamente perfecto). (Universidad de Granada, Montero, R. 2016).

Ciertos autores consideran que la prueba de significación global F es también una medida de ajuste. Esta prueba consiste en comprobar si se cumple la

Hipótesis Nula de que todas las estimaciones son cero, es decir, $H_0: \hat{\beta}_1 = \hat{\beta}_2 = \dots = \hat{\beta}_k = 0$. Si el parámetro F es significativamente diferente de 0, el H_0 es rechazado. y se puede afirmar que algún $\hat{\beta}_j$ es diferente de 0 por lo que el modelo se ajusta a algo (Universidad de Granada, Montero, R. 2016).

2.7 Especificación del modelo regresión lineal múltiple

Cuando se analizó la relación entre dos variables (modelos simples), distinguíamos entre el análisis de la correlación en que las dos variables eran aleatorias y buscábamos una medida de la dependencia, que representábamos mediante el coeficiente de correlación de Pearson $r_{(X,Y)}$, y el análisis de la regresión, en la cual sólo una de las variables (Y) era aleatoria (la que queremos explicar), mientras que la otra (X) era fija y controlable por el investigador (Szretter, M. 2017).

Consideramos que, para desarrollar el modelo de regresión, tendremos en cuenta la posibilidad de explicar una variable (Y) (variable endógena) a partir de diferentes variables explicativas X_2, \dots, X_k (variables exógenas). Este enfoque nos acerca más a la realidad económica que se quiere modelizar, ya que gran parte de las relaciones económicas son multivariantes.

2.8 Plantación de cacao en Ecuador

Nuestro país es líder en la producción de cacao de excelencia, el cacao fino de aroma, con un volumen de cerca de 220,000 T / año, producto cuya demanda mundial ha crecido generando una demanda insatisfecha de cerca 120,000 T / año. (cefaecuador.org/cacao/)

Alrededor de 100 mil familias en el Ecuador de pequeños productores están involucradas en la cadena de suministro (99% del total); se estima que el 60% de ellas no tiene la propiedad de la tierra y mantiene bajos niveles de rendimiento por hectárea (5 qq / ha), el 80% usa productos agroquímicos y solo unos pocos se reúnen en asociaciones (Guamán, F. U. 2009).

Para ciertos agricultores, el acceso al mercado se limita exclusivamente a la comercialización del cacao en grano; la producción de productos semielaborados es limitada a pocas empresas, y a nivel local la producción de chocolate está dominada por pequeñas empresas locales que en algunos casos

se están posicionando a nivel internacional por la calidad de sus productos. (cefaecuador.org/cacao/)

Las exportaciones están dominadas por las transnacionales. Más del 35% ha crecido el mercado de chocolate especial, chocolate negro y cobertura lo que concuerda con la recuperación de nichos de mercado para el cacao orgánico (Zambrano, A. et al.2015).

En Ecuador se cultiva dos tipos de cacao, como lo habíamos mencionado anteriormente, el nacional reconocido mundialmente por su aroma floral y de producción exclusiva, por otra parte, el cultivar CCN-51 de características de rendimiento para extraer semielaborados, que son importantes para producir a gran escala chocolates, depende de variedades y tipos de cacao, las mazorcas de estos pueden ser de color blanco, verde, amarillo o rojo. (República del cacao, 2005).

De hecho, en 2017 se registran 560.000 hectáreas de cacao, distribuidas básicamente en las provincias costeras y en las regiones occidentales de la Región Andina (ANECACO, 2019).

2.8.1 Condiciones que favorecen el desarrollo de la Moniliasis del cacao

En el Ecuador las exportaciones de productos agrícolas alcanzaron una participación del 61,1% de los ingresos no petroleros tradicionales dentro de la balanza comercial. Entre los exponentes de esta actividad se encuentran el banano, camarón, café, cacao y atún (ANECACO, 2019).

El cacao es importante en la economía ecuatoriana al ser uno de los principales productos agrícolas de exportación, además de generar empleos para los habitantes de sectores rurales y urbanos. Se estima que aproximadamente 600.000 personas participan directamente en toda la cadena cacaotera (República del cacao, 2005).

A propósito, la alta humedad ambiental y temperatura conlleva al desarrollo de la Moniliasis a la planta del cacao que en ocasiones puede producir la muerte de la misma.

Se debe considerar que el momento más trascendental o pico de cosecha de cacao a menudo coincide con el periodo lluvioso, lo que causa mayores pérdidas

en el cultivo. De hecho, la enfermedad sigue siendo uno de los principales factores limitantes para la producción de cacao. (CropLife Latín América)

No obstante, hay dos factores atenuantes de la enfermedad en este momento que son:

- Altos precios del cacao que estimulan un mayor control de la enfermedad.
- Existen áreas importantes de producción establecidas libres de la enfermedad o donde la enfermedad apenas está estableciéndose.
(CropLife Latín América)

Sin embargo, hay factores que favorecen e incrementan la incidencia de enfermedades causadas por hongos, entre ellos la moniliasis, se puede mencionar la falta de poda, recolección y posterior eliminación de frutos infectados, así como la inadecuada selección de material genético y la avanzada edad de los cultivos (República del cacao, 2005).

2.8.2 Impacto de la moniliasis del cacao en América Latina

A propósito, la planta de cacao presenta varias enfermedades que pueden afectar el cultivo, sin embargo, una de las más importantes y con una capacidad de afectar la producción entre un 40 y 50% es la enfermedad conocida en Latinoamérica como moniliasis, vaina helada, enfermedad de Quevedo o podredumbre-acuosa cuyo agente causal es el hongo *Moniliophthora roreri* (López, Y., Cunias, M., & Carrasco, Y. 2020).

En varios países de América Latina la enfermedad de la Monilliasis está presente, tales como: Belice, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Perú, Panamá, Bolivia y Venezuela, con pérdidas estimadas del 80% de la cosecha anual. De cada tres frutos de cacao (llamados vainas) afectados por diversas enfermedades, dos vainas están lesionadas por moniliasis (Asanza, M., Alvarado, R., Vera, G., & Fernández, A. 2019).

México es el país más afectado, desde el 2005, ocasionando una disminución de la producción cerca del 60%. Además en el 2013 por las altas temperatura que se registraron, la producción se afectó el 70%, en las regiones de Chiapas y Tabasco, los daños alcanzan casi el 50% de la producción.

En Bolivia, la zona del Alto Beni, hay graves daños con posibilidad de que sigan aumentando por la propagación de la enfermedad. (ANECACO, 2019).

En Colombia por ejemplo, las pérdidas calculadas anualmente son del 40% de cacao seco, ocurriendo un mayor impacto en el Departamento de Santander, aunque también se reportan pérdidas anuales que oscilan entre el 20 y 90% según la región y el grado de tecnificación de la plantación. (CropLife Latín América)

En Venezuela está diseminada en el occidente del país y causa pérdidas superiores al 50% de la cosecha en plantaciones con bajo nivel de tecnología (Asanza, M., Alvarado, R., Vera, G., & Fernández, A. 2019).

En Ecuador en la región amazónica, que comprende Sucumbíos, Orellana y Napo, por la alta humedad se pierde más del 40% de la producción, es decir 8.000 toneladas de cacao, lo que representa 20 millones de dólares por año. (Asanza, M., Alvarado, R., Vera, G., & Fernández, A. 2019).

Consideramos que el cacao al ser un producto de exportación con el cuál se puede elaborar una gran variedad de derivados, sin embargo son insuficientes los estudios que permita el control de esta enfermedad que afecta la producción.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

En este capítulo se presentan los resultados relacionados con la metodología a utilizar en búsqueda de una propuesta de solución donde se describen los algoritmos predecesores al desarrollo en este trabajo. Se aplica el Método de Regresión Lineal Múltiple, para el proceso de la base de datos, con lo cual se hará la valoración de la Metodología del modelo matemático.

3.1 Tipo de Investigación

3.1.1 Investigación Exploratoria. -

El presente trabajo investigación corresponde al tipo exploratorio, debido a que se realiza un acercamiento a un tema que no ha sido estudiado a fondo, en esta investigación que se fundamenta a través de la recolección de datos (660) en la plantación ubicada en el kilómetro 30 vía a Chilintomo, se pueda descubrir patrones por los cuales se le dará una explicación a la incidencia que tiene la Monilliasis en la producción de cacao. El apoyo teórico y práctico permitirá desarrollar una propuesta de modelo matemático, logrando así el objetivo de este estudio.

3.1.2 Investigación Documental. -

Además este trabajo también tiene un estudio de carácter documental debido a que para su elaboración se utilizaron mayormente diferentes fuentes bibliográficas como tesis y, artículos científicos, así también el criterio de expertos en la producción de cacao, entre otros que sustentan los diversos temas abordados en este proyecto.

3.1.3 Investigación de Campo. -

Para desarrollar el trabajo de investigación se utilizará el trabajo de campo ya que el sondeo debe realizarse directamente en la plantación de cacao, para conocer la situación real del entorno problema, donde los expertos y quien va a desarrollar el trabajo investigativo, se involucren directamente en el estudio de cada variable planteada, para que se pueda explicar.

3.1.4 Investigación Aplicada. -

El trabajo de investigación es aplicable porque pretende generar conocimiento de un problema del sector cacaotero de la zona, y también aplicarlo en cualquier lugar donde se produzca cacao en el país.

Está previsto desarrollar un modelo matemático que ayudará a las predicciones sobre la producción de cacao, y la incidencia que tiene la Monilliasis.

3.1.5 Investigación Cuantitativa. -

El trabajo de investigación es cuantitativa porque se recopilan y analizan datos (660 Datos), es decir datos de producción quincenales. Con este método se identifica una tendencia o comportamiento de producción, lo que permite realizar predicciones, verificar relaciones y obtener resultados productivos generales. Se espera que ayude a mejorar los niveles de producción de cacao, en la zona del kilómetro 30 de la vía Chilintomo.

3.2 Diseño de la investigación

El presente trabajo de investigación se fundamentó en un punto de vista mixto, que representan un conjunto de técnicas invariables, empíricas y críticas de investigación que envuelven la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio.

Es Cuantitativo, porque se recabó información que fue sometida a análisis estadístico. Se utilizó Técnicas cuantitativas, además se buscó las causas y la explicación de los hechos que se estudió y finalmente se obtuvo una medición controlada del problema.

Es Cualitativo, porque estos resultados pasaron a la criticidad con soporte del marco teórico. Se Privilegió técnicas cualitativas, además de buscar la comprensión de los fenómenos sociales, tiene un enfoque contextualizado, orientado al descubrimiento de hipótesis, con énfasis en el proceso, finalmente no fue generalizable ya que se estudió el caso en su contexto que asumió una realidad dinámica.

El objetivo de la presente investigación será proponer un modelo matemático apropiado que permita poder pronosticar de manera ágil la cantidad de libras de cacao, en el sector del kilómetro 30 vías a Chilintomo de la ciudad de Babahoyo, utilizando regresión lineal múltiple.

3.3 Tipo de métodos de investigación

En la investigación se utilizaron diferentes **métodos de investigación**, los fundamentales son mencionados a continuación:

- Los procedimientos lógicos del pensamiento, **análisis y síntesis**, así como la **inducción y deducción**, facilitaran la determinación de los fundamentos y teorías relacionadas con los modelos de regresión lineal y la incidencia que tiene el crecimiento de la moniliasis en la producción de cacao, lo que contribuirá a la sistematización de la información sobre el tema y a la elaboración del marco teórico de referencia.
- **Histórico-lógico** en el estudio de las diferentes enfermedades que se presentan en la plantación de cacao y los modelos de regresión lineal, hasta los trabajos actuales relacionados con el modelo de regresión lineal múltiple.
- **Análisis de documentos** en la consulta de literatura especializada relacionada con la teoría de los modelos matemáticos.
- **Método de modelación**, que posibilitara establecer la existencia de niveles para destacar y representar las características y las relaciones entre los componentes del campo de acción.
- **Método de Experto** para corroborar el valor científico metodológico del modelo de regresión lineal múltiple.
- **Métodos estadísticos** en la realización de estudios de la moniliasis y mediciones de su incidencia en la producción del cacao a través del modelo de regresión lineal múltiple.

3.4 Población y muestra

La población objeto de estudio en la zona del km 30 vía Chilintomo de la ciudad de Babahoyo. Debido a que es una población de muestras no cuantificables, se aplicó la fórmula para obtener el tamaño de la muestra la cual es:

Ecuación 7: Ecuación para obtener el tamaño de la muestra de una población no cuantificable

$$n = \frac{z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2}$$

Donde se utilizó el 95% de confianza y aplicamos la inversa de una distribución normal estándar, obteniendo un valor $z_{\alpha}^2 = 1.64$, además se trabajó con un valor de $p = 0.5$ y $q = 0.5$, que son parte del estándar original, y con un nivel de tolerancia de 3.2%, obteniendo un total de 660 matas de cacao de la muestra a trabajar, de esta forma se trabajó con muestras intencionadas.

3.5. Instrumento de recolección de información.

Los datos fueron tomados por observación de expertos en la producción de cacao, expertos que pueden predecir la cantidad de mazorcas buenas y la cantidad de mazorcas con problemas de Monilliasis por simple inspección en matas de cacao de la plantación.

El tiempo que duro este proceso fue alrededor de 20 meses de observación con visitas de campo esporádicas, y luego 4 meses para la toma de datos correspondiente.

La información será procesada por la hoja de cálculo Excel, con las diferentes funciones del modelo de regresión lineal múltiple, como se muestra en el anexo A.

3.6 Variable de Investigación.

En este trabajo se van a analizar variables dependientes e independientes.

3.6.1 Variable Dependiente.

Se considerara como variable dependiente la producción en libras de cacao, este dato se lo obtendrá mediante la aplicación del modelo matemático, y así predecir la producción de cacao a través del tiempo.

Esta comprobación la puedo realizar reemplazando valores en las variables independientes, por ejemplo la cantidad de mazorcas buenas, y considerar

también la cantidad de mazorcas con Monilliasis, que se dan en un tiempo determinado también, y así podremos obtener la cantidad en libras de cacao a obtener.

3.6.2 Variable Independiente.

En este trabajo de investigación, se considerara como variable independiente, la cantidad de mazorcas buenas de cacao, otra variable es la cantidad de mazorcas con problemas (Monilliasis) y la edad de la mata de cacao.

3.7 Experimentación.

Para el proceso estadístico de los datos se aplicó el modelo, utilizando como una hoja de cálculo de Excel soportada en Windows. Se elaboró una escala para efectuar la valoración integral. De hecho la valoración de los expertos fue considerada como dato cualitativo.

3.8 Contribución de los expertos.

Esta etapa se refiere al aporte que hacen las personas a carga de la plantación de cacao, estos expertos tienen la experiencia para con solo mirar la mazorca poder afirmar si esta llegará o no, al estado de maduración para que sirva como el rubro de cómputo final de las mazorcas buenas. Cabe mencionar que estos expertos tienen tanta efectividad en su predicción, tal que el error es de una o dos mazorcas. En los (660) datos su contribución fue mata por mata.

CAPITULO IV.

PROPUESTA DEL MODELO MATEMÁTICO

En este Capítulo se realiza la propuesta del modelo matemático. De hecho, el modelo de regresión lineal simple tiene como finalidad determinar la relación que existe entre alguna variable “x” y una variable “y” así como realizar estimaciones sobre el comportamiento de “y”.

4.1 Formulación del modelo de regresión lineal múltiple

Conocemos que, la regresión lineal es utilizada para establecer instrucciones y con los gráficos que sujetan al menos dos campos continuos con uno identificado como el destino y el otro como un predictor.

Además, se puede especificar un predictor categórico y dos campos continuos auxiliares en un gráfico y se pueden utilizar para generar un modelo de regresión adecuado.

Ecuación 8: Ecuación de un modelo de regresión adecuado

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \dots + \beta_k x_k + u$$

Como primer paso se debe seleccionar la variable dependiente (Y) y las variables independientes (X), luego se muestra la selección de las variables.

- **Variable Independiente:** Mazorcas buenas, mazorcas con problemas (Monilliasis), edad de la planta de cacao.
- **Variable Dependiente:** Modelo de regresión lineal múltiple
- El modelo que deseamos construir es:

Producción = término constante más mazorcas buenas, más mazorcas con problemas (Moniliasis), más edad de la planta de cacao.

La ecuación a considerar para la producción de cacao es:

Ecuación 9: Ecuación de la producción de cacao

$$\hat{y} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3$$

Parámetros:

\hat{y} = Producción de cacao en libras

X_1 = Cantidad de mazorcas buenas

X_2 = Cantidad de mazorcas con problemas (Moniliasis)

X_3 = Edad de la planta de cacao, se consideró un de 2 a 10 años

β_0 = Intersección en el eje de producción en libras de cacao.

β_1 = Pendiente de Y con la variable X_1 , manteniendo constante las variables X_2 , X_3 .

β_2 = Pendiente de Y con la variable X_2 , manteniendo constante las variables X_1 , X_3 .

β_3 = Pendiente de Y con la variable X_3 , manteniendo constante las variables X_1 , X_2 .

4.2 Diagnóstico y validación del modelo de regresión lineal múltiple

Para interpretar bien un modelo de regresión, siempre debemos acompañar nuestra investigación con el diagnóstico y validación del modelo. Este diagnóstico incluye indagar si se verifican las hipótesis básicas del modelo:

- **Linealidad:** los parámetros y su interpretación no tienen sentido si los datos no son realmente de un modelo lineal, situación en la que las predicciones también pueden estar completamente equivocadas.
- **Normalidad de los errores:** La normalidad de los errores reconoce la estimación por intervalos de confianza no sólo para los coeficientes de regresión, sino también para la predicción.
- **Heterocedasticidad:** El modelo asume que la varianza del error es constante, y además la independencia de los errores.
- **Independencia de los errores:** Las variables aleatorias que representan los errores independientes entre sí.
- **Las variables explicativas:** X_1 ; X_2 ; . . ., X_n , son linealmente independientes.
- **Mazorcas buenas:** Son aquellas mazorcas de color amarillo, o tonalidad rojiza que se encuentran en la mata de cacao y forman parte de la producción de la mata.
- **Mazorcas con problemas:** Son aquellas mazorcas idénticas a las mazorcas buenas pero con manchas, las cuales se encuentran afectadas por el hongo de la Monilliasis, e incluso pueden ser mazorcas que se las

ve completamente sanas, pero al abrirlas están afectadas totalmente por dentro.

- **Edad de la mata:** En esta plantación la edad de las matas oscilan entre los 10 y 1 año, para la muestra se consideraron seis grupos de matas, unas de 10, 9, 7, 5, 4, y 2 años.

En la presente investigación se trabajará con una población de muestras no cuantificables de matas de cacao en la zona del km 30 vía Chilintomo de la ciudad de Babahoyo. La muestra es de 660 matas, estos datos tienen una temporalidad desde abril del 2020 hasta el mes de marzo del 2022.

De hecho, el ANEXO B contiene la dirección del Drive que contiene los datos para el estudio realizado teniendo presente los elementos siguientes: producción de cacao, mazorcas buenas, mazorcas con problemas (moniliasis), y edad de las matas de cacao. A demás aparece la tabla sobre el análisis de los residuales y los resultados de datos de probabilidad

Tabla 3: Estadísticas de la regresión

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,85927244
Coefficiente de determinación \widehat{R}^2	0,73834912
\widehat{R}^2 ajustado	0,73715255
Error típico	1,39582343
Observaciones	660

Tabla 4: Análisis de varianza

Análisis de varianza					
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	3	3606,65311	1202,2177	617,0525446	1,8119E-190
Residuos	656	1278,09993	1,94832306		
Total	659	4884,75303			

Tabla 5 : Parámetros

	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Intercepción	0,077553	0,1434269	0,54071447	0,588887946	-0,20407817	0,3591841	-0,2040781	0,35918418
Variable X 1	0,23884484	0,00617897	38,654468	2,9214E-171	0,22671188	0,25097778	0,22671189	0,25097778
Variable X 2	0,04778242	0,00822703	5,80797666	9,85842E-09	0,03162792	0,0639369	0,0316279	0,06393692
Variable X 3	-0,0195982	0,01977677	-0,99097048	0,322065369	-0,0584316	0,0192352	-0,0584311	0,01923521

Las siguientes figuras presentan la gráfica de cada variable independiente (X_1 , X_2 , X_3) contra los residuos, que se utiliza para detectar el problema de no linealidad.

De hecho, la heterocedasticidad, y autocorrelación en el modelo del ajuste. Lo significativo es que todas las gráficas presenten una estructura aleatoria de puntos.

Ilustración 2: Mazorcas buenas de los Residuales

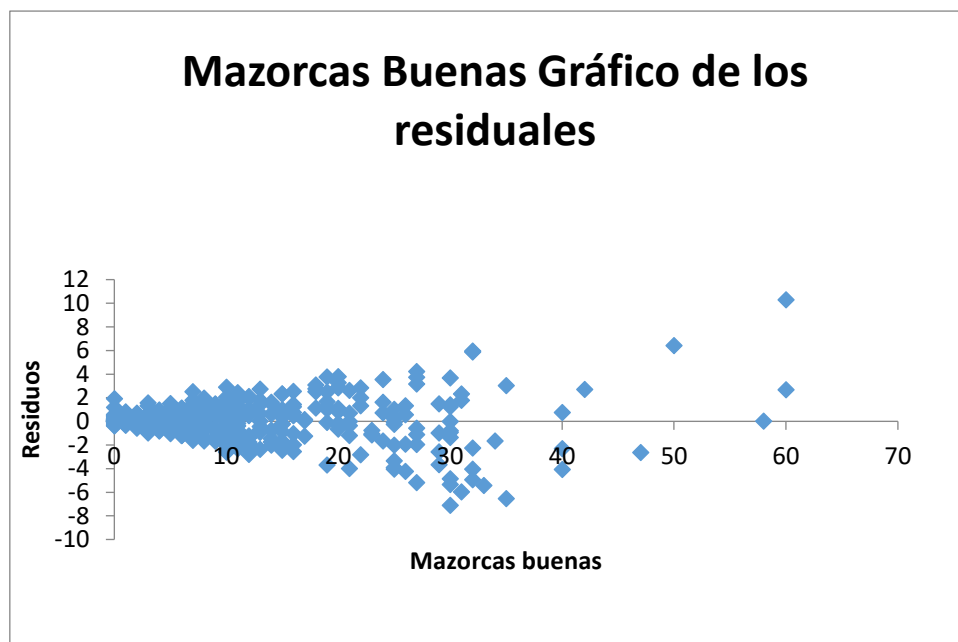


Ilustración 3: Mazorcas con Monilliasis de los Residuales

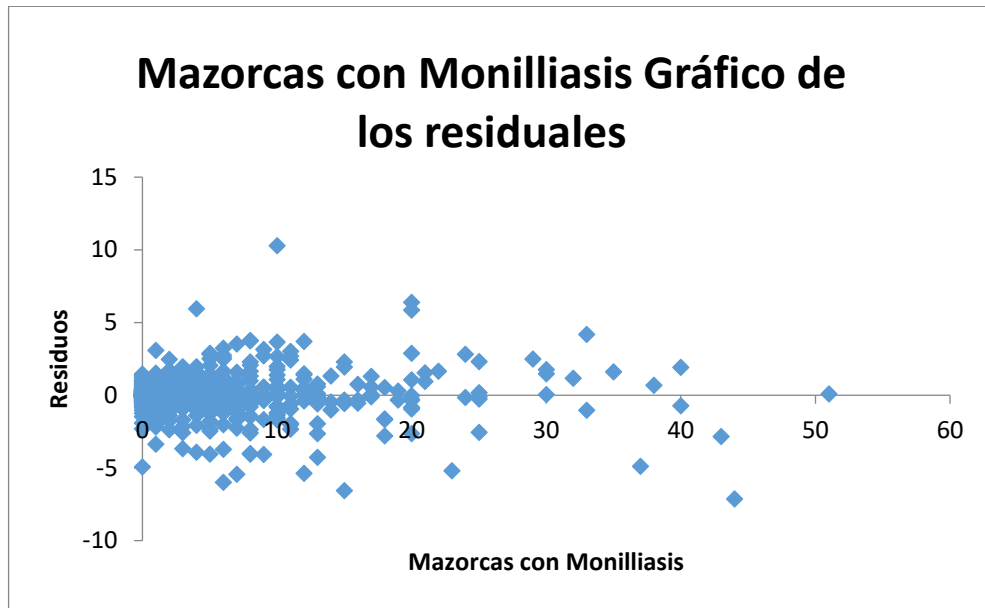


Ilustración 4: Edad de la planta de los residuales

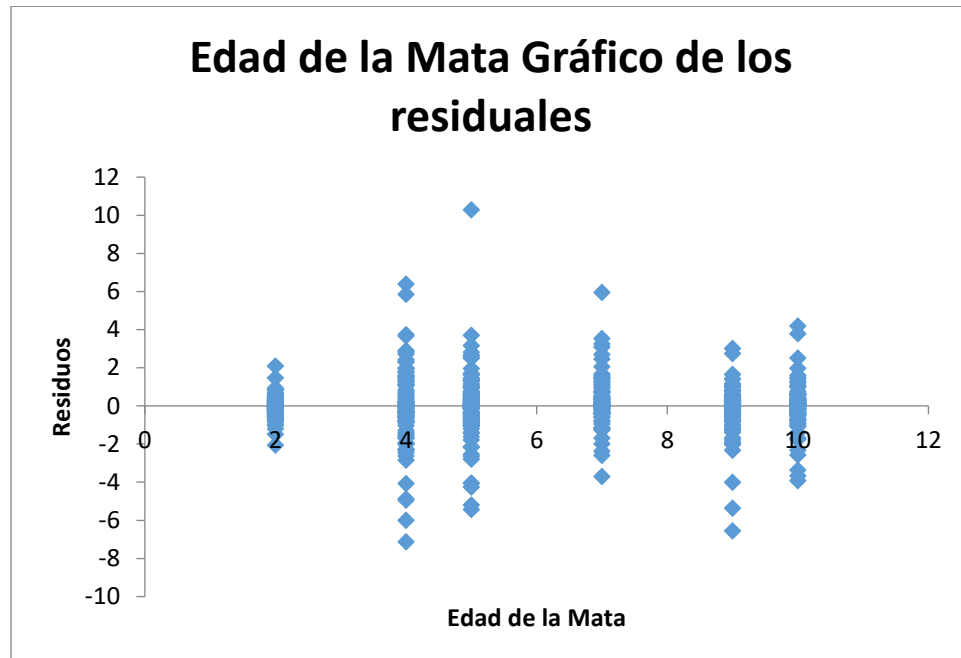


Ilustración 5: Mazorcas buenas de Regresión ajustada

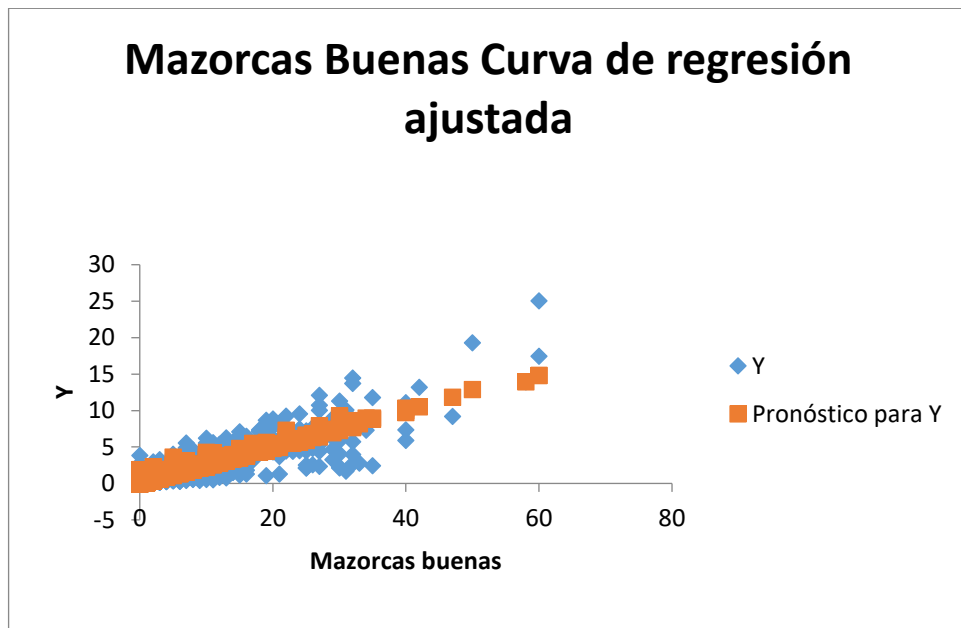


Ilustración 6: Monilliasis de Regresión Ajustada

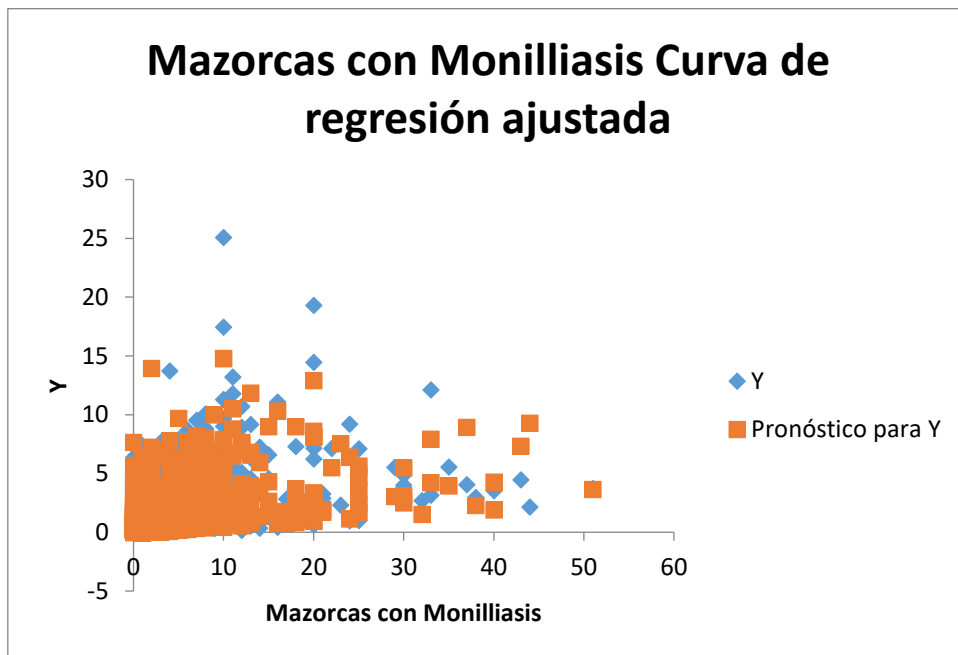


Ilustración 7: Edad de la planta de Regresión Ajustada

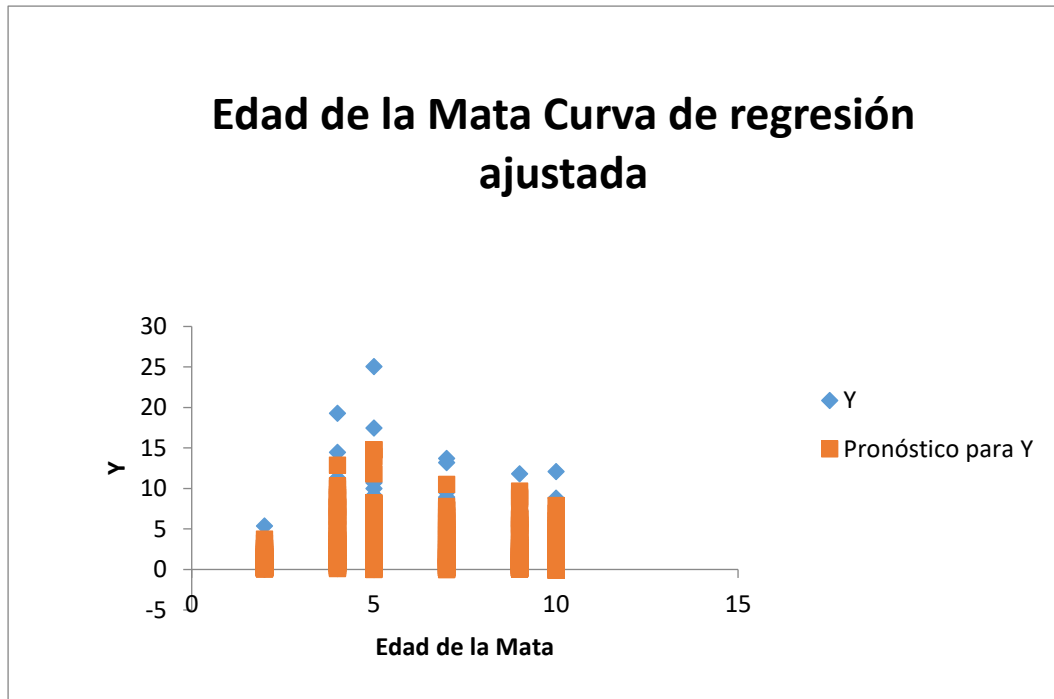
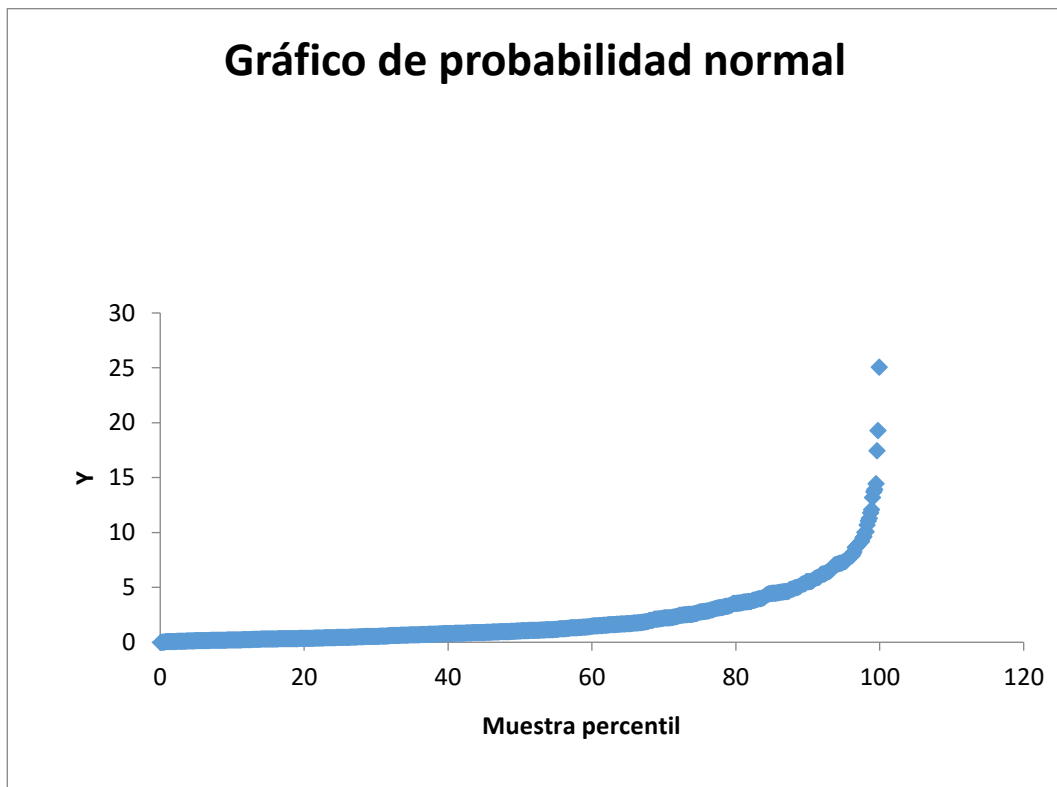


Ilustración 8: Muestra percentil



Como puede apreciarse la figura # 8 se manifiesta la hipótesis de normalidad en el modelo. La gráfica ideal es la diagonal del primer cuadrante.

4.3 Análisis de los resultados obtenidos

La homocedasticidad es una propiedad de un modelo de regresión lineal que implica que la varianza del error es constante en el tiempo. Además, si una varianza, además de ser constante, también es menor, esto conducirá a una predicción del modelo más confiable. (economipedia.com)

En cuanto al supuesto de linealidad, implica que la relación entre la variable dependiente y las variables independientes debe ser lineal. De hecho, cuando se trabaja con un Modelo Matemático con tres variables, dado que presenta un mejor ajuste a la realidad, y las tres variables seleccionadas contribuyen positivamente a la predicción de la variable dependiente.

Podemos observar en la tabla # 3 que la regresión nos da un coeficiente de regresión lineal múltiple igual a 0.86, lo que significa que si existe relación entre las variables dependiente e independientes.

El R^2 ajustado (o coeficiente de determinación ajustado) se utiliza en la regresión múltiple para distinguir el grado de intensidad o efectividad que tienen las variables independientes en explicar la variable dependiente. (economipedia.com)

Se observa que el resultado del coeficiente de determinación es igual a 0.74. Ya que el valor de R^2 siempre se encuentra entre 0 y 1. El valor de R^2 en este modelo de regresión lineal múltiple es 0.74.

En este modelo se trabajó con tres variables independientes: la cantidad de mazorcas buenas, la cantidad de mazorcas con Moniliasis y la edad de la planta de cacao. Como se observa en este modelo el R^2 es igual a 0.74, eso quiere decir que con esas tres variables independientes ya se puede explicar 74% de la varianza; y se tiene un R^2 ajustado del 74%

En realidad, se sustenta el Modelo Matemático de regresión lineal múltiple con las tres variables identificadas, presenta un mejor ajuste a la realidad, y las variables seleccionadas aportan positivamente a la predicción de la variable dependiente que es la producción de cacao.

Por lo que, en la tabla # 4 se observa que el modelo de regresión lineal múltiple utilizado presenta un valor del estadístico de prueba $F= 617,05$ y tiene un valor crítico igual a $1,8E-190$ valor muy pequeño que podríamos decir igual a cero, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se concluye que la dependencia lineal es estadísticamente significativa por lo que el modelo es adecuado.

Por lo tanto, podemos obtener la ecuación del modelo de regresión:

Ecuación 10: Ecuación general del modelo de Regresión Lineal Múltiple

$$\hat{y} = 0,077 + 0,238 X_1 + 0,047 X_2 - 0,019 X_3$$

Con esta ecuación, podemos predecir la producción en libras de cacao y con ello en quintales que podemos tener en un lapso de tiempo. En la ecuación establecida por el modelo de regresión podemos establecer que tanto la intersección con el eje de producción (eje y) tiende a cero, y la pendiente de la variable edad de la mata de cacao podemos considerarla que no aporta un valor que influya la ecuación y con ello en la producción.

Conclusiones generales

- Como resultado del proceso investigativo realizado se concluye que:
- La concepción de un Modelo de regresión lineal múltiple para determinar la incidencia que tiene el crecimiento de la monilliasis y cómo afecta la producción de cacao, constituyó el centro de atención en la elaboración de la Tesis.
- El análisis del marco teórico revela la necesidad de concebir un Modelo Matemático para potenciar el control de la monilliasis que afecta la producción de cacao.
- Se formuló el modelo de regresión lineal múltiple teniendo en cuenta las variables independientes seleccionadas, luego se ingresaron los datos a través de la hoja de cálculo de Excel, y se utilizó el programa de regresión lineal múltiple.
- Se obtuvo la ecuación general del método de Regresión lineal múltiple.
- Con la ecuación obtenida en el método de Regresión, podemos predecir la producción en libras de cacao y con ello en quintales que podemos tener en un lapso de tiempo.
- Con la valoración de los resultados alcanzados en el experimento, posibilitó la constatación de la factibilidad y la pertinencia del Modelo lo que contribuye a ofrecer una alternativa de solución para la producción de cacao.
- En las visitas de campo que se realizaron en la zona del Kilómetro 30 de la vía a Chilintomo, y teniendo un conversatorio con los expertos mientras se tomaban los datos, se concluyó a groso modo que se tiene una disminución del 35% aproximado de cacao que está afectada por la Monilliasis.

Recomendaciones

A partir de los resultados alcanzados con la puesta en práctica del Modelo de regresión lineal múltiple, se recomienda:

- La implementación del modelo matemático obtenido en este trabajo, con el fin de que sirva de herramienta a las empresas para determinar la incidencia del crecimiento de la moniliasis y cómo afecta la producción de cacao.
- Para futuras investigaciones, en base a las experiencias realizadas en este trabajo de investigación, se podría utilizar este modelo matemático, realizando una mejora continua del mismo, de esta manera al implementarlo las empresas tendrán una mejor eficiencia en la producción de cacao.

BIBLIOGRAFÍA

1. Anecaco. (2019). Asociación nacional de exportadores de cacao - Ecuador. Obtenido de Sector exportador de cacao: <http://www.anecacao.com/uploads/estadistica/cacao-ecuador-2019.pdf>
2. Asanza, M., Alvarado, R., Vera, G., & Fernández, A. (2019). Crecimiento Económico del cacao ecuatoriano. *Observatorio de La Economía Latinoamericana*, 262, 10–20.
3. Asociación Nacional de Exportadores de Cacao (ANECACAO). *Manual del Cultivo de Cacao*, 2006.
4. Aravena, M., Caamaño, C., & Giménez, J. (2008). Modelos matemáticos a través de proyectos. *Revista latinoamericana de investigación en matemática educativa*, 11(1). http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-24362008000100003&lng=es&nrm=iso&tlng=es
5. Armenta, D. 2012. Análisis parcial en las preparatorias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla en las materias de matemáticas.
6. Ávila G. de Hernández Rita M, Rodríguez Pérez Vianel, y Hernández Caraballo Edwin A. (2012): Predicción del rendimiento de un cultivo de plátano mediante redes neuronales artificiales de regresión generalizada.
7. Bocco, M. (2010). *Funciones elementales para construir modelos matemáticos*. Buenos aires: Instituto Nacional de Educación Tecnológica. <http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL001843.pdf>
8. Cárdenas Sáez, B. L. (2018). *Modelos estadísticos para el pronóstico de los parámetros fisicoquímicos*. Bogotá, Colombia. Obtenido de https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/1772/cardenas_brenda_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
9. Cannavos, G. (1995). *Probabilidad y Estadística Aplicación y métodos*. Ed. en español Mc GRAW- HILL/INTERAMERICANA DE MÉXICO.
10. Guamán, F. U. (2009). Caracterización morfológica y sensorial en dos épocas de cosecha de cacao elites tipo nacional (*Theobroma cacao* L.) a

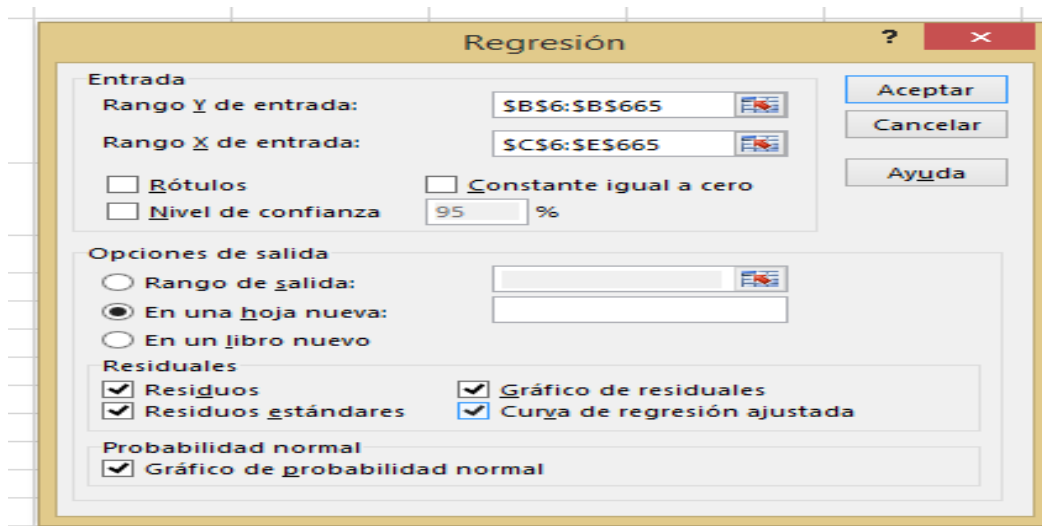
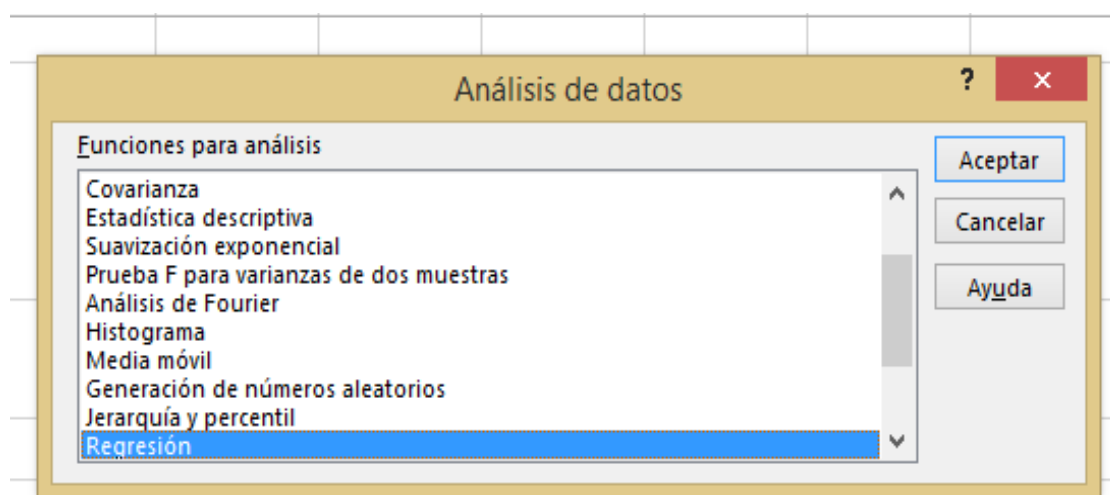
- nivel de fincas de productores de cantón Caluma. Obtenido de <http://dspace.ueb.edu.ec/bitstream/123456789/206/3/9.pdf>
11. Guillermo Guerrero, H. (2013). Revista Líderes. Obtenido de LÍDERES: <https://www.revistalideres.ec/lideres/cacao-ecuadoriano-historia-empezo-siglo.html>
 12. INIAP, I. N. (2019). Plataforma multiagencia de cacao para América Latina y el Caribe: Cacao 2030-2050 (Fondo Semilla). Obtenido de La cadena de valor del cacao en América Latina y el Caribe: https://www.fontagro.org/new/uploads/adjuntos/Informe_CACAO_linea_base.pdf
 13. López, Y., Cunias, M., & Carrasco, Y. (2020). El cacao peruano y su impacto en la economía nacional. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(3), 344–352.
 14. Montero Granados. R (2016): Modelos de regresión lineal múltiple. Documentos de Trabajo en Economía Aplicada. Universidad de Granada. España.
 15. Moreno, J, 2022. Modelación matemática del tratamiento anaerobio de aguas residuales urbanas para la Hacienda Teresita. Sector agrícola de Milagro. Tesis en opción del título Académico de Máster. Universidad Estatal de Milagro.
 16. Montesinos-López, O. A., & Hernández-Suárez, C. M. (2007). Modelos matemáticos para enfermedades infecciosas. *Salud Pública de México*, 49(3), 218-226. <http://www.scielo.org.mx/pdf/spm/v49n3/07.pdf>
 17. Pérez, R. A., Mosquera, S. A., & Bravo, J. J. (2012). Aplicación de modelos pronósticos en productos de consumo masivo. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v10n2/v10n2a14.pdf>
 18. Ramos, A., Sánchez, P., Ferrer, J. M., Barquín, J., & Linares, P. (2010). Modelos matemáticos de optimización. Madrid: Universidad Pontificia Comillas. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/34357606/modelado_en_gams-with-cover-page-v2.pdf?
 19. República del cacao. (2005). República del Cacao. Obtenido de Ecuador, la cuna del cacao: <https://es.republicadelcacao.com/blogs/news/ecuador-the-home-of-cacao>.

20. Rivas Raúl, Ocampo Dora, y Carmona Facundo. 2011. Modelo de predicción de rendimiento de trigo a partir de NDVI: aplicación en el contexto de la agricultura de precisión.
21. Rodríguez Velázquez, J. A., & Steegmann Pascual, C. (2013). Modelo Matemáticos. https://recursos.salonesvirtuales.com/wp-content/uploads/bloques/2012/08/Modelos_matematicos.pdf
22. Rojo Abuín, J. M. (2007). Regresión lineal múltiple. Instituto de Economía y Geografía, 2-33. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/36787341/regresion_lineal_multiple_3
23. Szretter N., M. E. (agosto - octubre de 2017). Apunte de Regresión Lineal. Obtenido de http://mate.dm.uba.ar/~meszre/apunte_regresion_lineal_szretter.pdf
24. Vilá Baños, R., Torrado Fonseca, M., & Reguant Álvarez, M. (2019). Análisis de regresión lineal múltiple con SPSS: un ejemplo práctico. Barcelona.
25. Zambrano Alexis, Gómez Álvaro, Ramos Gladys, Romero Carlos, Lacruz Carlos, y Rivas Eliana. (2010). Caracterización de parámetros físicos de calidad en almendras de cacao criollo, trinitario y forastero durante el proceso de secado. *Agronomía Tropical*.
26. Arvelo, M. A., González, D., Delgado, T., Maroto, S., & Montoya, P. (2017). En I. I. IICA, Estado actual sobre la producción, el comercio y cultivo del Cacao en América. México: Content Delivery (codex+). Obtenido de Estado actual sobre la producción, el comercio y cultivo del Cacao en América.
27. Modelos Tobit. (2001) Modelo de Regresión en la modelización de variables epidemiológicas censuradas.
28. (<https://prezi.com/login/access/?next=%2Fp%2Fvgmwsgrgxp0p%2Fregresion-lineal-multiple%2F>)
29. <https://cefaecuador.org/cacao/>
30. https://www.cropifela.org/es/?option=com_content&view=article&id=220&Itemid=108&lang=es%27
31. <https://economipedia.com/definiciones/homocedasticidad.html>
32. <https://docplayer.es/53186790-Modelos-de-regresion-lineal-multiple.html>

ANEXOS

ANEXO A

Tabla: Análisis de datos en Excel, Regresión



ANEXO B

Tabla: Estudio realizado en el sector del km 30 vía Chilintomo de la ciudad de Babahoyo

Enlace de la Base de Datos de la Investigación

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1q2NieQcN7zBwdPhS1BWfFt5J6Vt4ic7-/edit?usp=sharing&oid=116929834900779802215&rtpof=true&sd=true>

ANEXO C

Fotografías del campo de trabajo en la plantación de cacao, sector del km 30 vía Chilintomo de la ciudad de Babahoyo





















