



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
SEDE ORELLANA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

**“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO EN LA PRODUCCIÓN DE
MAÍZ MEDIANTE LA APLICACIÓN DE TRES
BIOESTIMULANTES EN EL CANTÓN JOYA DE LOS SACHAS”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR: DARWIN OMAR PINOS ROCEL

DIRECTOR: Ing. HILTER FARLEY FIGUEROA SAAVEDRA MSc.

El Coca – Ecuador

2023

©2023, Darwin Omar Pinos Rocel

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, DARWIN OMAR PINOS ROCEL, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

El Coca, 05 de abril de 2023



Pinos Rocel Darwin Omar

220034347-9

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
SEDE ORELLANA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular: Tipo: Trabajo Experimental, **“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ MEDIANTE LA APLICACIÓN DE TRES BIOESTIMULANTES EN LA JOYA DE LOS SACHAS”**, realizado por el señor: **DARWIN OMAR PINOS ROCEL**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Daniel David Espinosa Castillo MSc PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 _____	2023-04-05
Ing. Hilter Farley Figueroa Saavedra MSc. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 _____	2023-04-05
Ing. Maritza Carolina Sánchez Capa MSc. ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR	 _____	2023-04-05

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios por darme salud, vida y permitir haber culminado mi proyecto de tesis. A mi madre que en cada momento de mi formación profesional nunca me ha dejado rendirme siempre ha estado presente conmigo en cada paso que doy, es una felicidad muy grande haber llegado hasta este paso muy importante que es culminar con una de mis metas profesionales. A mis hermanos que me apoyaron incondicionalmente. A mi tía por estar a mi lado en todo momento, siempre apoyándome gracias por tu comprensión y motivarme a cumplir todo lo que me proponga. De igual manera a mis tutores Ingeniero Hilter Figueroa e Ingeniera Maritza Sánchez, por tenerme la paciencia necesaria, gracias por apoyarme en cada momento. A todos mis familiares, docentes y compañeros que de una u otra manera han estado presente durante la etapa de mi desarrollo profesional.

Darwin

AGRADECIMIENTOS

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo- Sede Orellana, gracias por haberme permitido formarme en tan honorable institución. Igualmente, mi más sincero agradecimiento a mis tutores Ingeniero Hilter Figueroa e Ingeniera Maritza Sánchez, por compartir sus conocimientos además gracias al apoyo incondicional por ser partícipe de mi proyecto de tesis. Doy gracias a todos los docentes que fueron partícipe de mi formación académicas y a mis compañeros de aula que compartimos lindos momentos durante nuestra carrera universitaria.

Darwin

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1. Antecedentes	3
1.1.1. <i>Antecedentes referenciales</i>	3
1.1.2. <i>Antecedentes Históricos</i>	9
1.2. Identificación del problema.....	14
1.2.1. <i>Formulación del problema</i>	17
1.2.2. <i>Sistematización del problema</i>	17
1.2.3. <i>Delimitación del problema</i>	17
1.3. Justificación	17
1.4. Objetivos	19
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	19
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	19

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	20
2.1. Maíz – <i>Zea mays L.</i>	20
2.1.1. Origen.....	20
2.1.2. <i>Importancia del maíz</i>	21
2.1.3. <i>Descripción morfológica del maíz</i>	22
2.1.4. <i>Fenología del maíz</i>	23
2.1.5. <i>Descripción Botánica del Maíz</i>	25
2.1.6. <i>Manejo del Cultivo</i>	28
2.1.7. <i>Deficiencias nutricionales</i>	30
2.1.8. <i>Control de maleza</i>	31
2.1.9. <i>Control de Plagas</i>	33

2.1.10. <i>Control de enfermedades</i>	34
2.2. Bioestimulantes	35
2.2.1. <i>Diferencias entre bioestimulantes y fertilizantes</i>	35
2.2.2. <i>Beneficios de los bioestimulantes</i>	36
2.2.3. <i>Tipos de bioestimulantes</i>	37
2.3. Marco legal	38
2.3.1. <i>Constitución de la República del Ecuador</i>	38
2.3.2. <i>Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, semillas y fomento de la agricultura</i>	39

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO	41
3.1. Enfoque de investigación	41
3.2. Tipo de investigación	42
3.3. Método de investigación	44
3.3.1. <i>Variables de estudio</i>	44
3.4. Materiales	44
3.5. Área de estudio	45
3.6. Localización	47

CAPÍTULO IV

4. Análisis e interpretación de resultados	48
4.1. Densidad de siembra para el experimento	49
4.2. Rendimiento por hectáreas	50
4.3. Tamaño de la raíz	51
4.4. Peso de la mazorca	53
4.4.1. <i>Peso del grano por mazorca (Lb)</i>	53
4.4.2. <i>Granos por unidad de mazorca</i>	54
4.5. Altura de la planta	55
4.6. Diámetro de la mazorca	56
4.7. Discusión	58

CONCLUSIONES	61
---------------------------	----

RECOMENDACIONES	63
------------------------------	----

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Taxonomía del Maíz.....	23
Tabla 2.3:	Descripción del área de estudio.	45
Tabla 3-4:	Análisis de resultados de cada una de las variables.....	51
Tabla 4-4:	Rendimiento por hectáreas en kg por tratamiento.	51
Tabla 5-4:	Agrupación de información para el tamaño de la raíz.....	52
Tabla 6-4:	Agrupación de información para el peso del grano de mazorca por lb.	54
Tabla 7-4:	Agrupación de información para el grano por unidad de mazorca.....	55
Tabla 8-4:	Agrupación de información para altura de la planta (m).....	56
Tabla 9-4:	Agrupación de información para diámetro de la mazorca (cm).	57

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-2:	Origen del Maíz.	20
Ilustración 2-2:	Sistema de descripción de las etapas de desarrollo del maíz.	23
Ilustración 3-2:	Etapas del sistema de cuello de hoja.....	24
Ilustración 4-2:	Etapas de la escala BBCH.....	25
Ilustración 5-2:	Partes del maíz.	26
Ilustración 6-2:	Composición de la mazorca	27
Ilustración 7-2:	Condiciones agroecológicas para la siembra del maíz.....	29
Ilustración 8-2:	Deficiencias macro y micro nutricionales.....	31
Ilustración 9-2:	Herbicidas empleados en el control de plaga de cultivos de maíz en el Ecuador.....	32
Ilustración 10-2:	Plagas que afectan el cultivo de maíz	33
Ilustración 11-2:	Enfermedades que afectan el cultivo de maíz.....	34
Ilustración 12-2:	Beneficios de los bioestimulantes.....	36
Ilustración 13-2:	Tipos de bioestimulantes	37
Ilustración 14-2:	Constitución del Ecuador – Biodiversidad.	38
Ilustración 15-2:	Constitución del Ecuador – Biodiversidad.	39
Ilustración 16-2:	Derechos en el ámbito de la agrobiodiversidad.	40
Ilustración 17-2:	Prácticas y tecnología.	40
Ilustración 18-3:	Investigación cualitativa: Características.....	41
Ilustración 19-3:	Características de la investigación descriptiva.....	43
Ilustración 20-3:	Marcas comerciales de bioestimulantes utilizados en el experimento.....	46
Ilustración 21-3:	Ubicación geográfica y coordenadas del cantón La Joya de los Sachas.....	47
Ilustración 22-4:	Porte de la raíz, en la evaluación de bioestimulantes en el desarrollo radicular de la planta.	52
Ilustración 23-4:	Peso del grano por mazorca (Lb).....	53
Ilustración 24-4:	Granos por unidad de mazorca – Por tratamientos.	54
Ilustración 25-4:	Altura de planta (m) – Por tratamientos.....	56
Ilustración 26-4:	Diámetro de la mazorca (cm) – Por tratamientos.	57

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: PREPARACIÓN DEL TERRENO PARA LA SIEMBRA

ANEXO B: SIEMBRA DEL MAÍZ

ANEXO D: APLICACIÓN DE UREA

ANEXO E: APLICACIÓN DE LOS BIOESTIMULANTES E INSECTICIDA

ANEXO F: TOMA DE DATOS DE LA VARIABLE ALTURA

ANEXO G: TOMA DE DATOS DE LA VARIABLE PORTE DE LA RAIZ

ANEXO H: TOMA DE DATOS DE LA VARIABLE DE DIÁMETRO DE LA MAZORCA

RESUMEN

El estudio de esta investigación consistió en diagnosticar los efectos en el rendimiento en la producción de maíz mediante la aplicación de tres bioestimulantes en el cantón Joya de los Sachas. Se consideró necesario recurrir investigación experimental, para lo cual, se establecieron tres tratamientos con bioestimulantes Evergren con dosis de 0.5l/h, Vital Humus y Sweet Extract con dosis de 1l/h y el tratamiento testigo que consiste en el cultivo en condiciones naturales, para poder evaluar su rendimiento, fue necesario establecer variables, siendo la independiente los bioestimulantes, mientras que en la variable dependiente se enlistan indicadores tales como el tamaño de la raíz, peso de la mazorca, altura de la planta, diámetro de la mazorca, número de granos por mazorca y el rendimiento por hectárea, , la aplicación de los bioestimulantes se realizó 3 repeticiones, a partir de los 10 días de germinación del maíz en intervalos de 15 días por aplicación. Los resultados obtenidos permitieron evidenciar que el uso de los bioestimulantes mejoró en el peso del grano de maíz en un 18.1%, la cantidad de granos en 13.9%, la altura de la planta en 9.1% y el diámetro de la mazorca en 4.4%. Cabe mencionar que los mejores resultados se obtuvieron a partir de una dosis de 0.5l por hectárea del bioestimulante Evergren. Se concluyó que el uso de los bioestimulantes aumentó el rendimiento para el desarrollo del cultivo de maíz. Se recomienda replicar el experimento con la utilización de diferentes híbridos de maíz, con la finalidad de verificar el alcance de los beneficios de los bioestimulantes aplicados en cultivos de maíz.

Palabras clave: <MAÍZ (*Zea mays L.*)>, <FERTILIZANTES QUÍMICOS>, <BIOESTIMULANTES>, <RENDIMIENTO DEL CULTIVO>, < SWEET EXTRACT >, <VITAL HUMUS>, <EVEERGREN>.

0675-DBRA-UPT-2023

ABSTRACT

The purpose of this research study was to diagnose the effects on yield in corn production through the three bio stimulants application in the Joya de los Sachas canton. It was considered necessary to resort to experimental research, for which, three treatments were established with bio stimulants Eveergren with doses of 0. 5l/h, Vital Humus and Sweet Extract with a dose of 1l/h and control treatment consisting the crop under natural conditions, in order to evaluate its performance, it was necessary to establish variables, the independent one being the bio stimulant, while dependent variable includes indicators such as root size, the bio stimulants application was carried out in three replications, starting 10 days after germination of the corn with intervals 15 days per application. The results obtained showed the use of bio stimulants improved corn grain weight by 18.1%, the number of grains by 13.9%, plant height by 9.1% and ear diameter by 4.4%. It is worth mentioning the best results were obtained from a dose of 0.5l per hectare of bio stimulant Eveergren. It was concluded the use of bio stimulants increased the yield for the corn crop development. It is recommended to replicate the experiment with the use of different corn hybrids, in order to verify the benefits extend of bio stimulants applied in corn crops.

Key words: <MAIZE (Zea mays L.)>, <CHEMICAL FERTILIZERS>, <BIOSTIMULANTS>, <CROP YIELD>, <SWEET EXTRACT>, <VITAL HUMUS>, <EVEERGREN>.

Translated by:



Lcda. Nancy de las Mercedes Barreno Silva. Mgs

Cédula: 060275902-9

DOCENTE-INGLES SEDE ORELLANA

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L), es considerado como uno de los cultivos más trascendentales a nivel mundial, no solo porque es la materia prima para el desarrollo de balanceados para las granjas de crianza, sino también porque está dentro de la dieta de los seres humano, convirtiéndolo en pilar fundamental de la soberanía alimentaria de muchos países, lo cual se corrobora con un consumo récord de 1.182,6 millones ton (Gallegos, 2022, pp. 1-3).

La producción de maíz en el Ecuador, es de vital importancia dentro de la soberanía alimentaria precisamente porque gran parte de esta es empleada para la elaboración de balanceado, que sirve de alimento para los animales de granja que posteriormente son faenados y puesto al mercado, además de que existen diferentes suplementos alimenticios hechos a base de maíz y productos que comúnmente consumen las personas, motivo por el cual, existe interés por encontrar una solución para poder mejorar el rendimiento y calidad de los cultivos.

Cabe mencionar que, en el Ecuador, está se da con mayor intensidad en la región litoral, donde la provincia con mayor potencial productivo es la de Los Ríos, sin embargo, este producto puede desarrollarse a lo largo del país, pero experimenta limitaciones en cuanto al clima o incluso por la propensión a recibir afectaciones por parte de enfermedades o plagas. En términos generales, el rendimiento de la producción de maíz se consigue a partir de la aplicación de fertilizantes nitrogenados.

Se debe tener en cuenta que, para la aplicación de los fertilizantes nitrogenados, se requiere hacer un estudio sobre los nutrientes del suelo para en base a esto, poder determinar una dosis optima, puesto que, en el territorio nacional se aplican grandes cantidades, lo que en determinadas zonas ocasionó la erosión del suelo y la contaminación de aguas. En la provincia de Orellana, el cultivo de maíz se lleva de la misma manera, sin embargo, no obtienen un rendimiento adecuado que justifique su inversión en fertilizantes.

En este caso la alternativa de solución es la aplicación de bioestimulantes, los cuales cuentan con gran acogida a nivel mundial y que, en ciertas provincias del Ecuador, empiezan a ser aplicados, los testimonios mencionan que estos fertilizantes son orgánicos, regulan el crecimiento de la planta, mejora su capacidad de absorción y la vuelve resistente a enfermedades y plagas. Con base a en lo antes mencionado se establece que el objetivo general de esta investigación es “Diagnosticar los efectos de los bioestimulantes en el cultivo de maíz en el cantón La Joya de los Sachas.”

Este estudio, guarda relación con el Plan de Creación de Oportunidades 2021 – 2025, puesto que, representa un aporte al cumplimiento del tercer objetivo es “Fomentar la productividad y competitividad en los sectores agrícola, industrial, acuícola y pesquero, bajo el enfoque de la economía circular”, (Secretaría Nacional de Planificación, 2021, p. 54).

En este caso la productividad de los cultivos de maíz se verá potenciada, puesto que, como se mencionó anteriormente los bioestimulantes hacen crecer la planta a un tamaño óptimo y por la calidad del grano, podrán competir no solo en el mercado nacional, sino que existe la posibilidad de que estos puedan venderse en el mercado externo, en este sentido se requiere de la intervención de ONGs e instituciones públicas para reemplazar los fertilizantes nitrogenados. Este estudio cuenta con cuatro capítulos, los cuales se describen a continuación:

El primer capítulo, consiste en la descripción de la problemática, que en este caso giran en torno al desconocimiento sobre alternativas ecológicas de fertilizantes, para lo cual, se establecen los objetivos a seguir para dar abordaje a esta situación y encontrar una posible solución. En el segundo capítulo, se realizará una revisión sobre los aspectos teóricos de la investigación donde se desarrollarán conceptualización y se revisarán teorías relacionada con la temática abordada. En el tercer capítulo, se procede a determinar la naturaleza de la investigación, a partir de la cual se escogerán las técnicas e instrumentos para llevar a cabo el estudio, que en este caso es una experimentación con bioestimulantes. En el cuarto capítulo se presenta a manera de contraste los resultados obtenidos con cada uno de los bioestimulantes aplicados en el suelo, para finalmente proceder con la redacción de las conclusiones y recomendaciones del estudio.

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

En este apartado de desarrollaron los antecedentes de la investigación, sin embargo, es preciso mencionar que este se divide en dos secciones, por un lado, están los antecedentes referencias, que son investigaciones realizada en años anteriores donde se da abordaje a la temática objeto de estudio, mientras que, por otro lado, están los antecedentes históricos que son, los hechos más relevantes, sobre la temática en cuestión a través de los años.

1.1.1. Antecedentes referenciales

En cuanto a los antecedentes referenciales es preciso mencionar que se recurre a una revisión bibliográfica, mediante el motor de búsqueda de google académico, que permitió tener acceso a investigaciones preexistentes, sobre la temática abordada que en este caso es el uso de bioestimulantes en la producción de maíz, es preciso mencionar que estos fueron seleccionados con base a un criterio de inclusión, que en este caso, es una antigüedad máxima de 5 años, es decir se tomarán en consideración aquellos que fueron ejecutados en el periodo 2018 – 2022. A continuación, se presentan los antecedentes referenciales de la investigación:

En la ciudad de México – México, desarrollaron una investigación titulada “Rendimiento de híbridos de maíz en respuesta a la fertilización foliar con bioestimulantes”. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de bioestimulantes en el rendimiento y en los componentes de híbridos de maíz (*Zea mays L.*) en Valles Altos del Estado de México. La siembra se realizó durante el ciclo primavera verano 2017 en tres ambientes (Jocotitlán, Temascalcingo, Jilotepec). Se evaluaron once híbridos de maíz (TSIRI PUMA; ATZIRI PUMA; TLAOLI PUMA; IXIM PUMA, H-50, #46#48; H-66; H-76; H-77; H-47AE y H-49AE). Los tratamientos foliares con bioestimulantes fueron los siguientes: B1= testigo; B2= Eurobor; B3= Euroligo; B4= Eurodual; B5= Euroalg. Las evaluaciones incluyeron: rendimiento de grano, producción de paja, hileras por mazorca, granos por hilera, granos por mazorca, peso volumétrico, peso de 200 granos y diámetro de mazorca. Para todas las variables se realizó un análisis varianza combinado y se realizó una prueba de comparación de medias (Tukey) y análisis de correlación (Pearson). Entre los ambientes, híbridos y en los bioestimulantes hubo diferencias significativas. En Temascalcingo se observó mayor rendimiento de grano con 13.5 t ha⁻¹. Los híbridos presentaron rendimientos superiores a estudios reportados en la literatura, y destacan los genotipos H-66, H-50 y H-76 en

el presente estudio. Los bioestimulantes aumentaron el rendimiento de grano de 7.9 a 11.4%, respecto al testigo, y afectó positivamente los componentes agronómicos de los híbridos evaluados. Los bioestimulantes resultan una alternativa en la fertilización complementaria para incremento de producción en el cultivo de maíz, (Martínez, et al., 2022, pp. 289 - 301).

Los autores en su estudio hace menciona que aplicar procesos de mejora en la nutrición de los cultivos, permite no solo obtener mejores rendimientos sino también potenciar la calidad del grano de maíz, para lo cual, consideran que los bioestimulantes son una alternativa rentables para que las plantas de desarrollen de manera óptima, ya que estos se incorporan con suma rapidez a su metabolismo, sin embargo, en México al igual que el resto de los países latinoamericanos, los pequeños productores no cuentan con los recursos necesarios para llevar su producción y alcanzar un rendimiento deseable, precisamente porque el valor de los fertilizantes es elevado.

Ante el alza de precios de los insumos agrícolas, la alternativa es aplicar procesos de innovación agrícola en la cual, se consiga adoptar acciones de fitomejoramiento, en el cual, en primera instancia seleccionan las semillas y posteriormente apliquen fertilización orgánica, como alternativa para sobrellevar los elevados precios de la fertilización química, sin embargo, los estudios sobre bioestimulantes en este país son pocos, ya que lo más común es que experimentan con hortalizas dentro de invernaderos.

El aporte de esta investigación consiste en la evidencia de los resultados obtenidos a partir de la fertilización foliar, en la cual, los investigadores experimentaron como componentes tales como aminoácidos y extractos de algas marinas, estas últimas siendo ricas en compuesto orgánicos e inorgánicos, lo cual, presento resultados alentadores debido a que se registró una mejora en cuanto al rendimiento del grado. Es preciso mencionar que los extractos de algas potencian la absorción de nutrientes y prologan la fotosíntesis en la planta.

En la ciudad de Manabí – Ecuador, llevó a cabo una investigación titulada “Evaluación de bioestimulantes producción ecológica de maíz (como sustitutos parciales de fertilización nitrogenada en *Zea mays L.*)”, que tuvo como objetivos evaluar la influencia de Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) y Rizobacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal (RPCV) en combinación con productos bioactivos como sustitutos parciales de fertilización nitrogenada sobre el desarrollo morfológico de maíz; determinar el rendimiento del maíz con aplicación de Hongos Micorrízicos y Rizobacterias en combinación con productos bioactivos y efectuar análisis económico. La metodología permitió utilizar un diseño experimental de bloques completos al azar en arreglo factorial $2 \times 6 + 1 + 1$, el Factor A Dosis de urea y el factor Bioestimulantes, las variables evaluadas fueron altura de planta e inserción de mazorca, días a

floración femenina y masculina, número de mazorcas por parcela, mazorcas dañadas por parcela, longitud y diámetro de mazorca, número de hileras de granos, peso de 100 granos, peso en kg/parcela y hectárea y análisis económico. Los resultados indican que los mejores tratamientos son el tres con 4729.38 kg/ha de maíz; el cinco con 4729.39 kg/ha; el 10 con 4649.22 kg/ha y el 11 con 4830.92 kg/ha de maíz; los mejores tratamientos superaron al testigo del agricultor entre el 26 y 29 % de rendimiento de maíz y superaron al testigo químico entre 13 y 16 % de rendimiento de maíz por hectárea. De la misma manera se constató en el análisis económico como mejor alternativa económica al tratamiento dos donde se utilizó 6 sacos de urea + Rizobacterias con 198,02 de Tasa de Retorno Marginal, (Bravo, 2020, p. 13).

En este estudio, los autores enfrentan, una problemática con respecto a la sostenibilidad de la producción de maíz en la ciudad de Manabí, donde mencionan que la fertilización nitrogenada, ya no es una alternativa sostenible, no solo por el costo sino también por el impacto negativo que esta genera en el suelo, el cual empieza a degradarse y como daño colateral, los cuerpos de agua más cercanos están contaminados, haciendo que los cultivos aledaños sean altamente dependientes de aportes químicos.

A partir de lo antes expuesto, los autores identifican que la necesidad a satisfacer, es la implementación de un sistema de manejo ecológico en la zona maicera que en este caso se encuentra ubicada en la vía Colon. Quimis, de manera que se reduzca se emplee la fertilización nitrogenada de manera responsables y se empleen bioestimulantes como complementos para ayudar a que las plantas aprovechen al máximo los nutrientes y poder reducir el efecto contaminante.

El aporte de este estudio, consiste en la conciencia sobre el impacto que tienen los fertilizantes de tipo químico en el ecosistema, ya que no solo dañan el suelo sino que también contaminan los cuerpos de agua, sin embargo, es posible apreciar que la fertilización por medio de bioestimulantes, no solo permite potenciar el rendimiento de los cultivos y su calidad, sino que actúan como una alternativa de remediación ambiental, además de que se evidencia una mejora significativa en al emplear una combinación de urea con rizobacterias.

En la ciudad de Babahoyo – Ecuador, realizaron un estudio titulado “Uso del extracto de alga (*Ascophyllum nodosum*) como bioestimulador en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays L.*) en la zona de Babahoyo”. Los objetivos planteados fueron investigar el uso de los bioestimulantes en el cultivo de maíz e identificar los beneficios del extracto de alga *Ascophyllum nodosum* en el rendimiento del cultivo de maíz en la zona de Babahoyo. Con la finalidad de desarrollar el presente documento se efectuó investigaciones en libros, revistas, periódicos,

artículos científicos, páginas web, ponencias que fueron sometidas a la técnica de análisis y resumen con temas referentes al uso del extracto de alga como bioestimulador en el rendimiento del cultivo de maíz en la zona de Babahoyo. Las conclusiones determinaron que las zonas agrícolas utilizan algas marinas como fuente de materia orgánica para fertilizar sus cultivos como complementos nutricionales entre los que se denominan bioestimulantes; el uso de bioestimulantes a base de algas marinas ha innovado la agricultura en la actualidad, mejorando los cultivos y causando efectos favorables en la cantidad, calidad y productividad de las cosechas, (Pérez, 2020, pp. 1-22).

En esta investigación los autores, se enfoca en el uso de un bioestimulantes, como es el caso del extracto del alga marina, que además del mejoramiento de la productividad y la calidad del cultivo, lo vuelve resistente ante factores tales como enfermedades o plagas, esto debido a que, por falta de conocimientos estos emplean productos agrícolas que no son enteramente necesarios, mientras que por falta de asesoramiento, no existe una concientización sobre el uso del *Ascophyllum nodosum*, para potenciar la absorción de nutrientes en las plantas.

Los autores mencionan que el alga en cuestión es abundante en la región litoral, mientras que su composición química incluye nutrientes esenciales como son nitrógeno, fósforo y potasio, sin embargo, en un segundo plano también se identifican Calcio, Manganeso, Zinc entre otros y diferentes bioestimulantes entre los cuales se identifica la bateinas. En términos generales, incrementa la generación de citoquininas, las cuales impulsan la división celular, lo cual, implica el brote.

El aporte de esta investigación, es el conocimiento sobre los componentes del extracto de alga, específicamente del *Ascophyllum nodosum*, que además de las citoquininas, también contiene polisacáridos y oligosacáridos, los cuales influyen en varias actividades de tipo biológico al ser aplicado en los cultivos, entre las cuales están la regulación del crecimiento y la resistencia a riesgos tales como las plagas o enfermedades. Finalmente, los autores presentan una conceptualización sobre bioestimulantes donde incluyen a cualquier sustancia o microorganismo, que contenga ácidos, ya sean húmicos o fúlvicos, también pueden ser los aminoácidos y en este caso el extracto de algas.

En la ciudad de Babahoyo – Ecuador, efectuaron una investigación titulada “Influencia de hongos micorrízicos más ácidos húmicos en la producción de maíz duro (*Zea mays L.*) en Babahoyo”. Los objetivos planteados en la investigación fueron determinar el efecto de la combinación de micorrizas y ácidos húmicos sobre el comportamiento agronómico del cultivo de maíz y establecer el tratamiento de mayor incremento en el rendimiento de grano. Como material de

siembra se empleó semillas del híbrido SOMMA. Los tratamientos estuvieron compuestos por micorrizas (Mycor) a dosis de 0,5 y 1,0 l ha-1 más ácidos húmicos en diferentes concentraciones; más un testigo absoluto sin aplicación de productos antes mencionados. Se aplicó el diseño experimental de Diseños Factoriales AxBxC+1, siendo utilizada la prueba de Tukey ($p \geq 0,05$). Los resultados obtenidos en campo mostraron la altura de planta estadísticamente diferente con la aplicación de la interacción de Mycor 0,5l ha-1+ Humus 12 % 3,0l ha-1. Con las aplicaciones se tuvo mayor longitud de mazorcas aplicando Mycor 0,5l ha-1+Humus 12 % 2,0l ha-1. Las plantas tratadas con Mycor 1,0 l ha-1+Humus 12 % 2,0l ha-1 mostraron incrementos en la producción de grano con una media de 6491,0 kg ha-1, (Colina, et al., 2022, pp. 13-34).

En este estudio, los autores realizan una experimentación con otro tipo de bioestimulante, que en este caso son ácidos húmicos en combinación con hongos micorrízicos, donde explican que estos hongos desarrollan una simbiosis con las raíces de las plantas, cabe mencionar que los hongos se encargan de generar la micorriza. Es preciso mencionar que existen distintos tipos de hongos, pero los más comunes y abundantes son los endomicorrízicos, los cuales inducen a la formación de vesículas en las raíces, las cuales sirven como sistema de almacenamiento y arbusculos, que se encargan del intercambio.

La explicación que brindan los autores sobre las micorrizas, consiste en que se trata de una simbiosis mutualista, que se encarga de expandir la capacidad de absorción de las raíces de la planta, con lo cual, le será posible asimilar agua, así como minerales entre los cuales se incluyen el nitrógeno y el fósforo, iones como el zinc, cobre y ácidos. En el caso puntual de los hongos micorrízicos arbusculares, además de potenciar la productividad y calidad del producto, se encarga de asistir a la planta para que se adapta al ambiente, lo que le permite crecer adecuadamente y generar semillas.

El aporte de esta investigación, es el conocimiento sobre otro tipo de bioestimulante, el cual, según los autores, es empleado como alternativa para sobrellevar los problemas de fertilidad del suelo, ocasionada por los escasos de materia orgánica y microorganismos que pudieran beneficiar al cultivo. Además de que permite comprender la simbiosis, el hongo crea las vesículas en la raíz para que la planta pueda almacenar mayor cantidad de nutrientes, mientras que a través del arbusculos puede obtener carbono.

En la ciudad de Quevedo – Ecuador, (Narváez, 2022, p. 8) ejecutó un estudio titulado “Respuesta del cultivo de maíz (*Zea mays*) a la aplicación de bioestimulantes a base de fitohormonas y prebióticos” cuyo objetivo fue evaluar las respuestas del cultivo de maíz a la aplicación de bioestimulantes a base de fitohormonas y prebióticos. Se estableció dos diseños para esta

investigación: un DBCA con parcela dividida para la etapa vegetativa y un DBCA con un arreglo factorial de 2x3 con 3 repeticiones para la etapa reproductiva y los dos factores fueron el factor A: híbridos (Trueno y Dekalb) y factor B: bioestimulantes (XL Plus, Biostim y G-5), cuyas interacciones se compararon entre A x B donde se registraron datos para la etapa vegetativa y reproductivas. Los resultados obtenidos demostraron que el híbrido Trueno obtuvo los mejores parámetros agronómicos, mientras en el caso de los bioestimulantes evaluados su incidencia fue significativa para la altura de planta alcanzando 89.99 cm con la aplicación de G-5, mientras que para el diámetro del tallo se obtuvo 1.56 y 1.53 cm para G-5 y Biostim respectivamente. Para las variables reproductivas se alcanzó un número de hileras por mazorca de 14, longitud de mazorca de 27.85 cm, diámetro de la mazorca de 6.28 cm, peso de la mazorca con 267.02 g y rendimiento de grano con 7426.83 kg/ha gracias a la aplicación de Biostim quien demostró ser de los mejores bioestimulantes para esta investigación. La relación beneficio costo que registró el Biostim fue significativa, alcanzado un ingreso neto de \$1123.24, obteniendo una rentabilidad del 77%.

En este estudio, los autores resaltan los resultados obtenidos con el uso de los bioestimulantes en la producción agrícola actual, los cuales se ven potenciados, cuando se trata de cultivos de ciclo corto, como es el caso del maíz, que es una de las gramíneas con mayor connotación en el país, sin embargo, mencionan que aun cuanto este producto puede cultivarse en todo el territorio nacional, zonas como en el caso del cantón Buena Fe, el clima representa una limitante para la producción, ya que esta zona es susceptible a riesgos como las plagas o enfermedades.

En atención a las complicaciones antes mencionada, los autores emplean como bioestimulantes, sustancias prebióticas y fitohormonas, que, en este caso, sin ser nutrientes posibilitan que la plante crezca óptimamente, lo cual, implica que los agricultores encuentren alternativas personalizadas donde se tomen en cuenta aspectos geográficos como es la calidad del suelo y el agua, sin embargo, el cambio comienza por la selección de una mejor semilla para iniciar con el proceso de siembra.

El aporte de este estudio, consiste en el conocimiento sobre la influencia de las condiciones climáticas en el desarrollo de los cultivos, lo cual, también influye en la selección del bioestimulante, ya que como se ha mencionado anteriormente entre los beneficios que estos fertilizantes tienen, se encuentra el fortalecimiento de las plantas frente a plagas y enfermedades. Sin contar el hecho que estos pueden contrarrestar el efecto negativo de los fertilizantes químicos.

1.1.2. Antecedentes Históricos

En este apartado se desarrollan los referentes históricos, lo que conlleva a realizar una reseña sobre la evolución que han tenido los fertilizantes químicos en un inicio, hasta lo que actualmente se conoce como bioestimulantes que son fertilizantes orgánicos. Sin embargo, en términos generales se puede decir que la evolución de los fertilizantes, tiene un gran impacto en el ámbito político y socioeconómico, pero a largo plazo originaron cambios significativos en el medioambiente producto de la síntesis de fertilizantes a través de fórmulas químicas.

Para llevar a cabo este proceso se consideró necesario emplear una herramienta de investigación como es la línea del tiempo con la cual, se revisarán los hitos de los fertilizantes a través del tiempo. A continuación, se presenta la gráfica en cuestión:

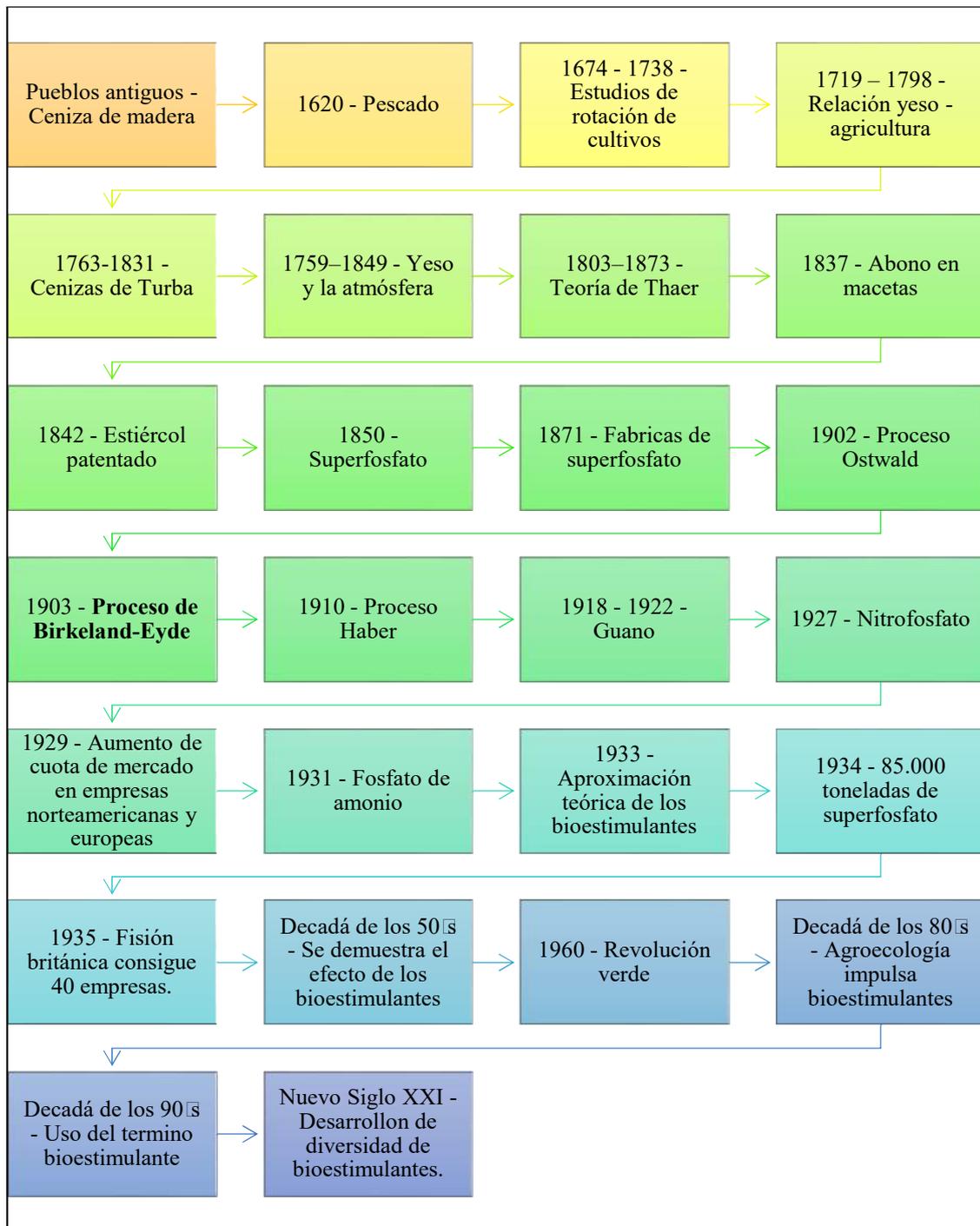


Ilustración 1-1: Línea de tiempo de los fertilizantes.

Fuente: Escalante, 2020

Realizado por: Pinos, D., 2023.

La historia sobre el uso de los fertilizantes comienza en los pueblos antiguos donde se empleaban minerales y el estiércol, para potenciar la productividad de las granjas, en este caso dicha práctica se registró en pueblos como los Egipcios (3200 a. C), Los Romanos (VIII a. C) y los Babilónicos (2000 y 500 a.C), los cuales empleaban la ceniza obtenidas de la combustión de madera como medio para tratar el suelo.

Desde 1620, el pescado empezó a usarse como fertilizante. Los primeros estudios sobre los efectos sobre la mejora de la rotación de cultivos, son ejecutados por parte de Toenshend entre los años 1674 y 1738. En el periodo 1719 – 1798, de la mano de Johann Mayer, aparecen los primeros experimentos en los cuales se demostraba la relación entre el yeso y la agricultura. Los experimentos de Mayer recibieron seguimiento por parte de diferentes químicos.

En el periodo 1763-1831 Yvar, mencionaba que el yeso se debía al ácido sulfúrico, el cual es parte de su composición, lo cual, da origen a la teoría de que las cenizas de turba, tiene el mismo efecto sobre las plantas, ya que dentro de su composición se encuentran sulfatos de hierro y alúmina. Entre 1759–1849, aparece la teoría de que el yeso, tenía mayores efectos sobre las plantas, cuando sus raíces estaban más próximas a la superficie, explicando que el yeso toma componentes de la atmosfera y los transmite de manera directa a la planta, (Escalante, 2020, p. 8).

Por otro lado, a lo largo del siglo XIX, aparecieron diferentes estudios, donde Guillaune, mencionado que la acción del yeso sobre las plantas, se debe a su calidad séptica, sin embargo, Davy decide realizar una experimentación con el yeso, empleado dos paquetes de ternera, uno con yeso y otro sin yeso, donde este último fue el primero en mostrar signos de putrefacción, con lo cual, se demuestra de calidad séptica a la que se hacía referencia.

Von Liebig en el periodo 1803–1873, realizó grandes aportaciones a los estudios sobre la nutrición de las plantas, donde resaltan, su denuncia sobre la teoría de Thaer denominada “Humus”, la cual mencionaba que era de vital importancia la presencia del amónico y luego incito a que se diera mayor atención a los minerales inorgánicos, en este sentido Von Leibig, negó la existencia de relaciones entre minerales y elementos orgánicos, lo cual, se debe a que cometió el error de confundir los nutrientes propios de la planta como minerales presentes en la tierra, lo que ocasionó que sus pensamientos fueran refutados y desestimados.

Bennet en 1837, llevo a cabo varios experimentos con diferentes abonos, aplicados a plantas que están siendo cultivadas en macetas, los cuales dieron resultados alentadores y casi dos años estos fueron aplicados en el campo. Posteriormente en 1842, consigue la patente de un estiércol el cual está hecho a base de fosfato y ácido sulfúricos, convirtiéndose en el primer estiércol artificial en la historia.

En el decenio de 1850, empezaba el desarrollo de ciencias tales como la química y la paleontología, las cuales en convergencia consiguen el descubrimiento de coprolitos en cantidades suficientes en East Anglia, para posteriormente trasladarla a Fisons y Packard para el

desarrollo de plantas de fertilizantes y ácido sulfúrico, con lo cual, se creó el superfosfato que empezó a exportarse por todo el mundo, teniendo como puerto de salida Ipswich. Para 1871, existían alrededor de 80 fábricas, (Escalante, 2020, pp. 11-12).

En 1902 de la mano de Wilhelm Ostwald, surge el proceso Ostwald, mismo que sería patentado en dicho año y que se encarga de la producción de ácido nítrico, se lo considera como el eje de la química moderna y provee de materia prima en la industria de los fertilizantes en todo el mundo, en este sentido el fertilizante más común es el nitrato de amonio, que se obtiene de la reacción química de amoníaco con ácido nítrico, (Martínez, 2020, pp. 1-4).

En 1903, aparece el proceso Birkeland -Eyde, en nombre de sus creadores, quienes fijaron el nitrógeno atmosférico en ácido nítrico, este último componente era empleado para el desarrollo de fertilizantes sintéticos, cabe mencionar que el proceso se cuestiona es ineficiente y fue reemplazado posteriormente por el proceso Haber, el cual fue diseñado por Carl Bosch, quien en 1910 lo patentó, su proceso consistía en el uso del nitrógeno molecular y gas metano, para conseguir una económica síntesis de amoníaco, producto que constituía la base del proceso Ostwald.

Posterior a la primera guerra mundial, entre 1918 y 1922, las fábricas de producción de superfosfato, sufrieron una baja en su rendimiento, debido a que aparece el guano, que son las heces fecales de cierto tipo de ave marina o murciélagos, pero que contiene muchos nutrientes, este se encontraba presente en las islas a lo largo del Pacífico, el motivo por el cual, tuvo acogida es que extraerlo y posteriormente distribuirlo, era relativamente económico.

En los años entre guerras, la Imperial Chemical Industries, consigue una producción innovadora, donde se registra el sulfato de amonio de tipo sintético en 1923, posteriormente en 1927 desarrolla el Nitro – Chalk y un fertilizante de bajo precio, denominado Concentred Complete Fertiliser (CCF), contaba con pocos competidores debido a que esta compañía aseguraba que tenía control sobre la producción de sulfato a nivel mundial, (Martínez, 2020, pp. 3-6).

Johnson en el año de 1927 consigue desarrollar nitrofosfato, esto mediante un proceso denominado Odda, el cual consisten en la acidificación de la roca fosfato, la cual se encuentra en dos islas del Pacífico, siendo estas Nauru y Banaba. El componente en cuestión se mezcla con ácido nítrico, lo que permite obtener ácido fosfórico y nitrato de calcio, que, tras ser neutralizados, son empleados como fertilizantes nitrogenados, (FitoNutrient, 2020, pp. 2-3).

En 1929 el mercado se reparte entre la empresa dominante en este caso ICI y empresas de origen norteamericano y europeo, ya que estas últimas consiguen expandir su cuota de mercado, obligando a las empresas inglesas ya posicionadas a fusionarse para dar origen a la Fisons, Packard y Prentice Ltd. En 1931 aparece el Fosfato de Amonio.

En 1933 aparecen las primeras aproximaciones teóricas de los bioestimulantes, en la desaparecida Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), de la mano de Filatov, quien se fijó en que organismos enfermos y con cierto nivel de estrés, podían generar estímulos que dieran paso a la regeneración y posteriormente a la supresión de los efectos de una patología, para lo cual, se requería de materiales biológicos, sean estos de origen animal o vegetal. La producción de superfosfato por parte de la fusión de las empresas británicas hasta 1934 fue de 85.000 toneladas y en 1935 consiguen la adquirió de un aproximado de 40 empresas, (Humintech, 2022, pp. 1-3).

En el decenio de los 50^{os} se demuestra el efecto de los bioestimulantes, con respecto a la regulación del crecimiento de las plantas, además de una mejora en cuanto a la eficacia de los nutrientes y el incremento de su capacidad de absorción de agua. Luego de la segunda guerra mundial, se da la Revolución Verde, que era impulsada por Estados Unidos en 1960, donde se presentaba una semilla híbrida, que constituía una extensión de la mecanización, el uso de ciertos pesticidas que en su mayoría se derivaban del petróleo e irrigación, cabe mencionar que estas semillas tenían la capacidad de absorber mayores cantidades de nitrógeno, sobre todo en el caso ciertas especies de maíz, trigo y arroz.

En la década de los 80^{os} aparece la Agroecología, que empieza a cuestionar la manera en que se llevaban los cultivos, ya que los campesinos empleaban químicos que atentaban severamente contra el medioambiente, este movimiento enfatizaba en el uso de los bioestimulantes, (Salazar, et al., 2021, p. 2).

Con el impulso por parte de diferentes Organizaciones No Gubernamentales (ONGs), el termino o denominación de bioestimulantes, apenas empezó a usarse en la década de los 90^{os}. En las últimas dos décadas, con la preocupación por la sostenibilidad en la producción se han desarrollado una gran variedad de bioestimulantes, que han permitido reducir el uso de fertilizantes químicos, (Torres, et al., 2018, pp. 11-15).

1.2. Identificación del problema

A nivel mundial el cultivo de maíz (*Zea mays L*), tiene la consideración de ser uno de los más trascendentales, ya que en cuestión de importancia este se ubica en el tercer lugar, está por debajo de trigo y el arroz. Cabe mencionar que el maíz cuenta con una alta adaptabilidad que le permite sobrellevar casi cualquier condición ecológica o edáficas que puedan estar presentes en el suelo. La agroindustria es el destino principal de la producción de maíz a nivel mundial, donde es empleado como materia prima para la elaboración de balanceado para animales de granja, no obstante, también es consumido dentro de la dieta de las personas. En el periodo 2021 – 2022, se pronostica un consumo record es de 1.182,6 millones de toneladas de maíz, (Gallegos, 2022, pp. 1-3).

La connotación que ha tomado el maíz en Latinoamérica, es tal que empieza a tomar mayor protagonismo como rubro dentro de las exportaciones no petroleras, sin embargo, para que estas economías alcancen óptimos niveles de producción, es necesario que empiecen a implementar estrategias agrícolas que les permitan mejorar tanto la calidad del producto como del rendimiento de los cultivos.

Específicamente en América del Sur, la producción de maíz, es diversa por las diferentes especies del producto y compleja por las diferentes condiciones climáticas y la calidad del suelo, donde intervienen las tradiciones de cada nación, sin embargo, un punto en común es que estos cultivos tienen una significativa huella ecológica, esto debido a la necesidad de los países agrícolas presentes en esta región, en los cuales el maíz representa un rubro importante para su balanza comercial, (Ardisna, et al., 2020, p. 2).

El rol del maíz en la sociedad actual, es importante ya que permite sostener la seguridad alimentaria. En el Ecuador su producción se da mayormente en la región litoral, el 80% de esta se emplea para alimentar animales, pues se transforma en balanceados. En las últimas dos décadas, se experimentaron mejoras en el rendimiento de los cultivos de maíz e incluso en su calidad, esto gracias a la adaptación de materiales híbridos procedentes del extranjero, cuyos registros en cuanto a rendimientos son de 3.6 toneladas por hectárea cultivada, el cual, en los próximos años, podría mejora permitiendo alcanzar un rendimiento promedio de 8.5 tonelada por cada hectárea, (Zambrano & Andrade, 2021, pp. 143-150).

En el Ecuador la siembra y producción de maíz, se da con mayor intensidad en la provincia de Los Ríos, con un 37%, seguida de la Manabí, con 32% y Guayas con 15%, el restante 16% se divide para el resto de las provincias. En cuanto a las alternativas para la adquisición de semillas,

es preciso mencionar, que todas las alternativas son híbridas, en este caso en el mercado se encuentran El Trueno, Dekalb, Somma, Hércules entre otras. Es preciso tomar en consideración el rendimiento y la calidad de la semilla que, para la decisión de compra, lo cual implica recurrir a insumos agrícolas, (Narváez, 2022, p. 8).

A pesar de que las provincia antes mencionadas, cuenta con una vasta experiencia en la producción de maíz, es preciso mencionar que, en el caso de la provincia de Manabí, actualmente se evidencian complicaciones con el suelo, el cual, ha empezado a degradarse producto del uso indiscriminado de nitrógeno presentes en ciertos fertilizantes, además del uso de urea que al empezar a descomponerse libera amoníaco en el suelo, lo que ha ocasionado, la contaminación de las aguas subterráneas en la zona maicera de la vía Colon – Quimis, (Bravo, 2020, p. 13).

Como se puede apreciar el Ecuador no es esquivo a la tendencia de explotación de la tierra indiscriminadamente, donde se da un uso intensivo de fertilizantes nitrogenados, cabe mencionar que también existen de tipo fosfórico y potásicos, que son empleados en menor medida, los cuales hasta el año 2014, se aplicaban en dosis de 124,03 kg por cada hectárea, lo cual, si bien era inferior al usado en el resto del continente cuya dosis promedio era de 135,46 kg por hectárea, era considerablemente elevada, (Ardisna, et al., 2020, p. 2).

Ante esta situaciones, la mejor alternativa es recurrir a componentes orgánicos que permitan impulsar el crecimiento y desarrollo de los cultivos, es en este punto donde entran en acción los bioestimulantes, los cuales son conceptualizados como sustancias o en determinados casos microorganismos, que al ser aplicados en la nutrición vegetal, aumentan el nivel de absorción y asimilación de los nutrientes, sin contar el hecho que aporta una tolerancia o resistencia a factores estresores como pueden ser plagas o enfermedades. En este punto, es posible identificar que el bioestimulantes, con más acogida es el vermicompost, el cual contiene lixiviados y microorganismos con alto nivel de eficiencia.

Como se ha podido apreciar en el Ecuador existen provincias con climas y condiciones ecológicas propicias para la producción de maíz, donde esa evidencia que estas provincias pertenecen a la región litoral. En cuanto a la región Amazónica, específicamente en la provincia de Orellana, representa una fuente de ingreso para las comunidades Quichua o Shuar, las cuales al año realizan la siembra de hasta 5 hectáreas de maíz, con lo cual, obtienen rendimientos aproximados de 12 quintales por cada hectárea, lo cual, es poco alentador, esto se explica por la falta de conocimiento técnico que les permita mejorar sus técnicas agronómicas.

El cantón La Joya de los Sachas, también se ve involucrado en esta problemática, donde la siembra se realiza de manera mecanizada y la falta de conocimientos, hacen que la producción tenga un alto costo y reducido rendimiento, orillándolos a buscar otras fuentes de ingreso, entre las cuales se identifican la explotación de madera o actividades de casa y pesca, que no hacen más que perjudicar al ecosistema.

En la actualidad en este cantón la producción se lleva con fertilizantes nitrogenados y la urea, los cuales son empleado de manera poco responsable, ya que, en primer lugar, estos tienen un costo elevado y para las cantidades recomendadas en el cultivo de requiere de una inversión muy alta, además de que se crea una dependencia de las casas comerciales y en el largo plazo, un impacto ambiental que incluye la erosión del suelo y contaminación de los cuerpos de agua más cercanos.

La problemática tiene su origen en la falta de tecnicismo en la siembra de maíz, ya que los agricultores proceden con la aplicación de estos fertilizantes, pero sin realizar un estudio sobre los nutrientes presentes en el suelo y mucho menos sobre las necesidades inmediatas de su cultivo, lo cual, generalmente repercute en que en su criterio el uso desmedido de los fertilizantes en cuestión les posibilita producir más, lo cual, como se ha evidenciado es poco productivo.

Otro factor clave en esta problemática es la falta de capacitación y asesoramiento técnico para una adecuada producción, donde se realice una concientización sobre el impacto de los fertilizantes químicos en el medioambiente y las bondades de emplear bioestimulantes, donde además se los oriente sobre las dosis adecuadas para obtener un mejor rendimiento.

En este estudio la necesidad a satisfacer es presentar a los agricultores del cantón La Joya de los Sachas, una alternativa de fertilizantes orgánicas, que les permita llevar su producción de manera responsable con el medioambiente, pero a la vez que les brinde mayor rendimiento en cuanto productividad y calidad por hectárea, sin contar, el hecho de que estos le brindarán protección a las plantas frente a enfermedades o plagas y en caso de erosión del suelo, podrán sobre llevarla gracia al incremento de la absorción de nutrientes.

La solución que se vislumbra es realizar un estudio experimental en el cual, se realice la aplicación de tres bioestimulantes diferentes, con la finalidad de evidenciar cual tiene mejor rendimiento, con lo cual, sea posible tomando como base los nutrientes presenten el suelo, determinar una alternativa orgánica con la finalidad de que, en caso de ser aceptada por la comunidad, de inicio a un proceso de sustitución de los fertilizantes nitrogenados.

1.2.1. Formulación del problema

¿Cuáles son los efectos de los bioestimulantes en la producción de maíz (*Zea mays*) en el cantón la Joya de los Sachas?

1.2.2. Sistematización del problema

¿Cómo se lleva actualmente el cultivo de maíz, con respecto al uso de fertilizantes en el cantón La Joya de los Sachas?

¿Los bioestimulantes son capaces de mejorar el rendimiento de la producción de maíz?

¿Cuán beneficioso es el uso de bioestimulantes en la producción de maíz para los agricultores de la zona?

1.2.3. Delimitación del problema

Tiempo: 2022

Espacio: cantón La Joya de los Sachas, provincia de Orellana, Ecuador.

Campo: Agronomía.

Área: Agroecología.

Aspecto: Bioestimulantes en la producción de maíz.

Problema: Uso indiscriminado de fertilizantes nitrogenados.

Propuesta: Experimentar con diferentes bioestimulantes para evidenciar su rendimiento en la producción de maíz.

1.3. Justificación

Ante una situación adversa como la que viven los productores de maíz de comunas amazónicas presenten en el cantón La Joya de los Sachas, donde por falta de conocimiento técnico, emplean erróneamente los fertilizantes, sin considerar el nivel de nutrientes del suelo o las deficiencias de nutrientes en las plantas, recurren a la aplicación de fertilizantes químicos, que lejos de ayudarles a mejorar su economía, la empeoran, ya que para una hectárea se requiere de una gran inversión en estos componentes y a pesar de todo no obtienen un rendimiento óptimo.

Se considera de vital importancia desarrollar esta investigación debido a que existe la necesidad de potenciar el rendimiento y la calidad del maíz en la zona antes mencionada, pero con la

intención de precautelar la integridad de los recursos naturales, por contar con un sistema agrícola sostenible donde los bioestimulantes, adopten una mayor connotación, al constituir una alternativa que en el largo plazo, repare los daños ocasionados por los fertilizantes químicos y posibilite la obtención de altos niveles de producción.

Los beneficios de esta investigación son la posibilidad de los agricultores de la amazonia aspiren a mayores metas de producción de maíz, pero con características tales como alta calidad, un uso eficiente de energía, un cultivo resistente a enfermedades, plagas e inclusive a condiciones ambientales poco favorables, esto gracias a la acción de los bioestimulantes sobre la capacidad de absorción de nutrientes de las plantas.

Lo innovador de este estudio es la aplicación de los bioestimulantes, los cuales han tenido una gran acogida a nivel nacional y que posiblemente les serán atractivos a los productores, no solo por ser una alternativa ecológica sino por los testimonios y experiencias sobre sus efectos en los cultivos, pues por ser de ciclo corto podrán apreciarlos en cuestión de meses, esto gracias a su contenido que incluyen nutrientes, aminoácidos y proteínas.

Con el desarrollo de este estudio se pretende diagnosticar el nivel de eficiencia de tres bioestimulantes, los cuales serán puestos a prueba en el campo, específicamente en una zona que se ve inmersa en la problemática antes mencionada como es el cantón la Joya de los Sachas, con la finalidad de brindar una alternativa de solución a los productores de maíz.

En el ámbito académicos, el desarrollo de este estudio, sienta las bases para que, en las universidades o centros de estudios agrónomos, se desarrollen cátedras en las cuales se realice una vinculación de agronomía y sostenibilidad, que permitan maximizar la productividad y calidad de los cultivos, pero sin dañar el ecosistema, además realizar programas de asesoramiento técnico donde los futuros profesionales socialicen conocimientos técnicos a los productores.

En el ámbito científico, se espera sentar un precedente con este estudio, debido a que las investigaciones o estudios orientados a la mejora de la productividad de los cultivos de maíz son muy reducidos en zonas tales como la amazonia y en ciertos casos carecen de una actualización, esto debido a que generalmente toman como objeto de análisis las zonas productivas ubicadas en la región litoral.

En el ámbito político, se espera que las instituciones competentes, den atención a una creciente demanda alternativas ecológicas para poder maximizar la productividad de los cultivos y potenciar la calidad de los productos, para lo cual, con base en los resultados que se obtengan en

el presente estudio, se diseñen políticas que incentiven el reemplazo de fertilizantes nitrogenados por bioestimulantes, con la finalidad de garantizar sostenibilidad en la agricultura.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Diagnosticar los efectos en el rendimiento en la producción de maíz mediante la aplicación de tres bioestimulantes en el cantón Joya de los Sachas.

1.4.2. Objetivos específicos

- ❖ Analizar la situación actual del uso de fertilizantes en la producción de maíz en el cantón la Joya de los Sachas.
- ❖ Evaluar la mejora del rendimiento de la producción de maíz ante el efecto de bioestimulantes.
- ❖ Comparar que bioestimulante genera el mejor rendimiento en la producción de maíz en el cantón la Joya de los Sachas.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

En esta sección se procede con el desarrollo de la parte teórica de la investigación para lo cual, se requiere de establecer conceptualizaciones básicas e incluyo realizar una descripción tanto de las características del maíz como de los bioestimulantes empleados para potenciar la productividad de los cultivos.

2.1. Maíz – *Zea mays L.*

En esta sección de dará abordaje a aspectos relacionados con la planta en cuestión, que en este caso es el maíz, cabe mencionar que, como punto de partida se revisará el origen de la planta, para posteriormente revisar aspectos botánicos, fenológicos, nutricionales entre otros.

2.1.1. Origen

Para dar abordaje al origen del maíz, es preciso mencionar que existen muchos estudios que pretendieron determinar el origen de este cultivo, sin embargo, todavía no existe consenso sobre el mismo, no obstante, concuerdan en que fue uno de los primeros cultivos desarrollados entre 7000 y 10000 años. Mientras que existen indicios sobre su origen como alimento de las civilizaciones antiguas encontradas en centros arqueológicos mexicanos, donde se hallaron diminutas mazorcas con una antigüedad de por lo menos 5000 años.

A continuación, se presentan las diferentes teorías sobre el origen del maíz:



Ilustración 1-2: Origen del Maíz.

Fuente: FAO, 2022.

Realizado por: Pinos, D., 2023

La primera teoría, manifiesta que el origen del maíz, se da en Asia, específicamente en el Himalaya, a partir de una cruce entre especies como Coix y Sorghum, esta última es una

antropógenas, sin embargo, ambas especies cuentan con 5 parejas de cromosomas pares, es preciso mencionar que esta no cuenta con aceptación a nivel mundial, sin embargo, empieza a cobrar relevancia gracias a estudios citológicos, en los cuales se emplean marcadores moleculares, (Arvensis, 2022).

La segunda teoría sostiene que este es originario de pueblos andinos, donde se incluyen territorios pertenecientes a Ecuador, Perú y Bolivia, esta teoría se sustenta en que el maíz reventón está presente en Suramérica, además de diversidad de especies de esta planta siendo predominante en el altiplano peruano. Como toda teoría cuenta con una crítica, las cuales apuntan que no brinda información sobre alguna pariente del maíz en estado salvaje, motivo por el cual, Manglesdorf, descartó que su origen este en la región andina.

Finalmente, está el antes mencionado origen mexicano, donde se resalta que el maíz convive con el teosinte, desde tiempos antiguos y presentar diversidad de especies, cabe mencionar que esto se sustenta con indicios de polen de mazorca en cuevas mexicanas, lo que brindar mayor consistencia a esta teoría.

2.1.2. Importancia del maíz

En este apartado se procede con una revisión sobre la importancia del maíz en la sociedad actual, donde se toma como punto de partida, el contexto mundial, donde ese evidencia un crecimiento de 7% en la producción, con respecto al año anterior, registrándose una aproximado de 1197 millones de toneladas, lo cual, se consigue a través de la implementación de nuevas tecnologías para mejorar la productividad de los cultivos, es preciso mencionar que en este contexto, el país líder en producción es Estados Unidos, seguido de China y Brasil (Borunda, 2022).

En el contexto regional, es decir, Latinoamérica se realiza el cultivo de diferentes variedades de maíz criollo, lo que motivo que se empezará a usar el término maíz criollo, con la finalidad de hacer una diferenciación entre la especie nativa y las diferentes adaptaciones con respecto a las condiciones agroecológicas en la región, tomando en consideración que cada país cuenta con un clima y características de suelo diferente, esto sin contar con las acciones de mejoramiento genético a partir de bioestimulantes. No esta demás mencionar que en la región existe una diversidad de especies, las cuales, se originan por efecto de las culturas y sistemas tradicionales en los manejos de cultivo.

En la región este cultivo representa una fuente de alimento tanto para los seres humanos, ya que existen alimentos elaborados a base de maíz, como sustituto del trigo, que aporta un alto valor nutricional y vitamínico, sin contar el hecho de que también es empleado para la elaboración de balanceados dentro de lo que compete a la crianza de animales de granja.

Según fuentes, et al, (2022, pp. 101-116), el Ecuador tiene gran diversidad genética de maíz, se reconocen 36 razas (Blanco, Harinoso, Dentado, Canguil, Chillo, Chococño, Chulpi Ecuatoriano, Clavito, Complejo Mishca-Chillo, Complejo Mishca-Huandango, Complejo Mishca-Kcello Ecuatoriano, Cónico Dentado, Cuzco Ecuatoriano, Gallina Huandango, Kcello Ecuatoriano, Maíz Cubano, Mishca Montaña Ecuatoriano, Morochón, Patillo Ecuatoriano, Pojoso Chico Ecuatoriano, RacimoDe Uva, Sabanero Ecuatoriano, Tusilla, Tuxpeño, Uchima), de las cuales varias no están bien definidas hasta la actualidad.

En el contexto Nacional, es de Ecuador, se precisa mencionar que, de 36 especies de maíz mencionadas anteriormente, 12 corresponden a zonas cálidas como la costa y oriente, mientras que las restantes se cultivan en la sierra. Es preciso mencionar que este cultivo es considerado como una de las principales fuentes de recursos para comunidades en zonas rurales, en este sentido, los campesinos se orientan a preservar el maíz criollo y con ello, además aseguran la subsistencia de la unidad familiar, puesto que, emplean parte de la cosecha para la venta y otra para su alimentación.

Debido a que el presente estudio se realiza sobre el cultivo de maíz en el cantón Joya de los Sachas, se considera pertinente, analizar un contexto estatal, donde la producción en algo novedosa, debido a que a que empieza apenas en el 2007, pero su desarrollo en cuanto a rendimiento aun es carente, debido a que son fertilizados mediante urea y demás químicos, los cuales tiene precios relativamente altos y que no permiten obtener un rendimiento óptimo.

2.1.3. Descripción morfológica del maíz

En este apartado se realizará una revisión sobre la morfología del maíz, para lo cual, se empieza por la disposición de las hileras de granos en la mazorca, las cuales pueden ser regulares o irregulares, rectas o también en espirales. La mazorca de maíz en puede llegar hasta los 13 cm, con un diámetro de 6cm, mientras que el peso aproximado es de 202,8 g. Según, fuentes, et al, (2022, pp. 101-116), existen una relación entre el tamaño de la mazorca y el número de granos por hilera, donde establece que, en promedio existen doce hileras con 20 granos cada una. Los granos de la mazorca pueden ser redondos, contraídos o dentados, son de color blanco, tienen 1.6 cm de

longitud, 1.3cm de anchura y un grosor de 6.3mm. A continuación, se presenta la taxonomía del maíz:

Tabla 1-1: Taxonomía del Maíz.

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Género	<i>Zea</i>
Especie	<i>Mays</i>

Fuente: Guzmán, 2020

Realizado por: Pinos, D., 2023.

2.1.4. Fenología del maíz

La genética es un aspecto clave en el cultivo de maíz, ya que esta se encarga de regular su desarrollo, además de la intervención de factores tales como el medioambiente y el desarrollo de cambios morfológicos, motivo por el cual, resulta necesario realizar la descripción de las etapas de un cultivo, en este caso de maíz, para lo cual se desarrollaron diferentes sistemas, entre los cuales resaltan los siguientes:

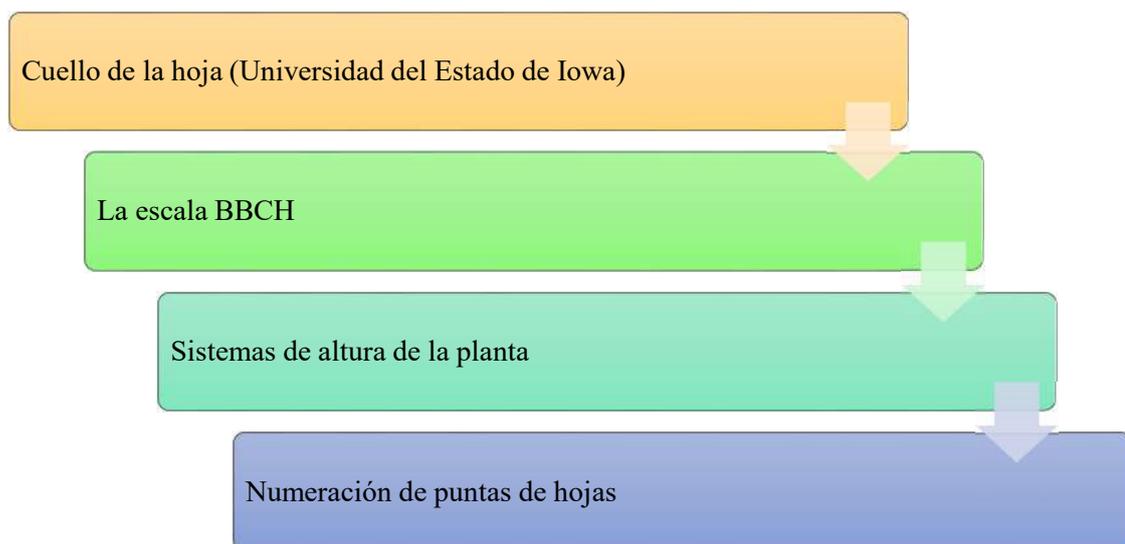


Ilustración 2-2: Sistema de descripción de las etapas de desarrollo del maíz.

Fuente: Semillas Valle, 2022.

Realizado por: Pinos, D, 2023.

Para efectos de este estudio, se considera que los más importantes son las dos primeras alternativas por contar con el sustento teóricos y científico suficientes, en este sentido, el primer sistema fue desarrollado por la Universidad de Iowa, el cual, recibió la denominación de “Cuello de la hoja”, cabe menciona que la descripción bajo este sistema de realiza a partir de estadios vegetativos (V), correspondientes al crecimiento activo de la planta antes de la floración y se denomina reproductivos (R), para los estadios después de la floración.

A continuación, se presentan los estadios vegetativos y reproductivos del cultivo de maíz:

Etapas Vegetativas	Etapas reproductivas
<div style="background-color: #f4a460; width: 100%; height: 20px; margin-bottom: 5px;"></div> <div style="background-color: #fff; width: 10px; height: 10px; margin-bottom: 10px;"></div> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> •VE Emergencia: El coleóptilo emerge de la superficie del suelo. <input type="checkbox"/> •V1 Primera hoja: Es visible el cuello de la primera hoja. <input type="checkbox"/> •V2 Segunda hoja: Es visible el cuello de la segunda hoja. <input type="checkbox"/> •V3 Tercera hoja: Es visible el cuello de la hoja número "n". ("n" es igual al número definitivo de hojas que tiene la planta; "n" generalmente fluctúa entre 16 y 22, pero para la floración se habrán perdido las 4 a 5 hojas de más abajo.) <input type="checkbox"/> •V(n) Enésima hoja. <input type="checkbox"/> •VT Aparición de panojas: Es completamente visible la última rama de la panícula. 	<div style="background-color: #667788; width: 100%; height: 20px; margin-bottom: 5px;"></div> <div style="background-color: #fff; width: 10px; height: 10px; margin-bottom: 10px;"></div> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> •R1 Aparición de los estigmas: Antesis o floración masculina: Son visibles los estigmas. <input type="checkbox"/> •R2 Blíster: Etapa de ampolla. Los granos se llenan con un líquido claro y se puede ver el embrión. <input type="checkbox"/> •R3 Grano lechoso: Etapa lechosa. Los granos se llenan con un líquido lechoso blanco. <input type="checkbox"/> •R4 Grano pastoso: Etapa masosa. Los granos se llenan con una pasta blanca. El embrión tiene aproximadamente la mitad del ancho del grano. <input type="checkbox"/> •R5 Grano dentado: Etapa dentada. La parte superior de los granos se llena con almidón sólido y, cuando el genotipo es dentado, los granos adquieren la forma dentada. En los tipos tanto cristalinos como dentados es visible una "línea de leche" cuando se observa el grano desde el costado. <input type="checkbox"/> •R6 Grano madurado: Madurez fisiológica. Una capa negra es visible en la base del grano. La humedad del grano es generalmente de alrededor del 35%.

Ilustración 3-2: Etapas del sistema de cuello de hoja.

Fuente: Semillas Valle, 2022.

Realizado por: Pinos, D, 2023.

En segundo lugar, está la escala BBCH, que es un acrónimo de Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und CHEmische Industrie, cuya traducción al español es Instituto Federal de

Biología, Oficina Federal de Variedades Vegetales e industria química, esta es empleada para realizar una codificación con alto nivel de uniformidad para la identificación fenológica de los estadios de crecimiento de plantas, cuya especie sean monocotiledóneas o dicotiledóneas (Semillas Valle S.A., 2022).

Al igual que la técnica antes mencionada, esta escala también cuenta con estadios, donde la etapa vegetativa empieza en la germinación de la semilla y se extiende hasta la floración, posteriormente empieza la etapa reproductiva hasta que termina con la senescencia. A continuación, se presenta el desglose de los estadios por etapas:

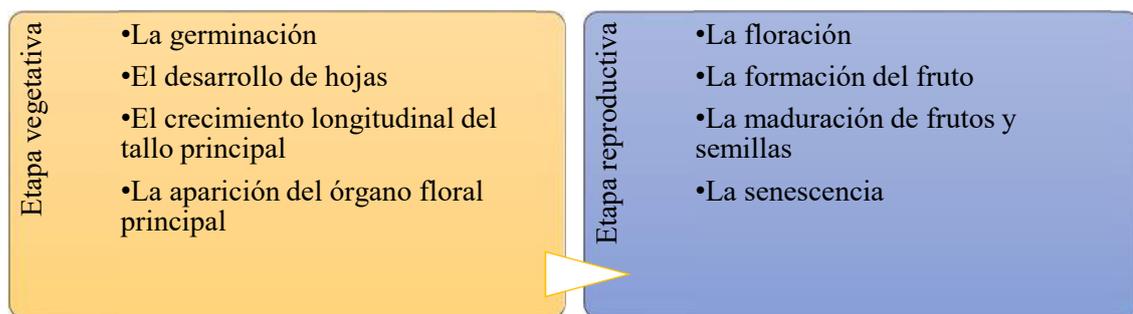


Ilustración 4-2: Etapas de la escala BBCH

Fuente: Semillas Valle, 2022.

Realizado por: Pinos, D., 2023.

2.1.5. Descripción Botánica del Maíz

En términos generales el maíz es una planta anual pero también monoica, puede llegar a tener el tamaño de un arbusto y se desarrollada rápidamente, su altura máxima es de 5 metros, sin embargo, en promedio crecen entre 2 y 2.5 m. Con forme avanza su desarrollo fenológico, es posible apreciar las diferentes partes de la planta. A continuación, se presentan las partes del maíz:

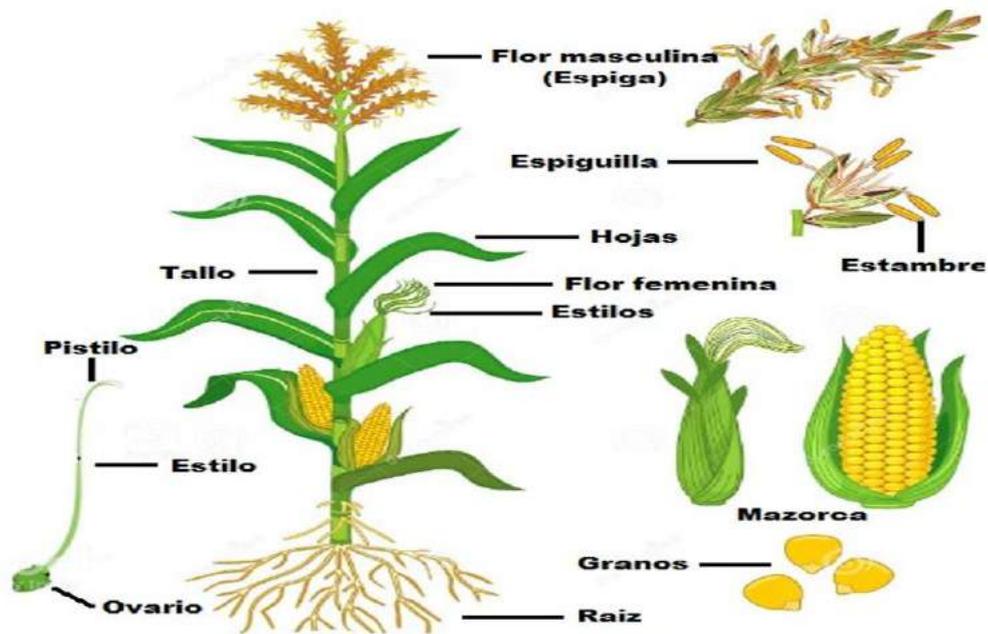


Ilustración 5-2: Partes del maíz.

Fuente: Guzmán, 2020.

Realizado por: Pinos, D., 2023.

El desarrollo de la planta empieza con la germinación, donde empiezan a aparecer las raíces, las cuales son robustas y fasciculadas, las cuales se encargan de fijar la planta al suelo y ayudarle a absorber nutrientes, en el caso del maíz, existe la ventaja de que las raíces son adventicias, las cuales tiene su origen en nudos superficiales, estos tienden a llegar hasta 2 metros de profundidad (Guzmán, 2020, pp. 6-8).

En lo que respecta al tallo, esta se conforma tanto de nudos como subnudos, los cuales presentan variedades de tamaños y cantidades. En la base del tallo es posible encontrar un conjunto de nudos, los cuales a su vez se componen de entrenudos cortos, a partir de los cuales se originan las raíces y ciertos brotes. Cabe mencionar que los entrenudos tienen forma cilíndrica, donde se evidencian paredes gruesas y haces vasculares, a través de los cuales se realiza el transporte de los nutrientes y agua.

El número de hojas en el maíz va de 15 a 30 hojas, en su parte superior carecen de nudos del tallo, esto debido a que los rodean mediante una estructura cilíndrica, denominada vaina, por otro lado, se ubica el cuello de la hoja, que es aquella zona en la cual se da la transición entre las vainas y la lámina. Las hojas cuentan con una superficie la cual, se denomina foliar, la cual en la parte superior cuenta con una adaptación para captar energía solar, mientras que, en la parte inferior, se ubican un conjunto de estomas, a esta parte también se la conoce como glabra. Otra parte de la hoja es la lígula, que se encuentra en la intercepción entre el limbo y la vaina, tiene como

función principal la restricción del ingreso de agua y una disminución en la pérdida de evaporación (Arguello, 2022, pp. 3-5).

En cuanto a la inflorescencia del maíz, debido a que es de tipo monoico, cuenta con flores masculinas las cuales se encuentran en lo alto y con forma panícula, pero también con flores femeninas, que generalmente se encuentran en la zona media de la planta, lo que implica que estas se encuentran separadas. Es preciso mencionar que el maíz es capaz de librar polen las 24 horas del día durante un periodo máximo de 6 días consecutivos, sin embargo, la mayor cantidad de liberación se realiza a los 3 días de la dehiscencia de las espiguillas.

A los 72 días de empezar la antesis, se registra un considerable crecimiento de los estigmas, cabe mencionar que estos no se afectan con factores tales como la temperatura y la humedad, sin embargo, esto si influyen en la generación de polen. Por otro lado, se tiene la composición de la mazorca, donde se encuentra la tusa, cuyo nombre técnico es raquis, dentro de la cual, es posible encontrar los siguientes elementos:

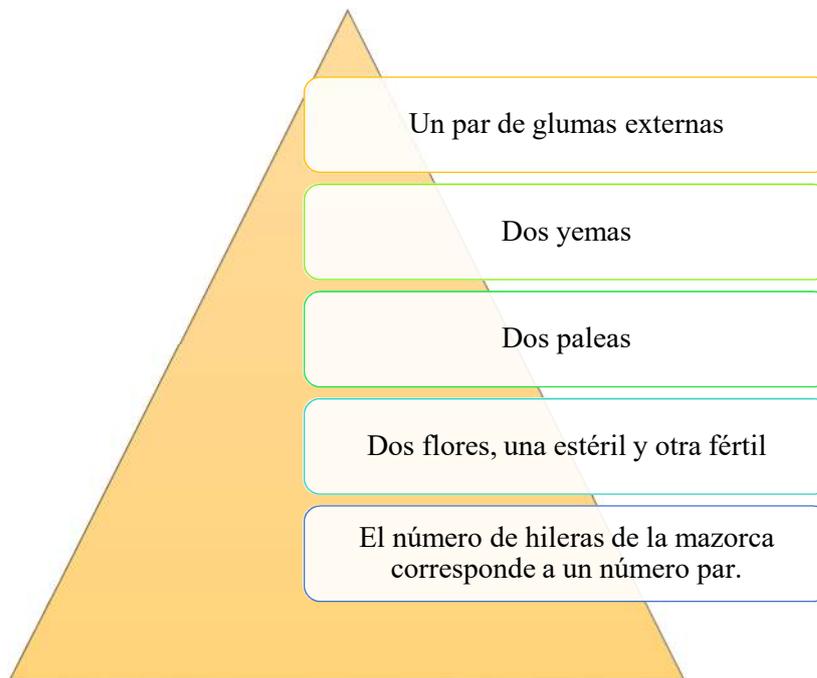


Ilustración 6-2: Composición de la mazorca

Fuente: Guzmán, 2020

Realizado por: Pinos, D., 2023.

Se considera necesario, mencionar que, ante una fecundación, los granos pueden adoptar diferentes colores, lo cual, estará en dependencia de la variedad que está siendo cultivada. Los grados tomarán disposición siguiendo el sentido de las hileras, las cuales van desde las 8 a las 32

hileras, cada una puede tener como mínimo 30 granos y máximo 60 granos. En lo que respecta a la inflorescencia femenina, esta cuenta con la protección de las brácteas, además de que cada planta es capaz de producir tres mazorcas.

En esta planta, el fruto a cosechar es el grano de maíz, el cual está compuesto por tres partes, que son la pared, el endospermo triploide y el embrión diploide. En este sentido el revestimiento del grano, se conoce como pericarpio, la capa de aleurona, se encuentra debajo y da pigmento al grano. El embrión este pegado al raquis, se compone de radícula y plúmula (Guzmán, 2020, pp. 6-8).

2.1.6. Manejo del Cultivo

En primera instancia es necesario preparar el suelo en el cual, se realizará la siembra para lo cual se requiere de una limpieza, la cual se recomienda hacer por lo menos con un mes de anticipación con la finalidad de que se permita la descomposición de cualquier residuo de la cosecha del periodo anterior, de manera que se conviertan en un aporte de nutrientes, además de protección ante posibles plagas.

Como segundo paso esta la siembra, para lo cual es preciso realizar mover el suelo, en el lugar donde será sembrada la semilla, con esto se previene la erosión del suelo, además de que se favorece la acumulación de material orgánico y agua, es posible realizar la siembra en diferentes condiciones topográficas, sean estas francas o livianas. A continuación, se presentan las condiciones agroecológicas necesarias para la siembra de maíz:

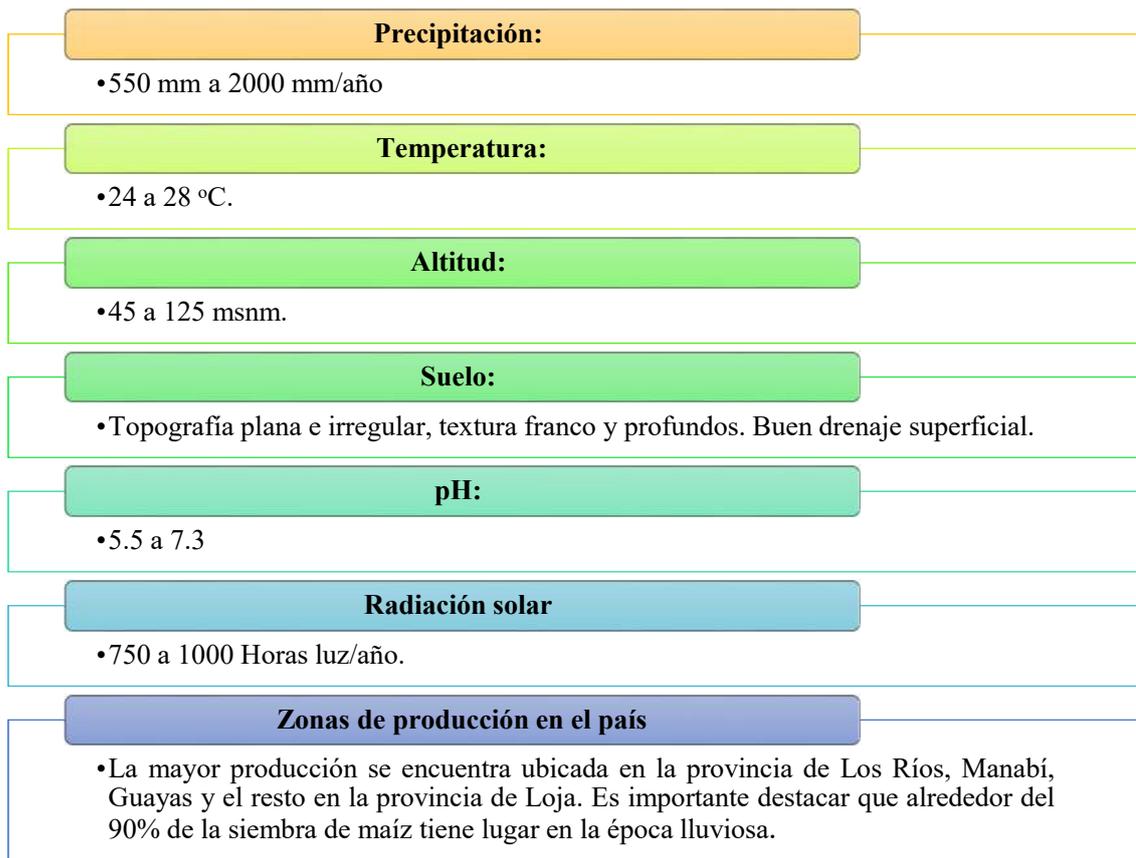


Ilustración 7-2: Condiciones agroecológicas para la siembra del maíz.

Fuente: INIAP, 2022.

Realizado por: Pinos, D., 2023.

Este proceso también se puede realizar mediante labranza mínima, que cumple con la misión de prevenir la erosión, otra alternativa es la labranza mecánica, que permite sepultar a 25 cm de profundidad restos de la cosecha anterior y cualquier maleza presente en el suelo, para posteriormente empezar con una cruzada, que permite desmenuzar el suelo. Es preciso emplear el subsolador en cruz, en dos ocasiones dependiendo de cuán compacto es el suelo esto permite remover por lo menos a 40cm de profundidad.

La siembra en laderas, consisten realizar surcos de como mínimo 80cm en orientación contraria a la pendiente, donde se depositarán entre 2 y 3 granos por cada 50cm, en el momento en que las plantas alcancen una altura de 12cm a 20cm, se precisa ralear, con la finalidad de que queden dos plantas por sitio. Para casos de siembra manual, con ayuda de una punta, se realizan los surcos, donde se depositan 2 o 3 semillas y luego se tapan con los pies, pero en caso de grandes campos se recurre al uso de máquinas sembradoras (INIAP, 2022, pp. 1-22).

Para realizar el proceso de fertilización es necesario efectuar estudios en el suelo para verificar sus necesidades, posteriormente se aplica el encalado. La producción de maíz es una labor que requiere de un uso extensivo y continuo de los suelos, por ser una planta de ciclo corto, en este

sentido, el nivel de acidez en alto, lo que reduce la disponibilidad de nutrientes, cabe mencionar que esta condición es corregible mediante el uso de carbonato de calcio, el cual, puede ser aplicado, mediante técnica de boleó, un mes antes de la siembra.

Otro problema común en los suelos de la región litoral, es que existe una diferencia consistente entre los macros y micro nutrientes, sobre todos en magnesio y azufre, lo cual, es posible solucionar con SULPOMAG y Fosfato di amónico (DAP), no está demás mencionar que la dosis dependerá del resultado del análisis del suelo, su aplicación se da durante la siembra (INIAP, 2022).

Cuando se trata de fertilizantes lo más común es ver que se empleen aquellos elaborados Fosforo, Potasio y Nitrógeno, su uso debe hacerse previo análisis, su aplicación en el caso de fosforo y el potasio, es mediante boleó, antes de pasar la rastra al momento preparar la tierra para incorporarlos, si se aplica en la siembra se debe colocar junto con la semilla o posteriormente a esta cuando la plántula alcance los 10cm de la hilera.

La aplicación del nitrógeno, se da en la urea al 46% al igual que los otros, la dosis aplicable dependerá del análisis del suelo, sin embargo, las recomendaciones indican que parra cultivos secanos, se fraccionen las dosis, de manera que el 50% de la dosis se aplique en los 15 días posteriores a la siembra, mientras que la segunda dosis que es el 50% restante 15 días después. Su aplicación se da de manera superficial al costado de las plantas y se requiere que el suelo esté húmedo (INIAP, 2022, pp. 1-22).

2.1.7. Deficiencias nutricionales

Como se mencionó anteriormente los suelos debido al uso intensivo empiezan a presentar deficiencias en cuento a los nutrientes, por tal motivo, se considera necesario que consecuencias trae la falta de dichos nutrientes con respecto al desarrollo de la planta. A continuación, se presentan las deficiencias de macro y micro nutrientes:

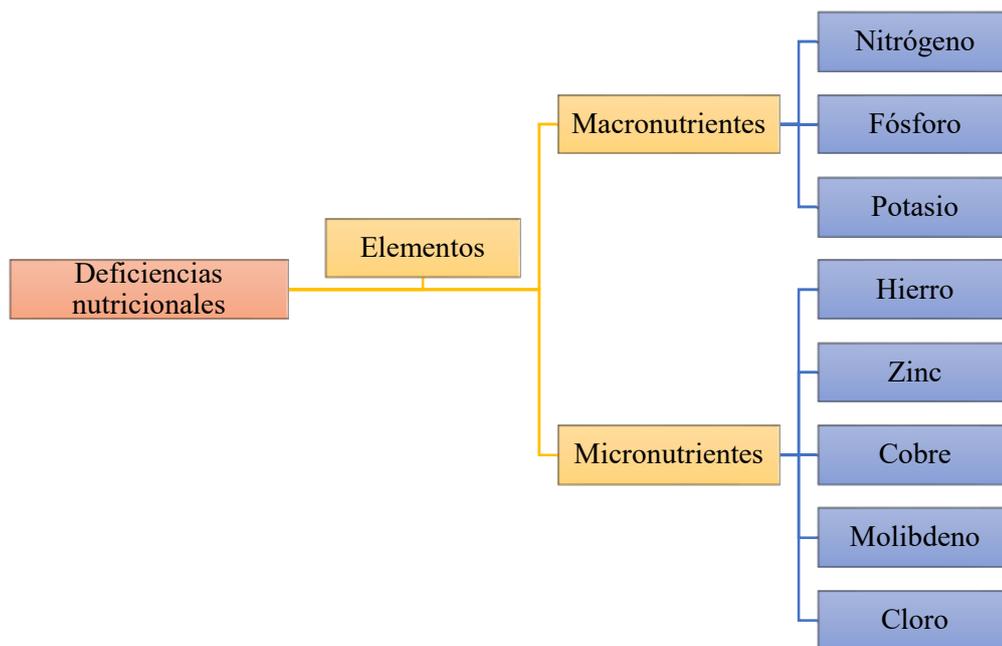


Ilustración 8-2: Deficiencias macro y micro nutricionales.

Fuente: INIAP, 2022.

Realizado por: Pinos, D., 2023.

La falta de nitrógeno ocasiona que la planta no crezca y se reconoce por un tono amarillento en las hojas, sin contar que la captación de radiación solar se ve afectada. En la falta de fósforo, se evidencian hojas secas y un leve crecimiento en las hojas. La falta de potasio, ocasiona que las hojas que son anchas y largas además de que la aparición de la flor se da con un retraso de por lo menos 9 días.

En cuanto a los micronutrientes, se evidencia la falta de hierro que hace que las hojas más jóvenes se vean amarillentas o blanquecinas, esta condición se origina en un desajuste de metales tales como cobre, manganeso y molibdeno. Las deficiencias de zinc provocan un escaso desarrollo de las hojas de menor tamaño y los nudos, esta se origina cuando se siembra en suelo calizo o en zonas donde existe alta concentración de fósforo.

La falta de cobre hace que los tallos sean débiles y se marchiten aun cuando existan altos niveles de humedad. La carencia de molibdeno, se da en suelos ácidos, las plantas se muestran amarillentas y no desarrollan. Finalmente, esta deficiencia de cloro, que ocasiona efectos similares a los antes mencionados.

2.1.8. Control de maleza

En el cultivo de maíz, un factor de riesgo es la aparición de la maleza, puesto que, reduce la productividad del cultivo, motivo por el cual, es necesario mantenerlo libre de esta, por lo menos durante los primeros dos meses posteriores a la siembra. Se debe tomar en cuenta que la maleza, resta agua, nutrientes, luz y espacio, sin contar el hecho de que albergan hongos y plagas. En el Ecuador, las malezas más comunes son las caminadoras, lechosas, betillas y ciperáceas, entre las cuales se encuentra el coquito (INIAP, 2022, pp. 1-22).

La maleza puede controlarse mediante dos métodos, el primero es el control preventivo, que se realiza mediante la limpieza del terreno, además de que se requiere aplicar una limpieza también a los instrumentos empleados para la labranza. El segundo método, es a través de la aplicación de químicos, específicamente herbicidas, cuya dosis depende de la magnitud de la maleza.

A continuación, se presentan los herbicidas más comunes en el Ecuador:

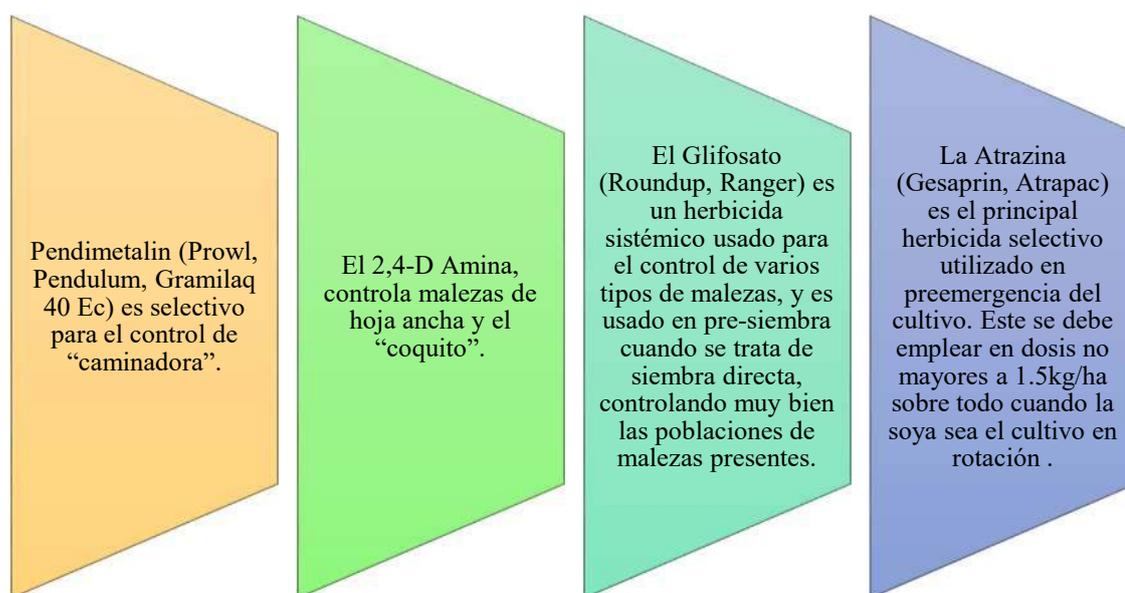


Ilustración 9-2: Herbicidas empleados en el control de plaga de cultivos de maíz en el Ecuador.

Fuente: INIAP,2022.

Realizado por: Pinos, D., 2023.

Finalmente está el control mecánico, en este se requiere de mache o en el mejor de los casos moto guadaña, para lo cual, se requiere deshierbar 15 días luego de haber realizado la siembra, el proceso se repite entre 15 y 25 días después, en caso donde la maleza sea abundante, a los tres meses, se puede emplear una chapia ligera.

2.1.9. Control de Plagas

Es preciso mencionar que la preparación de la tierra y el control eficaz de la maleza permite reducir la probabilidad de que aparezcan plagas en el cultivo, en este sentido, las plagas más comunes se presentan a continuación:

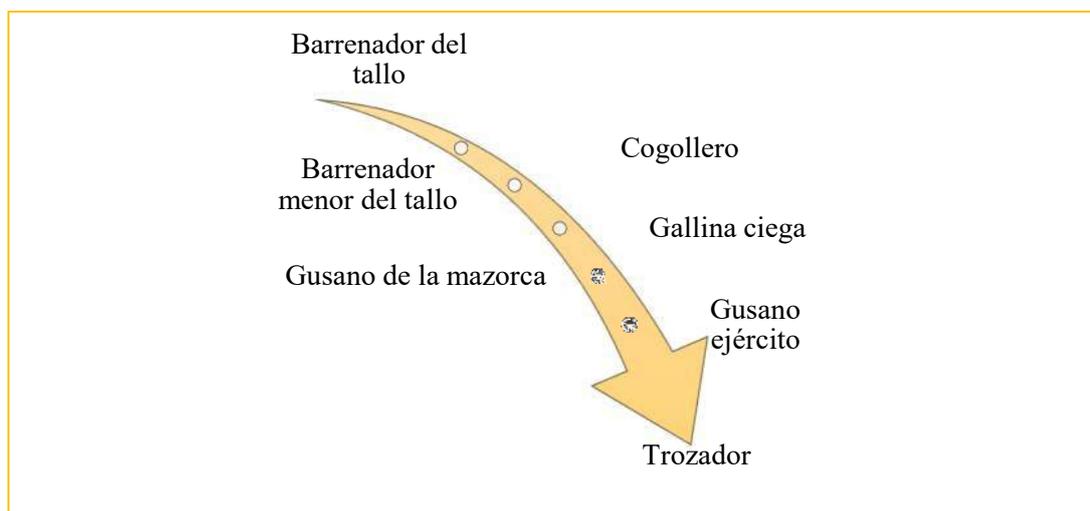


Ilustración 10-2: Plagas que afectan el cultivo de maíz

Fuente: INIAP, 2022.

Realizado por: Pinos, D., 2023.

El barrenador del tallo, se encarga de dañar el tallo, esta puede aparecer entre la siembra y la cosecha, motivo por el cual existe la probabilidad de que la planta no crezca y en determinado punto el tallo se quiebre, es posible controlar esta plaga de manera biológica, liberando moscas parasitas (*Metagonistylum*). El gusano cogollero, como su nombre lo dice se alimentan del cogollo de la planta y en edades adultas de la inflorescencia, el fruto e incluso perforar el tallo, puede controlarse con control químico aplicando clorpirifos (Pyrinex, Lorsban, Piryclor), detalmetrina (Decis) en las semillas o mediante una alternativa económica y amigable con el ambiente como son los cebos tóxicos, que consiste en una mezcla de arena con Lorsban (50 cc) (INIAP, 2022, pp. 1-22).

El barrenador menor de tallo, capaz de perforar el tallo, lo que ocasiona que se marchite el cogollo, se lo controla con riego abundante ya que aparece en época de sequías, además existe control biológico, mediante hormigas que se alimentan de sus larvas y para el caso de polillas desarrolladas, estas son consumidas por las aves. La gallina ciega su afectación se da por la destrucción de las raíces de la planta, se controla mediante la preparación de la tierra o la desinfección de la semilla, no existen un método eficaz, ya que los insecticidas solo brindan un control parcial.

El gusano de la mazorca, aparecen en la etapa reproductiva y se alimentan de la mazorca, se controla de manera biológica ya que existen insectos depredadores que se alimentan de sus huevos. El gusano del ejército, comen tanto los bordes de las hojas como el nervio central, se controla de manera biológica con la liberación de *Trichogramma spp*, además de la aplicación de productos elaborados a base de *Bacillus thuringiensis* y *Metarhizium anisopliae* (INIAP, 2022, pp. 1-22).

Finalmente, está el trozado, que se alimenta en línea recta comiendo todo lo que este a su paso, ocasionando en primera instancia la muerte de las hojas centrales y posteriormente toda la planta, se controla de forma biológica, ya que, se combate con *Bacillus thuringiensis var. Kurstaki* o también aplicando un piretroide en pulverización.

2.1.10. Control de enfermedades

Los cultivos de maíz no solo se ven afectados por plagas o maleza, también existe el riesgo de que experimenten afectaciones fitopatológicas, para lo cual, se requiere del uso fungicidas, a continuación, se presentan las enfermedades en los cultivos de maíz en el Ecuador:

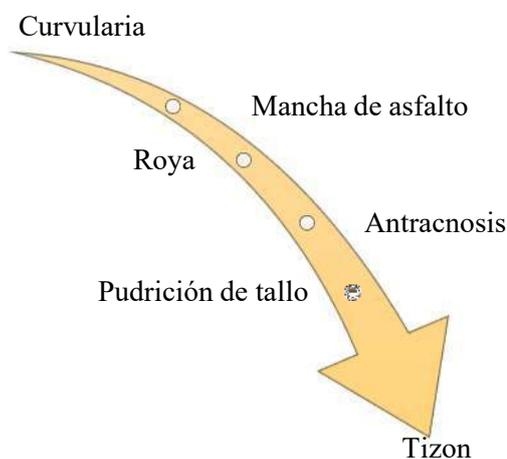


Ilustración 11-2: Enfermedades que afectan el cultivo de maíz.

Fuente: INIAP 2022

Realizado por: Pinos, D., 2023.

La curvularia, ocasiona manchas color cobrizo en las hojas, es controlable si se emplea fungicida en los primeros signos de su aparición. La mancha de asfalto, origina manchas negras en las hojas,

se controla con fungicidas sistémicos. La roya, ocasiona el envejecimiento prematuro de las hojas y presenta machas color naranja, se la controla con una siembra en la época adecuada.

La antracnosis, provoca la putrefacción del tallo y las hojas, se controla al sepultar o deshacerse de los restos de la cosecha anterior. La pudrición del tallo, el interior del tallo es café oscuro y ocasiona la muerte de la planta, se controla con la preparación de la tierra, mantenimiento del equilibrio de los nutrientes y el control de plagas. El tizón, provoca manchas acuosas en las hojas, el tratamiento más común es fungicidas a base de estrobilurina + triazol, en 8 hojas desplegadas o más frecuentemente a partir de Vt-R1 (INIAP, 2022, pp. 1-22).

2.2. Bioestimulantes

En este apartado se procede con el desarrollo de la caracterización de los bioestimulantes, que son elementos cuyo uso, se volvió una práctica común en el área de la agricultura, debido a su impacto en la mejora de la cosecha, para lo cual, se considera necesario establecer una conceptualización base para el desarrollo de este proyecto, misma que se presenta a continuación:

Los bioestimulantes representa una conceptualización considerablemente amplia debido a que entre estos no solo se incluyen sustancias, sino también microorganismos, los cuales tienen como función principal, estimular la absorción y la asimilación de nutrientes en las plantas, cabe mencionar que estos son procesos naturales. Por otro lado, permiten dar tratamiento a estrés abiótico y potenciar la capacidad de los cultivos en términos agronómicos (Certis, 2021, pp. 1-20).

El objetivo de emplear bioestimulantes en las cosechas es potenciar su calidad, pero la vez atender las necesidades más comunes en los cultivos, como puede ser deficiencias en cuanto a la humedad, luz solar, problemas con respecto a la temperatura, lo que ocasiona que la calidad se vea afectada y el producto pierda valor comercial. Es preciso mencionar que el impacto del bioestimulante no solo se palpa en la cosecha sino también en el suelo, el cual, tiende a superar las falencias de micro y macro nutrientes.

2.2.1. Diferencias entre bioestimulantes y fertilizantes

Considerando que ambos elementos son importantes para el desarrollo de los cultivos debido a que promueven el óptimo desarrollo de las plantas, sin embargo, se puede evidenciar una marcada diferencia entre ambos las cuales se presentan a continuación:

- ❖ Ambos aportan nutrientes a las plantas, pero el bioestimulante se encarga de mejorar la absorción y su eficiencia (Certis, 2021, pp. 1-20).
- ❖ Los fertilizantes se emplean en grandes cantidades, mientras que la cantidad de bioestimulantes es mucho menor, puesto que, basta con 12 kg para brindar nutrientes a una hectárea de tierra.
- ❖ Los fertilizantes brindan nutrientes, pero no protegen a la planta de plagas y enfermedades, lo cual, si es posible con el uso de los bioestimulantes (TECNOBELL, 2021, pp. 1-12).

2.2.2. Beneficios de los bioestimulantes

Como se mencionó anteriormente los bioestimulantes no solo permiten proveer de nutrientes, sino que brindan una serie de beneficios, entre los cuales constan la dependencia de los fertilizantes químicos. A continuación, se presentan los beneficios del uso de bioestimulantes en los cultivos:

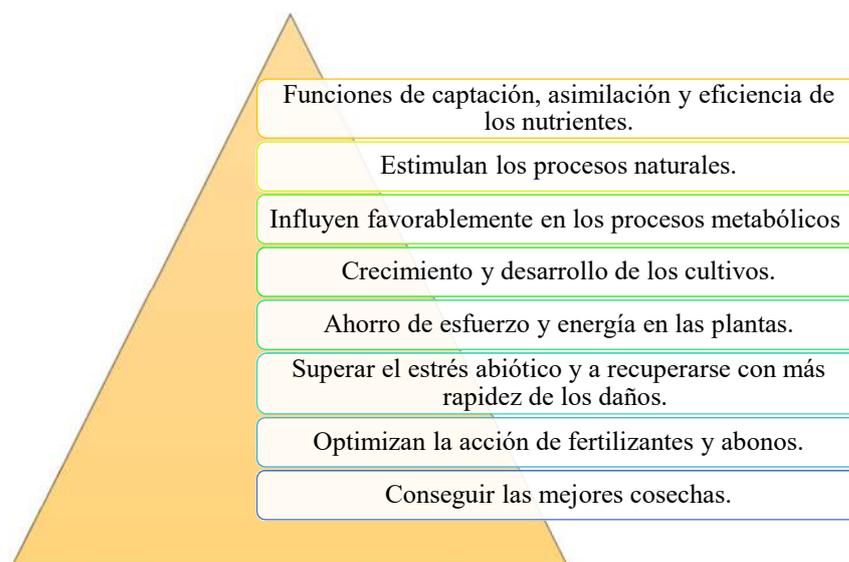


Ilustración 12-2: Beneficios de los bioestimulantes.

Fuente: Certis, 2021.

Realizado por: Pinos, D., 2023.

Entre los beneficios de los bioestimulantes, constan su acción en la mejora de la absorción en cuanto a la eficiencia y asimilación, lo que conlleva a que se potencien procesos naturales de la planta. Favorece al metabolismo, específicamente en la fotosíntesis, la síntesis de ácidos nucleicos

y la captación de iones. Se reduce el proceso de descomposición del abono, lo que conlleva a que la planta minimice su esfuerzo (Certis, 2021, pp. 1-20).

Las plantas reciben asistencia para poder sobrellevar los efectos de la acción abiótica y mejorar la capacidad de recuperación ante factores climáticos y plagas. Los bioestimulantes, optimizan la acción de los fertilizantes, lo que ayuda a que obtener un mayor rendimiento y la calidad del cultivo. Finalmente, está el hecho de que estos son considerablemente económicos, lo que representan una reducción en el costo de producción de los agricultores.

2.2.3. Tipos de bioestimulantes

Como se puede apreciar a pesar de que son productos relativamente nuevos, ya cuentan con una clasificación entre las cuales es posible identificar una clasificación que será revisada a continuación:

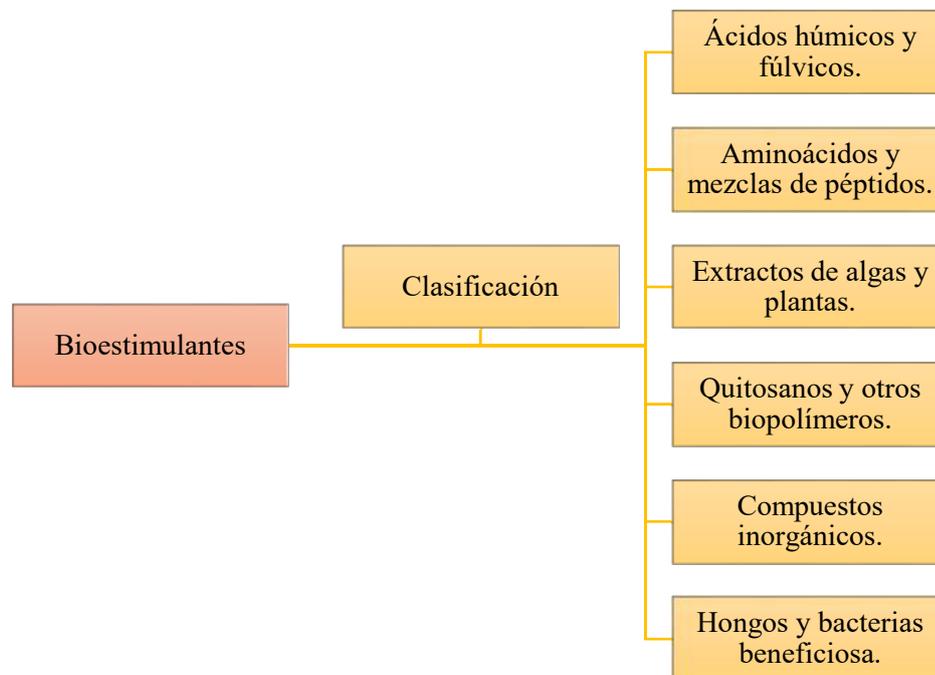


Ilustración 13-2: Tipos de bioestimulantes

Fuente: Certis, 2021.

Realizado por: Pinos, D., 2023.

Los ácidos húmicos y fúlvicos, que son parte del suelo constituyendo la parte orgánica. Los aminoácidos, estos son obtenidos mediante hidrólisis, sea esta química o enzimática de las proteínas ya sea de residuos de las cosechas anteriores, colágeno y tejidos animales. El extracto de alga inicialmente fue empleado como fertilizante, sin embargo, con el pasar de los años se reconocieron sus propiedades como bioestimulantes (Certis, 2021, pp. 1-20).

Los quitosanos, su producción se da de manera natural e industrial y son empleados no solo en la agricultura como fertilizantes, sino también en ramas como la cosmética o la medicina. Los compuestos inorgánicos contienen elementos químicos como el aluminio, cobalto o sodio que, en cantidades recomendadas, fortalecen a la planta frente a patógenos. Finalmente están los hongos y bacterias, que determinadas especies permiten el correcto desarrollo de la planta.

2.3. Marco legal

En el presente apartado se desarrollará el sustento legal de la investigación para lo cual, se tomará en consideración la legislación ecuatoriana vigente, relacionadas con la agricultura y el uso de los bioestimulantes, tomando como punto de partida la constitución del Ecuador, para luego revisar legislación específica

2.3.1. Constitución de la República del Ecuador

En este artículo el Estado ecuatoriano descarta el uso de transgénicos en la agricultura, sin embargo, permite la introducción de cultivos genéticamente modificados, lo cual, se desarrolla con la temática abordada, ya que en este caso los bioestimulantes modifican la genética de las plantas en cuanto a la absorción de nutrientes y su resistencia a plagas y enfermedades, además de que impulsa el desarrollo de biotecnología, lo que implica que existe interés por el sostenimiento de la producción agrícola (Asamblea Nacional, 2021, p. 190).

Con la finalidad de desalentar cualquier tergiversación del contenido de esta ley a continuación se presenta el fragmento legal.

TÍTULO VII RÉGIMEN DEL BUEN VIVIR
Capítulo segundo Biodiversidad y recursos naturales
Sección segunda Biodiversidad

- Art. 401.- Se declara al Ecuador libre de cultivos y semillas transgénicas. Excepcionalmente, y sólo en caso de interés nacional debidamente fundamentado por la Presidencia de la República y aprobado por la Asamblea Nacional, se podrán introducir semillas y cultivos genéticamente modificados. El Estado regulará bajo estrictas normas de bioseguridad, el uso y el desarrollo de la biotecnología moderna y sus productos, así como su experimentación, uso y comercialización. Se prohíbe la aplicación de biotecnologías riesgosas o experimentales.

Ilustración 14-2: Constitución del Ecuador – Biodiversidad.

Fuente: Asamblea Nacional, 2021.

Realizado por: Pinos, D., 2023.

En la sección quinta del régimen de buen vivir, que hace referencia al suelo, donde, por un lado, menciona que el Estado ecuatoriano, dará prioridad a la conservación de la capa fértil del suelo y que desarrollará mecanismos para su conservación, es preciso mencionar en este sentido que los bioestimulantes, además de potenciar los cultivos, colabora con la regeneración ocasionada por el uso desmedido de fertilizantes, lo que representa una aportación con la premisa antes mencionada. Por otro lado, está la socialización de prácticas agrícolas en pro de la soberanía alimentaria, lo cual, es posible ante un mejor rendimiento productivo, lo que también es posible con los bioestimulantes.

Con la finalidad de desalentar cualquier tergiversación del contenido de esta ley a continuación se presenta el fragmento legal.

TÍTULO VII RÉGIMEN DEL BUEN VIVIR
Capítulo segundo Biodiversidad y recursos naturales
Sección quinta Suelo

Art. 409.- Es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión. En áreas afectadas por procesos de degradación y desertificación, el Estado desarrollará y estimulará proyectos de forestación, reforestación y revegetación que eviten el monocultivo y utilicen, de manera preferente, especies nativas y adaptadas a la zona.

Art. 410.- El Estado brindará a los agricultores y a las comunidades rurales apoyo para la conservación y restauración de los suelos, así como para el desarrollo de prácticas agrícolas que los protejan y promuevan la soberanía alimentaria.

Ilustración 15-2: Constitución del Ecuador – Biodiversidad.

Fuente: Asamblea Nacional, 2021.

Realizado por: Pinos, D., 2023.

2.3.2. Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, semillas y fomento de la agricultura

En esta ley se habla de derechos a la agrobiodiversidad, donde en el literal b del artículo 8, se menciona que el Estado garantiza, la fertilidad del suelo mediante prácticas de conservación, donde se considera que el uso de los bioestimulantes, representan un aporte para el cumplimiento de esta política, ya que es capaz de devolver las propiedades minerales de suelos erosionados, lo cual, se relaciona con el literal e, que trata de la restauración del suelo (Asamblea Nacional, 2017, p. 4).

Con la finalidad de desalentar cualquier tergiversación del contenido de esta ley a continuación se presenta el fragmento legal.

**Título preliminar Objeto, ámbito y fines
Capítulo I de los derechos**

- Art. 8.- Derechos en el ámbito de la agrobiodiversidad. La presente Ley garantiza los siguientes derechos individuales y derechos colectivos de comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades:
 - b) Garantizar la fertilidad y biodinámica del suelo mediante prácticas de conservación y evitar su erosión, degradación y contaminación;
 - e) Derecho a la conservación, restauración y sostenibilidad de la agrobiodiversidad y de las buenas prácticas y producción sustentable de alimentos;

Ilustración 16-2: Derechos en el ámbito de la agrobiodiversidad.

Fuente: Asamblea nacional, 2017.

Realizado por: Pinos, D., 2023.

En el artículo 49 de la ley se mencionan prácticas para la prevención y control de plagas, lo cual, se relaciona con uno de los beneficios de los bioestimulantes, que es el fortalecimiento de las plantas frente a plagas y enfermedades, sin contar que esto brindan sustentabilidad a la producción de maíz, debido a que incluso reduce el uso de los pesticidas, fungicidas y fertilizantes.

Con la finalidad de desalentar cualquier tergiversación del contenido de esta ley a continuación se presenta el fragmento legal.

Título iv de la agricultura sustentable Capítulo I de las buenas practicas

- Art. 49.- Prácticas y tecnologías. Constituyen prácticas y tecnologías de agricultura sustentable, destinadas al uso de alternativas de innovación tecnológica, que debe fomentar el Estado las siguientes:
 - d) Prevenir y controlar las plagas y enfermedades mediante el uso de biopreparados, repelentes y atrayentes, así como la diversificación, introducción y conservación de enemigos naturales;

Ilustración 17-2: Prácticas y tecnología.

Fuente: Asamblea Nacional, 2017.

Realizado por: Pinos, D., 2023.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Enfoque de investigación

Permite reconocer las características esenciales de un fenómeno social, las cuales, no son susceptibles a cuantificación alguna. Para el desarrollo de una investigación con enfoque cualitativo, el investigador deberá tomar acciones que posibiliten el registro de teorías generalmente aceptadas, el punto de vista de los sujetos, conocimientos, experiencias e incluso su comportamiento, estos elementos, coadyuvan al investigador, para que pueda formular suposiciones o inferencias, mismas podrían ser descartadas o validadas conforme se adapte la información pertinente, lo que además permitirá distender la información disponible sobre dicha temática (Piza, et al., 2019, pp. 455-459).

Es preciso mencionar que para efecto del presente estudio se considera que el enfoque que mejor se adapta a las aspiraciones con respecto a los resultados es el cualitativo, puesto que, lo que en primera instancia se realizó fue una descripción sobre las cualidades de la problemática que en este caso es el uso intensivo de las tierras y de fertilizantes, donde se establece que una solución paliativa y amigable con el medio ambiente son los bioestimulantes.

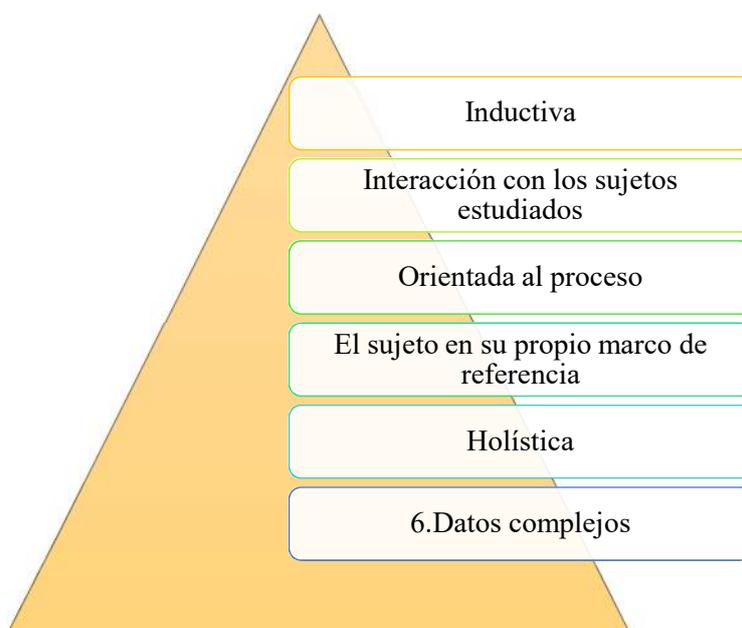


Ilustración 18-3: Investigación cualitativa: Características.

Fuente: Guevara, et al., 2020.

Realizado por: Pinos, D., 2023.

Las características de la investigación cualitativa, lo que conlleva que se de abordaje a la problemática desde lo más general hasta lo específicos, por tal motivo en esta investigación se realizó un análisis desde el contexto mundial hasta el estatal, donde se da abordaje a la producción e importancia del maíz en el cantón la Joya de los Sachas.

El enfoque cuantitativo conlleva a interactuar con los sujetos que intervienen dentro de la problemática, lo que implica realizar un trabajo de campo, lo cual, se cumple debido a que en este estudio se realizaron pruebas con diferentes bioestimulantes, para lo cual, se acude a una finca en la cual, se cuenta con cultivos de maíz. Se dice que este enfoque se orienta al proceso ya que mide los cambios experimentados en una realidad con el pasar de los años, en este caso se cumple con esta premisa, debido a que se realizó una reseña histórica que parte desde los fertilizantes hasta tiempos actuales donde toman fuerza los bioestimulantes.

Este enfoque es considerado como holístico, debido a que es necesario analizar factores adyacentes a la producción de maíz, como pueden ser la contaminación del suelo, sus necesidades, la presencia de plagas y maleza, para el momento en el cual se realice la aplicación del bioestimulantes, verificar el impacto que tiene en la productividad y calidad de la cosecha. Este enfoque no admite datos numéricos complejos, en este sentido, no se recurre a cuantificaciones, más bien se pretende describir los cambios en cuanto a la fenología del maíz.

3.2. Tipo de investigación

La finalidad de la investigación descriptiva es identificar las características de una cultura o grupo social, sin embargo, también se puede definir como un análisis e interpretación de la naturaleza de un fenómeno, así como también el progreso que este ha experimentado a través del tiempo, donde se busca entender el comportamiento de un grupo social en un contexto (Guevara, et al., 2020, pp. 163-173).

Se considera necesario aplicar la investigación descriptiva, puesto que, tras la experimentación con los bioestimulantes, se realizará una investigación detallada de sus efectos en aspectos relacionados con la fenología del maíz, esto partiendo del supuesto de que los bioestimulantes al mejorar la capacidad de absorción de la planta mejora la calidad del fruto que en este caso son los granos de la mazorca. A continuación, se presentan las características de la investigación descriptiva:

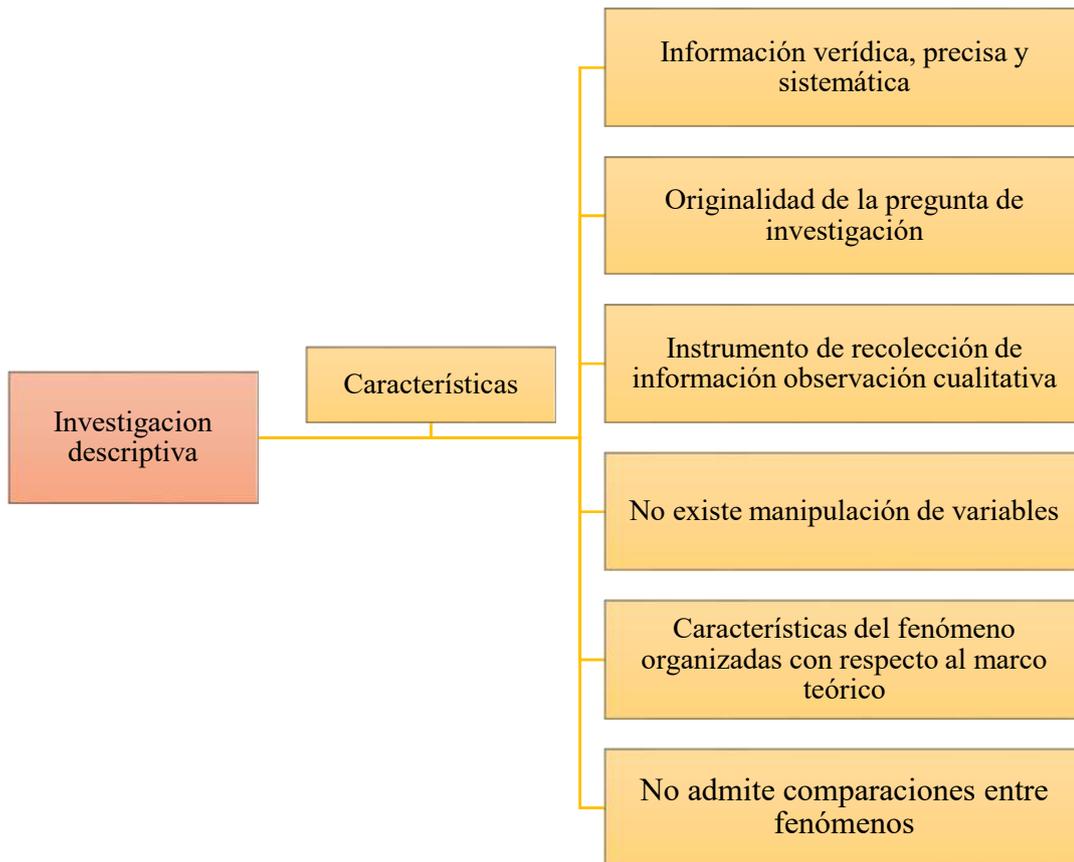


Ilustración 19-3: Características de la investigación descriptiva

Fuente: Metodologías de investigación, 2020.

Realizado por: Pinos, D., 2023.

Como primera característica se tiene que la información es verídica, precisa y sistemática, lo cual, se cumple por lo menos en la descripción de la problemática donde se realiza la respectiva referenciación de la información incluida, además de que, los resultados obtenidos a partir de la experimentación, deberá pasar por una sistematización e interpretación. Es posible establecer una pregunta de investigación original, esto debido a ningún estudio es igual, sin contar el hecho de que aún existe mucha información que explotar sobre los bioestimulantes en el maíz.

Como instrumento de recolección de investigación se plantea la observación que en este caso es de tipo cualitativa, permite manipular las variables, que entre otras cosas dan abordaje a indicadores fenológicos del maíz, cabe mencionar que estos fueron abordados durante el desarrollo del marco teórico, finalmente se tiene que no se realizarán comparaciones con otros fenómenos.

3.3. Método de investigación

Según, Guevara, et al., (2020, pp. 163-173) , la investigación experimental es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos en determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente). Una verdadera investigación experimental se considera exitosa sólo cuando el investigador confirma que un cambio en la variable dependiente se debe a la manipulación de la variable independiente. Es importante para este tipo de investigación, establecer la causa y el efecto de un fenómeno, debe ser claro que los efectos observados en un experimento se deben a la causa.

En este caso se consideró necesario recurrir a este método ya que como se mencionó anteriormente se recurre a una experimentación, en este caso la premisa es que la variable independiente es la manipulable, en este caso se aplicarán diferentes estimulantes y dosis, a continuación, se procede con la definición de las variables de la investigación:

3.3.1. Variables de estudio

Variable independiente:

- ❖ Bioestimulantes

Variables dependientes:

- ❖ Tamaño de la raíz
- ❖ Peso de la mazorca
- ❖ Altura de la planta
- ❖ Diámetro de la mazorca
- ❖ Numero de granos por mazorca
- ❖ Rendimiento por hectárea

3.4. Materiales

Para el desarrollo del presente estudio se requieren materiales e insumos los cuales serán clasificados y enlistados a continuación:

- ❖ **Herramientas:** Cinta manual, machete, balanza digital, calibrador pie de rey, abonadora manual, fumigadora manual de 20L, sembradora manual.
- ❖ **Insumos:** Bioestimulantes (Evergreen, Vital Humus y Seaweed extract), Urea, Insecticida (Methomex, Engeo), PREDOSTAR (fungicida), Python (fungicida).
- ❖ **Materiales de oficina:** Computadora, impresora, celular, cuaderno, esferográficos, lápiz HB, regla de oficina, calculadora, cinta adhesiva masking, y hojas de registros.

3.5. Área de estudio

A continuación, se presenta una descripción del campo de ensayo experimental, en el cual, el largo de cada fila de maíz es de 80 m a una distancia de siembra de 22cm de planta a planta y al ancho entre hilera es de 82 cm, el tipo de suelo que se realizó el estudio es de tipo franco arenoso, la aplicación de los bioestimulantes se realizó 3 aplicaciones, a partir de los 10 días de germinación del maíz en intervalos de 15 días por aplicación.

Tabla 2.3: Descripción del área de estudio.

T1 Testigo	T2 Evergreen 2.5 ml por litro de agua	T3 Vital Humus 5 ml por litro de agua	T4 Seaweed extract 5 ml por litro de agua
T3 Vital Humus 5 ml por litro de agua	T4 Seaweed extract 5 ml por litro de agua	T1 Testigo	T2 Evergreen 2.5 ml por litro de agua
T4 Seaweed extract 5 ml por litro de agua Testigo	T1 Testigo	T2 Evergreen 2.5 ml por litro de agua	T3 Vital Humus 5 ml por litro de agua
T1 Testigo	T3 Vital Humus 5 ml por litro de agua	T2 Evergreen 2.5 ml por litro de agua	T4 Seaweed extract 5 ml por litro de agua

Realizado por: Pinos, D., 2023.

Como se puede apreciar, el área de la exploración ha sido subdividido en cuatro, donde la primera es el área testigo, que indica que se realizará la siembra en el suelo en condiciones naturales y que

no se aplicará ningún bioestimulantes, en las otras tres áreas se da la aplicación de tres tipos de bioestimulantes que son:



Ilustración 20-3: Marcas comerciales de bioestimulantes utilizados en el experimento.

Fuente: Google imágenes.

Realizado por: Pinos, D., 2023.

Evergreen contiene 22 elementos nutricionales, entre los cuales resaltan macronutrientes como el nitrógeno, el fósforo y el potasio, así como también micronutrientes como son algas marinas, vitaminas y ácidos húmicos, los cuales se transporta a través del sistema vascular de la planta, para su aplicación disuelve en agua. La dosis recomendada por el fabricante es de 16 - 32 oz / ac, (ExcelAg, 2021, pp. 1-6).

Vital Humus, no solo provee nutrientes a la planta, sino que permite regular la disponibilidad de nutrientes en el suelo, para lo cual, se encarga de crear un ambiente prolijo para la generación de micro y macro nutrientes, puesto que, dentro de lo que competen a la fisiología de las plantas los ácidos húmicos y fúlvicos, permiten la mejora de procesos tales como la respiración, la asimilación de proteínas y enzimas. En cuanto a la dosis recomendada por el fabricante esta es de 5 l/ha para lo cual, se requiere 2000l, (ESPAGROTEC, 2021, pp. 2-4).

Seaweed extract, es un bioestimulante elaborado a base de alga marina, se encarga de generar en las plantas metabolitos entre los cuales encuentran las betaninas, un factor clave para fortalecer a la planta contra el ataque de plagas y enfermedades, la dosis recomendada por el fabricante es 1 litro del extracto una cantidad de agua que puede ser de 500 a 1000 litros, para poder tratar toda una hectárea, (ECUAQUIMICA, 2022, pp. 2-6).

3.6. Localización

El estudio se realizó en una finca del Sr. Dubal Pinos, ubicado en la Vía Sacha – Unión Bolivarense, Cantón Joya de los Sachas, Provincia de Orellana, ubicación geográfica en la zona 18S UTM. A continuación, se presentan las coordenadas y ubicación geográfica del campo en el cual se llevará a cabo el estudio:

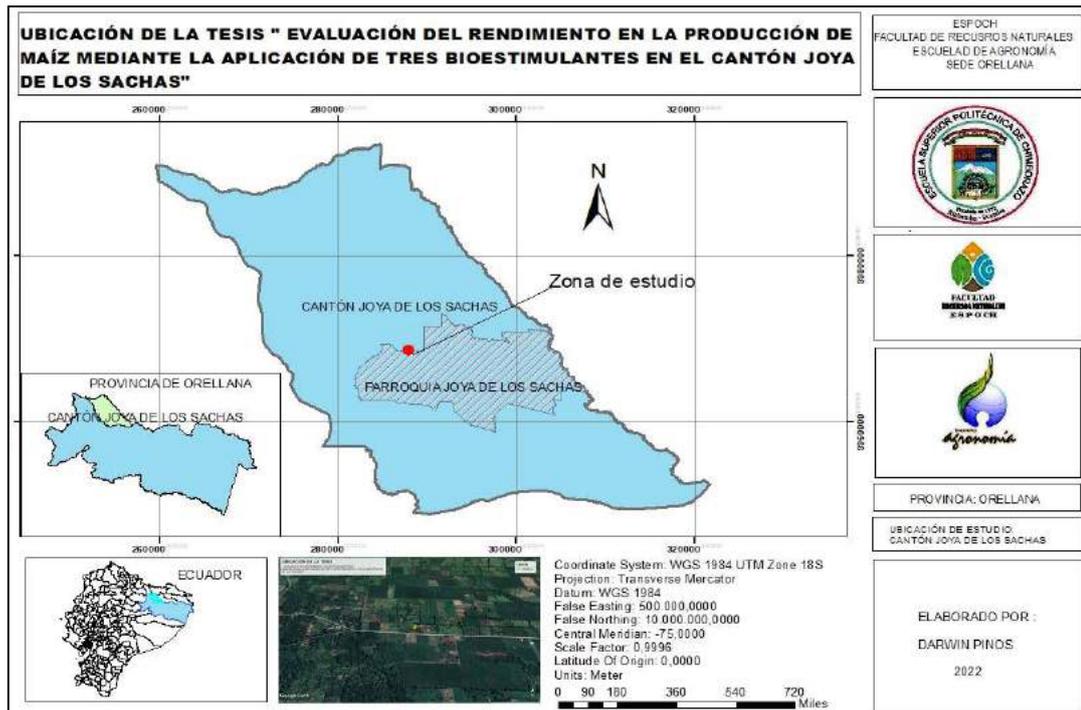


Ilustración 21-3: Ubicación geográfica y coordenadas del cantón La Joya de los Sachas.

Realizado por: Pinos, D., 2023.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En la Joya de los Sachas, se evidencia que los cultivos de maíz aparecen en el 2007, con el pasar de los años este cultivo de ciclo corto ha venido tomando una gran connotación en la economía de los agricultores. En cuanto a la gestión de los cultivos estos se llevan de manera empírica, es decir carece de tecnicismo, puesto que, es común ver que se realice la siembra, pero no que se aplique una preparación del suelo.

Sumado a lo antes mencionado, para potenciar la producción maíz recurren a productos químicos como fertilizantes nitrogenados y la urea, cabe mencionar que esta última es impulsada por el Estado, mediante subsidios en determinados casos y a pesar de esto representan un insumo agrícola de alto valor, que no se ve justificado en el rendimiento del cultivo. El uso de estos fertilizantes es poco responsable, lo que ha creado un impacto negativo en la calidad del suelo (Arguello, 2022, p. 1).

Un aspecto clave es que los agricultores de la Joya de los Sachas, aplican los fertilizantes sin antes hacer pruebas para conocer las condiciones del suelo, con lo cual, aumenta el riesgo de degradación del suelo. En el Ecuador el uso de bioestimulantes representan una nueva tendencia de fertilizantes, que desde el año 2019 fue introducido, ganando gran aceptación en el sector agrícola, son embargo, existen territorios en los cuales por desconocimiento no han sido puestos a prueba, como en el caso del cantón en cuestión.

En esta sección se procede con la presentación de los resultados obtenidos tras la experimentación con los diferentes tipos de bioestimulantes antes mencionado, cabe mencionar que para estos se recurrió a un análisis estadístico para lo cual se utiliza Minitab, que es un software, que permite resolver problemas relacionados con los procesos de producción, es cual, es mejorado y sus resultados son presentados en ilustraciones o tablas, cabe mencionar que este programa es empleado para el control de calidad, lo cual se relaciona con el presente estudio, ya que no solo se busca mejorar el rendimiento por hectárea sino también la calidad del maíz (TCM, 2022, p. 2).

En este caso una de las características de Minitab que se aprovechará es el ANOVA, puesto que en conjunto se realizará la prueba Tukey, que es popular para el desarrollo de experimentos, donde se realizan un gran número de comparaciones, en este caso se trata de una muestra de 100 plantas cosechadas en los diferentes terrenos que fueron tratados con los bioestimulantes.

Cabe mencionar que el método Tukey es empleado a partir del ANOVA para poder generar intervalos de confianza para los diferentes grupos de medias de los factores a evaluar previamente establecidos, mientras realiza el control de la tasa de error por familia, que en este caso son los diferentes terrenos. Es preciso mencionar que para el análisis estadístico se empleó un nivel de confianza de 95%.

Además de que se emplearon letras con la finalidad de poder resaltar una significancia estadística, de manera que aquellas que no compartan una letra en común son significativamente diferente. A continuación, se procede con la presentación de los resultados obtenidos:

4.1. Densidad de siembra para el experimento

Para el desarrollo del proyecto se estableció una misma densidad de siembra para cada tratamiento, para lo cual, se toma como referencia las densidades de siembra del Norte de Dakota y Carolina, que son zonas de alta producción de maíz en Estados Unidos, que figura como uno de los principales productores, donde se establece una distancia que va de entre 50 a 120 cm, con lo cual, se obtiene una densidad de siembra que oscila entre 55.000 y 70.000 plantas por hectáreas, en zonas lluviosas. En este caso la densidad se realizó de (0,82x0,22) con lo cual se obtiene un aproximado de 55000 plantas por hectárea.

Según, Blanco & González, (2021, p. 8), sugieren densidades óptimas de siembra de 65 000 plantas ha-1, para genotipos tropicales de maíz que tengan una altura de la planta superior a los 2,4 m 8. Trabajos realizados sobre densidades de población en híbridos de maíz bajo temporal, en el trópico húmedo, demostraron que al aumentar la densidad de 50 000 a 62 500 planta ha-1, obtuvieron el mayor rendimiento de grano, pues se incrementó en 0,30 t ha-1. También se reportó que el rendimiento aumentó 0,6 t ha-1, al incrementar la densidad de población de 60000 a 70 000 plantas ha-1. Varios estudios indicaron que el maíz difirió en su respuesta a la densidad de población en función del genotipo y de las condiciones ambientales.

Cabe mencionar que en este estudio se empleó una distancia de 90*30 cm, cabe mencionar que, durante el desarrollo del estudio antes citado, los autores mencionaron que la profundidad de siembra (74 – 88 mil plantas por hectáreas), generó una emergencia con respecto a la plántula, ocasionando que no todas emergieran de manera uniforme.

Por otro lado Cuenca (2019, p. 61) realiza un estudio mediante la densidad de siembra INIAP H553 cultivada con 15 kg/ha a (0.80 x 0.20 m) puesto que con ello se alcanzó 2,43 m, esto posiblemente se deba a que el maíz cultivado con mayor cantidad (30 kg/ha), obliga a la planta a

buscar la luz, la misma que hace que la planta desarrolle de mejor manera, mientras que una menor cantidad de semilla permitió que se desarrollen las malezas, compitiendo con el cultivo, extrayendo los nutrientes y dejando pequeño a maíz.

Es preciso mencionar que esta densidad de siembre está más aproximada al empleado para este estudio, además de que se trata de una zona tropical, ya que esta se da en la provincia de Santa Elena, cabe mencionar que, en el oriente ecuatoriano, el desarrollo de estos cultivos son algo nuevo, sin embargo, se cuenta con climas con características similares. Sin embargo, se acota que el desarrollo de la maleza, no solo tiene que ver con la densidad de siembra sino con el proceso de preparación de la tierra previo a la siembra y post siembra, ya que se requiere hacer controles.

4.2. Rendimiento por hectáreas

Se reportan los promedios de rendimiento. El análisis de varianza alcanzó diferencias significativas. El uso del bioestimulante EVEERGREN en dosis de 0,50 L/ha presentó el mayor rendimiento del cultivo con 6.965 kg/ha, siendo este el más alto rendimiento con respecto a los otros tratamientos, por otro lado, los rendimientos del bioestimulantes vital humus en dosis de 1,0 L/ha, fue de 5.451 kg/ha, mientras que el de SWEET EXTRACT en dosis de 1,0 L/ha, generó 5.101,5 kg/ha, evidenciándose una reducida diferencia de rendimientos. Finalmente se tiene que el tratamiento testigo, donde no se dio la aplicación de bioestimulantes obtuvo un rendimiento de 4.636 kg/ha.

Los resultados obtenidos se representan en la tabla 3.4, en la cual consta de las medias de cada uno de los tratamientos realizados, además de la desviación estándar y el P-valor, en los cuales se pudo evidenciar que la utilización de los bioestimulantes género en mayor rendimiento en la producción de maíz.

Tabla 3-4: Análisis de resultados de cada una de las variables

Variable	Bioestimulantes				P-Valor
	Testigo	Evergren	Vital humus	Sweet Extract	
Altura	\bar{X} 1,78; σ_x 0,04 C	\bar{X} 2,11; σ_x 0,04 A	\bar{X} 1,92; σ_x 0,04 B	\bar{X} 1,92; σ_x 0,04 B	0,00
Porte de la raíz	\bar{X} 18,26; σ_x 0,94 B	\bar{X} 19,40; σ_x 0,99 A	\bar{X} 18,38; σ_x 1,35 B	\bar{X} 18,26; σ_x 0,04 B	0,00
Diámetro de la mazorca	\bar{X} 4,37; σ_x 1,67 C	\bar{X} 4,88; σ_x 2,84 A	\bar{X} 4,51; σ_x 2,31 B	\bar{X} 4,36; σ_x 0,04 B	0,00
Peso del grano por Mazorca	\bar{X} 0,19; σ_x 0,04 D	\bar{X} 0,29; σ_x 0,57 A	\bar{X} 0,22; σ_x 0,44 B	\bar{X} 0,21; σ_x 0,03 C	0,00
Numero de granos	\bar{X} 1,78; σ_x 0,04 C	\bar{X} 2,11; σ_x 0,04 A	\bar{X} 1,92; σ_x 0,04 B	\bar{X} 1,92; σ_x 0,04 B	0,00

Realizado por: Pinos, D., 2023.

A continuación, se presenta el rendimiento por hectárea en kg por tratamiento.

Tabla 4-4: Rendimiento por hectáreas en kg por tratamiento.

Tratamiento			Rendimiento por hectárea Kg
Nº	Producto	Dosis	
T2	Evergren	0.5L	6.965 A
T3	Vital Humus	1,0L	5451 B
T4	Sweet Extract	1,0L	5101,5 C
T1	Testigo	0	4636 D

Realizado por: Pinos, D., 2023.

4.3. Tamaño de la raíz

La aplicación del bioestimulante Evergren, fue superior estadísticamente al resto de tratamientos con un promedio de 19,40cm. Los demás bioestimulantes fueron estadísticamente similares al

tratamiento testigo con un promedio de 18,56 cm. A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

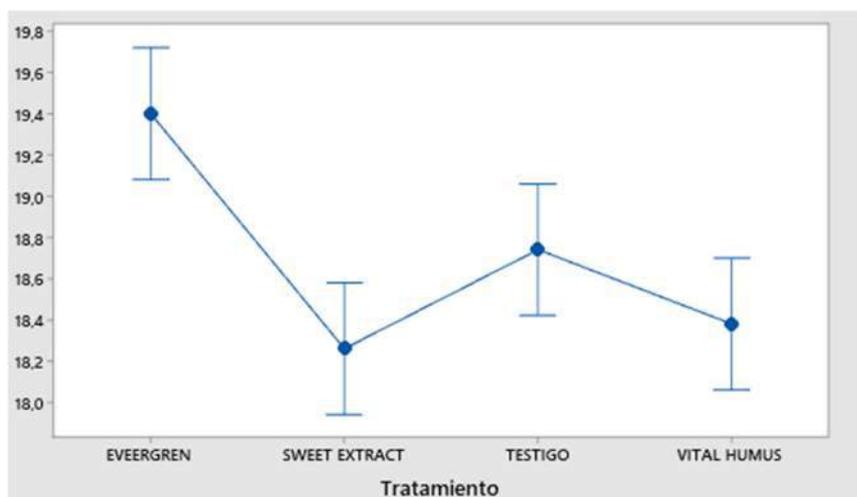


Ilustración 22-4: Porte de la raíz, en la evaluación de bioestimulantes en el desarrollo radicular de la planta.

Realizado por: Pinos, D., 2023.

El análisis de varianza detectó diferencias significativas y el coeficiente de variación fue 6,44 %. Donde se observó que el tratamiento con Evergreen tuvo un resultado significativo con respecto a los demás tratamientos, cuales presentan resultados similares al tratamiento testigo. A continuación, se presentan las medias del porte de la raíz de la planta:

Tabla 5-4: Agrupación de información para el tamaño de la raíz.

Tratamiento	N	Media	Agrupación
Evergreen	100	19,40	A
Testigo	100	18,74	B
Vital humus	100	18,38	B
Sweet extract	100	18,26	B

Realizado por: Pinos, D., 2023.

En la evaluación de los bioestimulantes es posible apreciar que la dosis del Evergreen, es 0,51, siendo esta la mitad de las dosis empleadas de los otros bioestimulantes, puesto que el desarrollo de la raíz es superior por lo menos en un 4%. A continuación, se presentan la evaluación de los bioestimulantes con respecto al porte de la raíz:

4.4. Peso de la mazorca

Para el análisis del peso de la mazorca se toma como referencia el peso del grano por mazorca, el cual estará dado en libras, sin embargo, para esto también se requiere conocer el número de granos, como se mencionó anteriormente se debe verificar el número de hileras. A continuación, se presenta el análisis para el peso de la mazorca:

4.4.1. *Peso del grano por mazorca (Lb)*

El mayor promedio del número de granos por mazorca se obtuvo con el bioestimulante Evergren, presentó el mayor rendimiento promedio de 0,29Lb, Vital Humus y Sweet Extract fueron estadísticamente parecidos con un promedio de 0,22Lb, siendo el tratamiento testigo el que registró el menor número de granos con 0,19Lb. A continuación, se presentan el registro del peso del grano por mazorca:

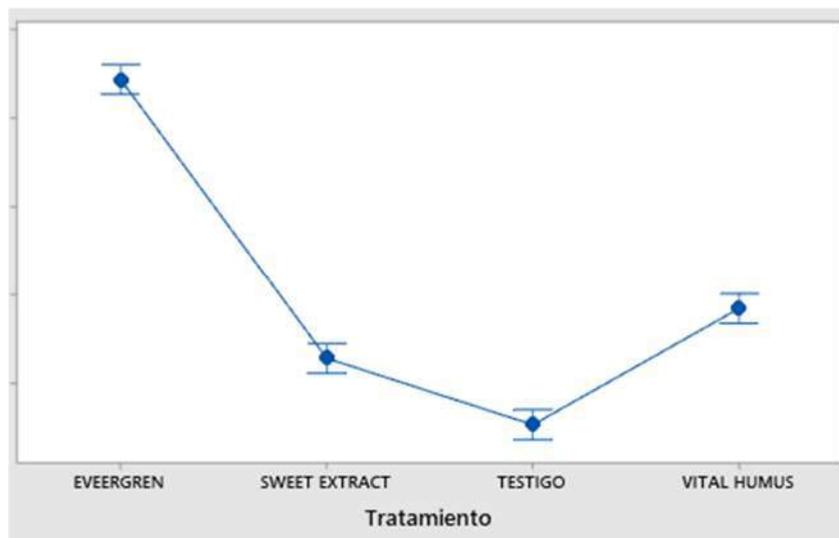


Ilustración 23-4: Peso del grano por mazorca (Lb).

Realizado por: Pinos, D., 2023.

El análisis de varianza no detectó diferencias significativas y el coeficiente de variación fue 18,87 %. Donde se observó que el tratamiento con Evergren tuvo una notable diferencia en el peso del grano de maíz, el tratamiento con Vital Humus tuvo una pequeña diferencia con el tratamiento de Sweet Extract y el testigo fue el tratamiento con el peso más bajo de todos los tratamientos. A continuación, se registran las medias peso del grano por mazorca:

Tabla 6-4: Agrupación de información para el peso del grano de mazorca por lb.

Tratamiento	N	Media	Agrupación			
Eveergren	100	0,29	A			
Vital humus	100	0,22		B		
Sweet extract	100	0,21			C	
Testigo	100	0,19				D

Realizado por: Pinos, D., 2023.

Como se puede apreciar existen diferencias estadísticas con respecto al peso del grano de la mazorca, sin embargo, predomina el Eveergren como el bioestimulantes con mejores resultados, a continuación, se presenta el peso real del grano por cada uno de los tratamientos antes mencionados:

4.4.2. Granos por unidad de mazorca

El mayor promedio del número de granos por mazorca se obtuvo con el bioestimulante Eveergren, mismo que presentó un promedio de 728,85 granos, seguido de Vital Humus registró un promedio de 548,80 granos, mientras que, por otro lado, Sweet Extract tiene un promedio de 517,48 granos, finalmente, el tratamiento testigo que registró el menor número de granos con 503,91. A continuación se presentan la cantidad de granos por unidad de mazorca:

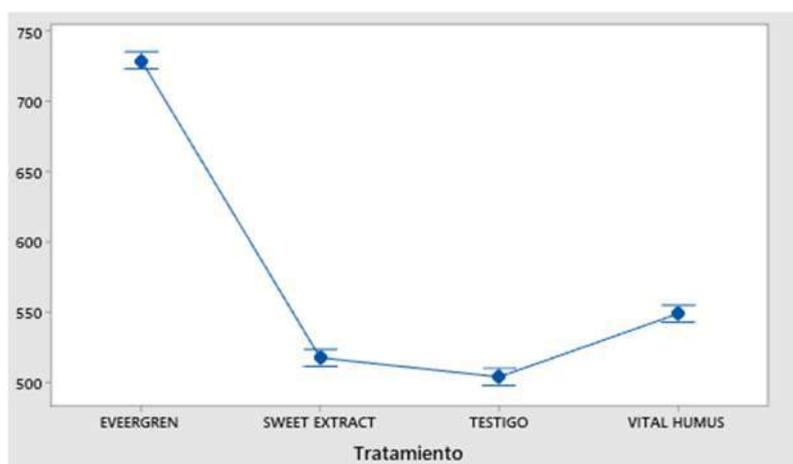


Ilustración 24-4: Granos por unidad de mazorca – Por tratamientos.

Realizado por: Pinos, D., 2023.

Con el análisis de varianza no se detectó diferencias significativas y el coeficiente de variación fue 16,63 %. Fue posible observar que el tratamiento con Eveergren tuvo una gran diferencia en

la cantidad de granos de maíz, el tratamiento con Vital Humus presentó el segundo mejor rendimiento en el número de granos, el tratamiento de Sweet Extract y el testigo presentaron el número más bajo de granos de maíz de todos los tratamientos. A continuación, se registran las medias del número de grano por mazorca:

Tabla 7-4: Agrupación de información para el grano por unidad de mazorca.

Tratamiento	N	Media	Agrupación			
Eveergren	100	728,85	A			
Vital Humus	100	548,80		B		
Sweet Extract	100	517,48			C	
Testigo	100	503,91				D

Realizado por: Pinos, D., 2023.

Como se puede apreciar que la variación promoción en el número de granos obtenidos con el tratamiento de Eveergren con respecto a los demás tratamientos es de 39%, sin embargo, de manera específica, supera en 33% al de Vital Humus, 41% al de Sweet Extract y por 45% al tratamiento testigo. A continuación, se presentan el número real de granos por unidad de mazorca:

4.5. Altura de la planta

La aplicación del bioestimulante Vital Humus en dosis de 1,0 L/ha superó los promedios con 1,91 m, estadísticamente igual al empleo del bioestimulante Sweet Extract en dosis de 1,0 L/ha; el bioestimulante Eveergren en dosis de 0,5 ml/ha, fue superior estadísticamente al resto de tratamientos con un promedio de 2,1m. El menor promedio fue para el tratamiento testigo, sin aplicación de productos que presentó un promedio de 1,79 m.

El análisis de varianza detectó diferencias significativas y el coeficiente de variación fue 6,44%. A continuación, se presentan los registros de los promedios de altura de planta:

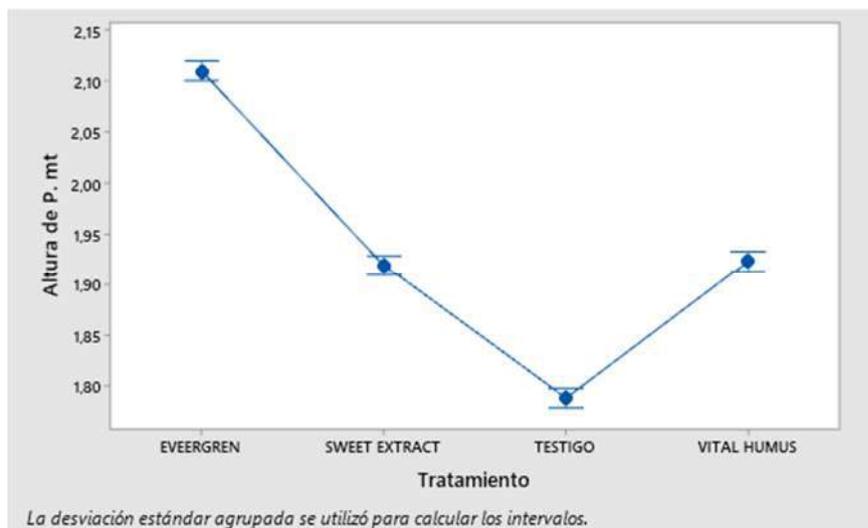


Ilustración 25-4: Altura de planta (m) – Por tratamientos.

Realizado por: Pinos, D., 2023.

Donde se observó que el tratamiento con Eevergren es diferente a los demás tratamientos, Vital Humus y Sweet Extract tienen características similares y por último el tratamiento testigo presentó la altura más baja entre todos. A continuación, se registran las medias en la altura de la planta.

Tabla 8-4: Agrupación de información para altura de la planta (m).

Tratamiento	N	Media	Agrupación		
Eveergren	100	2,11	A		
Vital Humus	100	1,92		B	
Sweet Extract	100	1,92		B	
Testigo	100	1,79			C

Realizado por: Pinos, D., 2023.

La variación promedio de los resultados obtenidos con el Eevergren en comparación con los demás bioestimulantes es del 12%. Por otro lado, la variación con respecto al Vital Humus y el Sweet Extract es de 10% y de 17% con respecto al testigo. A continuación, se presenta la altura de las plantas con cada tratamiento:

4.6. Diámetro de la mazorca

El empleo del bioestimulante Eevergren en dosis de 0,50 L/ha presentó mayor promedio (4,78 cm), estadísticamente superior a los demás tratamientos, siendo el tratamiento testigo, sin aplicación de productos y el Sweet Extract los de menor promedio (4,36 cm). A continuación, se presenta el diámetro de mazorca, por cada tratamiento empleado:

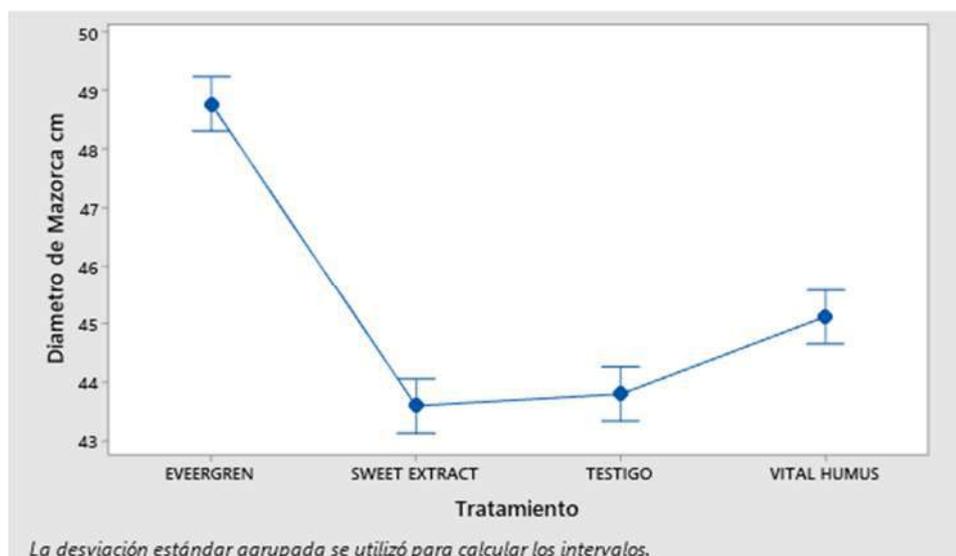


Ilustración 26-4: Diámetro de la mazorca (cm) – Por tratamientos.

Realizado por: Pinos, D., 2022.

El análisis de varianza no se detectó diferencias significativas y el coeficiente de variación fue 6,90 %. Donde se observó que el tratamiento con Evergreen tuvo una pequeña diferencia en el diámetro de la mazorca del maíz a comparación del tratamiento con Vital Humus, el tratamiento con Sweet Extract y el testigo tienen características similares. A continuación, se registran las medias del diámetro de la mazorca:

Tabla 9-4: Agrupación de información para diámetro de la mazorca (cm).

Tratamiento	N	Media	Agrupación		
Evergreen	100	4,8	A		
Vital Humus	100	4,51		B	
Testigo	100	4,37			C
Sweet Extract	100	4,36			C

Realizado por: Pinos, D., 2023.

La variación promedio entre el diámetro de las mazorcas obtenidas a partir del tratamiento Evergreen con respecto a los demás tratamientos es de 11%. Por otro lado, en términos específicos, la variación con respecto a las mazorcas obtenidas a partir del tratamiento con Vital Humus es de 8% y de 12% con respecto al Sweet Extract y el testigo, A continuación, se presenta los análisis comparativos sobre el diámetro de la mazorca:

4.7. Discusión

En el presente apartado se procede con el desarrollo de la discusión para lo cual, se realizará una relación con los resultados obtenidos tras la experimentación con los tres tipos de bioestimulantes, con respecto a los hallazgos evidenciados en estudios preexistentes en los cuales se experimentó con uno o más marcas comerciales.

Como se mencionó anteriormente, se emplearon tres tipos de bioestimulantes, los cuales con respecto al rendimiento de tratamiento testigo, permitieron una mejora promedio de 19.2%, es preciso mencionar que el mejor rendimiento se alcanzó con el Everageen en dosis de 0.5l en este caso el rendimiento obtenido, superó al del tratamiento testigo en un 33%, mientras que con los otros bioestimulantes la dosis de 1l.

En este caso la dosis empleada de Everageen es inferior en 0.25l, con respecto a la dosis empleada por Aguayo & Cruz (2020, p. 24) en su estudio donde la variable de rendimiento no encontró diferencia significativa en la variable de rendimiento de grano por hectárea, con la aplicación de los bioestimulantes Fertimar®, Evergreen®, y Revite® en las dosis de 1.0, 0.75, y 0.5 L/ha, a excepción del T2 (Revite® a 0.5 t/ha) en el estudio realizados sobre efecto de tres bioestimulantes orgánicos en el rendimiento del híbrido doble de maíz.

El uso de bioestimulantes, no presenta un efecto estadístico significativo con respecto al tratamiento testigo, sin embargo, si se evidencia una mejora en cuanto a la productividad del grano de maíz, ya que mientras el grano del testigo pesa 0.38g, el peso del grano de mazorca con bioestimulante oscila entre los 0.41g y 0.57g. Por otro lado, también es posible evidenciar dicha mejora con respecto a la cantidad de granos por mazorca, donde el testigo presenta 503.91 granos, mientras que los tratamientos con bioestimulantes permitieron obtener entre 517.48 y 728.87 granos.

Con respecto a la productividad del grano de maíz Martínez, et al (2022, pp. 289-301) expresan que en los componentes del maíz, los bioestimulantes produjeron efectos estadísticamente diferentes, excepto para producción de paja. Con relación al testigo (B1) para cada bioestimulante se detectó incremento en el rendimiento de grano de maíz de 11.4, 9.6, 8.8 y 7.9% para B3, B4, B2, B5, respectivamente. En un estudio de fertilización foliar con bioestimulante a base de aminoácidos libres provenientes de tejido epitelial de pollo, en promedio de dos ciclos agrícolas, observaron incremento de un 14% del rendimiento de grano de maíz. En un estudio de campo con compost enriquecido con N y con triptófano al suelo, observaron incremento en 21% de rendimiento de grano de maíz.

El uso de los bioestimulantes tuvo un efecto positivo en cuanto al diámetro de la mazorca, con lo cual se obtuvieron medidas de entre 4.36 cm y 4.88 cm, lo que conlleva una mejora de 4.4% con respecto al testigo, donde la media obtenida fue de 4.37%, lo que implica que estos fertilizantes naturales, cumplen con su propósito que es nutrir el suelo y contrarrestar las afectaciones ocasionadas por el uso de fertilizantes químicos como la urea.

En su estudio Martínez, et al (2022, pp. 289-301) El diámetro de mazorca presentó diferencias significativas para el factor bioestimulante y varió de 47.7 (B1) a 48.9 (B2) mm, respectivamente. Al igual que las variables anteriores, los cuatro tratamientos superan al testigo (B1). Los valores de DM observados son similares. El diámetro de mazorca está asociado con el factor genético de las semillas, el manejo agronómico y las condiciones ambientales que prevalece durante el ciclo. Los resultados de este estudio en el efecto de los bioestimulantes en plantas de maíz, que aumentaron significativamente el rendimiento de grano y las características agronómicas del cultivo.

La altura de la planta también se vio mejorada con el uso de los tres diferentes tratamientos de bioestimulantes con lo cual, destaca el crecimiento promedio de plantas tratadas con Evergren donde en promedio registran alturas de 2.1m, mientras que en el caso de Vital Humus y Swett Extract registran alturas promedio de 1.91 m, con respecto al testigo estos valores son superiores en 9.1%.

Según Narváez (2022, p. 60) en un estudio experimental sobre el uso de bioestimulantes, le fue posible obtener un mayor crecimiento y desarrollo vegetativo de la planta, al evaluar híbridos bajos condiciones de fertilización foliar con bioestimulantes a base de aminoácidos, sustancias precursoras de crecimiento microbiano y extractos de algas, encontraron diferencias significativas observándose un mayor rendimiento de grano, inclusive superiores a estudios reportados en la literatura, concretamente se reportó que los bioestimulantes aumentaron el rendimiento de grano de 7.9 a 11.4%, respecto al testigo, y afectó positivamente los componentes agronómicos de los híbridos evaluados como altura, diámetro de tallo y área foliar en el cultivo de maíz.

Es preciso mencionar que, en este estudio, los mejores resultados se obtuvieron a partir del uso de Evergren que es un bioestimulante a base de algas, el cual presenta un rendimiento superior en cuanto al número de granos por mazorca, por 33% con respecto a Vital Humus y 41% frente a Sweet Extract. En cuanto a la producción de kg/h el rendimiento obtenido por Evergren supera en promedio a los otros tratamientos en 19%.

Según Icaza (2019, p. 27) Los bioestimulantes foliares a base algas marinas causaron efectos positivos en el cultivo de maíz INDIA S – 505 en la zona de Pimocha, la importancia dedicada a la utilización de las algas marinas y/o sus derivados como bioestimulante está cada día ganando más amplitud e importancia. Se llama bioestimulante, moléculas biológicas que actúan potenciando determinadas expresiones metabólicas y fisiológicas en los vegetales.

Finalmente se tiene el efecto de los bioestimulantes en cuanto al tamaño de la raíz de la planta, donde fue posible evidenciar que no existe una diferencia significativa con respecto al testigo, de manera que la variación promedio es apenas de 0.4%, Cabe mencionar que al igual que en otros indicadores, el Evergren registra en promedio tamaños de 19.4 cm, lo que representa una variación de 3% con respecto al testigo.

Según Guzmán (2020, p. 47) La composición química de los extractos a base de algas ejerce diferencias en su efecto como bioestimulante. Se menciona que el uso de diversos extractos comerciales de algas genera una respuesta morfológica y fisiológica diferente en plantas de maíz. Por otra parte, se evidencia que algunos productos mejoran la capacidad de formación de raíces debido a un alto contenido de ácido indolacético (IAA), mientras que otros extractos mostraron mejorías en la capacidad de nutrición de la planta debido a mayor presencia de polifenoles.

CONCLUSIONES

Se da cumplimiento al objetivo general del presente estudio debido a que fue posible realizar un diagnóstico sobre los efectos de los bioestimulantes en el cultivo de maíz en el cantón La Joya de los Sachas, para lo cual, se realizó un experimento con un grupo de bioestimulantes entre los cuales se enlistan Evergren, Vital Humus y Sweet Extract, en contraste con un tratamiento testigo, que prácticamente es un cultivo en condiciones naturales.

Se cumple con el primer objetivo específico gracias a que se realizó un análisis contextual para determinar la situación del uso de fertilizantes en la producción de maíz en el cantón la Joya de los Sachas, con lo que fue posible conocer que en primera instancia que este cultivo es algo nuevo dentro de la provincia de Orellana, que empezó a cultivarse hace una década, lo cual, explica el hecho de que apenas se destinen 5 hectáreas para el cultivo, que a pesar de que genera un rédito económico para las comuna Quichua o Shuar, los rendimientos obtenidos no son los mejores, pues apenas generan 12 quintales por hectáreas.

Es preciso mencionar que el problema se debe a que el cultivo se lleva de manera empírica carente de tecnicismo, ya que en cuanto a fertilizante se emplea la urea, la cual, presentan altos costos y reduce el margen de ganancia de los agricultores, en este sentido es posible evidenciar la necesidad de asesoramiento técnico, ya que aun cuando se dé el uso de bioestimulantes en remplazo de la urea es preciso conocer las características del suelo, para con base en la disponibilidad de minerales y nutrientes establecer la dosis a emplear.

Fue posible cumplir con el segundo objetivo específico, gracias que se realizó un análisis comparativo sobre el efecto de tres bioestimulantes en el rendimiento de la producción de maíz por hectáreas, donde fue posible apreciar que el rendimiento de la producción de los bioestimulantes en promedio es de 19% en comparación con el tratamiento testigo.

Se da cumplimiento al tercer objetivo específico gracias que para verificar el rendimiento de emplear los bioestimulantes en la producción de maíz en el cantón la Joya de los Sachas se evaluaron diferentes aspectos entre los cuales se tiene los siguientes:

- ❖ Con respecto al tamaño de la raíz, la diferencia con respecto a los bioestimulantes es de 0.4%, lo cual no es muy significativo, lo que conlleva a que el tamaño de la raíz no varía.
- ❖ Peso del grano por mazorca (Lb), es una variable donde empiezan a notarse diferencias, puesto que, la variación promedio entre el grano del tratamiento testigo con respecto a los tratamientos con bioestimulantes es de una mejora de 18.1%

- ❖ La cantidad Granos por unidad de mazorca, muestran que el tratamiento testigo presenta 503.91, cuya variación promedio con respecto a los bioestimulantes que mejoraron la cantidad de granos en 13.9%
- ❖ Altura de la planta, en la altura de la planta específicamente el tratamiento con Eveergren permitió que estas alcanzarán tamaños de hasta 2.1 m, que supera en 10% el tamaño de las plantas con el tratamiento testigo, mismo que presenta una variación promedio que contempla una mejora 9.1% con el uso de los bioestimulantes.
- ❖ Diámetro de la mazorca con el tratamiento testigo en promedio es de 4.37, mientras que el mejor resultado se alcanza con Eveergren con 4.88 de diámetro. En cuanto a la variación promedio con respecto a los tratamientos con bioestimulantes se alcanza una mejora de 4.4%.

RECOMENDACIONES

Se recomienda replicar el experimento con la utilización de híbridos de maíz más utilizados en la zona que se realizó la investigación, con la finalidad de comparar si se obtiene una mejora del rendimiento en ese sector.

Se recomienda dar continuidad a la experimentación con bioestimulantes en los cultivos de maíz en el cantón La Joya de Los Sachas, con la finalidad de verificar los rendimientos obtenidos con diferentes dosis del bioestimulante orgánico Evergreen, acompañado de un balanceado programa nutricional en otros cultivos de la zona

Se recomienda que para el desarrollo de estudios posteriores se considere la inclusión de nuevos parámetros con la finalidad de verificar el alcance de los beneficios de los bioestimulantes aplicados en cultivos de maíz, entre estos indicadores se consideran relevantes, experimentar con más bioestimulantes, aplicar variaciones a las dosis, implementar fraccionamientos y comparación con respecto a la hora de aplicación de las dosis.

Se recomienda a los productores del cantón la Joya de los Sachas, gestionar asistencia técnica para primera instancia conocer la disponibilidad de recursos minerales y nutrientes presentes en el suelo, para posteriormente definir el tipo de fertilizante y la dosis a emplear, siendo lo más recomendable emplear 0.5l de Evergreen por hectárea o cualquiera de las dosis y tratamientos aplicados en este estudio.

BIBLIOGRAFÍA

AGUAYO, Alex, y CRUZ Gema. Efectos del Silicio y bioestimulantes sobre el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays*) amarillo duro [En línea] (Trabajo de titulación), (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Ecuador, 2020, p. 24, [Consulta: 08 enero 2023]. Disponible en: <https://repositorio.esпам.edu.ec/bitstream/42000/1335/1/TTA08D.pdf>

ARDISNA, Eduardo; et al. Influencia de bioestimulantes sobre el crecimiento y el rendimiento de cultivos de ciclo corto en Manabí, Ecuador [En línea], Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas XLI, n° 4, 2020, p. 2, [Consulta: Consulta: 08 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/1932/193266197002/html/>

ARGUELLO, Vicky. Diagnóstico de enfermedades foliares en el cultivo de maíz (*Zea mays*) del cantón la Joya de los Sachas [En línea], (Trabajo de titulación), (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, 2022, pp. 1 – 5, [Consulta: 18 noviembre 2022]. Disponible en: <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/16400/1/13T00965.pdf>

ARVENSI. *¿Cuál es el origen del maíz?* [Blog]. [Consulta: 14 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.arvensis.com/es/blog-cual-es-el-origen-del-maiz/>

ASAMBLEA NACIONAL, Constitución de la República del Ecuador [En línea], Quito, 2021 p.190, [Consulta: 01 diciembre 2022], Disponible en: https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf

ASAMBLEA NACIONAL. Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, semillas y fomento de la agricultura [En línea], Quito, 2018, pp. 14 - 15 [Consulta: 01 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Ley-Organica-Agrobiodiversidad-Semillas-y-Fomento-de-Agricultura.pdf>

BLANCO, Yaisys, y GONZÁLEZ Deborah. Influencia de la densidad de población en el cultivo de maíz (*Zea mays L.*) [En línea], Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas XLII, n° 3, 2021, p. 8, [Consulta: 14 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/1932/193268883008/html/>

BORUNDA, Alejandra. *¿Por qué se está multiplicando realmente la producción mundial de maíz?* [web], [Consulta: 14 noviembre 2022]. Disponible en:

<https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2022/01/por-que-se-esta-multiplicando-realmente-la-produccion-mundial-de-maiz>.

BRAVO, María. Evaluación de bioestimulantes producción ecológica de maíz (como sustitutos parciales de fertilización nitrogenada en *Zea mays L.*) [En línea], (Trabajo de titulación), (Ingeniería) Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador, 2020, p. 14 [Consulta: 04 noviembre 2022]. Disponible en:

<http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2557/1/TESIS%20Y%20URKUND%20%20BRAVO%20ALCIVAR.pdf>

CERTIS. *¿Qué es un Bioestimulante? ¿Cómo puede mejorar la calidad de tu cosecha?* [web], [Consulta: 25 noviembre 2022]. Disponible en:

<https://www.certiseurope.es/noticias/detalle/news/que-es-un-bioestimulante-como-puede-mejorar-la-calidad-de-tu-cosecha>.

COLINA Eduardo, FLORES Hamilton, CASTRO Carlos, VERA Maribel, y GARCÍA Álvaro. Influencia de hongos micorrízicos más ácidos húmicos en la producción de maíz duro (*Zea mays L.*) en Babahoyo [En línea], Journal of Science and Research VII, nº 2, 2022, pp. 13 – 34 [Consulta: 05 noviembre 2022]. Disponible en:

<https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/844/2268>

CUENCA, Shyla. Alta densidad de siembra en el comportamiento agronómico de cuatro híbridos de maíz (*Zea Mays L.*), Santa Elena [En línea], (Trabajo de titulación), (Ingeniería) Guayaquil: Universidad Agraria, 2019, p. 61 [Consulta: 04 noviembre 2022]. Disponible en: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CUENCA%20LOPEZ%20SHYLA%20SAMANTHA.pdf>

ECUAQUIMICA. *Seaweed Extract* [web], [Consulta: 14 enero 2023]. Disponible en: https://gestion.edifarm.com.ec/edifarm_quickagro/pdfs/productos/SEAWEED%20EXTRACT-20181018-124359.pdf

ESCALANTE, Helios. *La agricultura mundial, en la cuerda floja de los fertilizantes químicos*[web], [Consulta: 7 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.elsaltodiario.com/agricultura/agricultura-mundial-cuerda-floja-fertilizantes-quimicos#:~:text=En%20la%20d%C3%A9cada%20de%201840,a%20fabricarse%20de%20manera%20industrial>.

ESPAGROTEC. *Línea vital quelatos y microelementos* [web], [Consulta: 08 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.espagrotec.com/linea-vital-quelatos-y-microelement>.

EXCELAG. *Evergreen.* [web], [Consulta: 08 diciembre 2022], Disponible en: <https://excelag.com/evergreen-es/?lang=es#:~:text=Complejo%20nutricional%20sist%C3%A9mico%20y%20bioestimulante&text=Evergreen%20es%20una%20f%C3%B3rmula%20equilibrada,marinas%2C%20vitaminas%20y%20%C3%A1cido%20h%C3%BAmico>.

FITONUTRIENT. *¿Conoces la historia de los fertilizantes?* [web], [Consulta: 07 noviembre 2022]. Disponible en: <https://fitonutrient.com/la-historia-de-los-fertilizantes/>.

FUENTES, Tomás, PARRALES Anel, MORÁN Jessica, GARCÍA Juan, y ORTEGA Julio. Caracterización morfológica y etnobotánica del maíz criollo (*Zea mays L.*) en la comuna Sancán, Ecuador [En línea], UNESUM-Ciencias: Revista Científica Multidisciplinaria VI, n° 2, 2022. pp. 101-116. [Consulta: 14 noviembre 2022]. Disponible en: <https://revistas.unesum.edu.ec/index.php/unsumciencias/article/view/631/529>

GALLEGOS, Gilberto. *Perspectivas del maíz en el mercado mundial* [Blog], [Consulta: 09 Noviembre 2022], Disponible en: <https://www.economista.com.mx/opinion/Perspectivas-del-maiz-en-el-mercado-mundial-2022-20220517-0097.html>.

GUEVARA, Gladys, VERDESOTO Alexis, y CASTRO Nelly. Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción) [En línea], Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento - Recimundo IV, n° 3, 2020, pp. 163-173, [Consulta: 18 noviembre 2022]. Disponible en: <http://recimundo.com/index.php/es/article/view/860>

GUZMÁN, Luis. Efecto de la aplicación de bioestimulantes en el crecimiento y rendimiento de un híbrido y una variedad de maíz (*Zea mays*) en Santa Clara de San Carlos, Alajuela Costa Rica [En línea], (Trabajo de titulación), (Ingeniería) Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2020, pp. 6 – 8, [Consulta: 18 noviembre 2022]. Disponible en: https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/12296/efecto_aplicacion_bioestimulantes_crecimiento_rendimiento.pdf?sequence=1&isAllowed=y

HUMINTECH. *¿Qué son los Bioestimulantes?* [web], [Consulta: 08 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.humintech.com/es/agricultura/informaciones/que-son-los-bioestimulantes>.

ICAZA, José. Efecto de los bioestimulantes foliares a base de algas marinas, sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.), en la zona de Pimocha [En línea], (Trabajo de titulación), (Ingeniería) Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador, 2019, p. 27 [Consulta: 08 enero 2023]. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6127/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000059.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

INIAP. *Maíz Duro* [web], [Consulta: 20 noviembre 2023]. Disponible en: <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mcereal/rmaizd>.

MARTÍNEZ, A., ZAMUDIO, B., TADEO, M., ESPINOSA, A., CARDOSO, J.C. y VÁZQUEZ, M.G., Rendimiento de híbridos de maíz en respuesta a la fertilización foliar con bioestimulantes. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* [en línea], vol. 13, no. 2, pp. 289–301, 2022 [Consulta: 14 marzo 2023]. ISSN 2007-0934. DOI 10.29312/remexca.v13i2.2782. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342022000200289&script=sci_arttext.

MARTÍNEZ, Victorino. *Los bioestimulantes, la nueva revolución de la fertilización* [Blog]. [Consulta: 29 septiembre 2022]. Disponible en: <https://acfa-agronutrientes.org/los-bioestimulantes-la-nueva-revolucion-de-la-fertilizacion> .

NARVÁEZ, Alexi. Respuesta del cultivo de maíz (*Zea mays*) a la aplicación de bioestimulantes a base de fitohormonas y prebióticos [En línea], (Trabajo de titulación), (Ingeniería) Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador 2022, p. 8, [Consulta: 06 noviembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6676/1/T-UTEQ-341.pdf>

PALIWAL, R. *Origen, evolución y difusión del maíz FAO.* 2022. [Consulta: 14 enero 2023]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/x7650s/x7650s03.htm#:~:text=El%20ma%C3%ADz%20se%20habr%C3%ADa%20originado%20en%20los%20altos%20Andes%20de,las%20zonas%20altas%20de%20Per%C3%BA>.

PÉREZ Luis. Uso del extracto de alga (*Ascophyllum nodosum*) como bioestimulador en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays L.*) en la zona de Babahoyo [En línea], (Trabajo de titulación), (Ingeniería) Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador, 2020, pp. 1-22 [Consulta: 05 noviembre 2022]. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/8008/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000068.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

PIZA, Narcisa, AMAIQUEMA, Francisco, y BELTRÁN, Gina. Métodos y técnicas en la investigación cualitativa. Algunas precisiones necesarias [En línea], Conrado XV, n° 70, 2019, pp. 455-459, [Consulta: 05 diciembre 2022]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442019000500455

SALAZAR, Yonardo, MARTINEZ, Jesús, y GALLARDO, Alisberkys. Los bioestimulantes. Una alternativa para el desarrollo agroecológico cubano [en línea], ECOVIDA XI, n° 3, 2021, p. 2, [Consulta: 08 noviembre 2022]. Disponible en: <https://revistaecovida.upr.edu.cu/index.php/ecovida/article/view/239/html>

SECRETARIA NACIONAL DE PLANIFICACIÓN. *Plan de Creación de Oportunidades 2021 – 2025* [En línea]. Quito, 2021. [Consulta: 29 septiembre 2022]. Disponible en: https://observatorioplanificacion.cepal.org/sites/default/files/plan/files/Plan-de-Creaci%C3%B3n-de-Oportunidades-2021-2025-Aprobado_compressed.pdf

SEMILLAS VALLE S.A. *Fenología y Fisiología en Cultivos de Maíz* [Blog]. [Consulta: 16 noviembre 2022]. Disponible en: <https://semillasvalle.com/site/blog/fenologia-y-fisiologia-en-cultivos-de-maiz/>.

TCM. Minitab: *¿Qué es y para qué sirve?* [Blog]. [Consulta: 04 enero 2023]. Disponible en: <https://www.tcmetrologia.com/blog/minitab-que-es-y-para-que-sirve/>.

TECNOBELL. *¿Cuál es la diferencia entre un bioestimulante y un fertilizante?* [Web], [Consulta: 28 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.tecnobell.eu/cual-es-la-diferencia-entre-un-bioestimulante-y-un-fertilizante>.

TORRES RODRÍGUEZ, J.A., REYES PÉREZ, J.J. y GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, J.C., Efecto de un bioestimulante natural sobre algunos parametros de calidad en plántulas de tomate (*Solanum Lycopersicum, L.*) bajo condiciones de salinidad [en línea], 2018, pp. 11 - 15 [Consulta: 08 noviembre 2022]. Disponible en: <https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/download/274/200/602>.

ZAMBRANO, Carlos, y ANDRADE, Mariela. Productividad y precios de maíz duro pre y post Covid-19 en el Ecuador [En línea], Revista Universidad y Sociedad XIII, n° 4, 2021, pp. 143-150, [Consulta: 09 noviembre 2022]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202021000400143#:~:text=Seg%C3%BAn%20el%20Ministerio%20de%20Agricultura,producci%C3%B3n%20de%201.513.635%20toneladas.

ANEXOS

ANEXO A: PREPARACIÓN DEL TERRENO PARA LA SIEMBRA



ANEXO B: SIEMBRA DEL MAÍZ



ANEXO C: APLICACIÓN DE UREA



ANEXO D: APLICACIÓN DE LOS BIOESTIMULANTES E INSECTICIDA



ANEXO E: TOMA DE DATOS DE LA VARIABLE ALTURA



ANEXO F: TOMA DE DATOS DE LA VARIABLE PORTE DE LA RAIZ.



TESTIGO

EVEERGREN

VITAL

SWEET

HUMUS

EXTRACT

ANEXO G: TOMA DE DATOS DE LA VARIABLE DE DIÁMETRO DE LA MAZORCA



ANEXO H: TOMA DE DATOS DE LA VARIABLE DE PESO DE LA MAZORCA





epoch

**Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje**

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL**

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 25 / 04 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Darwin Omar Pinos Rocel
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Recursos Naturales
Carrera: Agronomía
Título a optar: Ingeniero Agrónomo
f. responsable: Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz

0675-DBRA-UTP-2023