



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

**INFORME DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A
LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE INGENIERO AGRÍCOLA**

MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**EFFECTIVIDAD DE UN BIOESTIMULANTE LÍQUIDO DE PESCADO
SOBRE EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DEL MAÍZ AMARILLO
DURO (*Zea mays* L.)**

AUTORES:

**DIEGO ARMANDO UZHO AYO
LEIDY ALEXANDRA QUINTERO TUAREZ**

TUTOR:

ING. GALO ALEXANDER CEDEÑO GARCÍA, M. Sc.

CALCETA, JULIO DE 2024

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

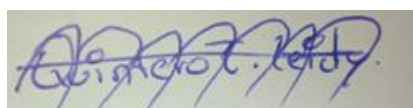
Yo, **Diego Armando Uzho Ayo** con cédula de ciudadanía **080453701-7**, y **Leidy Alexandra Quintero Tuarez** con cédula de ciudadanía **131119785-7**, declaramos bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: **Efectividad de un bioestimulante líquido de pescado sobre el crecimiento y rendimiento del maíz amarillo duro (*Zea mays* L.)** es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, concedo a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, conservando a mi favor todos los derechos patrimoniales de autor sobre la obra, en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación.



**DIEGO ARMANDO
UZHO AYO**

CC: 080453701-7



**LEIDY ALEXANDRA
QUINTERO TUAREZ**

CC: 131119785-7

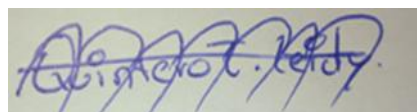
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, **Diego Armando Uzho Ayo**, con cédula de ciudadanía **080453701-7**, y **Leidy Alexandra Quintero Tuarez** con cédula de ciudadanía **131119785-7**, autorizamos a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular titulado: **Efectividad de un bioestimulante líquido de pescado sobre el crecimiento y rendimiento del maíz amarillo duro (*Zea mays* L.)** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.



**DIEGO ARMANDO
UZHO AYO**

CC: 080453701-7



**LEIDY ALEXANDRA
QUINTERO TUAREZ**

CC: 131119785-7

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Galo Alexander Cedeño García, certifica haber tutelado el trabajo de Integración Curricular titulado: **Efectividad de un bioestimulante líquido de pescado sobre el crecimiento y rendimiento del maíz amarillo duro (*Zea mays* L.)**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Agrícola**, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

**ING. GALO ALEXANDER
CEDEÑO GARCÍA, M. Sc.**

CC: 131195683-1

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del Tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el trabajo de Integración Curricular titulado: **Efectividad de un bioestimulante líquido de pescado sobre el crecimiento y rendimiento del maíz amarillo duro (*Zea mays* L.)**, que ha sido desarrollado por **Diego Armando Uzho Ayo y Leidy Alexandra Quintero Tuarez**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Agrícola**, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

**ING. LENIN VERA
MONTENEGRO, Ph. D**

CC: 1309126462

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

**ING. ANGEL FROWEN
CEDEÑO SACON, M. Sc.**

CC: 1310353121

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

**ING. JOSE LIZARDO
REYNA BOWEN, Ph. D**

CC: 1309899407

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López” que nos brindó la oportunidad de crecer como estudiante a través de una educación de calidad, por la cual hemos fortalecido nuestros conocimientos para poder llegar a ser grandes profesionales en un futuro cercano.

A nuestros padres por ser las principales personas que nos guiaron por el camino educativo. A todos nuestros hermanos, amigos y docentes que nos apoyaron durante todos los niveles académicos. Por último y no menos importante a nosotros mismos por ser personas fuertes, enfocadas, y persistentes con nuestros objetivos de vida.

DIEGO ARMANDO UZHO AYO

LEIDY ALEXANDRA QUINTERO TUAREZ

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios por darme fortaleza de seguir adelante con mi vida educativa. A la Escuela Superior Politécnica de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad.

A mis padres Klever Quintero y Paula Tuarez por siempre estar al pendiente de mí, enseñándome los valores, a mis hermanos Wilson, Andrea, Paola que siempre han sabido aconsejarme para tomar las mejores decisiones y sobre todo a mis sobrinos que siempre están ahí para sacarme una sonrisa.

A todos los estudiantes que persiguen sus sueños, a aquellos estudiantes que no se rinden ante un primer obstáculo, esos seres de luces que son guerreros y valientes para llegar a su objetivo final. También, a todos los estudiantes luchadores contra una enfermedad que ha truncado su sueño de ser grandes profesionales, e incluso a los jóvenes que han perdido la vida por la situación de inseguridad que se vive en Ecuador.

LEIDY ALEXANDRA QUINTERO TUAREZ

DEDICATORIA

En primer lugar, dedico este trabajo de investigación a Dios, ya que él me da la fortaleza de seguir adelante con mi vida educativa. En segundo lugar, a mi familia que ha sabido apoyarme en cada uno de mis pasos a lo largo de mi carrea.

A mi madre María Ayo y mi padre Ángel Uzho por siempre estar al pendiente de mí, enseñándome los valores del respeto, empatía y la responsabilidad, sin duda, a mi hermano Marco Uzho y demás hermanos que siempre han sabido aconsejarme para tomar las mejores decisiones.

DIEGO ARMANDO UZHO AYO

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN	III
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	V
AGRADECIMIENTO	VI
DEDICATORIA	VII
DEDICATORIA	VIII
TABLA DE CONTENIDO	IX
CONTENIDO DE TABLAS	XII
CONTENIDO DE FÓRMULAS	XII
CONTENIDO DE GRÁFICOS	XIII
RESUMEN	XIV
ABSTRACT	XV
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	3
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1. GENERAL	4
1.3.2. ESPECÍFICOS	4
1.4. HIPÓTESIS	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	5
2.1. MAÍZ (<i>ZEA MAYS</i> L.)	5
2.2. TAXONOMÍA DEL MAÍZ	5

2.3.	ETAPAS FENOLÓGICAS DEL CULTIVO DE MAÍZ.....	6
2.3.1.	ETAPA VEGETATIVA Y REPRODUCTIVA.....	6
2.4.	DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.....	7
2.3.1.	RAÍZ.....	8
2.3.2.	TALLO.....	8
2.3.3.	HOJAS.....	8
2.3.4.	FLORES.....	8
2.3.5.	GRANOS.....	8
2.5.	IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE MAÍZ.....	9
2.6.	BIOESTIMULANTES.....	10
2.6.1.	LA INDUSTRIA PESQUERA Y LA AGRICULTURA.....	10
2.7.	BIOESTIMULANTE LÍQUIDO DE PESCADO.....	11
2.7.1.	BIOESTIMULANTES EN CULTIVOS AGRÍCOLAS.....	12
2.7.2.	BENEFICIOS DEL BIOESTIMULANTES A BASE DE PESCADO.....	13
2.7.3.	APLICACIONES FOLIARES Y DRENCH.....	14
2.7.4.	COMPOSICIÓN DE BIOESTIMULANTES A BASE DE PESCADO.....	15
	CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO.....	16
3.1.	UBICACIÓN.....	16
3.1.2.	CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICA.....	17
3.2.	DURACIÓN.....	17
3.3.	MATERIAL VEGETAL.....	17
3.4.	FACTORES EN ESTUDIO.....	17
3.5.	DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL.....	18
3.6.	VARIABLES RESPUESTA.....	18
3.6.1.	MORFO – AGRONÓMICAS.....	18

3.6.2. COMPONENTES DE RENDIMIENTO	20
3.7. ANÁLISIS DE DATOS	21
3.8. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO	21
3.8.1. MANEJO FITOSANITARIO	21
3.1.1. SIEMBRA Y RALEO	22
3.8.2. CONTROL DE MALEZAS	22
3.8.3. BIOESTIMULACIÓN	22
3.8.4. FERTILIZACIÓN	22
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
4.1. RESULTADOS	24
4.2. DISCUSIÓN	30
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	33
5.1. CONCLUSIONES	33
5.2. RECOMENDACIONES	33
BIBLIOGRAFÍA	34
ANEXOS	40

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía del maíz.....	1
Tabla 2. Etapa vegetativa del maíz.....	1
Tabla 3. Etapa reproductiva del maíz.....	1
Tabla 4. Bioestimulante líquido de pescado (utilizado en el presente estudio).....	1
Tabla 5. Bioestimulante líquido compuesto a base de productos orgánicos y minerales.....	1
Tabla 6. Análisis de varianza de altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT), área foliar (AF), longitud de mazorca (LM), diámetro de mazorca (DM), peso de granos por mazorca (PGM), peso de mil granos (PMG) y rendimiento de grano.....	1

CONTENIDO DE FÓRMULAS

Fórmula 1. Área foliar.....	1
Fórmula 2. Uniformidad del peso.....	1
Fórmula 3. Rendimiento.....	1

CONTENIDO DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Mapa de ubicación del área de estudio en la ESPAM MFL	i
Gráfico 2. Altura de planta en función de tratamientos con fertilización + bioestimulación (FERBIO) vs fertilización convencional (FER)	i
Gráfico 3. Diámetro de tallo (mm) en función de tratamientos con fertilización + bioestimulación (FERBIO) y fertilización convencional (FER)	i
Gráfico 4. Área foliar en función de tratamientos con fertilización + bioestimulación (FERBIO) y fertilización convencional (FER)	1
Gráfico 5. Longitud de mazorca sin brácteas (cm) en función de tratamientos con fertilización + bioestimulación (FERBIO) y fertilización convencional (FER)	1
Gráfico 6. Diámetro de mazorca sin brácteas (cm) en función de tratamientos con fertilización + bioestimulación (FERBIO) y fertilización convencional (FER)	1
Gráfico 7. Peso de granos/mazorca (g) en función de tratamientos con fertilización + bioestimulación (FERBIO) y fertilización convencional (FER)	1
Gráfico 8. Peso de 1000 granos (g) en función de tratamientos con fertilización + bioestimulación (FERBIO) y fertilización convencional (FER)	1
Gráfico 9. Rendimiento de gramo en función de tratamientos con fertilización + bioestimulación (FERBIO) y fertilización convencional (FER)	1

RESUMEN

El uso de bioestimulante a base de pescado es reciente, y en maíz no ha sido estudiado ampliamente. El objetivo del trabajo fue evaluar la efectividad de un bioestimulante líquido de pescado sobre el crecimiento y rendimiento del maíz amarillo duro. Se evaluaron tratamientos factoriales de dos formas de aplicación (foliar y drench) y cuatro dosis (5, 10, 15 y 20 mL L⁻¹ de agua), más un tratamiento control. Se registró la altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT), área foliar (AF), longitud de mazorca (LM), diámetro de mazorca (DM), peso de granos por mazorca (PGM), peso de mil granos (PMG) y rendimiento de grano (RG). Los datos fueron analizados con ANOVA y prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$). No se detectaron diferencias significativas ($p > 0,05$) para las dosis y formas de aplicación evaluadas. Sin embargo, la comparación ortogonal entre el promedio del bioestimulante vs el tratamiento control, si detecto diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$), por lo que todas las variables evaluadas bajo el efecto del bioestimulante mostraron incrementos significativos con relación al tratamiento control. La variable RG fue un 33,96% superior en los tratamientos con bioestimulante de pescado, con respecto al tratamiento control. Bajo las condiciones donde se desarrolló el experimento, se recomienda usar la dosis mínima de 5 mL de bioestimulante L⁻¹ de agua para potenciar el crecimiento y rendimiento del maíz amarillo duro.

Palabras clave: *Zea mays*, bioestimulación, hidrolizado de pescado, desarrollo, productividad

ABSTRACT

The use of fish-based biostimulant is recent, and in corn it has not been widely studied. The objective of the work was to evaluate the effectiveness of a liquid fish biostimulant on the growth and yield of hard yellow corn. Factorial treatments of two forms of application (foliar and soaked) and four doses (5, 10, 15 and 20 mL L⁻¹ of water) were evaluated, plus a control treatment. Plant height (AP), stem diameter (DT), leaf area (AF), ear length (LM), ear diameter (DM), grain weight per ear (PGM), thousand grain weight were measured. (PMG) and grain yield (RG). The data were analyzed with ANOVA and Tukey's test ($\alpha = 0.05$). No significant differences were detected ($p > 0.05$) for the doses and forms of application evaluated. However, the orthogonal comparison between the average of the biostimulant vs. the control treatment does detect significant statistical differences ($p < 0.05$), so all the variables evaluated under the effect of the biostimulant showed significant increases in relation to the control treatment. The RG variable was 33.96% higher in the treatments with fish biostimulant, compared to the control treatment. Under the conditions where the experiment was developed, it is recommended to use the minimum dose of 5 mL of biostimulant L⁻¹ of water to enhance the growth and yield of hard yellow corn.

Keywords: *Zea mays*, biostimulation, fish hydrolyzate, development, productivity

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El maíz (*Zea mays* L.) es el cereal más importante del mundo, es una buena fuente nutricional, de calidad proteica, que contiene casi el doble de lisina y triptófano, aminoácidos que son esenciales para el consumo humano (Kumar et al., 2022). La producción mundial de maíz se ha disparado en las últimas décadas, impulsada por el aumento de la demanda y una combinación de avances tecnológicos, aumentos en el rendimiento y expansión del área (Erenstein et al., 2022). Sin embargo, la producción maíz se verá cada vez más afectada por factores ecológicos como la degradación de la tierra, escasez de agua y el cambio climático (Grote et al., 2021).

El cambio climático es uno de los factores limitantes críticos del rendimiento que ha amenazado todo el sistema mundial de producción de cultivos en el escenario actual (Bhupenchandra et al., 2022). El estrés abiótico, afecta significativamente la fertilización y la nutrición de cultivos como el maíz, debido a que la falta de humedad en la superficie del suelo no permite la solubilización eficiente de los fertilizantes granulados, por ende, sufren pérdidas significativas por volatilización lixiviación y escorrentía cuando se presentan las precipitaciones de forma agresiva (Lisboa et al., 2020; Mahmud et al., 2021; Siman et al., 2020; Yao et al., 2021).

A nivel Nacional, la principal problemática del cultivo maíz es la baja productividad, que en promedio es de 5,53 t ha⁻¹ con respecto a otros países productores como Argentina y EE.UU., con rendimientos de 7,55 t ha⁻¹ y 10,79 t ha⁻¹, respectivamente (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 2020). La baja productividad se relaciona a crisis climática (sequía, estrés hídrico, salino, térmico y nutricional), problemas fitosanitarios (plagas y enfermedades), bajo nivel tecnológico (limitado en riego complementario y fertilización) y uso inadecuado del material de siembra (Instituto Nacional de Estadísticas y Censo [INEC], 2022).

En este contexto, el uso de bioestimulantes en la agricultura ha demostrado un enorme potencial para combatir el estrés inducido por el cambio climático, como la sequía, salinidad, estrés térmico, etc., modulaciones bioquímicas y anatómicas. Su naturaleza es diversa debido a la composición variable de compuestos bioactivos y funcionan a través de varios modos de acción (Bhupenchandra et al., 2022). Los productos de desecho del procesamiento a base de pescado tienen aplicaciones potenciales como bioestimulantes, para promover el crecimiento y rendimiento de los cultivos (Madende y Hayes, 2020).

A nivel local, el uso de bioestimulantes a base de pescado no ha sido lo suficientemente estudiado, por lo que la información disponible es limitada, razón por la cual se propone la siguiente pregunta de investigación: ¿De qué manera la aplicación de un bioestimulante líquido de pescado puede incrementar el crecimiento y rendimiento del maíz amarillo duro?

1.2. JUSTIFICACIÓN

El estrés abiótico provocado por las malas prácticas agrícolas, la degradación de los agro-ecosistemas y la crisis climática actual, amenaza la productividad de cultivos de importancia alimentaria, social y económica como el maíz, más aún en la provincia de Manabí donde el cultivo se desarrolla bajo condiciones de secano (dependiente de las lluvias). En este contexto, con la implementación de este proyecto se espera que las familias rurales de Manabí dependientes del cultivo de maíz de secano, donde la producción de alimentos e ingresos económicos son cada vez más frágiles, puedan disponer de resultados de investigación local, que potencien la productividad, los ingresos económicos y la conservación de los recursos naturales como estrategias de adaptación y mitigación al cambio climático.

En este sentido, el diseño, la generación e implementación de tecnologías agrícolas climáticamente inteligentes como el uso de bioestimulantes, permitirá a los productores de maíz disminuir el impacto negativo del estrés abiótico sobre el cultivo, promoviendo su adaptación, crecimiento y productividad bajo estas condiciones negativas. De esta manera, se contribuirá al aumento de los ingresos y nivel de vida de las familias rurales dependientes del maíz de secano.

Con la ejecución de esta propuesta de investigación se espera contribuir al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible 2 (hambre cero) y 8 (trabajo decente y crecimiento económico), puesta que, al incrementar la productividad de un cultivo, se aumenta la capacidad de alimentos y los ingresos económico de una familia dedicada a la agricultura.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. GENERAL

Evaluar la efectividad de un bioestimulante líquido de pescado sobre el crecimiento y rendimiento del maíz amarillo duro (*Zea mays* L.)

1.3.2. ESPECÍFICOS

- Medir el efecto de aplicaciones foliares y en drench de un bioestimulante líquido de pescado sobre el crecimiento y rendimiento del maíz amarillo duro.
- Cuantificar la eficacia de las dosis de un bioestimulante líquido de pescado sobre el crecimiento y rendimiento del maíz amarillo duro.

1.4. HIPÓTESIS

- La aplicación de un bioestimulante líquido de pescado incrementa significativamente el crecimiento y rendimiento del maíz amarillo duro.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. MAÍZ (*Zea Mays* L.)

El cultivo de maíz (*Zea mays* L.) es originario de América y se produce en una gran variedad de países alrededor del continente. Actualmente, los Estados Unidos es uno de los principales productores. Este cultivo representa una base para la seguridad alimentaria y ocupando el tercer lugar en el consumo a nivel mundial (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2009). El un alimento alto en fibra por lo que ayuda en procesos digestivos, también posee vitaminas del complejo B como tiamina, biotina y ácido fólico (Badillo, 2016).

Según la comercializadora de granos SanCamilo (2010), de la producción Nacional de maíz, la avicultura consume alrededor del 57%, alimentos balanceados el 6%, para exportación a Colombia 25%, industrias de consumo humano 4%, el resto para el autoconsumo y las semillas. Además, Ecuador tiene la capacidad de exportar subproductos del maíz, como la sémola.

2.2. TAXONOMÍA DEL MAÍZ

Silva (2019), indica la siguiente clasificación taxonómica para el cultivo de maíz.

Tabla 1. Taxonomía del maíz

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Gramíneas
Género	<i>Zea</i>
Especie	<i>mays</i>
N. Científico	<i>Zea mays</i> L.

Fuente: (Silva, 2019)

2.3. ETAPAS FENOLÓGICAS DEL CULTIVO DE MAÍZ

Esto demuestra que las observaciones agrometeorológicas permiten evaluar la interacción de un cultivo con su medio ambiente físico para poder comprender sus condiciones climáticas y requerimientos hídricos idóneos; estos conocimientos son importantes en el uso de modelos agroclimáticos, diseño y la planificación de riegos, en la programación de siembras y cosechas (Oñate, 2016).

Una etapa fenológica se define por dos etapas fenológicas consecutivas. Dentro de ciertas etapas se presentan períodos críticos, que son el intervalo breve durante el cual la planta presenta la máxima sensibilidad a determinado evento meteorológico, de manera que las oscilaciones en los valores de este evento se reflejan en el rendimiento del cultivo; estos períodos críticos suelen ocurrir poco antes o después de cada etapa, con una duración de dos a tres semanas. El inicio de apertura y cierre de escenarios sirven como un medio para estimar la tasa de desarrollo de la planta.

2.3.1. ETAPA VEGETATIVA Y REPRODUCTIVA

En el año de 1982, Ritchie y Hanway crearon la escala fenológica más usada para describir el ciclo del cultivo de maíz. Dicha escala puede visualizar dos grandes etapas: la vegetativa (v) y la reproductiva (R) (Oñate, 2016; Semillas Valle, 2022).

Tabla 2. Etapa vegetativa del maíz

Ve	Emergencia
V1	Primera hoja desarrollada
V2	Segunda hoja desarrollada
V3	Tercera hoja desarrollada
V4	Cuarta hoja desarrollada

V5	Quinta hoja desarrollada
V6	Sexta hoja desarrollada
V7	Séptima hoja desarrollada
V8	Octava hoja desarrollada
V9	Novena hoja desarrollada
V10	Décima hoja desarrollada
Vt	Panojamiento

Tabla 3. Etapa reproductiva del maíz

R1: Aparición de estigmas	Antesis o floración masculina: Son visibles los estigmas.
R2: Blíster	Etapa de ampolla. Los granos se llenan con un líquido claro y se puede ver el embrión.
R3: Grano lechoso	Etapa lechosa. Los granos se llenan con un líquido lechoso blanco
R4: Grano pastoso	Los granos se llenan con una pasta blanca. El embrión tiene la mitad del ancho del grano
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.
R6: Grano madurado	Madurez fisiológica. Una capa negra es visible en la base del grano. La humedad del grano es alrededor del 35%.

2.4. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

La descripción botánica del maíz se identifica de la siguiente forma:

2.3.1. RAÍZ

Son fasciculadas y su misión es aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias (Guacho, 2014).

2.3.2. TALLO

El tallo es erecto, de elevada longitud pudiendo alcanzar más de 2.50 m de altura, es robusto y sin ramificaciones. Por su aspecto recuerda al de una caña, no presenta entrenudos y se muestra una médula esponjosa si se realiza un corte transversal (Acuña, 2019).

2.3.3. HOJAS

Son de forma alargada, alternas, lanceoladas, paralelinervias y de vasto tamaño. Se localizan cerca del tallo y con vellosidad en la parte del haz suelen alcanzar una longitud de 40 a 50 cm y una anchura de 6-8 cm. (Loayza, 2020).

2.3.4. FLORES

Es una planta monoica que posee flores masculinas y femeninas, donde las flores masculinas se encuentran en el penacho terminal del tallo conocido normalmente como la espiga o panícula y las flores femeninas que son un brote embrionario y se encuentran en las yemas axilares (Loayza, 2020).

2.3.5. GRANOS

La cubierta de la semilla (fruto) se llama pericarpio, es dura, por debajo se encuentra la capa de aleurona que le da color al grano (blanco, amarillo, morado), contiene proteínas y en su interior se halla el endospermo con el 85 – 90% del peso del grano. El embrión está formado por la radícula y la plúmula (Guacho, 2014).

2.5. IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE MAÍZ

En los sistemas de producción agrícola, el maíz es uno de los cultivos tradicionales más importantes para la región interandina y el litoral del Ecuador, sin embargo, los bajos rendimientos obtenidos están relacionados con un manejo agronómico inadecuado como: siembra en monocultivo, quema de rastrojos y mecanización intensiva de los suelos, causando un impacto negativo en la economía del productor y la diversidad de los ecosistemas. Por lo que es importante buscar alternativas de desarrollo agrícola sostenibles que fundamenten la parte económica, ecológica y social (Hasang et al., 2022).

Fajardo (2015), manifiesta que, el maíz es uno de los cereales con una mayor cantidad de usos. Se utiliza como alimento humano, donde es consumido como mazorca y grano, también es utilizado en alimentación animal como forraje o aprovechado a nivel industrial en diferentes formas. Aproximadamente un 66% del total de maíz cosechado en el mundo se destina para alimentación animal, mientras que el 20% es consumido en alimentación humana.

Si bien la producción de este cereal en Ecuador se ha incrementado en los últimos años, se necesitan nuevos genotipos para asegurar el autoabastecimiento y evitar las importaciones de maíz. El maíz amarillo tipo cristalino es de excelente calidad para el procesamiento de alimentos balanceados y consumo humano, cubriendo incluso las necesidades del mercado colombiano (Ibarra et al., 2023).

Continúan mencionando que, la importancia económica del maíz duro amarillo para el 2021 fue alrededor de 6,3% al Valor Agregado Bruto (VAB) y se importó 53.716 toneladas por un total de 14,2 millones. El maíz duro amarillo participó con 0,1% en las importaciones no petroleras. El sector agropecuario del cultivo de maíz amarillo en 2021 generó 203.025 oportunidades de trabajo, ocupado por el 75% de hombres y el 25% de mujeres.

2.6. BIOESTIMULANTES

Los denominados bioestimulantes son moléculas de una amplia estructura, los que pueden estar compuestos en bases de hormonas o extractos metabólicamente activos, como aminoácidos y ácidos orgánicos. Son utilizados principalmente para incrementar el crecimiento y el rendimiento en plantas, así como para sobrellevar periodos de estrés (Garofalo, 2017).

Los productos bioestimulantes poseen la capacidad de contribuir a una mayor absorción y aprovechamiento de los nutrientes, además de generar plantas más robustas y de mayor producción. Por otro lado, en algunos cultivos también pueden contribuir en procesos fisiológicos como la fotosíntesis, desarrollo de yemas, floración y fructificación (González, 2022).

Además, Suárez (2013) indica que un adecuado rendimiento de grano en el cultivo de maíz está relacionado con los nutrientes adquiridos del suelo, los cuales determinan un nivel de producción adecuado. Sin embargo, existen momentos donde las condiciones edafoclimáticas impiden un óptimo aprovechamiento de los nutrientes, por lo que las labores de fertilización se ven modificadas en un esfuerzo por mantener la rentabilidad de la plantación. De esta manera, el uso de los bioestimulantes se presenta como un complemento a la fertilización convencional, ayudando a potenciar y optimizar el desarrollo del cultivo y contribuyendo a reducir el uso de insumos químicos.

2.6.1. LA INDUSTRIA PESQUERA Y LA AGRICULTURA

Los residuos generados por la industria pesquera están acaparando la atención mundial debido a la creciente demanda de productos del mar, su impacto negativo en el medio ambiente y sus implicaciones para la conservación y la política ambiental. El desarrollo de esta industria supone un inevitable aumento en la cantidad de residuos y aguas residuales, de ahí que el aprovechamiento de estos subproductos en procesos de tratamiento biológico como biodegradación, levadura, hidrólisis y compostaje pueda convertirse en una alternativa a la producción de abonos orgánicos y bioestimulantes (Flores et al., 2021).

Además, los productos obtenidos del tratamiento biológico, dependiendo de la composición de macronutrientes, micronutrientes, aminoácidos, microorganismos y compuestos bioactivos, pueden ser considerados fertilizantes orgánicos y/o bioestimulantes, cuyos efectos van desde la mejora del crecimiento y desarrollo de las plantas hasta la biorregulación y procesos abióticos en el suelo para que las plantas puedan crecer sin dificultad. Se espera que dichos procesos contribuyan al desarrollo de estrategias sostenibles para una disposición más rentable y eficiente de los desechos de la industria pesquera en beneficio de la agricultura orgánica, la acuicultura y el medio ambiente, todo en el modelo de economía circular.

2.7. BIOESTIMULANTE LÍQUIDO DE PESCADO

Este tipo de bioestimulante es obtenido por hidrólisis enzimática de pescado y procesos fermentativos, contiene una alta concentración de aminoácidos biológicamente activos, péptidos, ácidos orgánicos, vitaminas, materia orgánica líquida, hormonas naturales, microorganismos benéficos, macro y microelementos en forma disponible. Se recomienda aplicar vía foliar y al suelo sobre materia orgánica. Mejora las condiciones del suelo haciendo más disponibles los nutrientes existentes, y la materia orgánica. Actúa como un regulador natural del equilibrio nutricional de la planta, promoviendo la fotosíntesis, incremento de área foliar y radicular (Cáceres, 2017).

La utilización de productos derivados de residuos de pescado y algas marinas para mejorar el rendimiento de cultivos en condiciones de estrés por sequía es un enfoque innovador y prometedor. Los resultados obtenidos indican que estas aplicaciones foliares pueden tener efectos beneficiosos en varios aspectos fisiológicos y bioquímicos de las plantas, lo cual es especialmente importante en condiciones ambientales adversas como la sequía (Clement et al., 2022).

2.7.1. BIOESTIMULANTES EN CULTIVOS AGRÍCOLAS

▪ **CULTIVO DE FRIJOL (*VIGNA UNGUICULATA* L.) Y MAÍZ (*ZEA MAYS* L.)**

El uso de biofertilizantes a partir de desechos de pescado ha demostrado ser una estrategia eficaz para mejorar el crecimiento vegetativo y el rendimiento de cultivos importantes como el frijol y el maíz. Los resultados presentados por Maquén et al. (2023), mostraron que la aplicación de tres dosis diferentes de biofertilizante (1%, 1,25% y 1,5%) elevó significativamente los parámetros de crecimiento vegetativo y el rendimiento del cultivo en comparación con el grupo de control absoluto.

Específicamente, la aplicación de 1,25% de biofertilizante en los cultivos evaluados en combinación con fertilizante químico fue la más efectiva. Se ha demostrado que esta combinación es muy beneficiosa para el crecimiento y el rendimiento de los cultivos de frijol y maíz. Además, en la investigación se demostró que tuvieron un efecto positivo en la fertilidad microbiana del suelo. Sugieren que los biofertilizantes no sólo mejoran directamente el crecimiento de las plantas, sino que también promueven una actividad microbiana beneficiosa en el suelo, teniendo así efectos a largo plazo sobre la salud del suelo y la sostenibilidad de los sistemas agrícolas. Un resultado importante de este estudio es que es posible reducir el uso de fertilizantes artificiales para cultivos comerciales importantes hasta en un 50%, siendo una estrategia más sostenible con el medio ambiente en el manejo agrícola (Maquén et al., 2023).

▪ **CULTIVO DE ESPINACA (*SPINACIA OLERACEA* L.)**

La aplicación foliar de productos elaborados a partir de desechos de pescado y algas dio resultados favorables en el desempeño de varios parámetros fisiológicos y bioquímicos en condiciones de estrés bajo sequía. Los autores demostraron que el producto a utilizar tiene un efecto beneficioso sobre la capacidad fotosintética de las espinacas debido al mayor contenido de clorofila. Las plantas estresadas por la sequía también mostraron una mayor respuesta de crecimiento (superficie foliar, peso seco del tallo, raíz, y hoja, además en la humedad de la raíz, número de hojas, longitud de la raíz y altura del tallo) (Clement et al., 2022).

En resumen, este estudio demuestra el potencial de utilizar productos derivados de residuos de pescado y algas marinas como una estrategia efectiva para mejorar el rendimiento de los cultivos en condiciones de estrés por sequía, al tiempo que promueve la utilización de recursos renovables y reducción de residuos orgánicos.

- **TOMATE (*SOLANUM LYCOPERSICUM* L.)**

La aplicación de productos procedentes de emulsión de pescado en la producción de cultivos, tal es el caso de los tomates, ha demostrado tener beneficios que van más allá de la simple suplementación nutricional. Estudios actuales señalan que esta emulsión actúa como un bioestimulante, lo que significa que promueve la calidad del rendimiento de los cultivos. En el caso específico de los tomates, la suplementación de nutrientes hidropónicos con la emulsión de pescado durante su crecimiento ha resultado en un aumento del potencial antioxidante de los mismos. Este aumento se atribuye a compuestos como los fenólicos y posiblemente los isocarotenoides. Esto significa que los tomates tratados con la emulsión tienen un mayor valor funcional en términos de salud, ya que contienen más antioxidantes.

Es importante destacar que, a pesar de este aumento en el contenido de compuestos funcionales, no observaron efectos significativos en las percepciones de los clientes sobre la calidad o el atractivo de la fruta. Esto sugiere que la aplicación de emulsión de pescado no compromete la calidad sensorial del producto final (Wise y Selby, 2023).

2.7.2. BENEFICIOS DEL BIOESTIMULANTES A BASE DE PESCADO

Los bioestimulantes son productos que cuando son aplicados a la planta o al suelo, estimulan procesos fisiológicos naturales, resultando favorables para el desarrollo, crecimiento, rendimiento y calidad de los cultivos (Manvert, 2023).

Algunos de los beneficios clave de los bioestimulantes incluyen:

- Facilita la disponibilidad y absorción de nutrientes.

- Incrementar la tolerancia de los cultivos al estrés abiótico y biótico.
- Mejorar la fertilidad del suelo, su microbiota y estructura.
- Regular la cantidad de agua disponible para la planta.
- Mejorar el crecimiento vegetativo en todas sus fases y el ciclo reproductivo.
- Estimular el crecimiento de las raíces, elevando el potencial nutricional de la planta.

2.7.3. APLICACIONES FOLIARES Y DRENCH

- **FOLIAR**

Las aplicaciones foliares ofrecen una forma eficiente de abordar escasos recursos nutricionales en las plantas. La capacidad de las hojas para absorber nutrientes directamente del líquido aplicado proporcionar una rápida corrección de deficiencias, especialmente en comparación con las aplicaciones al suelo, donde los nutrientes deben moverse a través del suelo antes de ser absorbidos por las raíces (Satus, 2021).

Elementos como el potasio, zinc, boro, manganeso y hierro son de los más comunes que se pueden corregir con la aplicación foliar. Estos nutrientes son esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Si bien las aplicaciones foliares son efectivas, es importante comprender las necesidades específicas de cada cultivo y las condiciones del suelo para garantizar la aplicación adecuada de nutrientes y evitar problemas de toxicidad o desequilibrio nutricional (Satus, 2021).

- **DRENCH**

Es una técnica de aplicación de agroquímicos que implica la incorporación al suelo una solución acuosa que contiene el agente activo, y suele aplicarse directamente en la zona de las raíces o superficie. Esta técnica permite la aplicación precisa de fertilizantes, enmiendas del suelo, bioestimulantes u otros

productos químicos, ayudando a asegurar que los nutrientes estén disponibles para las plantas donde más se necesitan. La investigación sobre el uso de esta técnica a menudo se centra en su eficacia para mejorar la absorción de nutrientes por parte de las plantas y reducir el desperdicio de agroquímicos (Valle, 2023).

2.7.4. COMPOSICIÓN DE BIOESTIMULANTES A BASE DE PESCADO

Tabla 4. Bioestimulante líquido de pescado (utilizado en el presente estudio)

Composición garantizada	P/V (relación en % entre el peso del soluto y volumen de la solución)
Materia orgánica	>72% p/v
Proteína	19 – 26% p/v
Aminoácidos totales	61% +2.0 p/v
Nitrógeno total	>11% p/v
Fosforo (P ₂ O ₅)	>2% p/v
Potasio (K ₂ O)	>2 p/v
Concentración Brix	40 – 43 Brix

Tabla 5. Bioestimulante líquido compuesto a base de productos orgánicos y minerales

Composición garantizada	% en peso
Proteína	20%
Zinc (Zn)	0.50%
Manganeso (Mn)	0.50%
Molibdeno (Mo)	0.02%
Hierro (Fe)	0.05%
Cobalto (Co)	0.005%
Nitrógeno (N)	3.20%
Fósforo (P ₂ O ₅)	0.41%
Potasio (K ₂ O)	1.73%
Azufre (S)	0.74%
Acondicionadores e inerte	72.60%

Fuente: (Farmacia Agroquímica de México [FAGRO], 2024)

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

La investigación se realizó en el área de la carrera de Ingeniería Agrícola de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López (ESPAM – MFL) (Gráfico 1), ubicada en el sitio el Limón, cantón Bolívar – Manabí, situada geográficamente entre las coordenadas 0°49'23" Latitud Sur; 80°11'01" Longitud Oeste y una altitud de 15 msnm.¹

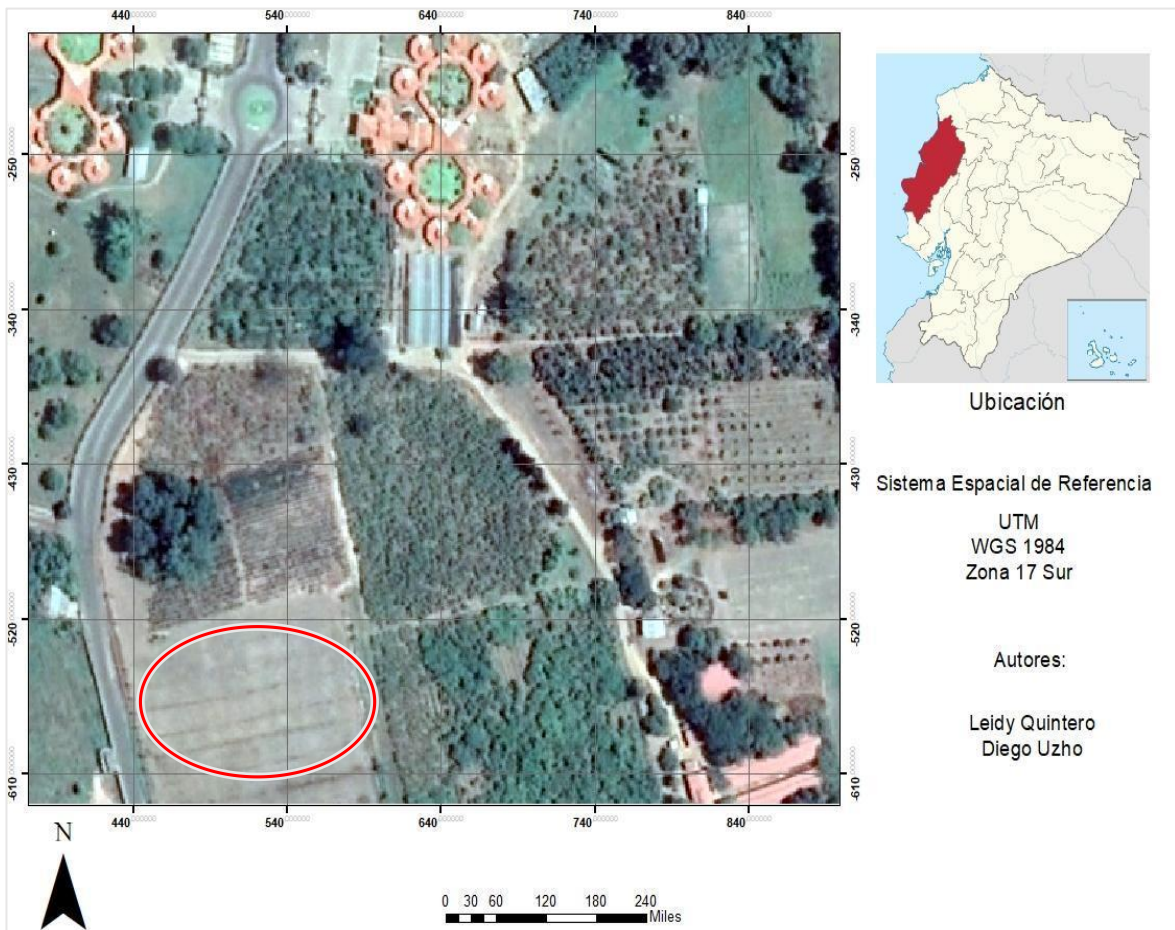


Gráfico 1. Mapa de ubicación del área de estudio en la ESPAM MFL

¹ Estación meteorológica de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí “Manuel Félix López”.

3.1.2. CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICA

Tabla 4. Datos Climatológicos

Precipitación anual	986.19 mm anual ⁻¹
Temperatura máxima	30.67 °C
Temperatura mínima	21.87 °C
Humedad relativa	82.23%
Heliofanía	1043.96 h/sol/año

Fuente: Estación meteorológica de la ESPAM MFL

3.2. DURACIÓN

La investigación se desarrolló durante la temporada lluviosa del 2023, con una duración de cuatro meses (16 semanas) de calendario en campo, que iniciaron en febrero y finalizaron en mayo del mismo año.

3.3. MATERIAL VEGETAL

Se utilizó el Híbrido de maíz Emblema

3.4. FACTORES EN ESTUDIO

Factor A (Tipo de Aplicación)

- A1: Drench
- A2: Foliar

Factor B (Dosis de Bioestimulante)

- B1: 5 mL L⁻¹ de agua
- B2: 10 mL L⁻¹ de agua

- B3: 15 mL L⁻¹ de agua
- B4: 20 mL L⁻¹ de agua

Testigo (Sin Bioestimulante)

3.5. DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL

El experimento se ejecutó bajo un diseño de bloques completos al azar (DBCA) en arreglo factorial A x B + N, con nueve tratamientos, tres réplicas y 27 unidades experimentales. La unidad experimental se conformará con parcelas de 24 m². A continuación se describe el esquema del análisis de varianza (ANOVA).

Tabla 5. Esquema de ANOVA

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamientos	8
Tipo de aplicación (TA)	1
Dosis (D)	3
TA x D	3
Testigo vs tratamientos	1
Bloques	2
Error	16
Total	26

Fuente: Autores

3.6. VARIABLES RESPUESTA

3.6.1. MORFO – AGRONÓMICAS

- **ALTURA DE PLANTA (cm)**

Se eligieron tres plantas al azar, y se procedió a medir la cada planta desde la base del suelo hasta la hoja bandera, este valor se registró en cm.

- **DIÁMETRO DE TALLO (mm)**

Se obtuvo después de la floración femenina. La medición del tallo se la realizó al nivel del suelo, el dato se lo tomó con un calibrador digital en mm.

- **ÁREA FOLIAR (m²)**

En las mismas plantas donde se registró la altura y diámetro, se registró el ancho y longitud de la hoja que se desprende de la mazorca, se contabilizaron el número de hojas verdes presentes al momento de la evaluación, y se procedió a cuantificar el área foliar con la siguiente fórmula:

Fórmula 1. Área foliar

$$AF = AH \times LH \times NH \times 0.75 \quad [1]$$

Donde:

AF = área foliar

AH = ancho de hoja

LH = longitud de hoja

NH = número de hojas por planta

0.75 = es una constante o factor de corrección.

3.6.2. COMPONENTES DE RENDIMIENTO

- **LONGITUD DE MAZORCA SIN BRÁCTEAS (cm)**

Se realizó al momento de la cosecha para lo cual se tomaron cinco mazorcas al azar de cada unidad experimental, y se registró la longitud en cm desde la base hasta el ápice de la mazorca.

- **DIÁMETRO DE MAZORCA SIN BRÁCTEA (cm)**

Se ejecutó al momento de la cosecha para lo cual se tomaron cinco mazorcas al azar de cada unidad experimental. Se registró el diámetro de mazorca desde su centro.

- **PESO DE GRANOS/MAZORCA (g)**

Se realizó al momento de la cosecha, para lo cual se eligieron cinco mazorcas al azar de cada unidad experimental y se registró el peso de granos de cada mazorca.

- **PESO DE 1000 GRANOS (g)**

Se efectuó al momento de la cosecha, para lo cual se tomaron cinco mazorcas al azar de cada unidad experimental y se marcó el peso de 1000 granos.

- **RENDIMIENTO DE GRANO (kg ha⁻¹)**

Se llevó a cabo por el peso de los granos provenientes de la parcela útil, se ejecutó con el 13% de humedad y se transformó a kg/ha⁻¹. Para uniformizar el peso se empleó la siguiente fórmula:

Fórmula 2. Uniformidad del peso

$$PU(13\%) = \frac{Pa(100-Ha)}{100-Hd} \quad [2]$$

Donde:

PU = Peso uniformizado (kg)

Pa = Peso actual (kg)

Ha = Humedad actual (%)

Hd = Humedad deseada (13%)

Para expresar el rendimiento en kg/ha⁻¹ se utilizó la siguiente fórmula:

Fórmula 3. Rendimiento

$$Rend (kg ha^{-1}) = \frac{PU (10000 m^2)}{\text{Área parcela útil (m}^2\text{)}} \quad [3]$$

3.7. ANÁLISIS DE DATOS

Los fueron analizados mediante análisis de varianza (ANOVA) y la separación de medias con prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

3.8. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

3.8.1. MANEJO FITOSANITARIO

- Previo a la siembra, la semilla se trató con Semeprid (imidacloprid + thiodicarb), en dosis de 25 mL/kg de semilla.
- A los 10 días después de la siembra (DDS), se realizó en “drench”, una aplicación con Actara (thiametoxam), en dosis de 1 mL/L agua.

- En base a los monitoreos de las poblaciones de insectos vectores (cicadelidos, pulgones, trips y crisomélidos), se aplicó a partir de los 17 DDS, Regent (fipronil), en dosis de 0.7 mL/L agua y se repitió la aplicación entre los 25 a 30 DDS, Engeo (lambda cihalotrina + thiametoxam), en dosis de 1 mL/L agua.

3.1.1. SIEMBRA Y RALEO

Se realizó utilizando con un espeque para facilitar la abertura de los hoyos en el suelo, en el cual se depositaron dos semillas. El distanciamiento dentro de cada tratamiento fue de 0.80 m entre hileras y 0.20 m entre planta. A los ocho días después de la siembra se procedió a hacer el realeo por planta.

3.8.2. CONTROL DE MALEZAS

El control pre-emergente de arvenses se realizó con Pendimetalin 2 L ha⁻¹ + Atrazina 1,2 L ha⁻¹. El control pos-emergente se realizó con el herbicida Mesotrione en dosis de 0,40 L ha⁻¹.

3.8.3. BIOESTIMULACIÓN

La bioestimulación en el cultivo de maíz se realizó mediante dos formas específicas (foliar y drench), con todas las dosis evaluadas. La aplicación del bioestimulante se realizó en las etapas fenológicas VE (Hoja emergente), V6 (hoja 6), V10 (hoja 10) y V15 (hoja 15).

3.8.4. FERTILIZACIÓN

La fertilización se realizó con dosis de 150, 23, 60, 30 y 50 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅, K₂O, MgO y S, respectivamente. Lo anterior fue decidido en función de la demanda nutricional del cultivo, debido a que por análisis de suelos anteriores históricos, se conoce que los suelos del valle del río Carrizal son deficientes en N y S, altos en P, Ca, K y Mg. Se utilizaron los fertilizantes urea (46% N), DAP (18%

N y 46% P₂O₅), cloruro de potasio (60% K₂O), sulfato de magnesio (25% MgO y 20% S) y sulfato de amonio (21% N y 24% S). El fraccionamiento de la fertilización nitrogenada se realizó de acuerdo a lo recomendado por García y Espinosa (2009), colocando el 20% en la etapa fenológica VE (hoja emergente), el 40% en la etapa V6 (hoja 6) y el 40% en la etapa V10 (hoja 10). El fertilizante fosfatado se aplicó 100% en la etapa VE. Los demás fertilizantes se aplicaron en dos fracciones: el 50% en etapa VE y el 50% en etapa V6

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

Las variables analizadas no fueron influenciadas significativamente ($p > 0.05$) por la dosis del bioestimulante, el tipo de aplicación y la respectiva interacción dosis x tipo de aplicación, lo cual denota la independencia de los efectos de las dosis y del tipo de aplicación. Además, estos resultados reflejan que el maíz respondió a la aplicación del bioestimulante a base de pescado independientemente de las dosis y del tipo de aplicación (**Tabla 6**). Sin embargo, la comparación ortogonal entre el promedio de todos los tratamientos a base de bioestimulante de pescado vs el tratamiento de fertilización convencional (testigo), si reportó diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$), lo cual evidencia un efecto sobre las variables de crecimiento y rendimiento del maíz (**Tabla 6**).

Tabla 6. Análisis de varianza de altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT), área foliar (AF), longitud de mazorca (LM), diámetro de mazorca (DM), peso de granos por mazorca (PGM), peso de mil granos (PMG) y rendimiento de grano.

Fuente de variación	P-valor ANOVA							
	AP	DT	AF	LM	DM	PGM	PMG	RG
Dosis	0,0833 ^{NS}	0,2385 ^{NS}	0,6418 ^{NS}	0,3406 ^{NS}	0,1908 ^{NS}	0,0837 ^{NS}	0,1734 ^{NS}	0,0918 ^{NS}
Aplicación	0,7320 ^{NS}	0,5779 ^{NS}	0,5129 ^{NS}	0,5284 ^{NS}	0,5221 ^{NS}	0,6881 ^{NS}	0,3478 ^{NS}	0,3371 ^{NS}
Dosis x Aplicación	0,3750 ^{NS}	0,3438 ^{NS}	0,5583 ^{NS}	0,7403 ^{NS}	0,9472 ^{NS}	0,7981 ^{NS}	0,4994 ^{NS}	0,6179 ^{NS}
Testigo vs tratamientos	0,0068*	0,0043*	0,0001**	0,0001**	0,0001**	0,0001**	0,0001**	0,0001**
C.V. %	5,99	5,40	9,08	4,39	1,79	9,69	7,33	11,39

^{NS} No significativo al 5%; * Significativo al 5%; ** Significativo al 1%

En promedio los tratamientos con bioestimulante de pescado incrementaron la altura de planta en un 11.26% con respecto al tratamiento control, lo cual evidencia que los componentes del bioestimulante de pescado inducen el

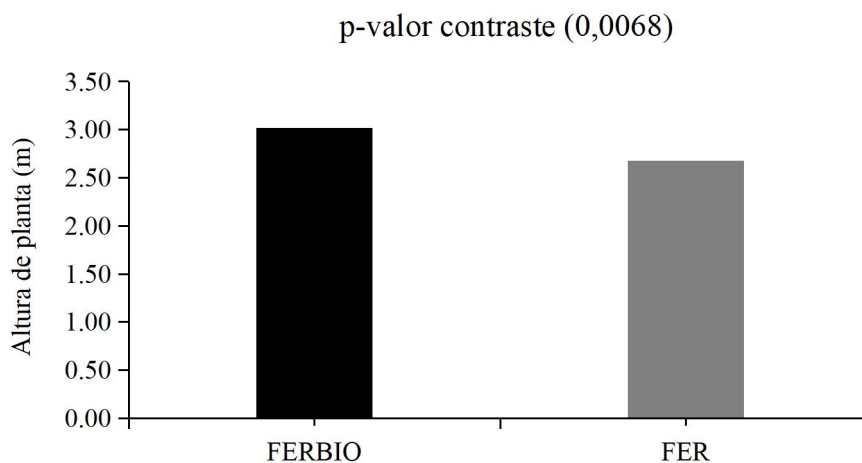


Gráfico 2. Altura de planta en función de tratamientos con fertilización + bioestimulación (FERBIO) vs fertilización convencional (FER)

crecimiento de la longitud del tallo del maíz (**Gráfico 2**).

Los tratamientos con bioestimulante de pescado en promedio incrementaron el diámetro del tallo en un 10.86% con relación al tratamiento control. Lo anterior refleja que el bioestimulante a base de pescado tendría sustancias de crecimiento que promueven la división celular y crecimiento periclinal del tallo (**Gráfico 3**).

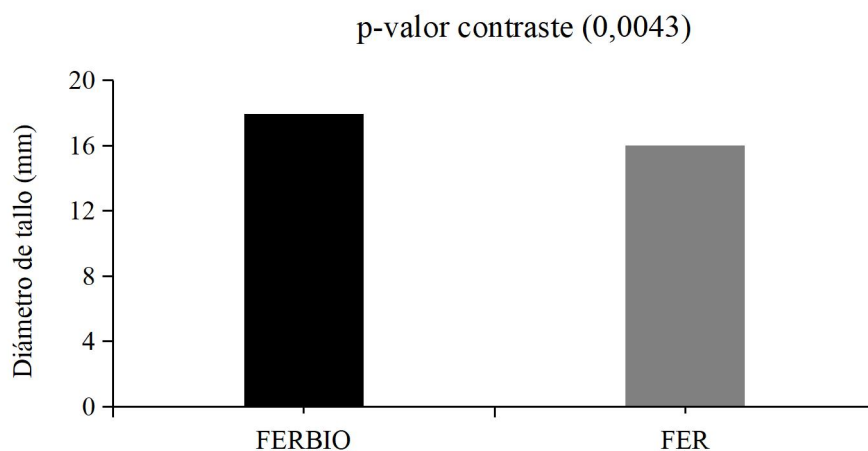


Gráfico 3. Diámetro de tallo (mm) en función de tratamientos con fertilización + bioestimulación (FERBIO) y fertilización convencional (FER)

Los tratamientos de bioestimulante de pescado en promedio incrementaron el área foliar en un 26.25% en comparación al tratamiento testigo, lo cual evidencia que el bioestimulante de pescado potencia el crecimiento de las hojas en longitud y ancho, pudiendo de esta manera potenciar la actividad fotosintética (**Gráfico 4**).

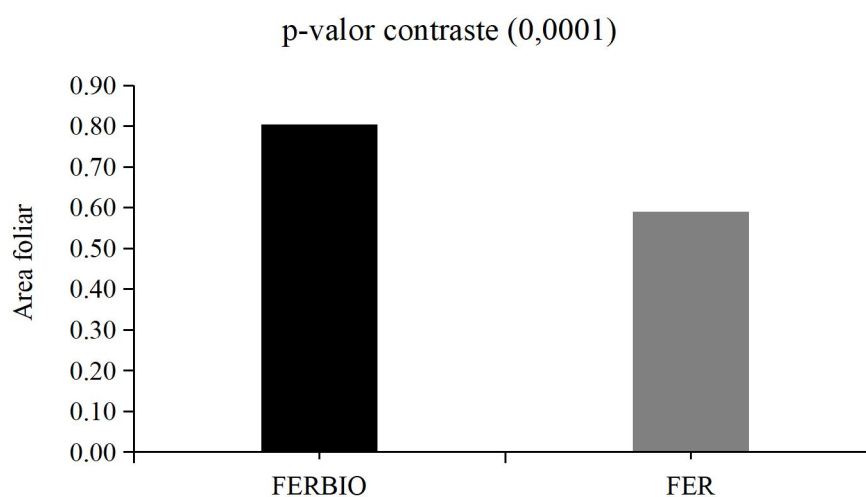


Gráfico 4. Área foliar en función de tratamientos con fertilización + bioestimulación (FERBIO) y fertilización convencional (FER).

Los tratamientos de bioestimulante de pescado en promedio incrementaron la longitud de mazorcas en un 10.38% en comparación al tratamiento control, lo cual denota que el bioestimulante de pescado como complemento a la fertilización potencia la elongación celular y por ende el crecimiento longitudinal de las mazorcas (**Gráfico 5**).

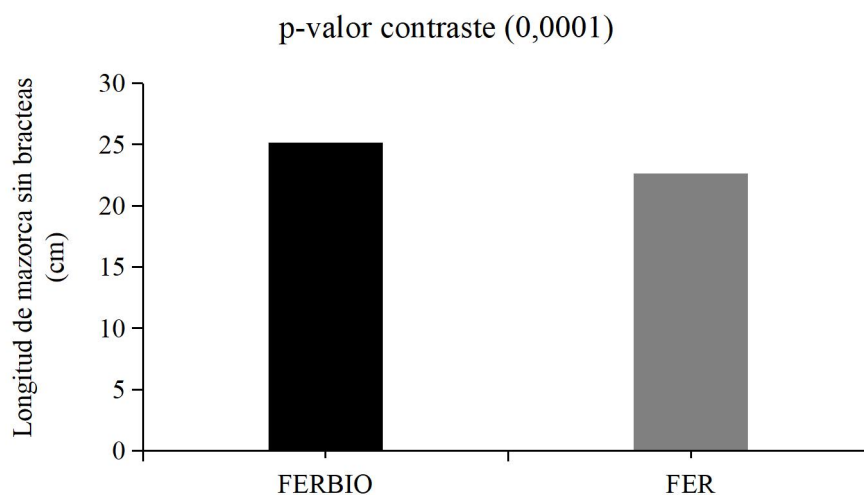


Gráfico 5. Longitud de mazorca sin brácteas (cm) en función de tratamientos con fertilización + bioestimulación (FERBIO) y fertilización convencional (FER)

En promedio los tratamientos con bioestimulante de pescado aumentaron el diámetro de mazorca en un 8.80% con respecto al tratamiento control, lo cual puede deberse a que los componentes del bioestimulante de pescado promueve el crecimiento radial de células de la coronta o tusa y de los granos (**Gráfico 6**).

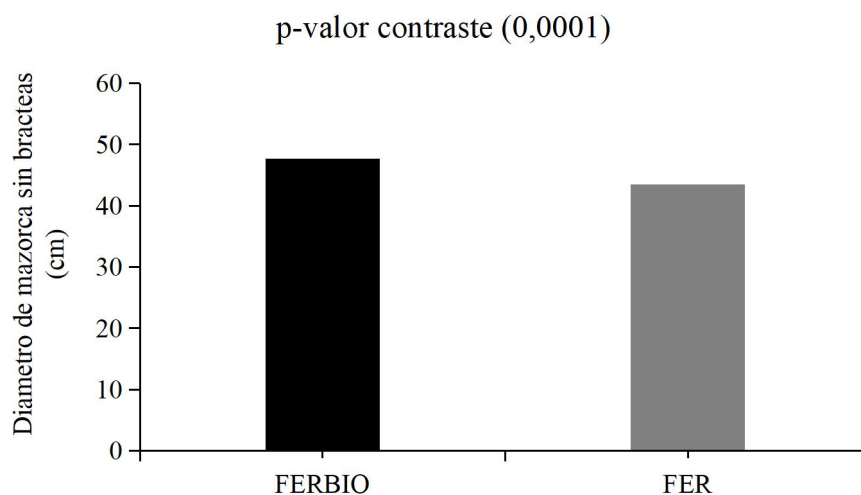


Gráfico 6. Diámetro de mazorca sin brácteas (cm) en función de tratamientos con fertilización + bioestimulación (FERBIO) y fertilización convencional (FER)

En promedio los tratamientos con bioestimulante de pescado acrecentaron el peso de granos por mazorca en un 34.90% con relación al tratamiento control. Lo anterior deja en evidencia, que el bioestimulante a base de pescado contendría sustancias de crecimiento que estimulan un mayor crecimiento, llenado y tamaño de los granos (**Gráfico 7**).

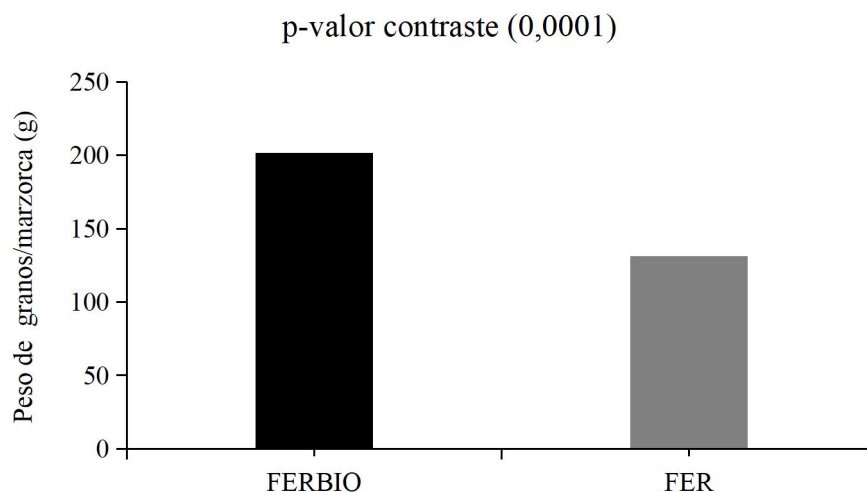


Gráfico 7. Peso de granos/mazorca (g) en función de tratamientos con fertilización + bioestimulación (FERBIO) y fertilización convencional (FER)

Los tratamientos de bioestimulante de pescado en promedio incrementaron el peso de 1000 granos en un 30.66% en comparación al tratamiento testigo, lo cual demuestra que el bioestimulante de pescado tiene la capacidad de promover una mayor densidad y peso específico de granos (**Gráfico 8**).

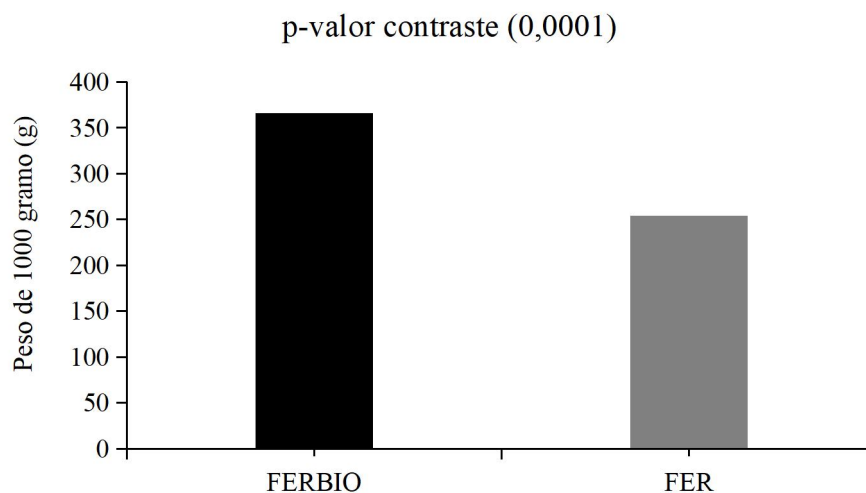


Gráfico 8. Peso de 1000 granos (g) en función de tratamientos con fertilización + bioestimulación (FERBIO) y fertilización convencional (FER)

Los tratamientos de bioestimulante de pescado en promedio incrementaron el rendimiento de grano en un 33.96% en comparación al tratamiento control, lo cual evidencia que el uso bioestimulante a base de pescado como estrategia de manejo nutricional, puede potenciar el rendimiento y la rentabilidad del cultivo de maíz en sistemas de secano (**Gráfico 9**).

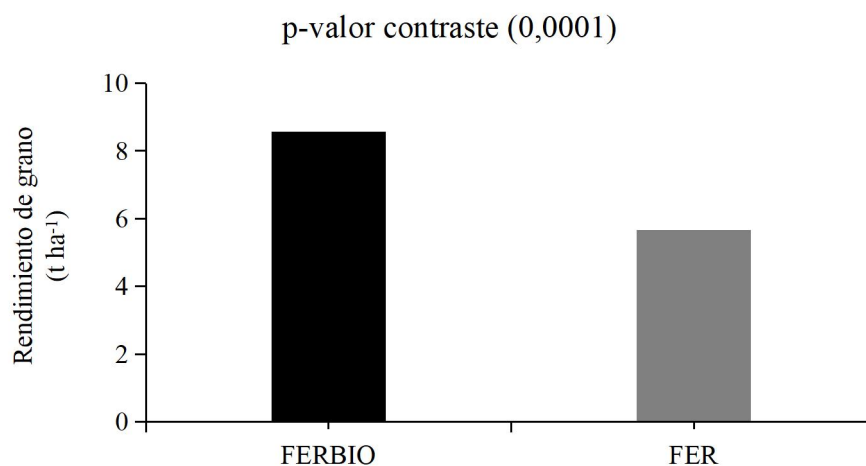


Gráfico 9. Rendimiento de grano en función de tratamientos con fertilización + bioestimulación (FERBIO) y fertilización convencional (FER)

Los resultados logrados en esta investigación demuestran que la dosis de mínima de 5 mL de bioestimulante líquido de pescado L⁻¹ de agua, puede ser suficiente para lograr efectos significativos sobre el crecimiento y rendimiento del maíz amarillo duro, independientemente de la forma como se lo aplique.

4.2. DISCUSIÓN

Los resultados logrados se asemejan a los informados por Maquén et al. (2023), quienes reportaron mayor altura de planta, longitud radical, número de hojas, peso seco de raíces, peso seco de biomasa aérea y rendimiento de grano en maíz tratado con bioestimulante a base de hidrolizados de pescado, con relación al tratamiento control. Así mismo, estos mismos autores reportaron un incremento del 61,10% en crecimiento aéreo del maíz con aplicación combinada de fertilizantes + hidrolizado de pescado, con relación al tratamiento control, mientras que el tratamiento donde sólo se aplicó fertilización logró un incremento en crecimiento aéreo de 39,67%.

Del mismo modo, Lonameo y Prijono (2017) determinaron que con aplicación complementaria de bioestimulantes de residuos de pescado, se logró aumentar

de manera significativa la altura de planta, número de hojas, tamaño y peso de mazorcas en maíz, en contraste al tratamiento control.

A resultados similares llegaron Martínez et al. (2022), quienes con aplicación de bioestimulante a base de algas marinas, lograron mayor incremento en peso de granos y peso de mazorcas, con respecto a tratamientos controles. Estos autores concluyeron que con aplicación de bioestimulante es posible incrementar el rendimiento del maíz entre un 8 a 11%.

En otro estudio desarrollado en trigo por Mironenko et al. (2022) aumentaron la longitud y la cantidad de espigas, la cantidad de granos en la espiga y el peso de las semillas con aplicación de hidrolizado proteico de trucha arcoíris, con relación al tratamiento control. Además, el rendimiento de grano aumentó de 0,21 a 0,28 t ha⁻¹, con el hidrolizado de trucha arcoíris.

Por otra parte, Jumar et al. (2021) mostraron que la aplicación de aminoácidos de pescado logró aumentar la altura de las plantas de arroz en un 5,5%, produjo un número promedio 14 macollos y logró aumentar la absorción de nitrógeno en un 9,6%, con relación al tratamiento control.

En otro trabajo realizado por Saputra et al. (2022) lograron aumentar hasta un 30% el peso seco y la productividad del arroz con aplicación de aminoácidos de pescado, en comparación con el tratamiento. En trabajos reportados por Jubín y Radzi (2022) concluyeron que la combinación de fertilizante NPK con fertilizante de desechos de pescado mostró efectos significativos sobre el área foliar y circunferencia del tallo, con relación al tratamiento control.

En todo los trabajos anteriores realizados en maíz y contrastados con nuestros resultados, evidencian que el efecto del bioestimulante a base de residuos de pescado, se deben a los componentes orgánico-minerales que contiene este producto, tales como aminoácidos, proteínas, materia orgánica, nutrientes esenciales como macro y micronutrientes, los cuales actúan a nivel metabólico como activadores enzimáticos, biosíntesis de hormonas, división y elongación celular, fotosíntesis y respiración, lo cual aumenta el crecimiento celular a través de un mayor volumen y expansión de células y tejidos de las hojas y tallos, mayor

acumulación de materia seca por efecto de una mayor área foliar y fotosíntesis neta, que se convierte en mayor biomasa e índice de cosecha de granos (Lonameo y Prijono, 2017; Madende y Hayes, 2020; Jumar et al., 2021; Jubín y Radzi, 2022; Saputra et al., 2022; Mironenko et al., 2022; Martínez et al., 2022; Maquén et al., 2023).

En este mismo contexto, Madende y Hayes (2020) mencionan que los productos de desecho del procesamiento de pescado tienen aplicaciones potenciales en la agricultura como bioestimulantes potenciadores de los componentes de crecimiento y rendimiento de los cultivos, cuyos mecanismos de acción son un mayor crecimiento de raíces y hojas, inducción de la floración y mejor cuajado de frutos, lo cual es promovido por la gran cantidad de aminoácidos y nutrientes que aportan. Finalmente, Sun et al. (2024), describieron que el uso de bioestimulantes a base de aminoácidos e hidrolizados de proteína de pescado, han mostrado ser efectivos para estimular el sistema inmunológico de las plantas, inducir la biosíntesis de biomoléculas defensivas, eliminar metales pesados del suelo contaminado, mejorar el rendimiento de los cultivos, reducir la lixiviación, mejorar crecimiento de raíces y aumentar la eficiencia en el uso de nutrientes.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Las aplicaciones foliares y en drench del bioestimulante líquido de pescado mostró similar efecto sobre el crecimiento del maíz amarillo duro.
- La aplicación del bioestimulante líquido de pescado fue efectivo para incrementar el rendimiento del maíz amarillo duro, independientemente de las dosis y formas de aplicación evaluadas.
- El uso de bioestimulante líquido de pescado es efectivo para potenciar la fertilización del maíz amarillo duro.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda aplicar el bioestimulante líquido de pescado en dosis de 5 mL L⁻¹ de agua, tanto para aplicaciones foliares y/o en drench para mejorar el crecimiento y rendimiento del maíz amarillo duro.

BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, J. (2019). *Desarrollo de superficies modificadas de IrO₂-Ta₂O₅ | Ti Y Ru O₂-Ta₂O₅ | Ti por electroforesis para la germinación de semillas y crecimiento de plantas de Zea mays L.* [Tesis de Grado, Centro De Investigación Y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S.C.]. <https://cideteq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1021/393/1/TESIS%20JAZMIN%20ACU%C3%91A%20CHAIREZ%20MAE%20res.pdf>
- Badillo, A. (2016). *Evaluación del Aporte de Gallinaza Fresca en el Rendimiento del Cultivo de Maíz (Zea mays) variedad INIAP 122 en dos Diferentes Dosis en la parroquia de Malchingui, Cantón Pedro Mucayo* [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Loja]. <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/10735>
- Bhupenchandra, I., Chongtham, S., Devi, E., Ramesh, R., Choudhary, A., Salam, M., Sahoo, M., Bhutia, T., Devi, S., Thounaojam, A., Behera, C., Kumar, A., Dasgupta, M., Devi, Y., Singh, D., Bhagowati, S., Devi, C., Singh, H., & Khaba, C. (2022). Role of biostimulants in mitigating the effects of climate change on crop performance. *Frontiers in Plant Science*, 13. 1. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.967665>
- Cáceres, A. (2017). *Fertilizante orgánico líquido de pescado*. DocPlayer <https://docplayer.es/43604642-Aminovigor-premium-fertilizante-organico-liquido-de-pescado.html>
- Clement, P., Potgieter, G. & Moloj, M. (2022). A Natural Bio-Stimulant Consisting of a Mixture of Fish Protein Hydrolysates and Kelp Extract Enhances the Physiological, Biochemical and Growth Responses of Spinach under Different Water Levels. *Plants*, 11(23), 3374. <https://doi.org/10.3390/plants11233374>

- Erenstein, O., Jaleta, M., Sonder, K., Mottaleb, K., & Prasanna, B. (2022). Global maize production, consumption and trade: trends and R&D implications. *Food Sec.* 14, 1295 – 1319.
- Fajardo, A. (2015). *Manual para el Cultivo de Maíz bajo Buenas Prácticas Agrícolas*. Medellín, Colombia.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2009). *Origen del Maíz*. Universidad Técnica de Manabí. Ecuador.
- FAGRO (Farmacia Agroquímica de México). (2024). *Fertilizante líquido, compuesto a base de productos orgánicos y minerales*. <https://fagro.mx/productos/aminofish#:~:text=Aminofish%C2%AE%20es%20un%20Biofertilizante,buen%20desarrollo%20de%20la%20planta>.
- Flores, M., Roldán, D., Omote, J. & Molleda, A. (2021). Biofertilizantes y bioestimulantes para uso agrícola y acuícola: Bioprocesos aplicados a subproductos orgánicos de la industria pesquera. *Scientia Agropecuaria*, 12(4), 635 – 651.
- Garofalo, L. (2017). *Respuesta del Cultivo de Girasol (Helianthus annuus L) a la Aplicación de dos Bioestimulantes Orgánicos en la Zona de Pangua* [Tesis de Grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/2458>
- González, A. (22 de junio 2022). *La importancia del uso de bioestimulantes en la mejora de la sostenibilidad de los cultivos*. Tierra. <https://www.plataformatierra.es/innovacion/la-importancia-del-uso-de-bioestimulantes-en-la-mejora-de-la-sostenibilidad-de-los-cultivos/>
- Grote, U., Fasse, A., Nguyen, T., & Erenstein, O. (2021). Food Security and the Dynamics of Wheat and Maize Value Chains in Africa and Asia. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.617009>

- Guacho, E. (2014). *Caracterización agro-morfológica del maíz (Zea mays L.) de la localidad San José de Chazo* [Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <https://core.ac.uk/download/pdf/234574936.pdf>
- Hasang, E., Bendezú, García, S., Carrillo, M., Durango, W., Medina, R. & García, E. (2022). Evaluación de sistemas productivos de maíz, sobre la sostenibilidad económica. *Revista de la Sociedad Científica del Paraguay*, 27(1), 18-30. <https://doi.org/10.32480/rscp.2022.27.1.18>
- Ibarra, A., Ramírez, L., Molina, J. & Zuñiga, L. (2023). Análisis de la cadena agroalimentaria del maíz en Ecuador. *Polo del Conocimiento*, 8(1), 1862 – 1873.
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censo). (2022). Módulo de Información Ambiental y Tecnificación Agropecuaria, ESPAC 2021. Quito, Ecuador. 27 p.
- Jumar, J., Saputra, R.A., & Jannah, S.R. (2021). Effect of fish amino acid application on growth and n-uptake in plants rice using the system of rice intensification method. *Tropical Wetland Journal*. <https://doi.org/10.20527/twj.v7i1.91>
- Jubin, J., & Radzi, N. (2022). Application of Fish Waste Fertilizer on the Growth of Maize (*Zea mays*). IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 1059, 012070. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1059/1/012070>
- Kumar, K., Singh, J., Singh, B., Chandra, S., Chauhan, N., Yadav, M., & Kumar, P. (2022). Consumption and processing patterns of maize (*Zea mays*): A review. *The Pharma Innovation Journal*, 11(5), 51 – 57.
- Lisboa, M., Schneider, R., Sullivan, P. & Walter, T. (2020). Drought and post-drought rain effect on stream phosphorus and other nutrient losses in the Northeastern USA. *Sciencedirect*, 28, 100672. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2020.100672>

- Loayza, L. (2020). *Comportamiento morfológico y agronómico de diferentes cultivares de maíz (Zea mays) en la granja Santa Inés* [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Machala]. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16139/1/TTUACA-2020-IA-DE00022.pdf>
- Lonameo, E., & Prijono, S. (2017). Efforts to Increase Corn Production (Zea Mays) on Dry Land with the Utilization of Fish Waste of Tuna, Mackerel and Skipjack on Sikka District, East Nusa Tenggara. *International Journal of Trend in Research and Development (IJTRD)*. 4(5), 275-282. <http://www.ijtrd.com/papers/IJTRD12034.pdf>
- Madende, M. & Hayes, M. (2020). Fish By-Product Use as Biostimulants: An Overview of the Current State of the Art, Including Relevant Legislation and Regulations within the EU and USA. *Molecules*, 25, 1122. [10.3390/molecules25051122](https://doi.org/10.3390/molecules25051122)
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). (2020). Boletín situacional del cultivo de maíz. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Coordinación General de Información Nacional Agropecuaria. Quito, Ecuador. 7 p.
- Mahmud, K., Panday, D., Mergoum, A., & Missaoui, A. (2021). Nitrogen Losses and Potential Mitigation Strategies for a Sustainable Agroecosystem. *Sustainability* 13, 2400.
- Manvert: Moving with agricultura. (2023). *Bioestimulantes: definición, composición y beneficios*. <https://manvert.com/medios/que-son-bioestimulantes>
- Maquén, J., Aldana, S., Suárez, L., Sánchez, M., Caro, J., & Carreño, C. (2023). Biofertilizer based on fish waste increases the yield of *Vigna unguiculata* L.Walp, *Zea mays* L., and the rhizospheric microbiota. *Scientia Agropecuaria*, 14(4), 529 – 538. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2023.044>
- Martínez, A., Zamudio, B., Tadeo, M., Espinosa, A., Cardoso, J., & Vázquez, M. (2022). Rendimiento de híbridos de maíz en respuesta a la fertilización

foliar con bioestimulantes. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(2), 289-301. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i2.2782>

Mironenko, A., Zagorskii, A., Bystrova, A., & Kochetkov, A. (2022). The Effect of a Biostimulant Based on a Protein Hydrolysate of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) on the Growth and Yield of Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Molecules*, 27(19), 6663. <https://doi.org/10.3390/molecules27196663>

Oñate, L. (2016). *Duración de las etapas fenológicas y profundidad radicular del cultivo de maíz (Zea mays) var. Blanco harinoso criollo, bajo las condiciones climáticas del Cantón Cevallos* [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/18305/1/Tesis-116%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20371.pdf>

SanCamilo: Comercializadora de granos S.A. (2010). *Nuestras semillas: Maíz*. <http://www.sancamilo.com.ec/maiz.html>

Saputra, R., Sari, N., & Norsaleha, R. (2022). Nutrient uptake and yield of paddy cultivated under intensification with fish amino acid as liquid organic fertilizer. *Int. J. Biosci.* 20(4), 85-96. <http://dx.doi.org/10.12692/ijb/20.4.85-96>

Satus: Nutrición Vegetal. (15 de octubre 2021). *Fertilización Foliar, importancia y beneficios*. <https://satusargentina.com/fertilizacion-foliar-importancia-y-beneficios/>

Semillas Valle. (12 de mayo del 2022,). *Tenemos información actualizada, noticias y eventos de interés*. <https://semillasvalle.com/site/blog/fenologia-y-fisiologia-en-cultivos-de-maiz/>

Siman, F., Andrade, F. & Passos, R. (2020). Nitrogen Fertilizers and NH₃ Volatilization: Effect of Temperature and Soil Moisture. *Communications in*

- Soil Science and Plant Analysis*, 51. <https://doi.org/10.1080/00103624.2020.1763384>
- Silva, C. (2019). *Manejo integrado de la mancha de asfalto (Phyllachora maydis Maubl) en el cultivo de maíz (Zea mays L.)* [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/6026>
- Suárez, L. (2013). *Respuesta del Cultivo de Maíz (Zea mays) a la Aplicación de tres bioestimulantes Foliare como Complemento a la Fertilización Edáfica, en la Zona de San Gabriel* [Tesis de Grado, Universidad Técnica Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/466/TUTB-FACIAG-AGR-000081.pdf?sequence=6&isAllowed=y>.
- Sun, W., Shahrajabian, M., Kuang, Y., & Wang, N. (2024). Amino Acids Biostimulants and Protein Hydrolysates in Agricultural Sciences. *Plants*. 13, 210. <https://doi.org/10.3390/plants13020210>
- Valle, J. (2023). *Efecto de tres fitohormonas aplicadas en drench para estimular el sistema radicular en el cultivo de orquídea (Cattleya sp)* [Tesis de Grado, Universidad Agraria del Ecuador]. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/VALLE%20VERA%20JACINTO%20JOEL.pdf>
- Wise, K. & Selby, P. (2023). Enhancement of tomato functional food value through nutrient supplementation with fish emulsion biostimulan. *Journal of Horticultural Sciences*, 18(2), 351 – 356. <https://jhs.iihr.res.in/index.php/jhs/article/view/2136/842>
- Yao, Y., Dai, Q., Gao, R., Gan, Y., & Yi, X. (2021). Effects of rainfall intensity on runoff and nutrient loss of gently sloping farmland in a karst area of SW China. *PLoS ONE* 16(3). 1-18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246505>

ANEXOS



Anexo 1. Preparación del área de siembra



Anexo 2. Preparación de un combinado de fertilizante



Anexo 3. Aplicación del bioestimulante líquido de pescado en Drench



Anexo 4. Aplicación foliar del bioestimulante líquido de pescado



Anexo 5. Toma de datos de las variables a evaluar en la investigación



Anexo 6. Registro del peso de las mazorcas



Anexo 7. Medición de la longitud y diámetro de la mazorca



Anexo 7. Desgrane de la mazorca