



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

DIRECCION DE CARRERA: AGRÍCOLA

**INFORME DE TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AGRÍCOLA**

**MODALIDAD:
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:
RESPUESTA DEL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE ARROZ
EN MACETAS A LA APLICACIÓN DE CUATRO GRUPOS DE
BIOESTIMULANTES**

**AUTOR:
ZAMBRANO ALCIVAR FABIÁN ENRIQUE**

**TUTOR:
ING. LEONARDO VERA MACIAS, Mg**

CALCETA, DICIEMBRE 2019

DERECHOS DE AUTORÍA

ZAMBRANO ALCIVAR FABIAN ENRIQUE, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi 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 cedo los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual y su reglamento.

ZAMBRANO ALCÍVAR FABIÁN ENRIQUE

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

ING LEONARDO VERA MACIAS, Mg. certifica haber tutelado proyecto **RESPUESTA DEL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE ARROZ EN MACETAS A LA APLICACIÓN DE CUATRO GRUPOS DE BIOESTIMULANTES**, que ha sido desarrollada por **ZAMBRANO ALCÍVAR FABIÁN ENRIQUE**, previa la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. LEONARDO VERA MACIAS, Mg

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el trabajo de titulación **RESPUESTA DEL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE ARROZ EN MACETAS A LA APLICACIÓN DE CUATRO GRUPOS DE BIOESTIMULANTES**, que ha sido propuesta, desarrollada por **ZAMBRANO ALCÍVAR FABIÁN ENRIQUE**, previa la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. SERGIO VÉLEZ
ZAMBRANO

MIEMBRO

ING. CRISTIAN
VALDIVIESO LÓPEZ

MIEMBRO

ING. GALO CEDEÑO GARCÍA
PRESIDENTE

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me permitió formarme como profesional con una educación de calidad y calidez.

A Dios por ser mi regente y el que me brinda día a día fuerza, voluntad, y ganas de superación venciendo obstáculos en este largo trayecto de educación.

ZAMBRANO ALCÍVAR FABIÁN ENRIQUE

DEDICATORIA

Un logro más alcanzado, un paso más cerca de mis metas, cada vez más cerca de lograr mis sueños y de la realización de mi proyecto de vida. Dedico este gran triunfo a Dios y a todas esas personas que de una u otra forma fueron parte de este proceso y pudieron brindarme su apoyo.

ZAMBRANO ALCÍVAR FABIÁN ENRIQUE

CONTENIDO

DERECHOS DE AUTORÍA	ii
CERTIFICACIÓN DE TUTOR	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
CONTENIDO	vii
CONTENIDO DE CUADROS, TABLAS Y FIGURAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	2
1.3. OBJETIVOS	3
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	3
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.4. HIPÓTESIS	3
1 CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	4
2.1. IMPORTANCIA SOCIO-ECONÓMICA DEL ARROZ A NIVEL MUNDIAL	4
2.2. EL CULTIVO DE ARROZ EN EL ECUADOR	4
2.3. EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA AGRICULTURA Y FISIOLÓGIA DE LAS PLANTAS	5
2.4. USO DE BIOESTIMULANTES EN LA AGRICULTURA	6
2.5. EXPERIENCIAS DEL USO DE BIOESTIMULANTES EN EL CULTIVO DE ARROZ	7
2 CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	8
3.1. UBICACIÓN	8
3.2. DURACIÓN	8
3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN	9
3.4. VARIABLES	9
3.4.1. VARIABLE INDEPENDIENTE	9
3.4.2. VARIABLE DEPENDIENTE	9
3.5. TRATAMIENTOS	9
3.6. DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL	9

3.7.	ANÁLISIS DE DATOS.....	10
3.8.	VARIABLES RESPUESTAS DEL CRECIMIENTO	10
3.9.	REGISTRO DE VARIABLES DE CRECIMIENTO	10
3.10.	VARIABLES DEL CRECIMIENTO RADICAL	10
3.11.	REGISTRO DE VARIABLES DEL CRECIMIENTO RADICAL	11
3.12.	APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.....	11
3	CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	12
4	CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	24
5.1.	CONCLUSIONES.....	24
5.2.	RECOMENDACIONES.....	24
5	BIBLIOGRAFÍA.....	25

CONTENIDO DE CUADROS, TABLAS Y FIGURAS

Cuadro 3.1. Características de la comunidad de Cañas	8
Cuadro 3.2. Síntesis de los tratamientos empleados en la investigación	9
Cuadro 3.3. ANOVA empleado	10
Tabla 4.1. Significancia estadística de variables respuestas de plántulas de arroz bajo el efecto de varios grupos de bioestimulantes. Calceta, Manabí, Ecuador. 2019.....	13
Figura 3.1. Mapa ubicación de la ESPAM MFL	8
Figura 4.1. Efecto de cuatro grupos de bioestimulantes sobre la altura de planta de plántulas de arroz a los 80 días después de la siembra.	14
Figura 4.2. Efecto de bioestimulantes sobre la altura de planta de plántulas de arroz a los 80 días después de la siembra.....	14
Figura 4.3. Efecto de cuatro grupos de bioestimulantes sobre la longitud radical de plántulas de arroz a los 80 días después de la siembra.	15
Figura 4.4. Efecto de bioestimulantes sobre la longitud radical de plántulas de arroz a los 80 días después de la siembra.....	15
Figura 4.5. Efecto de cuatro grupos de bioestimulantes sobre el peso seco radical de plántulas de arroz a los 80 días después de la siembra.	16
Figura 4.6. Efecto de bioestimulantes sobre el peso seco radical de plántulas de arroz a los 80 días después de la siembra.....	16
Figura 4.7. Efecto de cuatro grupos de bioestimulantes sobre el peso seco de plántulas de arroz a los 80 días después de la siembra.	17
Figura 4.8. Efecto de bioestimulantes sobre el peso seco de plántulas de arroz a los 80 días después de la siembra.	17
Figura 4.9. Efecto de cuatro grupos de bioestimulantes sobre el área foliar de plántulas de arroz a los 80 días después de la siembra.	18
Figura 4.10. Efecto de bioestimulantes sobre el área foliar de plántulas de arroz a los 80 días después de la siembra.	18
Figura 4.11. Efecto de cuatro grupos de bioestimulantes sobre la fracción de masa radical de plántulas de arroz a los 80 días después de la siembra.	19
Figura 4.12. Efecto de cuatro grupos de bioestimulantes sobre la longitud específica radical de plántulas de arroz a los 80 días después de la siembra.....	19
Figura 4.13. Efecto de cuatro grupos de bioestimulantes sobre la tasa relativa de crecimiento de plántulas de arroz.	20
Figura 4.14. Efecto de cuatro grupos de bioestimulantes sobre la tasa de asimilación neta de plántulas de arroz.....	21

RESUMEN

El objetivo principal de la investigación fue analizar la respuesta del crecimiento en plántulas de arroz en macetas a la aplicación de cuatro grupos de bioestimulantes. El trabajo se desarrolló durante la época seca del 2019 en el campus de la ESPAM MFL. Los grupos de bioestimulantes probados fueron extracto de algas, fitohormonas, bioactivadores y ácidos orgánicos, dentro de los cuales se evaluaron tres productos comerciales. El diseño experimental utilizado fue el completamente al azar en agrupación, con trece tratamientos, tres replicas y 39 unidades experimentales. Las principales variables evaluadas fueron peso seco, área foliar, tasa relativa de crecimiento (TRC) y tasa de asimilación neta (TAN). Los datos fueron sometidos a análisis de varianza y contrastes ortogonales, y la separación de medias con prueba de Tukey al 5% de probabilidades de error. No se encontró diferencias significativas ($p > 0.05$) entre bioestimulantes y dentro de grupos de bioestimulantes. Sin embargo, el análisis de contraste ortogonal entre los grupos de bioestimulantes y testigo mostró diferencias significativas ($p < 0.05$), donde todos los grupos de bioestimulantes evaluados superaron estadísticamente al tratamiento control, tanto en peso seco, área foliar, TCR y TAN. Los grupos bioestimulantes a base de extractos de alga, fitohormonas y bioactivadores mostraron las mayores tasas de crecimiento en términos de peso seco, área foliar, TCR y TAN.

Palabras clave: *Oryza sativa*, Desarrollo, biorreguladores

ABSTRACT

The main objective of the research was to analyze the growth response in rice seedlings in pots to the application of four groups of biostimulants. The work was developed during the dry season of 2019 on the ESPAM MFL campus. The groups of biostimulants tested were algae extract, phytohormones, bioactivators and organic acids, within which three commercial products were evaluated. The experimental design used was the completely randomized group, with thirteen treatments, three replicates and 39 experimental units. The main variables evaluated were dry weight, leaf area, relative growth rate (RGR) and net assimilation rate (NAR). The data were subjected to analysis of variance and orthogonal contrasts, and the separation of means with Tukey's test at 5% probability of error. No significant differences ($p>0.05$) were found between biostimulants and within biostimulant groups. However, the orthogonal contrast analysis between the biostimulant and control groups showed significant differences ($p<0.05$), where all the biostimulant groups evaluated statistically exceeded the control treatment, both in dry weight, foliar area, RGR and NAR. Biostimulant groups based on extracts of algae, phytohormones and bioactivators showed the highest growth rates in terms of dry weight, leaf area, RGR and NAR.

Keywords: *Oryza sativa*, Development, bioregulators

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El arroz es considerado el cultivo de mayor importancia a nivel mundial, puesto que además de ser un producto básico para la seguridad alimentaria, posee la mayor superficie cultivada y el mayor número de personas dedicadas a su explotación (Mohanty, 2013). Actualmente, el cambio climático amenaza la producción agrícola, dado los efectos negativos que ejercen las alteraciones de los factores climáticos sobre los procesos fisiológicos de las plantas, que conllevan a estreses por déficit hídrico, anoxia, térmico, lumínico, etc., que por ende reducen significativamente el desarrollo y producción de cultivos de importancia económica como el arroz (Yépez y Silveira, 2011; Jarma *et al.*, 2012; Vaghefi *et al.*, 2013). Ante este escenario, el uso de bioestimulantes, se ha convertido en una práctica común en la agricultura, ya que proporciona una serie de beneficios como estimular el desarrollo vegetal y proteger a las plantas del estrés biótico y abiótico (Yakhin *et al.*, 2017; Van Oosten *et al.*, 2017). En arroz de acuerdo a varias investigaciones, se ha demostrado que la aplicación de bioestimulantes mejora la respuesta del cultivo ante los estreses bióticos y abióticos (Li *et al.*, 2012; Khatab *et al.*, 2013; Fahad *et al.*, 2016). En Ecuador existe escasa información relacionada al efecto de la aplicación de las diferentes moléculas bioestimulantes existentes en el mercado sobre el desarrollo del cultivo de arroz, razón por la cual se debe generar información que permita validar tecnologías relacionadas a bioestimulantes que mejoren el desarrollo y producción del cultivo. Con los antecedentes descritos, se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Pueden los bioestimulantes mejorar significativamente el crecimiento de plántulas de arroz?

1.2. JUSTIFICACIÓN

El arroz es el cultivo más consumido a nivel global razón por la cual es clave para la seguridad alimentaria nacional y mundial. Actualmente, se encuentra seriamente amenazado por el cambio climático, dada la ocurrencia de eventos climáticos que afectan severamente su comportamiento fisiológico y por ende diezman su producción. En este contexto, la aplicación de moléculas bioestimulantes está siendo ampliamente usada en la agricultura, con fines a mejorar la tolerancia y adaptación de los cultivos a condiciones de estrés. En el país el uso de moléculas bioestimulantes no ha sido ampliamente investigado en arroz, y dada la gran diversidad de moléculas que se comercializan en el mercado, surge la necesidad de investigarlas a nivel de macetas con la finalidad de seleccionar las que muestren efectos significativos sobre el crecimiento de plántulas y llevarlas a una fase experimental en campo, donde se pruebe de manera amplia su efecto sobre la producción del cultivo. Bajo este contexto la presente propuesta de investigación se justifica plenamente.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar la respuesta del crecimiento en plántulas de arroz en macetas a la aplicación de cuatro grupos de bioestimulantes.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el efecto de cuatro grupos de bioestimulantes sobre el crecimiento vegetativo de plántulas de arroz en macetas.
- Establecer el efecto individual de doce bioestimulantes sobre el crecimiento vegetativo de plántulas de arroz en macetas.

1.4. HIPÓTESIS

La aplicación de bioestimulantes incrementa significativamente el crecimiento de plántulas de arroz en macetas

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. IMPORTANCIA SOCIO-ECONÓMICA DEL ARROZ A NIVEL MUNDIAL

El arroz es una de las gramíneas de mayor importancia social, económica y alimentaria a nivel global, puesto que junto al trigo y maíz suministran alrededor del 50% de las calorías consumidas por la población mundial (Gnanamanickam, 2009). El arroz se cultiva en casi todas las regiones tropicales y subtropicales del mundo y es consumido aproximadamente por el 50% de la población, donde la región asiática contribuye con el 90% de la producción y el consumo mundial de arroz, seguidos por África y América Latina como importantes consumidores (Mohanty, 2013; Muthayya *et al.*, 2014).

Según pronósticos, la población global se incrementará en 2300 millones de personas al 2050 y con ella la demanda de alimentos, se prevé que el mayor crecimiento se dará en países en desarrollo donde la desigualdad en términos de ingresos per cápita es amplia entre los estratos sociales, lo cual comprometería la seguridad alimentaria en poblaciones vulnerables (FAO, 2009). En este contexto el arroz al ser el cultivo más consumido en el mundo, se hace necesario implementar estrategias para incrementar el rendimiento y garantizar la seguridad alimentaria de la creciente población (FAO, 2014).

2.2. EL CULTIVO DE ARROZ EN EL ECUADOR

Para el sector agropecuario ecuatoriano, la cadena de valor del arroz es una de las de mayor importancia en diversas dimensiones y por múltiples razones; en primer lugar, debido a su valor económico propiamente dicho, se estima que aporta con el 19% del PIB agropecuario (MAGAP, 2012). La producción de arroz se focaliza en las provincias del Guayas, Los Ríos, Manabí, El Oro y Loja, el arroz es la cadena productiva que mueve sus economías y es el motor de su desarrollo económico local (MAGAP, 2012). La producción a nivel nacional aumentó 17% en comparación al año 2014. Este comportamiento se dio principalmente por el aumento del rendimiento en 19% respecto al año 2014.

En cuanto a la superficie esta tuvo una reducción de 2% en relación al año 2014. Actualmente, la superficie nacional se estima en 340000 hectáreas con un rendimiento promedio de 5.24 t ha⁻¹ (MAGAP, 2015).

Actualmente, se han identificado problemáticas en el sector arrocero que contribuyen al deterioro de la producción. Los problemas diagnosticados se relacionan con anomalías climáticas y el ataque de la plaga del caracol; sin embargo, detrás de estos problemas de coyuntura que absorben la atención de los actores privados y de las autoridades del sector, persisten problemas estructurales de baja productividad, falta de infraestructuras, escaso financiamiento, distorsiones de un mercado, de excesiva intermediación, dificultades para la exportación de excedentes y vulnerabilidad ante potenciales importaciones, débil asociatividad entre productores y conflictividad entre los eslabones, tensiones con el estado y ausencia de coordinación entre el nivel nacional (Granados *et al.*, 2017).

2.3. EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA AGRICULTURA Y FISIOLÓGÍA DE LAS PLANTAS

Históricamente la preocupación por los efectos potenciales del cambio climático a largo plazo en la agricultura ha motivado un cuerpo sustancial de investigaciones durante el último decenio. Este cuerpo de investigación se ocupa de los posibles efectos físicos del cambio climático en la agricultura, tales como los cambios en los rendimientos de los cultivos y el ganado, así como las consecuencias económicas de estos cambios potenciales del rendimiento (Adams *et al.*, 1998). El término "clima" se refiere a los cambios a corto plazo (diarios) en temperatura, viento y precipitación de una región. A largo plazo, el cambio climático podría afectar la agricultura en varias formas, como la cantidad y la calidad de los cultivos en términos de productividad, tasas de crecimiento, tasas de fotosíntesis y transpiración, disponibilidad de humedad, etc. El cambio climático probablemente afectará directamente la producción de alimentos en todo el mundo (Mahato, 2014). Sin embargo, bajo las condiciones actuales del cambio climático, se ha demostrado la importancia de la intensificación sostenible de la agricultura y la adaptación al cambio

climático para garantizar la seguridad alimentaria, lo cual puede lograrse incrementando el número de cosechas por año, implementación de buenas prácticas agrícolas y la optimización de la asignación espacial de los cultivos dentro de los sistemas de producción agrícola según su rentabilidad (Zabel *et al.*, 2015).

2.4. USO DE BIOESTIMULANTES EN LA AGRICULTURA

Un bioestimulante vegetal es cualquier sustancia o microorganismo aplicado a las plantas con el objetivo de mejorar la eficiencia nutricional, tolerancia al estrés abiótico y/o rasgos de calidad de los cultivos, independientemente de su contenido de nutrientes. Por extensión, los bioestimulantes de plantas también designan productos comerciales que contienen mezclas de tales sustancias y/o microorganismos (Du-Jardín, 2015). Muchos bioestimulantes mejoran la nutrición y no afectan a su contenido de nutrientes. Los biofertilizantes, que se han propuesto como subcategoría de bioestimulantes, aumentan la eficiencia en el uso de nutrientes y abren nuevas rutas de adquisición de nutrientes por las plantas (Abdel *et al.*, 2013). En este sentido, los bioestimulantes microbianos incluyen hongos micorrízicos y no micorrízicos, endosimbiontes bacterianos (como *Rhizobium*) y *Rhizobacterias* promotoras del crecimiento de las plantas. Por lo tanto, los microorganismos aplicados a las plantas pueden tener una doble función de agente de biocontrol y de bioestimulante, y el efecto agrícola reivindicado será instrumental en su categorización reguladora (Van *et al.*, 2017). El uso de bioestimulantes naturales de plantas se propone como una solución innovadora para abordar los desafíos a la agricultura sostenible, para asegurar la absorción óptima de nutrientes, el rendimiento de los cultivos, la calidad y la tolerancia al estrés abiótico. Sin embargo, el proceso de selección y caracterización de las matrices bioestimulantes de las plantas es complejo e implica una serie de rigurosas evaluaciones adaptadas a las necesidades de la planta (Povero *et al.*, 2016).

2.5. EXPERIENCIAS DEL USO DE BIOESTIMULANTES EN EL CULTIVO DE ARROZ

Actualmente, la aplicación de bioestimulantes en arroz se viene utilizando con la finalidad de reducir estreses bióticos y abióticos que sufre el cultivo como consecuencia del cambio climático, el mismo que tendrá mayor impacto en países de zonas áridas y semiáridas que cuentan con escasos recursos hídricos para la producción de arroz (Wassmann y Dobermann, 2007; Li *et al.*, 2012; Khatab *et al.*, 2013). El efecto de bioestimulantes en arroz ha sido evidenciado en varios trabajos de investigación. Estudios realizados por Bakhsh *et al.*, (2011) y Basuchaudhuri (2016) demostraron que la aplicación de un biorreguladores a base de ácido naftalacetico (ANA) incrementó significativamente el crecimiento y rendimiento de plántulas de arroz en macetas en del cultivo en campo. Por su parte, Pan *et al.*, (2013) determinaron que la aplicación de pacrobutrazol y bencilaminopurina tuvo un efecto atenuador al estresa provocado por sustancias oxidantes en arroz. En ensayos realizados por Pramanick *et al.*, (2014) obtuvieron una respuesta positiva en el incremento de rendimiento del arroz con aplicación de extractos de algas marinas. Estos resultados fueron muy similares a los reportados por Leindah y Maní (2015) quienes también obtuvieron respuesta positiva del cultivo con la aplicación de extractos de algas marinas. Según resultados de investigación obtenidos por Osman *et al.*, (2013) y Kumar *et al.*, (2014) demostraron que la aplicación de ácidos húmicos, fulvicos y humatos de potasio solos o en mezcla con fertilizantes, mejoraron notablemente el crecimiento y rendimiento del cultivo de arroz.

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

La Investigación se desarrolló en el campus de la ESPAM- MFL” ubicado en el sitio el Gramal, zona rural de la Ciudad de Calceta en la Provincia de Manabí.

Cuadro 2.1. Características de la comunidad de Cañas

Altitud (msnm)	16 - 30 msnm en tierras altas y bajas.
Latitud sur	590850
Longitud oeste	9908734
Zona de vida (Holdridge)	BmsT
Temperatura promedio anual (°C)	26



Figura 2.1. Mapa ubicación de la ESPAM MFL

3.2. DURACIÓN

La investigación tuvo un tiempo de duración de 12 meses a partir del mes de abril del 2018, hasta el mes de abril del 2019.

3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación fue de tipo experimental.

3.4. VARIABLES

3.4.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Bioestimulantes

3.4.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Crecimientos en plántulas de arroz

3.5. TRATAMIENTOS

Los tratamientos empleados se resumen en el siguiente cuadro:

Cuadro 2.2. Síntesis de los tratamientos empleados en la investigación

Grupos de bioestimulantes	Ingredientes activos	Nombres comerciales
Grupo 1: Bioestimulantes a base de extractos de algas marinas	Extractos de	T ₁ : Allgrow
	<i>Ascophylum nodosum</i>	T ₂ : Agrostemin
		T ₃ : Seaweed extract
Grupo 2: Bioestimulantes a base de fitohormonas	Auxinas	T ₄ : Stimulate
	Giberelinas	T ₅ : Maxi-Grow Excell
	Citocininas	T ₆ : Ecohormonas
Grupo 3: Bioestimulantes a base de bioactivadores metabólicos	Aminoácidos levógiros, Enzimas,	T ₇ : Enzipron
	Ácidos fólico y carboxílicos,	T ₈ : Hortacron
	Vitaminas, etc.	T ₉ : Kuantum
Grupo 4: Bioestimulantes a base de ácidos húmicos y fulvicos	Ácido húmico	T ₁₀ : Razomin
	Ácido fulvico	T ₁₁ : Biocat-15
	Huminas	T ₁₂ : Humaifor
Testigo control (sin aplicación de bioestimulantes)		T ₁₃ : Testigo

3.6. DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL

El experimento se lo estableció bajo un diseño completamente aleatorizado (DCA) con agrupación, donde se evaluaron un total de 13 tratamientos, de los cuales 12 fueron bioestimulantes agrupados en cuatro categorías: grupo 1 (tres productos a base de extractos de algas), grupo 2 (tres productos a base de fitohormonas), grupo 3 (tres productos a base de bioactivadores metabólicos) y grupo 4 (tres productos a base de ácidos húmicos y fulvicos), más un

tratamiento testigo como control. Los tratamientos fueron replicados tres veces con un total de 39 unidades experimentales. La unidad experimental estuvo conformada por ocho macetas. Las macetas utilizadas tuvieron una capacidad de 5 kg.

3.7. ANÁLISIS DE DATOS

Los datos fueron analizados a través del ANOVA y la separación de medias con la prueba de Tukey_{0.05}, con la ayuda del paquete estadístico Infostat profesional versión 2008. A continuación, se muestra el esquema del ANOVA empleado:

Cuadro 2.3. ANOVA empleado

Fuentes de variación	Grados de libertad
Tratamientos	12
Grupo 1	2
Grupo 2	2
Grupo 3	2
Grupo 4	2
Contraste entre grupos	3
Tratamientos vs testigo	1
Error	26
Total	38

3.8. VARIABLES RESPUESTAS DEL CRECIMIENTO

- Tasa relativa de crecimiento $(\ln W_2 - \ln W_1)/(T_2 - T_1) = g \cdot g^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$
- Tasa de asimilación neta $[(P_2 - P_1)/(T_2 - T_1)] * [(\ln AF_2 - \ln AF_1)/(AF_2 - AF_1)] = g \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$
- Altura de planta (cm)
- Peso seco de biomasa (g)

3.9. REGISTRO DE VARIABLES DE CRECIMIENTO

Estas variables se registraron a los 20, 40, 60 y 80 días después del trasplante.

3.10. VARIABLES DEL CRECIMIENTO RADICAL

- Fracción de masa radical (peso seco de raíces por peso seco total de la planta)

- Longitud específica de la raíz (longitud de raíces por peso seco de masa radical)

3.11. REGISTRO DE VARIABLES DEL CRECIMIENTO RADICAL

Estas variables se registraron a los 80 días después del trasplante.

3.12. APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Los bioestimulantes fueron aplicados en drench al momento del trasplante y cada 20 días después del transplante, hasta llegar a los 60 días.

Con una dosis de preparación para el uso de los productos de 5 mL.L⁻¹ y 5 g/L⁻¹, con la aplicación de 50 mL de solución planta⁻¹.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza aplicado a las variables respuesta de crecimiento en plántulas de arroz tratadas con bioestimulantes, no mostró diferencias estadísticas significativas ($p>0.05$) para ninguno de los grupos bioestimulantes probados (tabla 1). Lo anterior indica, que la mayoría de bioestimulantes producen efectos similares en el crecimiento de las plántulas de arroz. El análisis de contrastes ortogonales entre el testigo y los productos bioestimulantes, así como también el contraste entre el tratamiento testigo y los grupos de bioestimulantes mostro diferencias estadísticas significativas ($p<0.05$), lo cual indica que el uso de bioestimulantes incrementa el crecimiento del arroz.

La figura 4.1, muestra que todos los grupos de bioestimulantes superaron al tratamiento control en altura de planta, donde el grupo de bioactivadores alcanzaron la mayor altura de planta con 50.89 cm, en contraste al tratamiento control que en promedio logró una altura de 27 cm. En este sentido, los ácidos orgánicos, fithormonas, extracto de algas y bioactivadores incrementaron la altura de planta en 38.79, 44.40, 45.52 y 46.94%, en su orden respectivo, en relación al tratamiento control. **La figura 4.2**, muestra que en promedio los bioestimulantes alcanzaron una altura de 48.28 cm, lo cual significó un incremento del 48,08% en relación al tratamiento testigo.

Tabla 3.1. Significancia estadística de variables respuestas de plántulas de arroz bajo el efecto de varios grupos de bioestimulantes. Calceta, Manabí, Ecuador. 2019.

Fuente de variación	G.L.	p-valor ADEVA						
		Altura de planta (cm)	Longitud de raíz (cm)	Peso seco raíz (g)	Peso seco planta (g)	Área foliar (cm ²)	Fracción de masa radical	Longitud específica de raíz
Tratamientos	12	0.0603 ^{NS}	0.0540 ^{NS}	0.1537 ^{NS}	0.1410 ^{NS}	0.0910 ^{NS}	0.1830 ^{NS}	0.3207 ^{NS}
Extracto de algas (Grupo 1)	2	0.2981 ^{NS}	0.5176 ^{NS}	0.8963 ^{NS}	0.6441 ^{NS}	0.7756 ^{NS}	0.2571 ^{NS}	0.6067 ^{NS}
Fitohormonas (Grupo 2)	2	0.7670 ^{NS}	0.5593 ^{NS}	0.8290 ^{NS}	0.5328 ^{NS}	0.0576	0.7661 ^{NS}	0.5566 ^{NS}
Bioactivadores enzimáticos (Grupos 3)	2	0.1608 ^{NS}	0.0562 ^{NS}	0.3151 ^{NS}	0.0738 ^{NS}	0.1594 ^{NS}	0.1962 ^{NS}	0.3609 ^{NS}
Ácidos orgánicos (Grupo 4)	2	0.3979 ^{NS}	0.5515 ^{NS}	0.1750 ^{NS}	0.3316 ^{NS}	0.2168 ^{NS}	0.2901 ^{NS}	0.6385 ^{NS}
Testigo vs grupos de bioestimulantes	3	0.0103*	0.0012*	0.0414*	0.0192*	0.0135*	0.0455*	0.1042 ^{NS}
Testigo vs bioestimulantes	1	0.0012*	0.0002*	0.0141*	0.0330*	0.0409*	0.1954 ^{NS}	0.1194 ^{NS}
Error	24	----	----	----	----	----	----	----
Total	38	----	----	----	----	----	----	----
C.V. %		14.55	16.20	21.42	18.44	18.22	20.81	25.28

^{NS} No significativo al 5% de probabilidades de error

* Significativo al 5% de probabilidades de error

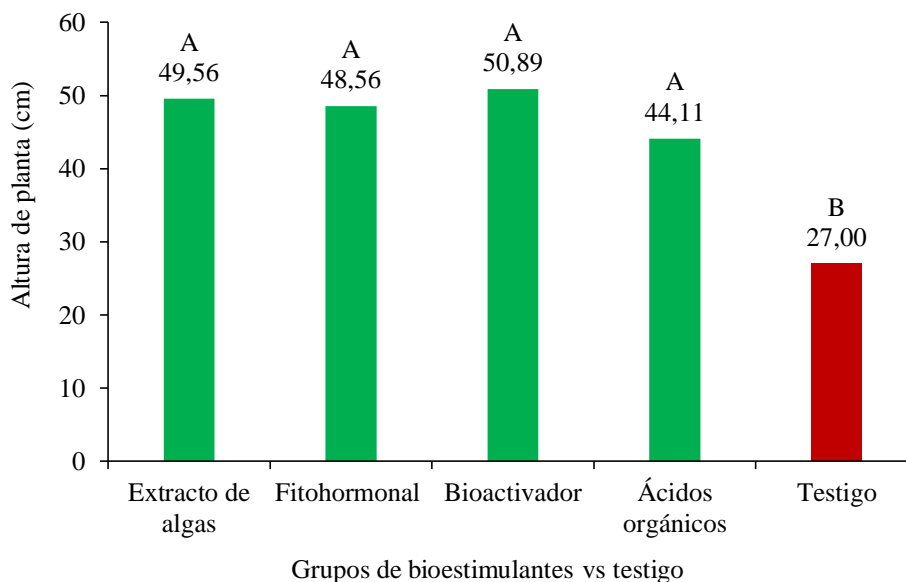


Figura 3.1. Efecto de cuatro grupos de bioestimulantes sobre la altura de planta de plántulas de arroz a los 80 días después de la siembra.

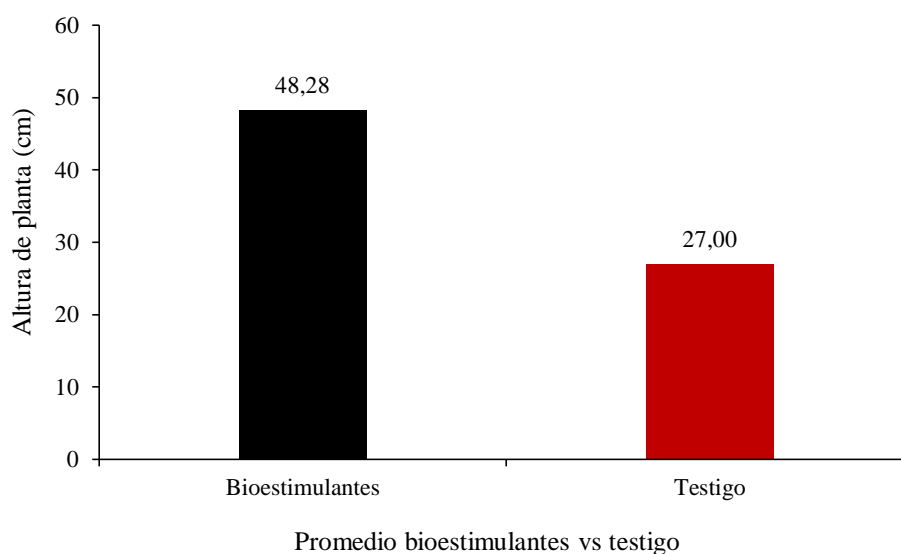


Figura 3.2. Efecto de bioestimulantes sobre la altura de planta de plántulas de arroz a los 80 días después de la siembra.

La figura 4.3, muestra que todos los grupos de bioestimulantes superaron al tratamiento control en altura de planta, donde el grupo de bioactivadores alcanzaron la mayor longitud radical con 38.78 cm, en contraste al tratamiento control que en promedio alcanzó 21.67 cm de longitud radical. En este sentido, las fithormonas, ácidos orgánicos, extracto de algas y bioactivadores incrementaron la longitud radical en 31.34, 39.62, 43.46 y 44.12%, en su orden respectivo, en relación al tratamiento control. **La figura 4,** muestra que en promedio los bioestimulantes

alcanzaron una longitud radical de 36.14 cm, lo cual significó un incremento del 40,04% en relación al tratamiento testigo.

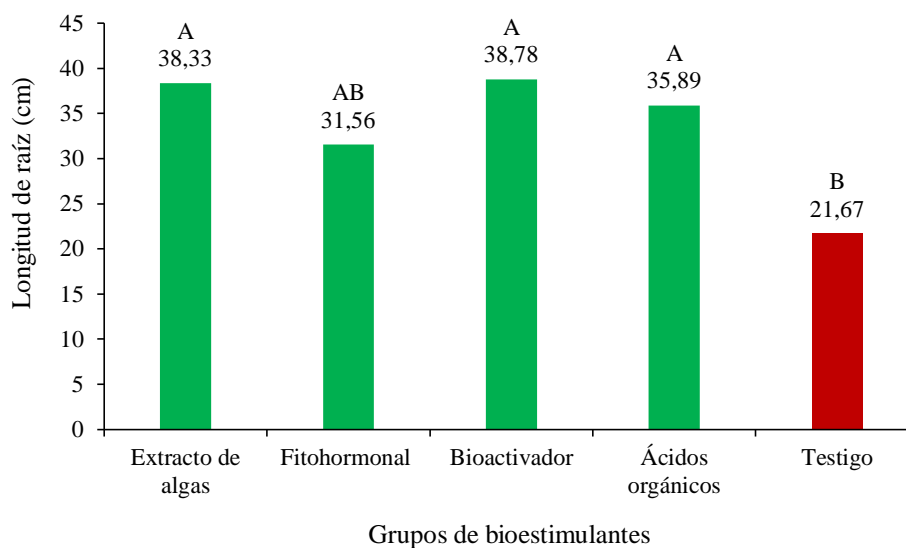


Figura 3.3. Efecto de cuatro grupos de bioestimulantes sobre la longitud radical de plántulas de arroz a los 80 días después de la siembra.

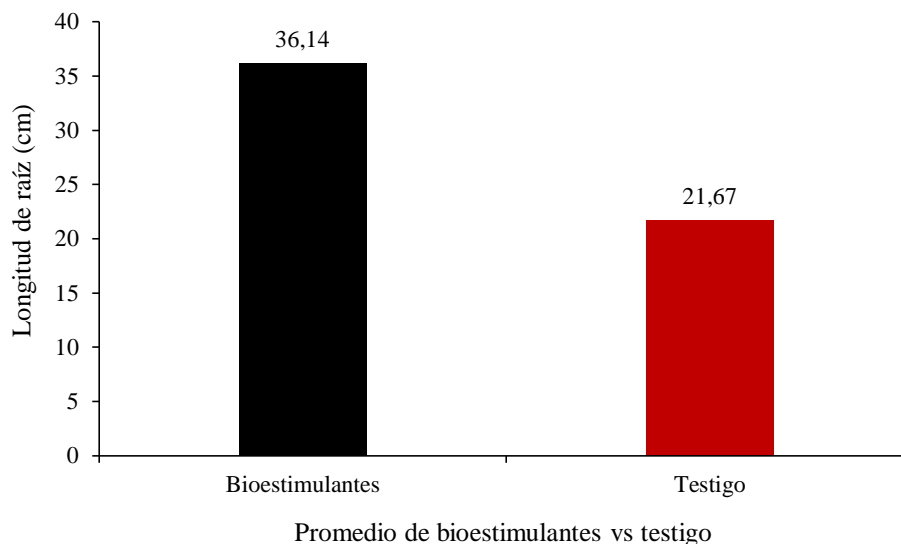


Figura 3.4. Efecto de bioestimulantes sobre la longitud radical de plántulas de arroz a los 80 días después de la siembra.

La figura 4.5, muestra que todos los grupos de bioestimulantes superaron al tratamiento control en altura de planta, donde el grupo de bioactivadores alcanzaron el mayor peso seco radical con 21.49 g, en contraste al tratamiento control que en promedio alcanzó 10.41g de peso seco radical. En este sentido, las fitohormonas, ácidos orgánicos, extracto de algas y bioactivadores incrementaron el peso seco radical en 36.68, 49.24, 51.49 y 51.56%, en su orden respectivo, en relación al

tratamiento control. **La figura 4.6**, muestra que en promedio los bioestimulantes alcanzaron un peso seco radical de 19.98 g, lo cual significó un incremento del 47.90% en relación al tratamiento testigo.

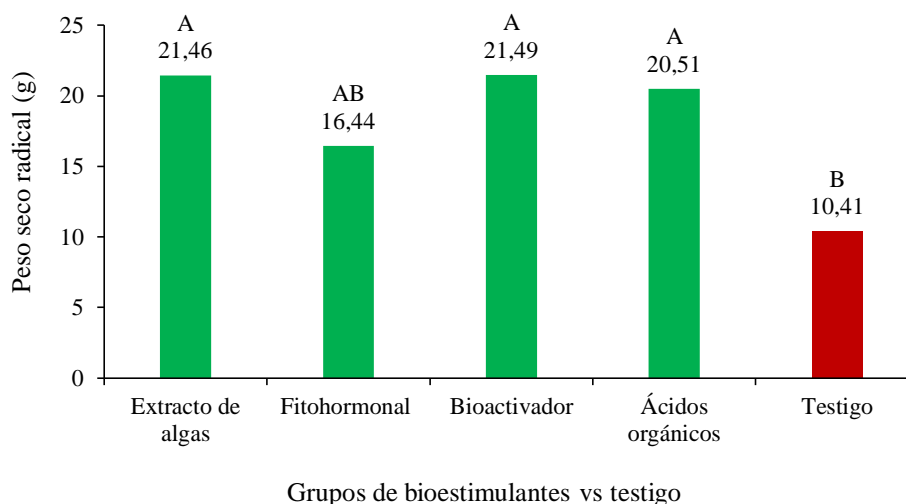


Figura 3.5. Efecto de cuatro grupos de bioestimulantes sobre el peso seco radical de plántulas de arroz a los 80 días después de la siembra.

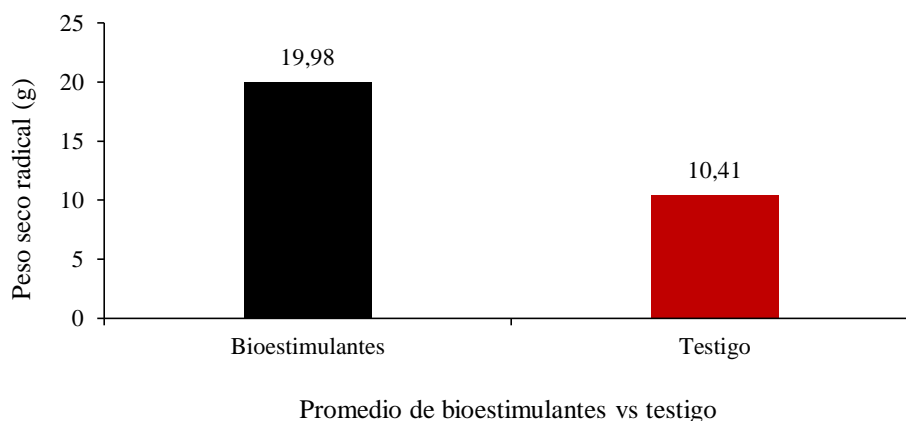


Figura 3.6. Efecto de bioestimulantes sobre el peso seco radical de plántulas de arroz a los 80 días después de la siembra.

La figura 4.7, muestra que todos los grupos de bioestimulantes superaron al tratamiento control en altura de planta, donde el grupo de extracto de algas alcanzaron el mayor peso seco de planta con 38.5 g, en contraste al tratamiento control que en promedio alcanzó 22.66 g de peso seco de planta. En este sentido, los ácidos orgánicos, bioactivadores, fitohormonas y extractos de algas incrementaron el peso seco de planta en 29.54, 35.33, 39.15 y 41.14%, en su orden respectivo, en relación al tratamiento control. **La figura 4.8**, muestra que en promedio los bioestimulantes alcanzaron un peso seco de planta de 35.73 g, lo cual significó un incremento del 36.58% en relación al tratamiento testigo.

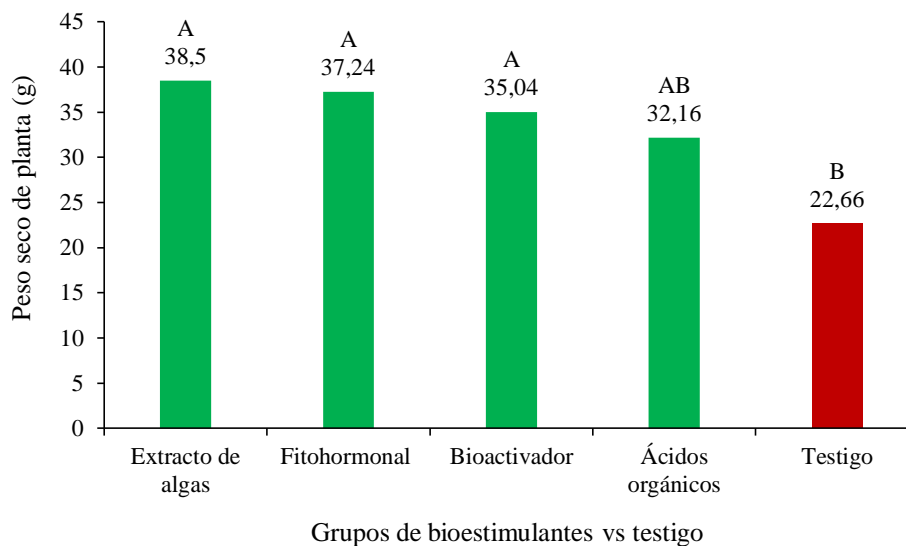


Figura 3.7. Efecto de cuatro grupos de bioestimulantes sobre el peso seco de plántulas de arroz a los 80 días después de la siembra.

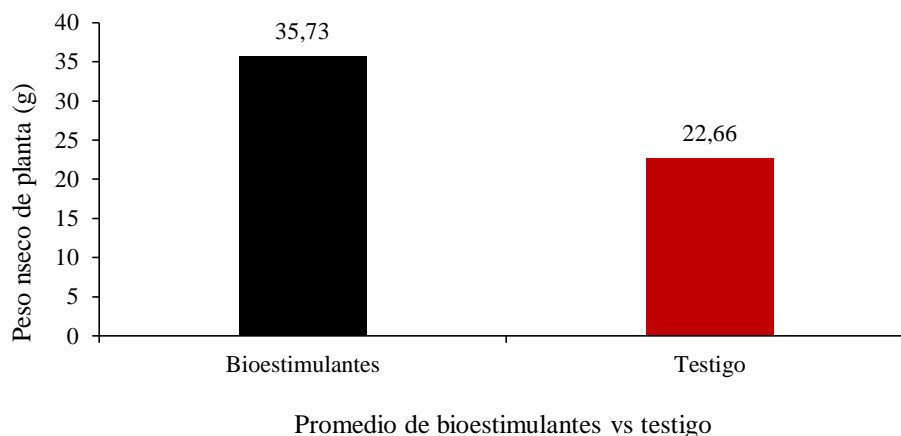


Figura 3.8. Efecto de bioestimulantes sobre el peso seco de plántulas de arroz a los 80 días después de la siembra.

La figura 4.9, muestra que todos los grupos de bioestimulantes superaron al tratamiento control en altura de planta, donde el grupo de bioactivadores alcanzaron el mayor incremento del área foliar con 3995 cm², en contraste al tratamiento control que en promedio alcanzó 2018 cm² de área foliar. En este sentido, las fitohormonas, extracto de algas, ácidos orgánicos y bioactivadores incrementaron el área foliar en 43.47, 44.21, 44.53 y 49.49%, en su orden respectivo, en relación al tratamiento control. **La figura 4.10,** muestra que en promedio los bioestimulantes alcanzaron un área foliar de 3705 cm², lo cual significó un incremento del 45.53% en relación al tratamiento testigo.

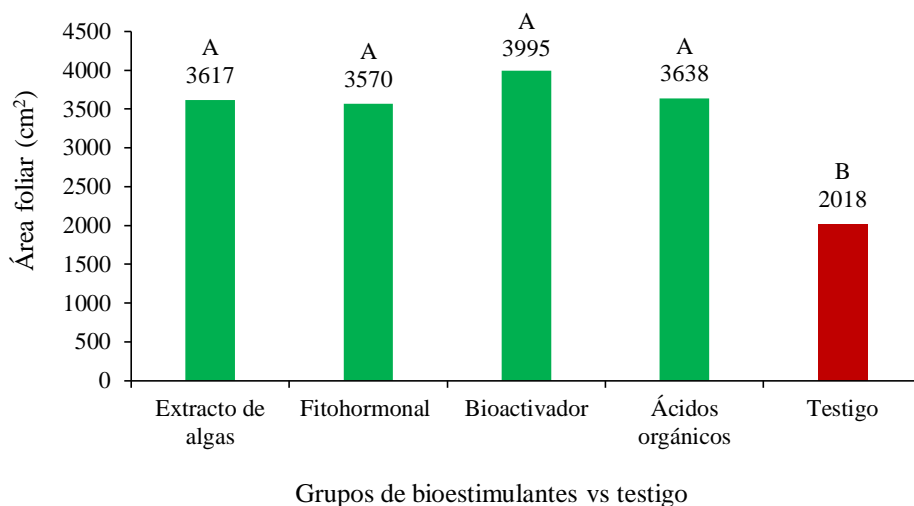


Figura 3.9. Efecto de cuatro grupos de bioestimulantes sobre el área foliar de plántulas de arroz a los 80 días después de la siembra.

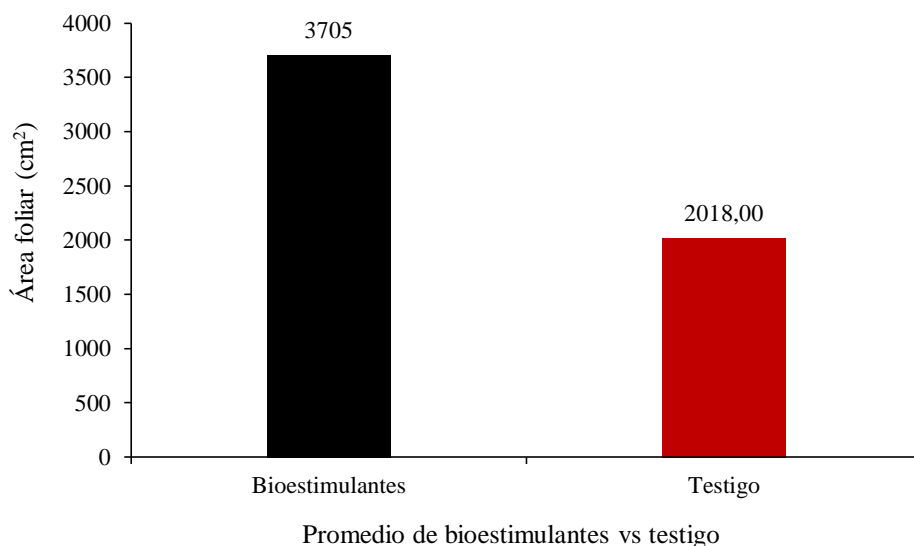


Figura 3.10. Efecto de bioestimulantes sobre el área foliar de plántulas de arroz a los 80 días después de la siembra.

La figura 4.11, muestra que todos los grupos de bioestimulantes superaron al tratamiento control en altura de planta, donde el grupo de fitohormonas alcanzaron la mayor fracción de masa radial con $2.34 \text{ g planta g}^{-1} \text{ raíz}$, en contraste al tratamiento control que en promedio alcanzó $1.43 \text{ g planta g}^{-1} \text{ raíz}$ de fracción de masa radical. En este sentido, los ácidos orgánicos, bioactivadores, extracto de algas y

fitohormonas incrementaron la fracción de masa radical en 11.18, 15.38, 23.53 y 38.89%, en su orden respectivo, en relación al tratamiento control.

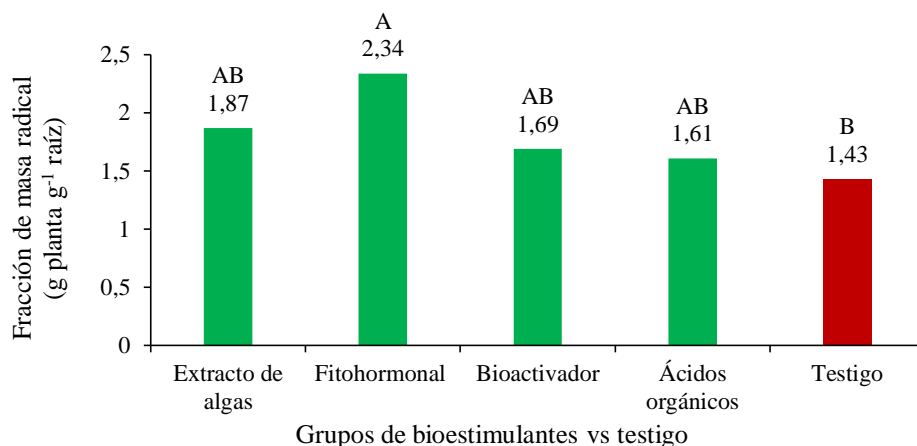


Figura 3.11. Efecto de cuatro grupos de bioestimulantes sobre la fracción de masa radical de plántulas de arroz a los 80 días después de la siembra.

La figura 4.12, muestra que todos los grupos de bioestimulantes superaron al tratamiento control en altura de planta, donde el grupo de bioactivadores alcanzaron la longitud específica de raíz con 1.18 cm raíz g⁻¹ raíz, en contraste al tratamiento control que en promedio alcanzó 0.81 cm raíz g⁻¹ raíz de longitud específica de raíz. En este sentido, las fitohormonas, extracto de algas, ácidos orgánicos y bioactivadores incrementaron la longitud específica de raíz en 10.99, 22.12, 29.57 y 31.36%, en su orden respectivo, en relación al tratamiento control.

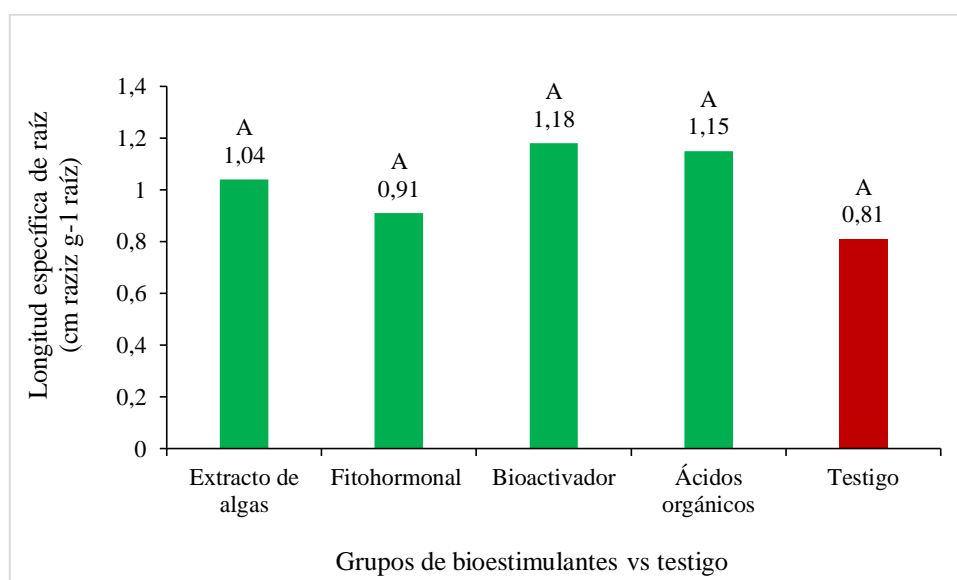


Figura 3.12. Efecto de cuatro grupos de bioestimulantes sobre la longitud específica radical de plántulas de arroz a los 80 días después de la siembra.

El mayor incremento en masa seca con relación a una masa seca inicial descritos por la tasa relativa de crecimiento (TRC) se presentó para todos los grupos de bioestimulantes los 20, 40, 60 y 80 días después del trasplante (DDT), en contraste al tratamiento testigo donde se alcanzó menor TRC en todos los tiempos evaluados (**Figura 4.13**). Para todos los tratamientos se puede apreciar un crecimiento sigmoideo, donde desde de los 20 hasta los 40 DDT se da un crecimiento rápido típica de las etapas de crecimiento vegetativo, mientras que desde los 40 a 60 DDT el crecimiento se ralentiza, lo cual se debe a que coincide con la etapa de macollamiento o producción de tallos e inicio de la fase reproductiva, donde la planta dirige la mayor parte de su energía a la diferenciación de primordios florales. Finalmente, desde los 60 a 80 días se produce otra etapa de rápido crecimiento, que coincide con la floración e inicio del llenado de granos.

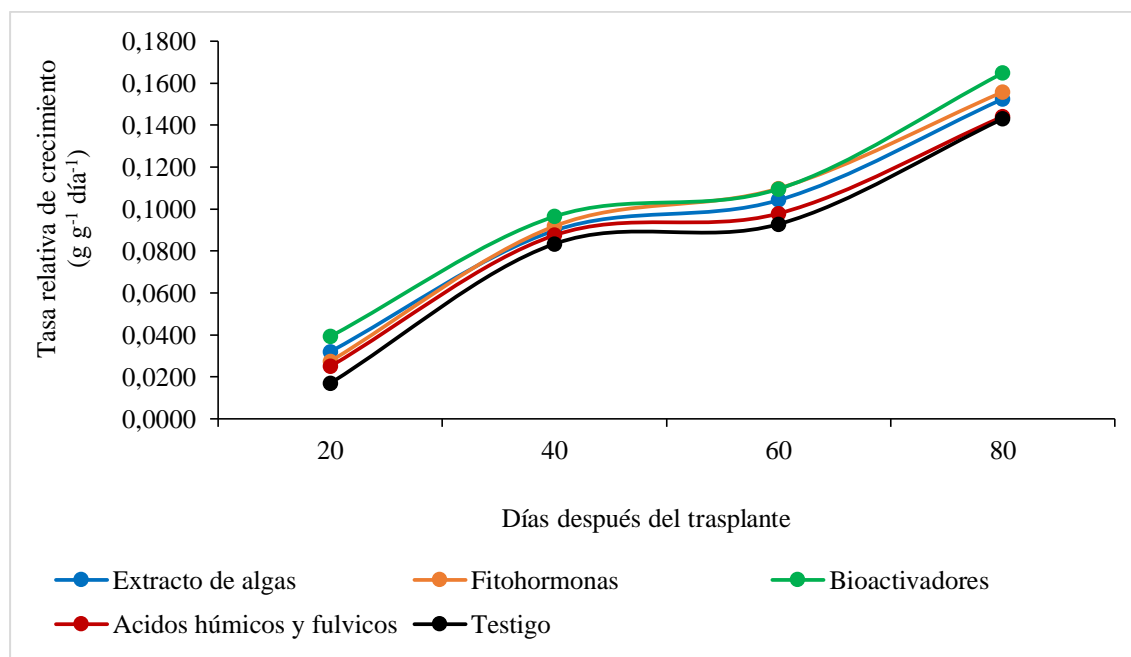


Figura 3.13. Efecto de cuatro grupos de bioestimulantes sobre la tasa relativa de crecimiento de plántulas de arroz.

La tasa de asimilación neta (TAN) que está directamente relacionada a la actividad fotosintética, mostró un crecimiento ralentizado entre los 20 y 60 DDT en todos los tratamientos evaluados, donde los cuatro grupos de bioestimulantes se destacaron con mayor TAN en relación al tratamiento control (figura 14). Sin embargo, entre los 60 y 80 días se produjo una rápida TAN lo cual coincidió con la floración e inicio del llenado de granos, donde también los cuatro grupos de bioestimulantes mostraron mayor TAN en comparación al tratamiento control (figura 14). El análisis de crecimiento del arroz en base a TRC y TAN muestran un claro efecto positivo de los

bioestimulantes sobre el crecimiento del cultivo, lo cual sugiere que estos productos promueven e inducen mayor actividad metabólica relacionada al desarrollo vegetal.

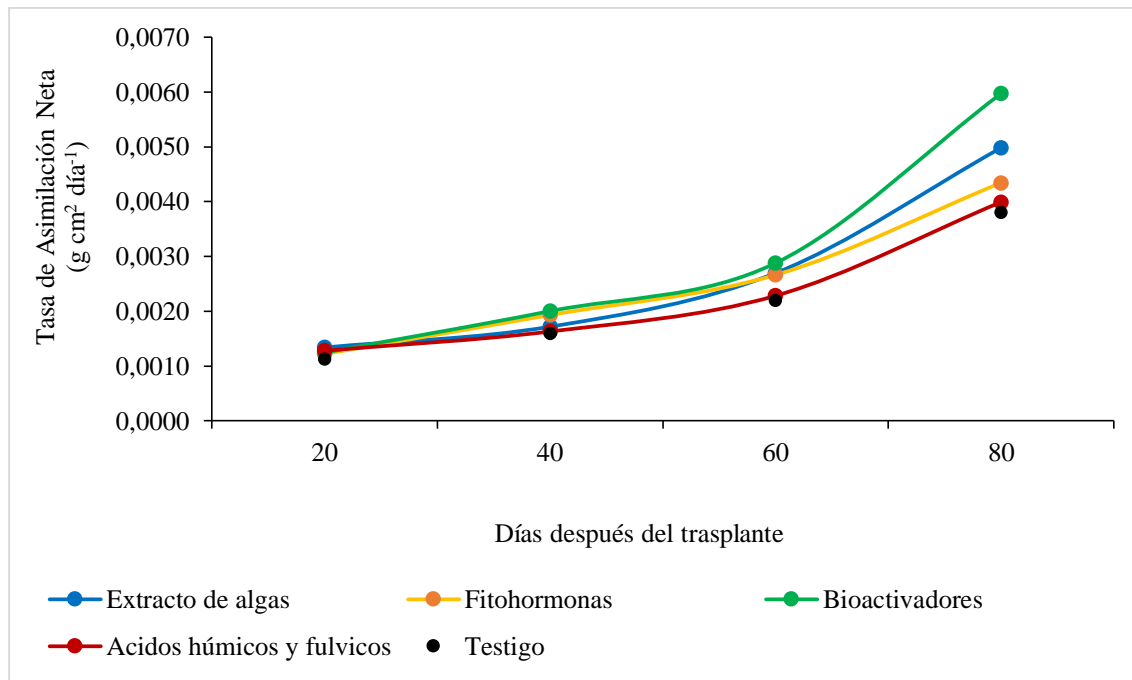


Figura 3.14. Efecto de cuatro grupos de bioestimulantes sobre la tasa de asimilación neta de plántulas de arroz.

Las curvas de crecimiento en base a TRC y TAN se ajustan a las de las variedades tradicionales de arroz, donde existe un crecimiento ralentizado al inicio y luego se acelera a medida que se incrementa la acumulación de materia seca, producto del incremento de las tasas fotosintéticas a partir del macollaje, floración e inicio del llenado de granos (Dunand y Saichuk, 2005; Jarma et al., 2010; Yamori et al., 2014).

Los resultados hallados en este trabajo de investigación sugieren un efecto contundente de los diferentes grupos de bioestimulantes evaluados sobre las tasas de crecimiento y aspectos morfológicos de plántulas de arroz, en comparación al tratamiento testigo. En este sentido los hallazgos se asemejan a los reportados por Kavitha et al. (2008), Sunarpi et al. (2010), Pramanick et al. (2014) y Leindah y Mani (2015), quienes reportaron incrementos significativos en el crecimiento del arroz con aplicación de bioestimulantes a base de algas marinas. En este mismo contexto, los resultados obtenidos son cercanos a los informados por Bakhsh et al. (2011), Tiwari et al. (2011) y Pan et al. (2013) quienes reportaron mayor incremento en crecimiento y producción del arroz con aplicaciones de fitorreguladores a base de auxinas, giberelinas y citocininas. Por otra parte, los resultados hallados también coinciden a los encontrados por Slaton et al. (2010), Atia (2013) y Osman et al. (2013) quienes

reportaron resultados positivos en crecimiento y rendimiento del arroz influenciado por la aplicación de ácidos húmicos y fulvicos. Finalmente, los resultados obtenidos en esta investigación son semejantes a los reportados por Srivastava *et al.* (2010) y Mouhamad *et al.* (2016) que alcanzaron mayores tasas de crecimiento y producción en arroz tratado con bioestimulantes a base de aminoácidos y enzimas, en relación a los tratamientos controles.

Los resultados obtenidos evidencian el efecto positivo de los biorreguladores para potenciar el crecimiento de plántulas de arroz, lo cual puede deberse a que estos productos presentan concentraciones adecuadas de componentes bioquímicos y sustancias reguladoras de crecimiento que promueven un mejor desempeño fisiológico de las plantas (Subbarao, Hussain y Ganesh, 2015; Du-Jardín, 2015). En este sentido, se ha sugerido que, si bien la actividad de las hormonas vegetales está controlada por la expresión de genes a diferentes niveles, hay genes de plantas que se activan en presencia de hormonas vegetales específicas. Por lo tanto, estimular la expresión génica puede ser una forma efectiva de mejorar la germinación de las semillas y el crecimiento inicial de plántulas (Miransari y Smith, 2014).

Además, se ha comprobado que los extractos de algas marinas son efectivos para potenciar procesos fisiológicos, dada la concentración adecuada de sustancias bioquímicas que hacen más eficiente el desarrollo vegetal (Tuhy, Chowańska y Chojnacka, 2013). Los biorreguladores influyen en el crecimiento de las plantas y el metabolismo del nitrógeno, especialmente debido a su contenido en hormonas, aminoácidos y otras moléculas de señalización. Un aumento significativo en la longitud y densidad del pelo de la raíz se observa a menudo en plantas tratadas con biorreguladores, lo que sugiere que estas sustancias pueden inducir una "respuesta de adquisición de nutrientes" que favorece la absorción de iones en las plantas a través de un aumento en el área de la superficie de absorción (Nardi, Pizzeghell, Schiavon y Ertani, 2016).

Los bioestimulantes que contienen compuestos nitrogenados como aminoácidos, betaínas y poliaminas, desempeñan múltiples funciones biorreguladoras del crecimiento vegetal (Calvo, Nelson y Kloepper, 2014; duJardin, 2012, Halpern *et al.*, 2015). En este sentido, los efectos directos que provocan sobre las plantas incluyen la asimilación de N, mediante la regulación de las enzimas involucradas en el

metabolismo del N y de sus genes estructurales, actuando sobre la vía de señalización de la adquisición de N en las raíces (Vranova, Rejsek, Skene y Formanek, 2011; Chen y Murata, 2011). Se reportan efectos quelantes para algunos aminoácidos (como prolina) que pueden proteger a las plantas contra metales pesados pero también contribuyen a la movilidad y adquisición de micronutrientes. La actividad antioxidante es conferida por la eliminación de radicales libres por algunos de los compuestos nitrogenados, incluyendo glicina betaína y prolina que contribuye a la mitigación de la presión ambiental (Subbarao *et al.*, 2015).

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Los cuatro grupos de bioestimulantes probados fueron efectivos para incrementar el crecimiento vegetativo del arroz.
- Los bioestimulantes a base de extractos de algas y bioactivadores mostraron mayor efectividad sobre el crecimiento de plántulas de arroz.

5.2. RECOMENDACIONES

Probar el efecto combinado de los diferentes grupos de bioestimulantes evaluados con el fin de acrecentar el efecto bioestimulador sobre el crecimiento del arroz.

BIBLIOGRAFÍA

- Abdel, T.; Alawlaqi, M. and Al-Abboud, M. Role of biofertilizers in agricultura: a brief review. *Mycopath* 11(2): 95 – 101.
- Adams, R.; Hurd, B.; Lenhard, S. and Leary, N. 1998. Effects of global climate change on agriculture: an interpretative review. *Climate Research* 11: 19 – 30.
- Atia, r. h. (2013). Effect of compost, compost tea and humic substances enriched with k or zn on rice yield and net return under nitrogen forms and levels. Vol. 4 (3): 245 - 257, 2013.
- Bakhsh, I.; Awan, I.; Sadiq, M.; Niamatullah, M.; Zaman, K. and Aftad, M. 2011. Effect of plant growth regulator application at different growth stages on the economical yield potential of coarse rice (*Oryza Sativa* L.). *The Journal of Animal & Plant Sciences* 21(3): 612-616.
- Bakhsh. I. et, al. (2011). Effect of plant growth regulator application at different growth stages on theeconomicalyield potential of coarse rice (*Oryza Sativa*L.). Page 612-616. [Archivo PDF].
- Basuchaudhuri, P. 2016. 1-Naphthaleneacetic acid in rice cultivation. *Current Science* 110(1): 52 – 56.
- Calvo, P., Nelson, L., y Kloepper, J. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant Soil*, 383, 3–41.
- Chen, T., y Murata, N. (2011). Glycinebetaine protects plants against abioticstress: mechanisms and biotechnological applications. *Plant Cell Environ*, 34,1–20.
- Du Jardin, P. (2012) . The Science of Plant Biostimulants—A bibliographic analysis. Adhoc Study Report to the European Commission DG ENTR. 2012. [Archivo PDF] Recuperado de: [http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/chemicals/files/fertilizers/final report bio 2012en.pdf](http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/chemicals/files/fertilizers/final_report_bio_2012en.pdf).
- Du Jardín, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories andregulation. *Scientia Horticulturae*. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>.
- Dunand, R. and Saichuk, J. 2005. Rice Growth and Development. Chapter 4, pp. 41 - 53. In: Louisiana Rice Production Handbook (John K. Saichuk, Editor). Luisana, USA. LSU, AgCenter, Research, Extensión, Teaching.

- Fahad, S.; Hussain, S.; Saud, S.; Hassan, S.; Ihsan, Z.; Shah, A.; Wu, C.; Yousaf, M.; Nasim, W.; Alharby, H.; Alghabari, F. and Huang, J. 2016. Exogenously Applied Plant Growth Regulators Enhance the Morpho-Physiological Growth and Yield of Rice under High Temperature. *Frontiers in Plant Science* 7(1250): 1 – 13.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2009. *Global agriculture towards 2050: High Level Expert Forum - How to Feed the World in 2050*. 4 p. Consultado en línea (junio 23 de 2017): Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/HLEF2050_Global_Agriculture.pdf
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2014. *A regional rice strategy for sustainable food security in Asia and the Pacific*. Final Edition. 52 p.
- Gnanamanickam, S. 2009. Rice and Its Importance to Human Life. *Prog Biol Con* 8: 1-11.
- Gracilaria on Growth, Yield and Quality of Rice. *Indian Journal of Science and Technology* 8(19): 1 – 6.
- Granados, Y.; Muñoz, S. y Zambrano, L. 2017. Caracterización de la cadena de valor del cultivo de arroz en el Ecuador. *International Journal of Science and Engineering Invention* 4(1): 166 – 174.
- Halpern, M., Bar-Tal, A., Ofek, M., Minz, D., Muller, T., y Yermiyahu, U. (2015). The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake. In: Sparks, D.L. (Ed.). *Advances in Agronomy*, 129, 141–174.
- Jarma, A.; Cardona, C. y Araméndiz, H. 2012. Efecto del cambio climático sobre la fisiología de las plantas cultivadas: Una revisión. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* 15 (1): 63 – 76.
- Jarma, A.; Degiovanni, V. y Montoya, R. 2010. Índices fitotécnicos, fases de crecimiento, y etapas de desarrollo de la planta de arroz. Capítulo 5, pp 60 – 82. En: *Producción ecoeficiente del arroz en América Latina*. Tomo I. (Degiovanni, V.; Matínez, C. y Motta, F. Editores). CIAT, FLAR, UNICORDOBA. Publicación CIAT N° 370. Cali, Colombia.
- Kavitha et, al. (2008). Effect of foliar spraying of sea weed extract on growth and yield of rice (*oryza sativa* L.). *Agric. Sci. Digest*, 28 (2) : 127 – 129.
- Khatad, K.; Osman, E. and El-Masry, A. 2013. Rice productivity and its inner quality as affected by anhydrous ammonia rates with foliar application of organic acids. *Advances in Applied Science Research* 4(4):165-173.

- Kumar, D.; Singh, A.; Raha, P. and Singh, C. 2014. Effects of potassium humate and chemical fertilizers on growth, yield and quality of rice (*Oryza sativa* L.). *Bangladesh Journal of Botany* 43(2): 183 – 189.
- Leindah, N. and Mani, S. 2015. Effect of Seaweed Saps *Kappaphycus alvarezii* and *Gracilaria* on Growth, Yield and Quality of Rice. *Indian Journal of Science and Technology*, Vol 8(19).
- Li, B.; Liu, B.; Shan, C.; Ibrahim, M.; Lou, Y.; Wang, Y.; Xie, G.; Li, H. and Sun, G. 2012. Antibacterial activity of two chitosan solutions and their effect on rice bacterial leaf blight and leaf streak. *Pest Management Science* 69: 312 – 320.
- MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca). 2015. Boletín situacional de arroz. Coordinación General del Sistema de Información Nacional. Quito, Ecuador. 6 p.
- MAGAP. 2012. Taller de Plan de Mejora Competitiva en la Cadena (PMC) de la Cadena Agroindustrial del Arroz, disponible online: www.inclusys.com.ec
- Mahato, A. 2014. Climate change and its impact on agriculture. *International Journal of Scientific and Research Publications* 4(4): 1 – 6.
- Miransari, M., y Smith, D. (2014). Plant hormones and seed germination. *Environmental and Experimental Botany*, 99, 110– 121.
- Mohanty, S. 2013. Trends in global rice consumption. *Rice Today* 12(1): 44 – 45.
- Mouhamad et, al. (2016). Effect of gravistimulation on amino acid profile of pea, rice, corn, wheat during early growth stages. *INFORMATION PROCESSING IN AGRICULTURE* 3 (2016) 244–251. [Archivo PDF] Recuperado de: www.elsevier.com/locate/inpa.
- Muthayya, S.; Sugimoto, J.; Montgomery, S. and Maberly, G. 2014. An overview of global rice production, supply, trade, and consumption. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 1324: 7–14.
- N. Leindah. S. Mani. (2015). Effect of Seaweed Saps *Kappaphycus alvarezii* and *Gracilaria* on Growth, Yield and Quality of Rice. *Indian Journal of Science and Technology*, Vol 8(19).
- Nardi, S., Pizzeghello, D., Schiavon, M., y Ertani, A. (2016). Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolyzed-based Giproducts and humic substances in plant metabolism. *Scientia Agricola*, 73(1): 18 – 23.
- Osman, E.; El-Masry, A. and Khatab, A. 2013. Effect of nitrogen fertilizer sources and foliar spray of humic and/or fulvic acids on yield and quality of rice plants. *Advances in Applied Science Research* 4(4):174-183.

- Osman. e. a. m. et, al (2013). Effect of nitrogen fertilizer sources and foliar spray of humic and/or fulvic acids on yield and quality of rice plants, Pag. 1-10.
- Pan, S.; Rasul, F.; Li, W.; Tian, H.; Mo, Z.; Duan, M. and Tang, X. 2013. Roles of plant growth regulators on yield, grain qualities and antioxidant enzyme activities in super hybrid rice (*Oryza sativa* L.). *Rice* 6(9): 1 – 10.
- Pan. et, al. (2013). Roles of plant growth regulators on yield, grain qualities and antioxidant enzyme activities in super hybrid rice (*Oryza sariva* L.). 6:9 [Archivo PDF] Recuperado de: <http://www.thericejournal.com/content/6/1/9>.
- Povero, G.; Mejia, J.; Di-Tommaso, D.; Piaggese, A. and Warrior, P. 2016. A Systematic Approach to Discover and Characterize Natural Plant Biostimulants. *Frontiers in Plant Science* 7(435): 1 – 9.
- Pramanick, B.; Brahmachari, K.; Ghosh, A. and Zodape, S. 2014. *Bangladesh Journal of Botany* 43(1): 53 – 58.
- Pramanick. et, al. (2014). Effect of seaweed saps on growth and yield improvement of transplanted rice in old alluvial soil of west Bengal. *Bangladesh J. Bot.* 43(1): 53-58.
- Slaton, et, al. (2010). Rice and Soybean Response to Selected Humic Acid or Biological Enhancing Soil Amendments, 591-39.pdf.
- Srivastava, et, al. (2010). Bioefficacy and Residue Studies of Fantac (Biostimulant) in Rice Crop under Sub-Tropical Conditions. *Journal of Environmental Protection*, 2010, 1, 261-263. [Archivo PDF] Recuperado de: (<http://www.SciRP.org/journal/jep>).
- Subbarao, S., Hussain,, y Ganesh, P. (2015). Bio Stimulant Activity of Protein Hydrolysate, Influence on Plant Growth and Yield. *Journal of Plant Science and Research*, 2(2), 1 – 6.
- Subbarao, S., Hussain,, y Ganesh, P. (2015). Bio Stimulant Activity of Protein Hydrolysate, Influence on Plant Growth and Yield. *Journal of Plant Science and Research*, 2(2), 1 – 6.
- Sunarpi et, al. (2010). Effect of seaweed extracts on growth and yield of rice plants. Vol. 2, No. 2, Pp. 73-77.
- Tiwari. et, al. (2011). Effect of GA₃ and other plant growth regulators on hybrid rice seed production. India.
- Tuhy, L., Chowańska, J., y Chojnacka, K. (2013). Seaweed extracts as biostimulants of plant growth: review. *Chemik*, 67(7): 639 – 641.

- Vaghefi, N.; Nasir, M.; Radam, A. and Rahim, K. 2013. Modelling the impact of climate change on rice production: An Overview. *Journal of Applied Sciences* 13(24): 5649 – 5660.
- Van Oosten, M.; Pepe, O.; De Pascale, S.; Silletti, S. and Maggio, A. 2017. The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chem. Biol. Technol. Agric.* 4(5): 1 – 12.
- Vranova, V., Rejsek, K., Skene, K., y Formanek, P. (2011). Non-protein amino acids: plant, soil and ecosystem interactions. *Plant Soil*, 342, 31–48.
- Wassmann, R. and Dobermann, A. 2007. Climate Change Adaptation through Rice Production in Regions with High Poverty Levels. *An Open Access Journal published by ICRISA* 4(1): 1 – 24.
- Yakhin, O.; Lubyantsev, A.; Yakhin, I. and Brown, P. 2017. Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective. *Frontiers in Plant Science* 7(2049): 1 – 32.
- Yamori, W.; Zhang, G.; Takagaki, M. and Maruo, T. 2014. Feasibility Study of Rice Growth in Plant Factories. *Journal Rice Research* 2(1): 1 – 6.
- Yépez, A. y Silveira, M. 2011. Respuestas de las plantas ante los factores ambientales del cambio climático global. *Colombia Forestal* 14(2): 213 – 232.
- Zabel, F.; Mauser, W. and Hank, T. 2015. Impact of climate change on global agricultural potentials. *Procedia Environmental Sciences* 29: 260 – 261.

Anexos

