



Tecnológico de Costa Rica

Área Académica Agroforestal

Maestría en Gestión de Recursos Naturales y Tecnologías de Producción

Trabajo Final de Graduación sometido al Tribunal del Área Académica Agroforestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica para optar por el grado de Máster en Gestión de Recursos Naturales y Tecnologías de Producción

“Determinación del comportamiento de la semilla de arroz (*Oryza sativa* L) variedad Puitá INTA CL, sometida a diferentes estimulantes radiculares, Filadelfia, Guanacaste, Costa Rica”.

Bryan Díaz Bonilla.

Campus Cartago, Costa Rica

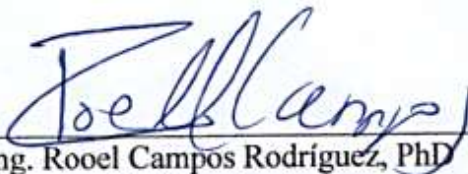
Diciembre, 2016

HOJA DE APROBACIÓN

Este Trabajo Final de Graduación fue aceptado por el Tribunal del Área Académica Agroforestal del Tecnológico de Costa Rica, como requisito parcial para optar por el grado de Magister en Gestión de Recursos Naturales y Tecnologías de Producción.



Ing. Dagoberto Arias Aguilar, PhD
Profesor Tutor



Ing. Roel Campos Rodríguez, PhD
Profesor Lector



Ing. María Fernanda Jiménez Morales, M. Eng
Presidente del Tribunal



Bryan Díaz Bonilla
Sustentante

Agradecimiento

Quiero agradecer a Dios por dejarme concluir una parte importante de mis estudios, mis padres y abuelos los cuales me apoyan en mis estudios, mis profesores de cursos, a mi profesor tutor por todo el apoyo y la ayuda brindada, a mis compañeros que me han ayudado en especial a los que me han dado buenos consejos, ver compartido su conocimiento y experiencias.

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres, en especial a mi abuelo y abuela, también a mi abuela ya fallecida por todo el apoyo, consejos brindados en vida y las personas muy cercanas que no me han dado la espalda, aquellas que han estado a mi lado ayudándome, aquellas personas que me han dado sus consejos que me han hecho el que hoy soy.

Índice general de contenidos

Contenido

Capítulo I	1
1. Introducción	1
1.1. Generalidades sobre el cultivo: el arroz	- 2 -
1.2. Origen y distribución.....	- 2 -
1.3. Clasificación taxonómica del arroz.....	- 3 -
1.4. Morfología.....	- 3 -
1.5. Fases del arroz	- 3 -
1.5.1. La fase vegetativa.....	- 4 -
1.5.2. Órganos vegetativos.....	- 4 -
1.5.3. Plántulas	- 4 -
1.5.4. Raíz	- 4 -
1.5.5. Tallo	- 4 -
1.5.6. Hojas	- 5 -
1.6. La fase reproductiva.....	- 5 -
1.6.1. Órganos reproductivos.....	- 5 -
1.6.2. Semilla.....	- 5 -
1.6.3. Espiguilla.....	- 5 -
1.7. Rendimientos	- 6 -
1.8. Condiciones climáticas	- 8 -
1.9. Requerimientos de agua.....	- 8 -
1.10. Suelo	- 8 -
1.11. Preparación del suelo	- 9 -
1.12. Sobre la variedad de arroz utilizada en la investigación.	- 9 -
1.12.1. RAIZPLANT®-500	- 11 -
1.12.2. Razormin.....	- 11 -
1.12.3. RAYKAT® Enraizador.....	- 12 -
1.12.4. Bioeco enraizador y protector biológico.....	- 13 -
1.12.5. Rooting® biogenerador radicular.....	- 13 -
Capítulo II,	- 14 -
2. Objetivo general:.....	- 14 -
2.1. Objetivos específicos:	- 14 -

2.2. Hipótesis	- 14 -
Capítulo III	- 15 -
3. Metodología ₁	- 15 -
3.1. Evaluación en la fase germinativa.....	- 15 -
3.2. Metodología ₂₋₃	- 16 -
3.3. Evaluación en la fase vegetativa	- 17 -
3.4. Evaluación en la fase reproductiva	- 17 -
4. Capítulo IV	- 18 -
4.1. Resultados y discusión	- 18 -
4.1.1. Datos fase de germinación.....	- 18 -
4.1.2. Análisis de la varianza de datos de longitud de radícula en la semanas 1 hasta la semana 12 después de la siembra	- 19 -
4.1.3. Análisis de la varianza de datos de hojas en la semana 1, a la semana 15 después de la siembra.....	- 21 -
4.1.4. Análisis de la varianza de datos de longitud de tallo en la semanas 1 hasta la semana 12 después de la siembra.....	- 23 -
4.2. Análisis de la varianza de datos de fase de reproductiva número de panículas y rendimiento por m ²	- 26 -
5. Capítulo 5	- 28 -
5.1. Conclusiones.....	- 28 -
5.2. Recomendaciones.....	- 29 -
5.3. Bibliografía.....	- 30 -

Índice de cuadros

Cuadro 1. Rendimiento por región según las entregas realizadas y el área verificada 2007-2008 al 2011- 2012.....	- 8 -
Cuadro 2. Inicio de la germinación (días) y % germinación según los tratamientos aplicados	- 18 -
Cuadro 3 Análisis de la Varianza de longitud de radícula (cm) día 1.....	- 32 -
Cuadro 4 Análisis de la Varianza de longitud de radícula (cm) día 2.....	- 32 -
Cuadro 5 Análisis de la Varianza de longitud de radícula (cm) día 3.....	- 33 -
Cuadro 6 Análisis de la Varianza de longitud de radícula (cm) día 4.....	- 33 -
Cuadro 7 Análisis de la Varianza de longitud de radícula (cm) día 5.....	- 34 -
Cuadro 8 Análisis de la Varianza de longitud de radícula (cm) día 6.....	- 34 -
Cuadro 9 Análisis de la Varianza de longitud de radícula (cm) día 7.....	- 35 -
Cuadro 10 Análisis de la Varianza de longitud de radícula (cm) día 8.....	- 35 -
Cuadro 11 Análisis de la Varianza de longitud de radícula (cm) día 9.....	- 36 -
Cuadro 12 Análisis de la Varianza de longitud de radícula (cm) día 10.....	- 36 -
Cuadro 13 Análisis de la Varianza de longitud de radícula (cm) día 11.....	- 37 -
Cuadro 14 Análisis de la Varianza de longitud de radícula (cm) día 12.....	- 37 -
Cuadro 15 Análisis de la varianza de datos de hojas en la semana 1.....	- 38 -
Cuadro 16 Análisis de la varianza de datos de tallo en la semana 1.....	- 38 -
Cuadro 17 Análisis de la varianza de datos de hojas en la semana 2.....	- 39 -
Cuadro 18 Análisis de la varianza de datos de tallo en la semana 2.....	- 39 -
Cuadro 19 Análisis de la varianza de datos de hojas en la semana 3.....	- 40 -
Cuadro 20 Análisis de la varianza de datos de tallo en la semana 3.....	- 40 -
Cuadro 21 Análisis de la varianza de datos de hojas en la semana 5.....	- 41 -
Cuadro 22 Análisis de la varianza de datos de tallo en la semana 5.....	- 41 -
Cuadro 23 Análisis de la varianza de datos de hojas en la semana 7.....	- 42 -
Cuadro 24 Análisis de la varianza de datos de tallo en la semana 7.....	- 42 -
Cuadro 25 Análisis de la varianza de datos de hojas en la semana 9.....	- 43 -
Cuadro 26 Análisis de la varianza de datos de tallo en la semana 9.....	- 43 -
Cuadro 27 Análisis de la varianza de datos de hojas en la semana 11.....	- 44 -
Cuadro 28 Análisis de la varianza de datos de tallo en la semana 11.....	- 44 -
Cuadro 29 Análisis de la varianza de datos de hojas en la semana 13.....	- 45 -
Cuadro 30 Análisis de la varianza de datos de tallo en la semana 13.....	- 45 -
Cuadro 31 Análisis de la varianza de datos de hojas en la semana 15.....	- 46 -
Cuadro 32 Análisis de la varianza de datos de tallo en la semana 15.....	- 46 -
Cuadro 33 Análisis de la varianza de datos de Panículas	- 47 -
Cuadro 34 Análisis de la varianza de datos de rendimiento	- 47 -

Índice de figuras.

Figura 1. Rendimiento en toneladas de arroz seco y limpio 1981-1982 al 2011-2012.....	- 7 -
Figura 2. Comportamiento de la longitud de la radícula y las diferencias significativas a través del tiempo de la evaluación.	- 20 -
Figura 3 Comportamiento del número de hojas desde la semana 1 hasta la semana 15 después de la siembra y sus diferencias estadísticas.....	- 22 -
Figura 4 Comportamiento de la longitud de tallo (cm) y los resultados del análisis estadístico.....	- 25 -
Figura 5. Análisis de la varianza de datos de fase de reproductiva número de panículas y rendimiento por m ²	- 27 -

Título de la investigación

Determinación del comportamiento de la semilla de arroz (*Oryza sativa* L.) Variedad Puitá INTA CL, sometida a diferentes estimulantes radiculares, Filadelfia, Guanacaste, Costa Rica,

Title of the investigation

Determination of deportment seed rice (*Oryza sativa* L.) Variety Puitá INTA CL, subjected to different stimulants root, Filadelfia, Guanacaste, Costa Rica,

Palabras clave: PUITA INTA CL, Raizplant® 500, Razormin y Raykat®, Rooting®, Bioeco, arroz, rendimiento.

Resumen

El cultivo del arroz es una de las principales actividades que se llevan a cabo en la provincia de Guanacaste, Costa Rica. Es conocido que el uso intensivo de los suelos es la principal limitante de la sostenibilidad de la productividad. Para ayudar a los productores con nuevo conocimiento, se desarrolló una investigación que consistió en el uso de estimulantes radiculares, bajo la hipótesis que estos productos ayudan a la planta ante los múltiples factores que afectan su rendimiento, la capacidad de las plantas para absorber nutrientes y lograr un buen desarrollo. Para estudiar los aspectos de productividad, se llevaron a cabo varios experimentos en bandejas plásticas con cobertura de plástico y una prueba de campo utilizando semillas de arroz, variedad Puita INTA CL, las cuales fueron sometidas a diferentes tratamientos con 3 estimulantes radiculares químicos (Raizplant® 500, Razormin y Raykat®), 2 orgánicos (Rooting® y Bioeco Enraizador) y 1 de testigo al que no se le aplicó ningún estimulante radicular.

En las pruebas de las semillas de arroz en bandeja plástica, la evaluación comprendió un período de 15 días y se evaluaron las variaciones de los tratamientos en las raíces durante su fase de germinación, se midió rapidez de germinación en días, porcentaje de germinación y la longitud de radícula, se logró determinar que los tratamientos Raizplant® 500 a 15 ml/L y Raykat® a 15ml/L mostraron mejores resultados en las variables estudiadas, mostrando así mejor desempeño. En la fase de campo, la evaluación comprendió 120 días y se evaluaron las variables de crecimiento de las plantas, tales como la longitud del tallo (cm), número de hojas, número y longitud de la panícula (cm), y por último el rendimiento por metro cuadrado en (g/m²). Se determinó que los mismos tratamientos Raizplant® 500 a 15 ml/L y Raykat® a 15ml/L mostraron el mejor desarrollo en la fase vegetativa y en producción, en todas las variables evaluadas en comparación al testigo, estos dos tratamientos en la fase de germinación presentaron mayor longitud del tallo en (cm), mayor número de hojas y mayor producción. Los resultados sugieren que el uso de estimuladores radiculares mejoran los aspectos de la germinación y crecimiento de las plantas de arroz de la variedad estudiada, así como su rendimiento por m².

Key Words

PUITA INTA CL, Raizplant® 500®, Razormin® y Raykat®, Rooting® , Bioeco®, arroz, rendimiento

Abstract

The cultivation of rice is one of the main activities that are carried out in the province of Guanacaste, Costa Rica, so it is obtained by carrying out an investigation that consisted in the use of root stimulants which try to help the plant before the multiple Factors that affect their performance, the ability of plants to absorb and achieve a good development.

To study the productivity aspects, several experiments were carried out on plastic trays with plastic sheeting and a field test using rice seeds, Puita INTA CL variety, which were subjected to different treatments with 3 chemical root stimulants (Raizplant® 500 , Razormin and Raykat®), 2 organic (Rooting® and Bioeco Rooting) and 1 of control to which no root stimulant was applied.

In the tests of the rice seed in plastic tray, the evaluation comprised a period of 15 days and the variations of the treatments in the roots during its germination phase were evaluated, germination speed was measured in days, percentage of germination and the Radicle length, it was possible to determine that the treatments T1 and T4 showed better results in the studied variables, thus showing a better performance.

In the field phase, the evaluation comprised 120 days and the plant growth variables, such as stem length (cm), number of leaves, number and length of panicle (cm), and finally Yield per square meter in (g / m²).

It was determined that Raizplant® 500 treatments at 15 ml / L and Raykat® at 15 ml/l showed better development in the vegetative phase and in production, in all variables evaluated in comparison to the control, these two treatments in the germination phase presented Greater length of stem in (cm), greater number of leaves and greater production,

The results suggest that the use of root stimulators improves aspects of germination and growth of rice plants of the studied variety as well as their yield per m²

Capítulo I

1. Introducción

La investigación fue realizada en Filadelfia, Guanacaste entre los meses de febrero y octubre del 2016 y estuvo bajo la influencia de las condiciones de secano que se presenta en dichos meses. En los cultivos sembrados en condiciones de secano, resulta beneficioso para la planta, el aumentar la capacidad de absorción de nutrientes a través del sistema radicular, lo cual se puede conseguir con el empleo de productos químicos y orgánicos tendientes a mejorar el sistema de radicular, logrando de esta forma que las plantas presenten mayor anclaje y evitando el acame; así mismo es esperado que las plantas con un mayor sistema radicular, aprovecharán eficientemente la absorción de nutrientes disponibles y aplicados; incrementándose los niveles de productividad. Actualmente, existen en el mercado productos como: Razormin, Raykat, Rooting RaizPlant 500, Bioeco enraizador, que, al ser aplicados en dosis y épocas apropiadas, tienen la expectativa para el productor de mejorar e incrementar el sistema radicular. Naturalmente, la aplicación de dichos productos debe de ir acompañado de un equilibrado programa nutricional, con el cual la variedad de arroz seleccionada potencializa sus funciones fisiológicas incrementando el rendimiento de la cosecha. La presente investigación proporciona resultados validados estadísticamente sobre el uso de los enraizadores y el incremento de la productividad.

1.1. Generalidades sobre el cultivo: el arroz

1.2. Origen y distribución

El arroz es una de las plantas más antiguas, ha sido difícil establecer con exactitud la época en que el hombre inició su propagación. La literatura china hace mención de estas plantas, 3000 años antes de Cristo, donde consideraban el arroz como el más importante de cinco cultivos en la alimentación, En el Valle del Yang Tsé Kiang se han encontrado restos de arroz, los cuales se supone existieron 3000 o 4000 años antes de Cristo, esto no significa que el cultivo del arroz no sea anterior a ésta época, ni que sea originario de China, parece por el contrario que la *Oryza sativa* L procede del suroeste asiático (Ortiz, 2007).

Hay dos especies de arroz cultivadas, una de origen asiático *Oryza sativa* L., y otra de origen africano *Oryza steaud*, la expansión del cultivo se debe a la primera especie, puesto que la segunda solo existe en el oeste de África, varios autores en diferentes escritos están de acuerdo en que el origen de *Oryza sativa* L., está atribuido al sur de la India.(Ortiz, 2007).

En el caso de Costa Rica, la información disponible indica que se cultivaba arroz desde 1780, en las zonas de Esparza y el valle del Río Grande de Tárcoles. No fue sin embargo, hasta un siglo más tarde que el consumo del grano comenzó a crecer, convirtiéndose en un producto de consumo importante. La producción, aunque creció, solo estuvo en capacidad de suplir un tercio de la demanda hacia finales del siglo XIX, por lo que era necesario recurrir a las importaciones.

La producción en las primeras décadas del siglo XX creció de manera rápida, logrando para la década de 1920, suplir más de la mitad del consumo total. En las décadas posteriores, la producción continuó aumentando y para los años cuarenta, el arroz producido en el país suplía entre un 60 a 85% del consumo total. En Costa Rica, el arroz se cultiva actualmente desde el nivel del mar hasta los 850 m.s.n.m. y se ha convertido en uno de los cultivos principales, por su importancia en la dieta de los costarricenses.

1.3. Clasificación taxonómica del arroz.

- Reino: Plantae
- Subreino: Tracheobionta
- División: Magnoliophyta
- Clase: Liliopsida
- Subclase: Commelinidae
- Orden: Poales
- Familia Poaceae
- Subfamilia: Bambusoideae
- Tribu: Oryzeae
- Género: *Oryza*
- Especie: *Oryza sativa* L.

(EcuRed, 2008)

1.4. Morfología

El arroz (*Oryza sativa*) es una monocotiledónea de la familia de gramíneas. Las raíces son delgadas, fibrosas, fasciculadas. El tallo erguido, cilíndrico, nudoso, glabro, de 60-120 cm. Hojas alternas envainadoras, limbo lineal, agudo, largo, plano. En el punto de reunión de la vaina y el limbo se encuentra una lígula membranosa, bífida, erguida, presentando en el borde inferior una serie de cirros largos y sedosos. Flores de color verde blanquecino dispuestas en espiguillas cuyo conjunto constituye una panoja grande, terminal, estrecha, colgante después de la floración. Cada espiguilla es uniflora y está provista de una gluma con dos valvas pequeñas, algo cóncavas, aquilladas y lisas; la glumilla tiene igualmente dos valvas aquilladas. (InfoAgro, 2012).

1.5. Fases del arroz

La morfología del arroz se compone de dos etapas, la fase vegetativa (incluye los estadios de germinación, plántula, y macollamiento) y la fase reproductiva (desde la iniciación del primordio floral hasta la emergencia. (Olmos, 2007)

1.5.1. La fase vegetativa

Se caracteriza por un activo macollamiento, un incremento gradual de la altura de las plantas, y la emergencia de las hojas a intervalos regulares. Los macollos que no desarrollaron una panoja se llaman macollos infértiles (InfoAgro, 2012).

1.5.2. Órganos vegetativos

1.5.3. Plántulas

La germinación da inicio a la fase vegetativa, comienza cuando la radícula o coleoptilo (vainas que recubre al embrión) emerge del cariopse. En condiciones aeróbicas (siembra convencional) lo primero en emerger desde la coleoriza del embrión (vainas que recubre a la radícula) es la radícula, luego recién lo hace el coleoptilo (InfoAgro, 2012).

Cuando las semillas se desarrollan en la oscuridad (siembra en forma convencional) emerge la radícula y un tallo corto llamado mesocótilo que mantiene la corona de la planta justo debajo de la superficie. Luego que emerge el coleoptilo por dentro del mesocótilo, recién crece la hoja primaria (Olmos, 2007).

1.5.4. Raíz

Las raíces son delgadas, fibrosas y fasciculadas. Posee dos tipos de raíces: seminales, que se originan de la radícula y son de una naturaleza temporal y las raíces adventicias, que tienen una libre ramificación y se forman a partir de los nudos inferiores del tallo joven (InfoAgro, 2012)

1.5.5. Tallo

Se compone de nudos e internudos, en orden alterno, lleva una hoja y un capullo que pueden desarrollarse para constituir un vástago o retoño, el entrenudo maduro es hueco y finamente estriado, tiene longitud variable, generalmente aumenta de los entrenudos más bajos a los más altos.

Los retoños se desarrollan a partir del tallo principal en orden alterno, los primarios se desarrollan en los nudos más bajos, produciendo retoños secundarios, a su vez, éstos producen los retoños terciarios

1.5.6. Hojas

Las hojas son alternas, envainadoras, con el limbo lineal, agudo, largo y plano. En el punto de reunión de la vaina y el limbo se encuentra una lígula membranosa, bífida y erguida que presenta en el borde inferior una serie de cirros largos y sedosos.

1.6. La fase reproductiva

Se caracteriza por un declinamiento del número de macollos, la emergencia de la hoja bandera, el engrosamiento del tallo por el crecimiento interno de la panoja, la emergencia de la panoja (ocurre unos a 20-25 días luego de la diferenciación del primordio floral), y la floración, es la etapa que empieza con la polinización de las flores en donde las espiguillas se llenan de un líquido lechoso, después la consistencia se vuelve pastosa dura hasta terminar con la maduración del grano. Ésta fase va desde la floración a la madurez total, o llenado del grano y maduración del mismo, va desde los 84 días hasta los 120 días (Villalva, 2011)

1.6.1. Órganos reproductivos

1.6.2. Semilla

El grano de arroz recién cosechado, comúnmente llamado semilla, está formado por el cariópse y por la cáscara que está compuesta de glumas. Industrialmente se considera al arroz cáscara aquel comprendido por el conjunto de cariópse y glumas. A su vez el cariópse, está formado por el embrión, el endosperma, capas de aleurona (tejido rico en proteínas), tegmen (cubierta seminal), y el pericarpio (cubierta del fruto) (Olmos, 2007).

1.6.3. Espiguilla

Las espiguillas de la planta de arroz están agrupadas en una inflorescencia denominada panícula, que está situada sobre el nudo apical del tallo. La base de la panícula se denomina cuello.

Una espiguilla consta de dos lenmas estériles, glumas rudimentarias, la raquilla y la florecilla. La florecilla consta de dos brácteas o glumas florales (lemma y páleas) con seis estambres y un pistilo (INAP, 2007).

1.7. Rendimientos

Los rendimientos de arroz cosechado en Costa Rica desde el período de 1980-1981 permite apreciar una tasa de crecimiento promedio de 5,7% anual hasta la cosecha del período 1994-1995, iniciando con un rendimiento de 2,8 ton/ha en 1980-1981, hasta alcanzar el máximo histórico de 4,9 ton/ha en la cosecha 1994-1995. Para la cosecha 1995-1996 los rendimientos presentaron una baja de 32% ubicándose en 3,3 ton/ha. Ver figura 1.

A partir de la cosecha 2000-2001 hasta la cosecha 2005-2006 se presentó un período de descenso en los rendimientos a una tasa promedio anual de -2,1%; hasta alcanzar en la cosecha 2005-2006 un rendimiento de 3,3 ton/ha. La baja en los rendimientos que se presentó durante las cosechas 2004-2005 y 2005-2006 coincide con el ingreso al país del ácaro *Steneotarsonemus spinky*, que provocó importantes pérdidas en el sector y un incremento en los costos de producción. Entre las cosechas 2006-2007 y 2009-2010 los rendimientos han vuelto a mostrar una leve recuperación a una tasa promedio anual de 3,2% ubicándose en 3,8 ton/ha; sin embargo durante las cosechas 2010-2011 y 2011-2012 los rendimientos descendieron a una tasa promedio de -5,3% anual para ubicarse en 3,4 ton/ha.

En general, se puede indicar que los rendimientos han seguido una tendencia a la baja desde dos fuentes: IICE con datos de los informes estadísticos de CONARROZ. Como punto de comparación, con datos recientes de FAO, se estima que en promedio, para los años 2008-2011, el rendimiento en toneladas por hectárea para varios países productores es muy superior al del país, por ejemplo en Uruguay (7,9), Argentina (6,3), China (6,5), Estados Unidos (7,5), Nicaragua (5,1), y similar en el caso de República Dominicana (3,4).

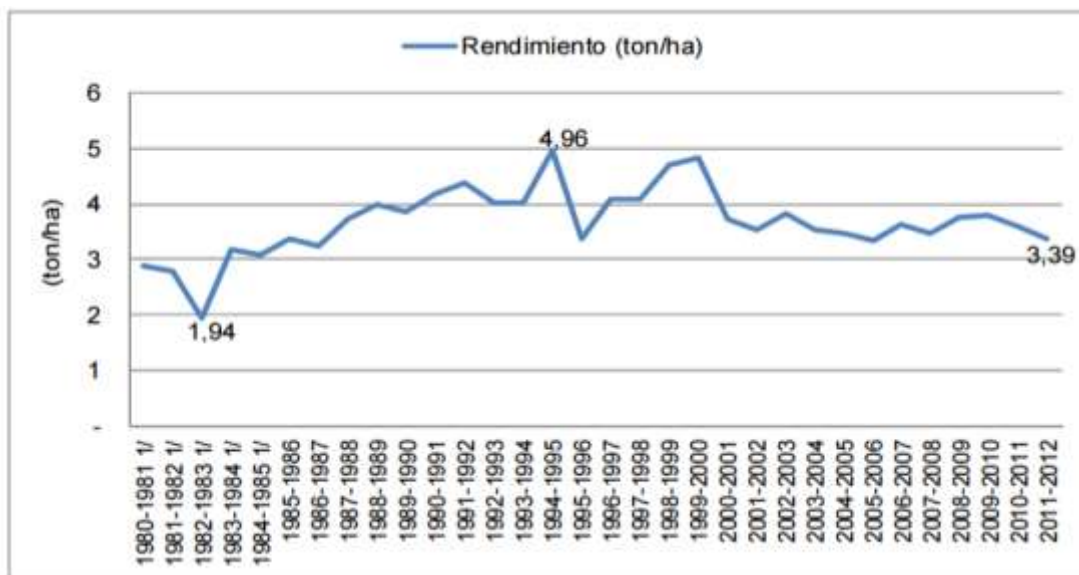


Figura 1. Rendimiento en toneladas de arroz seco y limpio 1981-1982 al 2011-2012

Fuente: IICE con datos de los informes estadísticos de CONARROZ

En un estudio realizado en las regiones Chorotega y Pacífico Central, el marco muestral que se utilizó fue el registro de productores de CONARROZ del período 2009-2010. El muestreo fue probabilístico con una sobre-muestra de 40%, debido a las dificultades de localización de los productores que se presentaron en un estudio previo. El nivel de confianza que se utilizó fue del 95%, y el error máximo permisible fue de 15%. Los rendimientos estimados indican que las regiones Pacífico Central y Chorotega son las que tienen mayor productividad con un promedio de 4,22 y 4,16 ton/ha respectivamente. La tercera región con mayor productividad por hectárea es la Huetar Norte con un rendimiento promedio de 3,37 ton/ha.

En cuarto lugar se ubica la región Brunca con un rendimiento promedio de 3,19 ton y la región Huetar Atlántica es la que tiene el menor producción promedio de 2,39 ton/ha. Ver cuadro 2. (Arroyo, Luke, & Rivera, 2013)

Cuadro 1. Rendimiento por región según las entregas realizadas y el área verificada 2007-2008 al 2011- 2012

Región	2007-2008		2008-2009		2009-2010		2010-2011		2011-2012	
	Sacos	ton	Sacos	ton	Sacos	ton	Sacos	ton	Sacos	ton
Brunca	43,76	3,22	42,84	3,15	44,20	3,25	43,88	3,23	42,10	3,10
Chorotega	48,71	3,58	63,92	4,70	66,51	4,90	55,48	4,08	48,14	3,54
Huetar Atlántica	24,15	1,78	32,48	2,39	32,04	2,36	37,55	2,76	35,92	2,64
Huetar Norte	50,35	3,71	50,03	3,68	44,26	3,26	44,82	3,30	39,27	2,89
Pacífico Central	58,34	4,29	50,75	3,74	56,84	4,18	70,13	5,16	50,32	3,70
Total general	47,18	3,47	51,21	3,77	51,32	3,78	50,33	3,70	46,00	3,39

Fuente: IICE con datos de los informes estadísticos de CONARROZ

1.8. Condiciones climáticas

El arroz se cultiva en una diversidad de condiciones ambientales y algunos autores sostienen que es un cultivo especial para las zonas húmedas del trópico o de climas con temperatura alta. En Costa Rica, el arroz puede cultivarse desde el nivel del mar hasta 850 msnm. En cuanto a la precipitación, lo más importante es la distribución de las lluvias, un promedio diario de 10 mm durante todo el período del cultivo hasta llegar al llenado de grano es adecuado, Requiere una radiación solar entre 250 a 350 cal/cm²/día. (Olmos, 2007)

1.9. Requerimientos de agua

El agua es indispensable para el ciclo de vida de la planta de arroz. El riego por inundación es favorable para un mejor crecimiento, desarrollo y rendimiento de grano. Es importante señalar, que el sistema de irrigación contribuye al control de malezas. El promedio de requerimiento de agua varía entre 800 a 1240 mm durante el ciclo. (INAP, 2007)

1.10. Suelo

El arroz se adapta a diversas condiciones de suelo, sin embargo, las condiciones ideales para obtener una buena cosecha son: pH 6.0 – 7.0, buen contenido de materia orgánica (mayor del 5%), buena capacidad de intercambio catiónico, buen contenido de arcilla (mayor del 40%), topografía plana, capa arable profunda (mayor de 25 cm) y buen drenaje superficial. (INAP, 2007)

1.11. Preparación del suelo

El suelo debe ser arado a una profundidad entre 20-30 cm o bien pasar la rastra pesada a una profundidad similar. Los pases de rastra semi pesada o liviana se harán de acuerdo a las condiciones del suelo e incidencia de malezas. El último pase de rastra se debe realizar lo más superficialmente posible e inmediatamente antes de la siembra.

La siembra debe realizarse inmediatamente después del último pase de rastra. Inmediatamente después de la siembra, es muy importante compactar el suelo para eliminar los espacios de aire y favorecer el contacto entre éste y la semilla, labor que ayuda a una mejor germinación del arroz. (InfoAgro, 2012)

1.12. Sobre la variedad de arroz utilizada en la investigación.

PUITÁ INTA CL (Blas Liore & Arguissain, 2005)

Variedad de arroz de ciclo corto, de alto rendimiento agrícola, resistente a herbicidas del grupo de las imidazolinonas, no transgénico.

Características destacables:

Variedad de ideotipo tropical, de alto rendimiento agrícola, calidad molinera superior, excelente calidad culinaria.

Características morfológicas

Planta de alto macollaje, semi enana, panoja de tamaño intermedio, bajo porcentaje de vaneos, pubescente, granos móticos y de color pajizo.

Características fenológicas

De ciclo corto (90 días a emergencia a floración) y madurez a los 120 días de emergido.

Características sanitarias:

Resistente al linaje A y E, susceptible al linaje F de *Pyricularia oryzae*.

Características tecnológicas:

De extrema calidad molinera industrial, mínimo porcentaje de granos panza blanca, y excelente calidad culinaria Resiste la cosecha a bajo porcentaje de humedad conservando la calidad molinera.

Unidades creadoras: EEA Concepción del Uruguay

Técnico creador: Alberto Blas Livore, Gustavo Gabriel Arguissain

.

Estimulantes radiculares químicos que se pueden utilizar en el cultivo del arroz

1.12.1. RAIZPLANT®-500

Ingrediente activo Porcentaje Nitrógeno total N 4,8%, Fósforo como P₂O₅ 22.0%, Potasio como K₂O 15,5%, Magnesio como Mg 0,3%, Azufre como S 0,4%, Boro como B 150.0 ppm, Ácidos húmicos y fúlvicos 2,0%, Fitohormonas 500,0ppm, penetrantes 3,0%.

Dosis de Raíz Plant 500

0,5 a 1,5 litros por 100 m².

Época de aplicación

Producción de plántulas en invernaderos o bandejas, aplicar en el agua de riego una vez por semana, iniciando las aplicaciones en la primera semana del desarrollo de las plántulas.

1.12.2. Razormin

Fertilizante, bioestimulante y enraízante, cuya formulación induce primero a “crear” las raíces y posteriormente a desarrollarlas. La presencia de aminoácidos y polisacáridos favorece la absorción de nutrientes, estimulando el desarrollo de hojas, ramas y tallos de la planta.

Composición de Razormin

Nitrógeno (N) 4% p/p , Fósforo (P₂O₅) 4% p/p, Potasio (K₂O) 3% p/p, Aminoácidos 7% p/p, Polisacáridos 3% p/p, Factores estimulantes 1,5% p/p , materia orgánica,25% p/p, Hierro (Fe) 0.4% p/p, Manganeso (Mn) 0,1% p/p, Boro (B) 0,1% p/p, Zinc (Zn) 0,08% p/p, Cobre (Cu) 0,02% p/p, Molibdeno (Mo) 0,01% p/p, pH 4, Densidad 1,2 gr/cc,

Dosis de Raíz Plant 500

0,5 a 1,5 litros por 100 m².

1.12.3. RAYKAT® Enraizador

Nitrógeno 4% + fósforo 8% + potasio 3% + aa 4%, L equilibrio 1-2-0,75, **Composición:** aminoácidos libres 4%; polisacáridos 15%; citoquininas 0,05%; nitrógeno total 4%; fósforo 8%; potasio 3%; boro 0,03%; hierro EDDHA 0,1%; zinc EDTA 0,02%, Densidad 1,24-1,26 g/cc, pH 7-8, Fertilizante especial NPK con aminoácidos, polisacáridos, citoquininas y microelementos cuyo empleo induce el enraizamiento en los primeros estadios de la planta, Sus compuestos favorecen el que se produzca un fuerte desarrollo radicular muy beneficioso para el inicio del cultivo, Para aplicación foliar, al suelo y en cultivos hidropónicos,

En aplicación foliar:

Frutales, hortícolas, cultivos leñosos, ornamentales: 75-125 ml/100l de agua (hl) y semana, en semilleros, viveros: 50-100 ml/100 l de agua (hl) y semana,

En aplicación al suelo:

frutales, cultivos leñosos: 3-4 l/ha, aplicar desde el trasplante hasta la floración realizando 2 aplicaciones como máximo, hortícolas, ornamentales: 2 l/ha y semana, aplicar desde el trasplante hasta la floración realizando 2-3 aplicaciones como máximo, semilleros, viveros: 1 l/ha y semana, iniciando las aplicaciones la segunda semana de desarrollo de las plantas, cultivos hidropónicos: 1 l/ha cada 7 días, no mezclar con aceites, azufres o cobres, su mezcla con algunos agroquímicos puede resultar fitotóxica por lo que se debe consultar con el fabricante la mejor forma de actuar,

Estimulantes radiculares orgánicos a utilizar que se pueden utilizar en el cultivo del arroz

1.12.4. Bioeco enraizador y protector biológico

Es un producto a base del hongo *Trichoderma viride/ harzianum*, que promueve la producción de nuevas raíces así como el desarrollo de éstas, en etapas iniciales del cultivo, combate biológicamente las enfermedades causadas por otros hongos que sí son dañinos para la planta, en cualquier etapa del cultivo, las esporas del hongo vienen adheridas en granos de arroz, tiene una vida útil de 6 meses, Dosis y modo de aplicación: Al follaje y suelo en forma líquida: 3 cc/ litro

1.12.5. Rooting® biogenerador radicular

Único biorregulador radicular que tiene como objetivo generar un sistema radicular abundante, ramificado, haciendo más eficiente el uso del agua y de nutrientes, Su alta efectividad biológica lo ha convertido en un producto horizontal, es decir, puede ser utilizado en una amplia gama de cultivos frutales y hortícolas,

Composición del Rooting®

- Ingrediente activo: ácido indolbutírico - IBA
- Forclorfenurón: CPPU
- Nombre químico: Ácido 1H-Indol-3-Butanoico
- N-(4-Cloro-4-piridinil)-N-Fenil urea
- Grupo químico: biorreguladores
- Concentración: 0,120 % - IBA
- Formulación: 0,004 % - Forclorfenurón p/p SL (concentrado soluble)
- Modo de acción: regulador de crecimiento
- Toxicidad: Grupo IV, producto que normalmente no ofrece peligro,
- Banda verde,
- LD50 Producto comercial

Capítulo II,

2. Objetivo general:

- Evaluar el efecto de cinco diferentes estimulantes radiculares líquidos en el desarrollo de semillas de arroz (*Oryza sativa*) variedad PUITÁ INTA CL, desde su fase de germinación hasta su fase de producción, mediante un diseño experimental en fincas arroceras de Filadelfia, Guanacaste, Costa Rica.

2.1. Objetivos específicos:

- Analizar el comportamiento de las semillas de arroz en ensayos con bandejas sometidas a tres estimulantes radiculares químicos y dos biológicos líquidos durante su fase germinativa.
- Cuantificar las variables anatómicas de las plantas de arroz sometidas a los diferentes tratamientos durante su fase vegetativa mediante un ensayo en campo.
- Comparar el efecto de los estimulantes radiculares en el rendimiento de la planta en campo durante su fase reproductiva en g/m².
- Elaborar las recomendaciones técnicas para incrementar el rendimiento del cultivo del arroz en las áreas de estudio.

2.2. Hipótesis

- Los estimulantes radiculares pueden incrementar significativamente el rendimiento del grano en el cultivo de arroz en la zona de Filadelfia, Guanacaste.

Capítulo III

3. Metodología₁

Para desarrollar el primer objetivo específico se utilizó un diseño experimental completamente aleatorio (DCA), en donde se evaluaron los siguientes tratamientos:

- T1 Raizplant® 500 a 15 ml/L
- T2 Razormin® a 15ml/L
- T3 Rooting® ® a 15ml/L
- T4 Raykat®® a 15ml/L
- T5 Bioeco Enraizador® a 15 ml/L
- T6 Testigo sin estimulante

El diseño consistió en el uso de bandejas plásticas de 200 celdas. Para cada uno de los tratamientos, se tomó un kilogramo de semillas de arroz que fueron inmersas en una solución de un litro de agua con 15 ml de estimulante radicular. Las semillas se dejaron durante un lapso de 24 horas, para luego ser colocadas en las bandejas preparadas con tierra del horizonte O del suelo, que también fue humedecida con el litro de solución que se utilizó para tratar las semillas. Se colocaron las semillas y se cubrieron con plástico negro, y cada tratamiento fue replicado 3 veces y en cada celda fue colocada una semilla con todas las características normales para su germinación.

3.1. Evaluación en la fase germinativa

Para las evaluaciones se formaron al azar grupos de 10 celdas las cuales fueron escogidas para las evaluaciones que va del día 1, en que se trata la semilla con los estimulantes radiculares, al día 15 después de la germinación. Las variables consideradas en esta fase germinativa fueron la rapidez de germinación, la longitud de la radícula, y el porcentaje de germinación, considerando un periodo de tiempo que va desde el día 1 después de la germinación en el que se trata la semilla con el estimulante radicular, hasta el día 12 después de la germinación.

Es necesario aclarar que esta evaluación dió inicio desde el día en que alguno de los tratamientos mostró indicios de germinación, en este caso fue el día 4 después de que la semilla fue tratada.

3.2. Metodología ²⁻³

Para la realización del segundo y tercer objetivo específico, se procedió a preparar un terreno con un área de 50 m², dentro del cual se crearon parcelas de 1 m² cada una para un total de 30 parcelas y dejando áreas para callejones. Las parcelas contaron con un sistema de siembra en surcos cuyo espaciamiento fue de 15 cm entre hilera y 5 cm entre golpe, con una densidad de siembra de 2 semillas por golpe para un total de 240 plantas por metro cuadrado.

Es importante mencionar que no se va a tener siempre 100% de germinación; no obstante, la planta de arroz tiene la capacidad de generar más individuos una vez que germina, por lo que la densidad de individuos por m² no se verá afectada por carencia de individuos en cada parcela en la investigación.

El diseño estadístico también consistió en el uso de un arreglo completamente aleatorio con 6 tratamientos y 5 repeticiones, la preparación de las parcelas constó de una chapia, luego se conformaron y se delimitaron las parcelas, se procedió al aireamiento del terreno con pico y azadón a una profundidad de 10 a 20 cm. Para prevenir el efecto competitivo por micro y macro nutrientes de la planta de arroz contra las malezas, se procedió con la aplicación de herbicida (2-4D para control de hoja ancha y Roundup® para el control de hierbas tipo ciperáceas y gramíneas) Esta aplicación ocurrió 15 días antes de la siembra para evitar daños directamente a la planta de arroz.

Otro punto a considerar fue el régimen de riego, ya que el experimento se llevó a cabo a finales de la época seca, por lo tanto se definió realizar riegos diarios al ensayo durante los meses de junio y julio y se aplicaron riegos nocturnos todas las noches.

Una vez establecido el ensayo, se dio inicio con la planificación de la fertilización y los controles propios que se aplican regularmente al cultivo del arroz, la primera, segunda y tercera aplicación de fertilizante (fertilizante de siembra 10-30-10, fertilizante vegetativo 26-0-26 y urea 40-0.5-2).

3.3. Evaluación en la fase vegetativa

La toma de datos consistió en la medición a través del tiempo de las variables tales como número de hojas por planta y la longitud de tallo (cm). Los datos se recolectaron en la semana 1, 3, 5, 7 y 9, cada muestreo consistió en la toma de 10 plantas al azar, mismas a las cuales se le midieron las características de las variables de estudio, para luego ser desechadas. Como dato importante cabe destacar que la planta de arroz tiende a formar rebrotes o producir un nuevo individuo a través de la raíz de la planta madre, por lo que la extracción de las plantas no afectó el ensayo a efecto de altas o bajas densidades de plantas por m².

3.4. Evaluación en la fase reproductiva

La evaluación utilizada para desarrollar el objetivo específico 3 consistió en evaluar los tratamientos en las semanas 11, 13 y 15, en donde se midieron las variables de longitud de planta al momento de la cosecha, número de panículas y el rendimiento por m².

Para la toma de los datos de rendimiento, se cortaron las plantas en cada tratamiento y se introdujeron en sacos, dichos tratamientos fueron sometidos a una semana de secado para luego ser pesado.

4. Capítulo IV

4.1. Resultados y discusión

4.1.1. Datos fase de germinación

Durante la fase de germinación no se observó ningún efecto en los primeros 3 días, en donde todas las variables a estudiar no aportaron valores, sin embargo para el cuarto día de evaluación, el tratamiento (T1) Raizplant® 500 15 ml/ y el tratamiento (T4) Raykat® 15 ml/L alcanzaron la mayor rapidez en la germinación 4 días después de que las semillas fueron tratadas, por otra parte, el tratamiento (T2) Razormin 15 ml/L obtuvo una respuesta de inicio de la germinación de 6 días lo que equivale a un 50% más de duración en comparación a los tratamientos T1 y T4 (ver cuadro2).

Cuadro 2. Inicio de la germinación (días) y % germinación según los tratamientos aplicados

Tratamiento	Inicio de la germinación (días)	% germinación
T1	4	90
T2	6	70
T3	5	80
T4	4	90
T5	5	80
T6	5	90

4.1.2. Análisis de la varianza de datos de longitud de radícula en la semanas 1 hasta la semana 12 después de la siembra

En la evaluación realizada al día 3 después de la germinación, el tratamiento (T4) Raykat® 15 ml/L alcanzó la mayor media con 1,93 cm de longitud de radícula, luego siguió el tratamiento (T1) Raizplant® 500 15 ml/L con una media de 1,56 cm de radícula; sin embargo, el tratamiento (T2) Razormin 15 ml/L presentó la menor media con 0,1 cm de radícula lo cual es un valor medio estadísticamente a los restantes tratamientos, con un $p < 0,0001$ (ver Figura 1) En la evaluación realizadas en el día 6 después de la germinación, el tratamiento (T4) Raykat® 15 ml/L alcanzó el mayor media 4,58 cm de radícula, siguió el tratamiento (T1) Raizplant® 500 15 ml/L con una media de 4,13, cm de radícula; sin embargo el tratamiento (T2) Razormin 15 ml/L presentó la menor media con 1.27 cm de radícula lo cual es una media muy alejada de la más alta, siendo diferente estadísticamente a los restantes tratamientos. (Ver Figura 1).

En la evaluación realizada en el día 9 después de la germinación, el tratamiento (T4) Raykat® 15 ml/L alcanzó el mayor media 7,69 cm de radícula, luego siguió el tratamiento (T1) Raizplant® 500 15 ml/L con una media de 7,66, cm de radícula; sin embargo el tratamiento (T2) Razormin 15 ml/L presentó la menor media nuevamente con 4,56 cm de radícula lo cual es una media muy alejada de la más alta. Siendo diferente estadísticamente a los restantes tratamientos. (Ver Figura1).

En la evaluación realizada a los 12 días después de la germinación, tratamiento (T4) Raykat® 15 ml/L obtuvo la mayor media con 10,97 cm de radícula; mientras que el tratamiento (T1) Raizplant® 500 15 ml/ alcanzó una media similar con 10.67 cm de radícula, difiriendo estadísticamente con los demás tratamientos, con un $p < 0,0001$. (ver Figura 1),

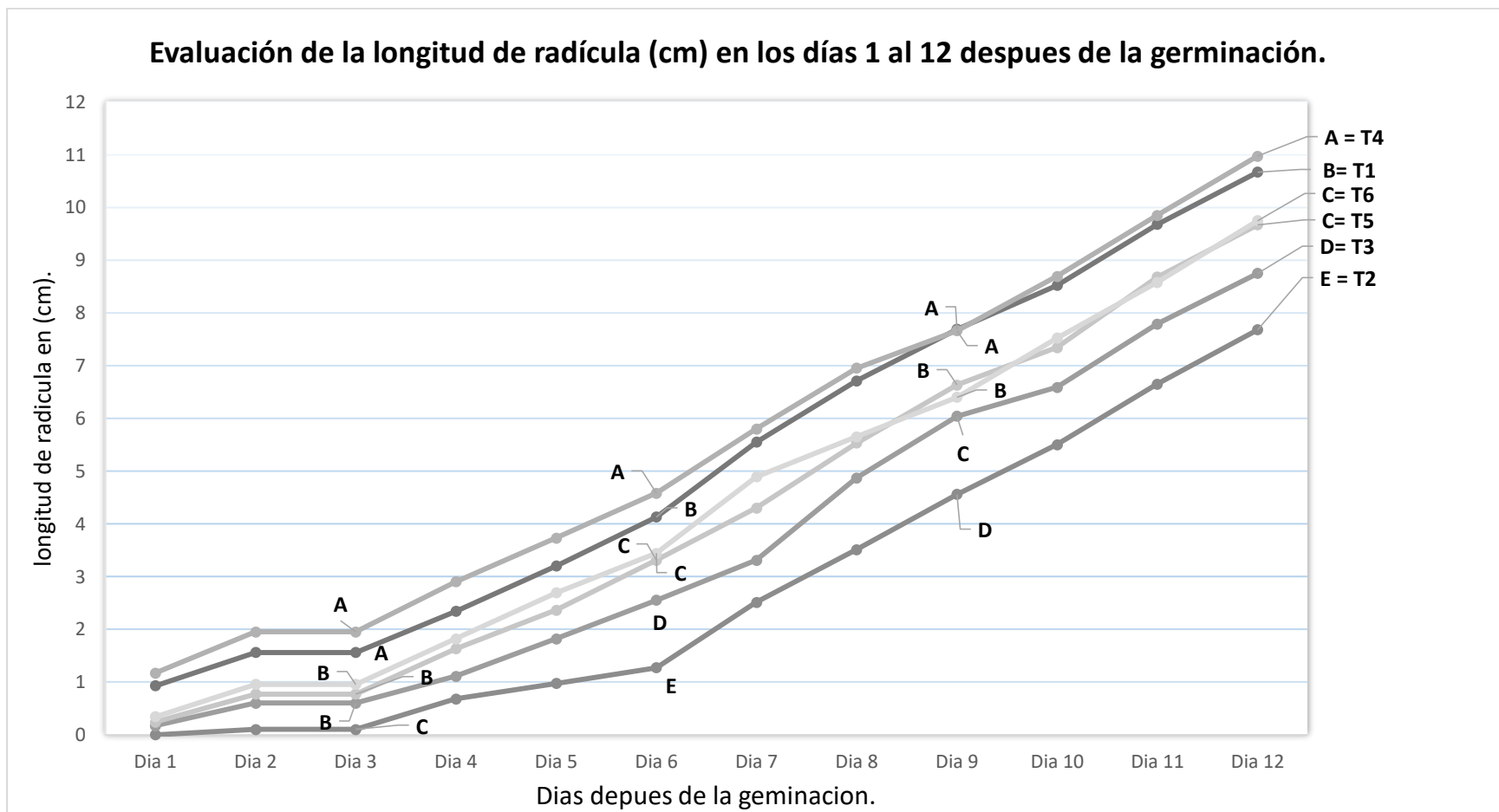


Figura 2. Comportamiento de la longitud de la radícula y las diferencias significativas a través del tiempo de la evaluación.

4.1.3. Análisis de la varianza de datos de hojas en la semana 1, a la semana 15 después de la siembra.

En la evaluación realizada en la semana 3 después de la siembra, el tratamiento con un $p < 0,0001$, el (T4) Raykat® 15 ml/L, seguido del tratamiento (T1) Raizplant® 500 15 ml/L y el testigo (T6) 0 ml/L, con promedios de 6,76, 6,56 y 6,28 hojas por planta respectivamente, se comportaron diferentes estadísticamente a los restantes tratamientos. El tratamiento (T2) Razormin 15 ml/L y el tratamiento (T5) Bioeco Enraizador 15 ml/L obtuvieron los menores promedios de con 4,96 y 4,48 hojas por planta, siendo diferentes estadísticamente entre sí y con los restantes tratamientos. (Ver Figura 2).

En la evaluación realizada en la semana 5 después de la siembra, el tratamiento (T1) Raizplant® 500 15 ml/L alcanzó el mayor promedio con 7,8 hojas por planta, luego siguió el tratamiento (T4) Raykat® 15 ml/L con un promedio de hojas de 7,56, siendo diferente estadísticamente a los restantes tratamientos. El tratamiento (T2) Razormin 15 ml/L presentó el menor promedio con 4,72 hojas. (Ver Figura 2).

En la evaluación realizada en la semana 9 después de la siembra, el tratamiento (T4) Raykat® 15 ml/L, seguido del tratamiento (T1) Raizplant® 500 15 ml/L, con promedios 10,44 y 10,32 hojas por planta respectivamente, se comportaron superiores y diferentes estadísticamente a los restantes tratamientos. El tratamiento (T2) Razormin 15 ml/L y el tratamiento (T6) testigo 0 ml/L obtuvieron los menores promedios de con 7,32 y 8,84 hojas por planta, siendo diferentes estadísticamente entre sí y con los restantes tratamientos. (Ver Figura 2).

En la evaluación realizadas la semana 11 después de la siembra, el tratamiento (T1) Raizplant® 500 15 ml/L alcanzó el mayor promedio 10,12 hojas por planta, luego siguió el tratamiento (T4) Raykat® 15 ml/L con un promedio de hojas de 9,24, siendo diferente estadísticamente a los restantes tratamientos. El testigo 0 ml/L (T6), logró una menor con 8,84 hojas. (Ver Figura 2).

En la evaluación realizada en la semana 15 después de la siembra, el tratamiento (T2) Razormin 15 ml/L el que incrementó el número de hojas, alcanzando un promedio de 10,2 hojas por planta (ver Figura 2).

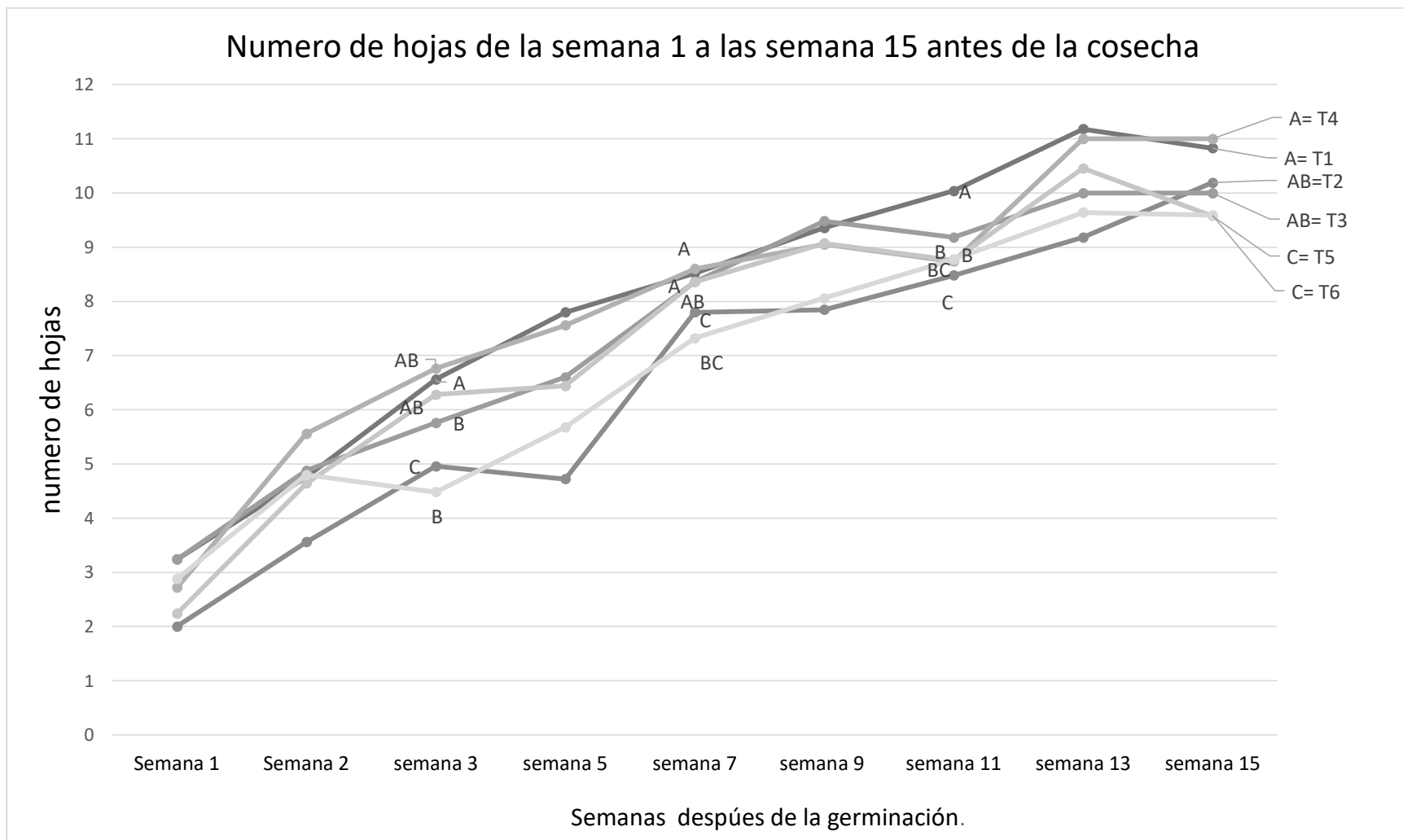


Figura 3 Comportamiento del número de hojas desde la semana 1 hasta la semana 15 después de la siembra y sus diferencias estadísticas.

4.1.4. Análisis de la varianza de datos de longitud de tallo en la semanas 1 hasta la semana 12 después de la siembra.

La longitud del tallo se mantuvo muy constante entre los diferentes tratamientos. En la evaluación realizadas en la semana 3 después de la siembra, el tratamiento (T1) Raizplant® 500 15 ml/L alcanzó la mayor media con 38,32 cm de longitud de tallo seguido del tratamiento (T4) Raykat® 15 ml/L con una media de 37,92, de longitud de tallo. El tratamiento (T2) Razormin 15 ml/L presentó la menor media con 27,68 cm de longitud de tallo lo cual es una media muy alejada de la más alta, siendo diferente estadísticamente a los restantes tratamientos.

En la evaluación realizadas la semana 5 después de la siembra, el tratamiento (T1) Raizplant® 500 15 ml/L alcanzó el mayor media con 62,08 cm de longitud de tallo, luego siguió el tratamiento (T4) Raykat® 15 ml/L con una media de longitud de 61,8 cm siendo diferente estadísticamente a los restantes tratamientos. El tratamiento Rooting® a 15ml/L (T3), obtuvo una menor media con 57,8 longitud de tallo en comparación al tratamiento (T1) Raizplant® 500 15 ml/L; sin embargo, el tratamiento (T2) Razormin 15 ml/L presentó la menor media con 53,84 cm de longitud de tallo.

En la evaluación realizada en la semana 9 después de la siembra, el tratamiento (T4) Raykat® 15 ml/L, seguido del tratamiento (T1) Raizplant® 500 15 ml/L y el testigo (T6) 0 ml/L, con promedios 91,92; y 91,04 cm respectivamente, se comportaron superiores y diferentes estadísticamente a los restantes tratamientos. El tratamiento (T2) Razormin 15 ml/L y el tratamiento Rooting® a 15ml/L (T3) obtuvieron las menores medias con 87,04 y 88,36 cm longitud de tallo, siendo diferentes estadísticamente entre sí y con los restantes tratamientos.

La prueba de Tukey a la semana 11 determinó igualdad estadística entre los tratamientos con un $p < 0,0012$ que incluyen a los estimulantes, sobresaliendo (T1) Raizplant® 500 15 ml/L con 105,44 cm, (T4) Raykat® 15 ml/, con 104,32 cm, (T5) Bioeco Enraizador® a 15 ml/L con 102,2 cm, tratamiento (T3) Rooting® a 15ml/L, con 102,08 cm y el testigo (T6) 0 ml/L, con 101,8 cm respectivamente, siendo iguales estadísticamente y el de menor media con 98,6 cm fue el tratamiento (T2) Razormin 15 ml/L

En la evaluación realizada en la semana 15 después de la siembra, con un $p < 0,004$ el tratamiento (T4) Raykat® 15 ml/L, seguido del tratamiento (T1) Raizplant® 500 15 ml/L obtuvieron medias de 116,56 y 115,44 cm de longitud de tallo, respectivamente, se comportaron superiores y diferentes estadísticamente a los restantes tratamientos. El tratamiento (T2) Razormin 15 ml/L y el tratamiento Rooting® a 15ml/L (T3) obtuvieron las menores medias de con 109,72 y 112,92 cm longitud de tallo, siendo diferentes estadísticamente entre sí y con los restantes tratamientos.

En términos generales estos resultados sugieren que la longitud de tallo tiene un lto porcentaje de control genético y que la aplicación de enraizadores favorece muy poco las diferencias entre tratamientos, manteniéndose esta variable con una tendencia muy similar entre todos los tratamientos.

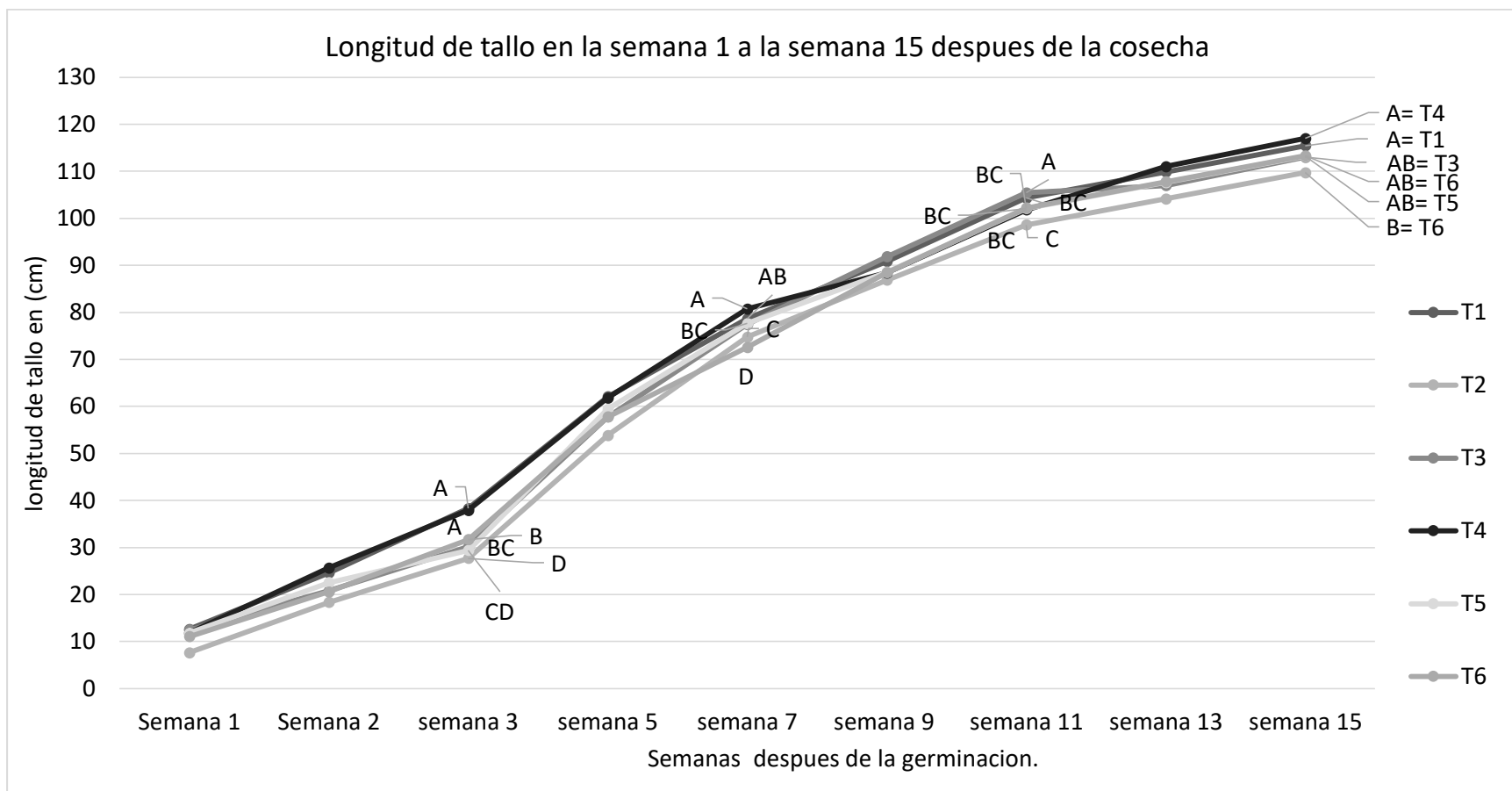


Figura 4 Comportamiento de la longitud de tallo (cm) y los resultados del análisis estadístico.

4.2. Análisis de la varianza de datos de fase de reproductiva número de panículas y rendimiento por m².

Las medias del número de panículas y el rendimiento de la variedad de arroz 'INTA PUITA CL, el análisis de varianza detectó significancia estadística con un $p < 0,0001$. entre los tratamientos tanto químicos como orgánicos para el número de panículas y el rendimiento en g/m². El coeficiente de variación fue muy bajo (1,88) lo cual sugiere un alto grado de explicación del análisis de varianza.

El tratamiento (T4) Raykat® 15 ml/L obtuvo el mayor número de panículas con una media de 435,6 panículas y por consecuente un mayor rendimiento con una media de 461,74 g/m² mientras que el tratamiento (T1) Raizplant® 500 15 ml/L obtuvo una media de 456,01 g/m² respectivamente; no difiriendo significativamente entre sí.

Los restantes tratamientos se comportaron estadísticamente diferentes entre sí, con diferentes leves y con promedios fluctuando entre 435,45 g/m² y 410,86g/m² siendo este último el tratamiento (T2) Razormin 15 ml/L el que presentó la media más baja tanto en el número de panículas y rendimiento en comparación a los demás tratamientos evaluados en esta investigación

En lo que respecta al rendimiento, todos los tratamientos que incluyen los estimulantes radicular, difirieron estadísticamente con un $p < 0,0001$. el testigo sin estimulante; sobresaliendo el tratamiento (T4) Raykat® 15 ml/L, que alcanzó el mayor rendimiento. Sin embargo, el testigo fue estadísticamente similar a uno de los enraizadores empleados en el estudio (T2) Razormin 15 ml/L).

En términos generales y analizando integralmente los resultados, se logra establecer que al mejorar el sistema radicular de la planta, la misma es capaz de mejorar su capacidad de absorción de micro macro y minerales presentes en el suelo, lo que ayuda al incremento del área foliar en la planta (mayor altura, mayor número de hojas) siendo capaz de captar más radiación solar lo cual la beneficia su desarrollo e incrementa la productividad....

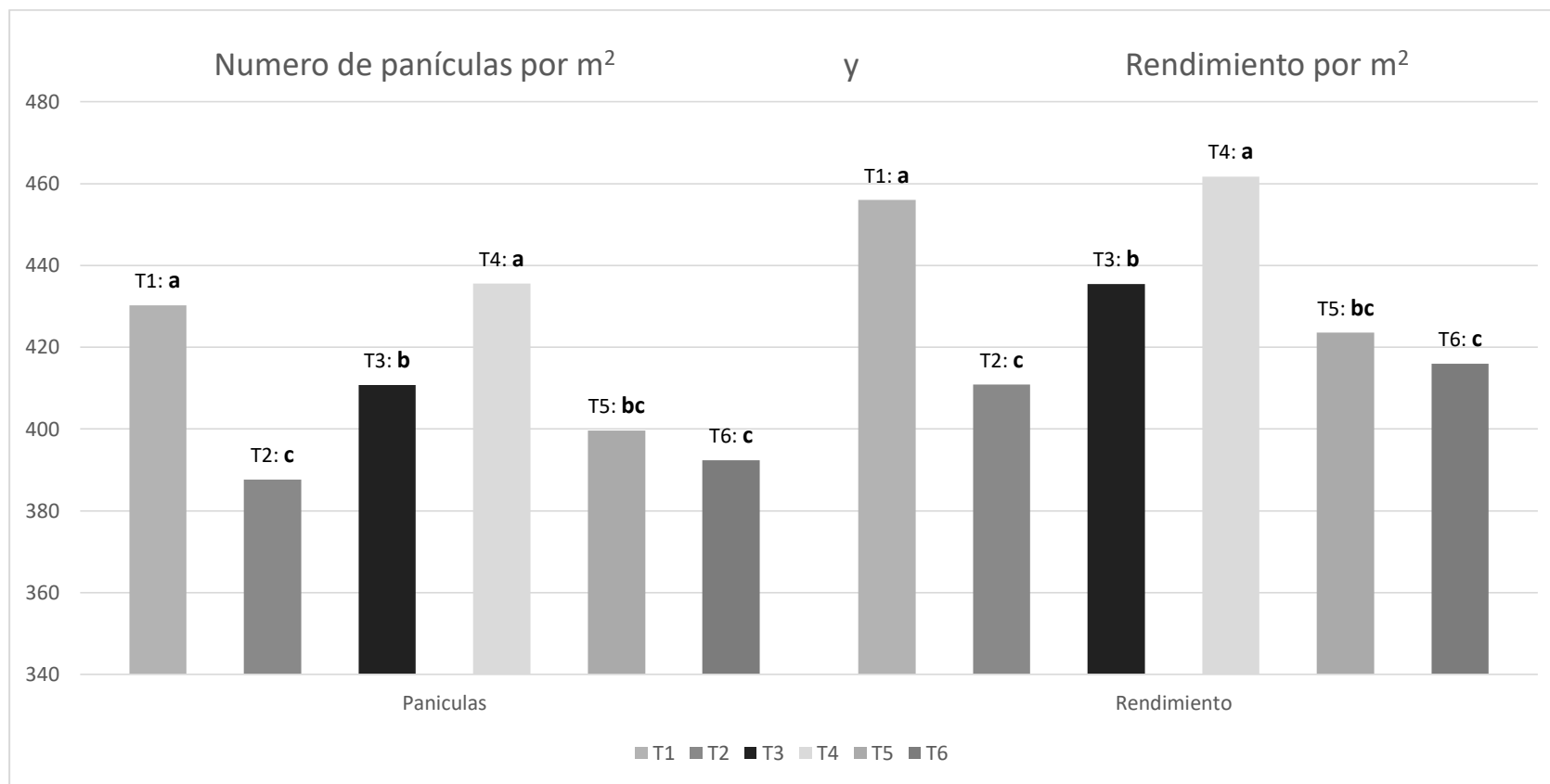


Figura 5. Análisis de la varianza de datos de fase de reproductiva número de panículas y rendimiento por m².

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

5. Capítulo 5

5.1. Conclusiones

Se logra determinar que los estimulantes radiculares ayudan al desarrollo de la planta durante sus diferentes fases de crecimiento por lo tanto repercuten positivamente en los rendimientos de la planta.

Los tratamientos (T4) Raykat® 15 ml, y (T1) Raizplant® 500 15 ml en las variables longitud de radícula mostraron desde el inicio del experimento las mejores condiciones de desarrollo radicular, lo que favoreció la absorción de nutrientes y agua.

Como consecuencia de un mejor sistema radicular, las plantas presentaron mayor número de hojas por planta y por ende mayor área foliar, lo cual se vio reflejada en los tratamientos (T4) Raykat® 15 ml, y (T1) Raizplant® 500 15 ml, que obtuvieron 11 y 10,98 hojas por planta y así mismo una mayor longitud de tallo de 116,56 y 115,44 cm a la semana 15 en comparación al testigo (T6) 0 ml/L que obtuvo un número de hojas de 8,84 y 113,32 de longitud de tallo en la semana 15 .

Los resultados experimentales demostraron que el tratamiento (T4) Raykat® 15 ml/L, obtuvo el mayor número de panículas, superando en un 8% aproximadamente al testigo (T6) 0 ml/L, así mismo incrementó en promedio un 12% aproximadamente el rendimiento.

En la investigación se demostró que algunos productos orgánicos como el tratamiento (T3) Rooting 15 ml/l presentan mejores rendimientos que el tratamiento (T6) testigo 0ml/l, lo cual indica que existen además alternativas más orgánicas para incrementar el rendimiento.

En cuanto al análisis entre los estimulantes radiculares orgánicos el tratamiento (T3) Rooting 15 ml/l sobresalió en todas las variables estudiadas ante el tratamiento (T5) bioeco enraizador 15ml/l.

5.2. Recomendaciones

- Es necesario validar a escala comercial los resultados obtenidos en el presente estudio. Para ello se recomienda realizar los estudios en las épocas habituales en que se produce arroz en la zona
- No se llevó a cabo ensayos sobre las dosis a aplicar, por lo tanto se recomienda aplicar las dosis recomendadas en las etiquetas de los productos.
- Realizar las siembras con las densidades de siembra adecuadas.
- Procurar utilizar el uso de nuevas alternativas con productos orgánicos o amigables con el medio ambiente.
- Utilizar estimulantes radiculares como alternativa para mejorar el rendimiento en las planta de arroz.
- Antes de utilizar un nuevo estimulante radicular realizar pruebas de campo y almácigos.
- Realizar los planes para el manejo nutricional del cultivo que se verá favorecido con el uso de los estimuladores radicales.
- Al realizar ensayos en semilla de arroz hay que tomar en cuenta las condiciones climáticas presenten al realizarlo.

5.3. Bibliografía

- Acuña, A. (11 de Abril de 2011). Global cespced. Obtenido de <http://globalcesped.org/noticias-mainmenu-2/los-suelos/495-ique-son-los-bioestimulantes>
- Arroyo, N., Luke, R., & Rivera, L. (24 de Abril de 2013). meic.go.cr. Obtenido de <http://reventazon.meic.go.cr/informacion/estudios/2013/arroz/informe.pdf>
- Azcon Joaquin, & Talon, M. (Febrero de 2000). Fundamentos de la fisiología vegetal. En J. Azcon Bieto, & M. Talon, Fundamentos de la fisiología vegetal (págs. 286-287, 317). Barcelona, España: Universitat de Barcelona. Obtenido de UNNE Argentina: <http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FundamentosdeFisiologiaVegetalAzcon.pdf>
- Blas Liore, A., & Arguissain, G. G. (22 de agosto de 2005). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Obtenido de INTA: <http://inta.gob.ar/variedades/puita-inta-cl>
- Camacho Sandoval, A. C. (20 de febrero de 2013). EL financiero. Obtenido de www.elfinancierocr.com/negocios/arroz-Corporacion_Arocerainver
- Dasilva, R. (2002). Conozca cuál es la definición de eficacia desde distintos puntos de vista. Obtenido de <http://www.promonegocios.net/administracion/definicion-eficacia.html>
- Duran, I. R. (Noviembre de 2008). magrama.gob.es. Obtenido de http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_Agri%2FAgri_2008_912_836_842.pdf
- EcuRed. (2008). EcuRed conociminetos con todos y para todos. Obtenido de <http://www.ecured.cu/Arroz>
- EcuRed. (Febrero de 2016). EcuRed. Obtenido de <http://www.ecured.cu/Arroz>
- Hoffmann, J. (1999). LA EVALUACIÓN. Mito y desafío. Una perspectiva constructivista. Porto alegre: Editorial Mediação. Obtenido de <http://www.neuquen.edu.ar/regresoreceso/materiales%20otros/HOFFMAN-L...pdf>
- Hudson Hartman, T., & Dale Kester, E. (1972). Propagacion de plantas. Mexico D.F: Editorial Continental S.A.
- INAP. (2007). Ecuador: Instituto Nacional Autonomo de Investigacion Agropecuaria. Obtenido de https://books.google.co.cr/books?id=IXozAQAAMAAJ&pg=PA8-IA1&lpg=PA8-IA1&dq=Instituto+Nacional+de+Investigaci%C3%B3n+Agropecuarias.+Manual+del+cultivo+de+arroz.+Segunda+Edici%C3%B3n&source=bl&ots=gzYWh3q0Qg&sig=tf-3bBkzkP7Yc_Gx6q4FMmKF8EE&hl=es&sa=X&redir_
- InfoAgro. (Noviembre de 2012). InfoAgro. Obtenido de <http://servicios.laverdad.es/canalagro/datos/herbaceos/cereales/arroz>
- J Fuller , H., & D Ritchie, D. (1984). Botánica general. En H. J Fuller, & D. D Ritchie, Botánica general (págs. 286,287,317). Mexico: Continental S.A de C.V Mexico.
- Jiménez Rodríguez, C., & Arias Aguilar, D. (2004). Distribución de la biomasa y densidad de raíces finas en una gradiente sucesional de bosques en la Zona Norte de Costa Rica. Revista Forestal Mesoamericana Kurú.

- Morales, R. E. (1997). Apuntes metodológicos para el estudio de raíces en plantaciones forestales y bosques naturales: Simposio internacion “Posibilidad de Manejo Forestal Sostenible en América. Tropical”. Obtenido de <http://www.ots.ac.cr/bnbt/18943.html>
- Olmos, S. (Marzo de 2007). Facultad de Ciencias Agrarias, UNNE. Obtenido de <http://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/academico/Apunte-MORFOLOGIA.pdf>
- Ortiz, A. S. (2007). EL arroz. La Paz Bolivia: Centro de Investigacion y Promocion del Campesino.
- SANDOVAL, A. C. (06 de Septiembre de 2013). EL FINANCIERO. Obtenido de http://www.elfinancierocr.com/negocios/arroz-Corporacion_Aroccera-inversion-aniversario-45_anos-planta_0_367763230.html
- Villalva, L. (7 de enero de 2011). ESPOL. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/.../1/TESIS.doc>

Anexos

Cuadro 3 Análisis de la Varianza de longitud de radícula (cm) día 1.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Longitud de radícula (cm)	60	0,82	0,8	71,3		
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	2,56	5	0,51	49,09	<0,0001	
Tratamientos	2,56	5	0,51	49,09	<0,0001	
Error	0,56	54	0,01			
Total	3,13	59				
Test Tukey	Alfa=0,05	DMS=0,13503	Error: 0,0104	gl: 54		
Tratamientos	Medias	n	E.E.			
T4	0,5	10	0,03		A	
T1	0,36	10	0,03			A
T5	0	10	0,03			B
T3	0	10	0,03			B
T2	0	10	0,03			B
T6	0	10	0,03			B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Día 2 de evaluación longitud de radícula (cm).

Cuadro 4 Análisis de la Varianza de longitud de radícula (cm) día 2.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Longitud de radícula (cm)	60	0,94	0,93	24,49		
Análisis de la Varianza						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	10,82	5	2,16	159,9	<0,0001	
Tratamientos	10,82	5	2,16	159,9	<0,0001	
Error	0,73	54	0,01			
Total	11,55	59				
Test Tukey	Alfa=0,05	DMS=0,15373	Error: 0,0135	gl: 54		
Tratamientos	Medias	n	E.E.			
T4	1,17	10	0,04		A	
T1	0,93	10	0,04			B
T6	0,34	10	0,04			C
T5	0,24	10	0,04			C D
T3	0,17	10	0,04			D
T2	0	10	0,04			E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 5 Análisis de la Varianza de longitud de radícula (cm) día 3.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Longitud de radícula (cm)	60	0,75	0,73	37,7		
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	22,41	5	4,48	32,29	<0,0001	
Tratamientos	22,41	5	4,48	32,29	<0,0001	
Error	7,5	54	0,14			
Total	29,9	59				
Test Tukey	Alfa=0,05	DMS=0,15373	Error: 0,1388	gl: 54		
Tratamientos	Medias	n	E.E.			
T4	1,95	10	0,12	A		
T1	1,56	10	0,12	A		
T6	0,95	10	0,12		B	
T5	0,77	10	0,12		B	
T3	0,6	10	0,12		B	
T1	0,1	10	0,12			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 6 Análisis de la Varianza de longitud de radícula (cm) día 4.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Longitud de radícula (cm)	60	0,92	0,91	12,96		
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	32,44	5	6,49	126,68	<0,0001	
Tratamientos	32,44	5	6,49	126,68	<0,0001	
Error	2,77	54	0,05			
Total	35,21	59				
Test Tukey	Alfa	0,05	DMS	0,15373	Error	0,1388 gl 54
Tratamientos	Medias	n	E.E.			
T4	2,9	10	0,07	A		
T1	2,34	10	0,07		B	
T6	1,82	10	0,07			C
T5	1,63	10	0,07			C
T3	1,11	10	0,07			D
T2	0,68	10	0,07			E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 7 Análisis de la Varianza de longitud de radícula (cm) día 5.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV			
Longitud de radícula (cm)	60	0,92	0,92	11,13			
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor		
Modelo.	48,53	5	9,71	129,38	<0,0001		
Tratamientos	48,53	5	9,71	129,38	<0,0001		
Error	4,05	54	0,08				
Total	52,58	59					
Test Tukey	Alfa	0,05	DMS	0,36189	Error	0,075	gl 54
Tratamientos	Medias	n	E.E.				
T4	3,73	10	0,09	A			
T1	3,2	10	0,09		B		
T6	2,69	10	0,09			C	
T5	2,36	10	0,09			C	
T3	1,82	10	0,09				D
T2	0,97	10	0,09				E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 8 Análisis de la Varianza de longitud de radícula (cm) día 6.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV			
Longitud de radícula (cm)	60	0,97	0,97	6,01			
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor		
Modelo.	69,85	5	14	374,21	<0,0001		
Tratamientos	69,85	5	14	374,21	<0,0001		
Error	2,02	54	0,04				
Total	71,87	59					
Test Tukey	Alfa	0,05	DMS	0,2553	Error	0,0373	gl 54
Tratamientos	Medias	n	E.E.				
T4	4,58	10	0,06	A			
T1	4,13	10	0,06		B		
T6	3,44	10	0,06			C	
T5	3,31	10	0,06			C	
T3	2,55	10	0,06				D
T2	1,27	10	0,06				E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 9 Análisis de la Varianza de longitud de radícula (cm) día 7.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Longitud de radícula (cm)	60	0,97	0,96	5,34		
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	82,93	5	16,6	301,34	<0,0001	
Tratamientos	82,93	5	16,6	301,34	<0,0001	
Error	2,97	54	0,06			
Total	85,9	59				
Test Tukey	Alfa	0,05	DMS	0,31	Error	0,055 gl 54
Tratamientos	Medias	n	E.E.			
T4	5,8	10	0,07	A		
T1	5,55	10	0,07	A		
T6	4,89	10	0,07		B	
T5	4,3	10	0,07			C
T3	3,31	10	0,07			D
T2	2,51	10	0,07			E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 10 Análisis de la Varianza de longitud de radícula (cm) día 8.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Longitud de radícula (cm)	60	0,95	0,94	5,14		
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	76,83	5	15,4	187,62	<0,0001	
Tratamientos	76,83	5	15,4	187,62	<0,0001	
Error	4,34	54	0,08			
Total	81,18	59				
Test Tukey	Alfa	0,05	DMS	0,3819	Error	0,082 gl 54
Tratamientos	Medias	n	E.E.			
T4	6,95	10	0,09	A		
T1	6,71	10	0,09	A		
T6	5,65	10	0,09		B	
T5	5,53	10	0,09		B	
T3	4,87	10	0,09			C
T2	3,47	9	0,1			D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 11 Análisis de la Varianza de longitud de radícula (cm) día 9.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Longitud de radícula (cm)	60	0,95	0,95	3,84		
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	67,64	5	13,5	217,28	<0,0001	
Tratamientos	67,64	5	13,5	217,28	<0,0001	
Error	3,36	54	0,06			
Total	71	59				
Test Tukey	Alfa	0,05	DMS	0,3297	Error	0,062 gl 54
Tratamientos	Medias	n	E.E.			
T1	7,69	10	0,08	A		
T4	7,66	10	0,08	A		
T5	6,63	10	0,08		B	
T6	6,4	10	0,08		B	
T3	6,04	10	0,08			C
T2	4,56	10	0,08			D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 12 Análisis de la Varianza de longitud de radícula (cm) día 10.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Longitud de radícula (cm)	60	0,95	0,95	3,29		
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	68,41	5	13,7	231,39	<0,0001	
Tratamientos	68,41	5	13,7	231,39	<0,0001	
Error	3,13	54	0,06			
Total	71,55	59				
Test Tukey	Alfa	0,05	DMS	0,3245	Error	0,059 gl 54
Tratamientos	Medias	n	E.E.			
T4	8,69	10	0,08	A		
T1	8,52	10	0,08	A		
T6	7,52	10	0,08		B	
T5	7,34	10	0,08		B	
T3	6,59	10	0,08			C
T2	5,5	9	0,08			D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 13 Análisis de la Varianza de longitud de radícula (cm) día 11.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Longitud de radícula (cm)	60	0,95	0,95	2,97		
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	71,71	5	14,3	223,4	<0,0001	
Tratamientos	71,71	5	14,3	223,4	<0,0001	
Error	3,47	54	0,06			
Total	75,18	59				
Test Tukey	Alfa	0,05	DMS	0,3345	Error	0,064 gl 54
Tratamientos	Medias	n	E.E.			
T4	9,85	10	0,08	A		
T1	9,68	10	0,08	A		
T5	8,68	10	0,08		B	
T6	8,58	10	0,08		B	
T3	7,79	10	0,08			C
T2	6,65	10	0,08			D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 14 Análisis de la Varianza de longitud de radícula (cm) día 12.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Longitud de radícula (cm)	60	0,96	0,96	2,34		
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	74,56	5	14,9	297,25	<0,0001	
Tratamientos	74,56	5	14,9	297,25	<0,0001	
Error	2,71	54	0,05			
Total	77,27	59				
Test Tukey	Alfa	0,05	DMS	0,3345	Error	0,064 gl 54
Tratamientos	Medias	n	E.E.			
T4	10,97	10	0,07	A		
T1	10,67	10	0,07		B	
T6	9,75	10	0,07			C
T5	9,67	10	0,07			C
T3	8,75	10	0,07			D
T2	7,68	10	0,07			E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 15 Análisis de la varianza de datos de hojas en la semana 1.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Datos de hojas	150	0,35	0,33	24		
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	32,88	5	6,58	15,43	<0,0001	
Tratamientos	32,88	5	6,58	15,43	<0,0001	
Error	61,36	144	0,43			
Total	94,24	149				
Test Tukey	Alfa	0,05	DMS	0,5272	Error	0,426 gl 144
Tratamientos	Medias	n	E.E.			
T1	3,24	25	0,13	A		
T4	3,24	25	0,13	A		
T6	2,88	25	0,13	A		
T3	2,72	25	0,13	A	B	
T5	2,24	25	0,13	B		C
T2	2	25	0,13	C		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 16 Análisis de la varianza de datos de tallo en la semana 1.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Datos de tallo	150	0,57	0,55	13,31		
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	424,99	5	85	38,03	<0,0001	
Tratamientos	424,99	5	85	38,03	<0,0001	
Error	321,84	144	2,23			
Total	746,83	149				
Test Tukey	Alfa	0,05	DMS	1,2073	Error	2,235 gl 144
Tratamientos	Medias	n	E.E.			
T1	12,6	25	0,3	A		
T4	12,48	25	0,3	A		
T5	11,8	25	0,3	A	B	
T3	11,8	25	0,3	A	B	
T6	11,08	25	0,3	B		
T2	7,64	25	0,3	C		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 17 Análisis de la varianza de datos de hojas en la semana 2.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Datos de hojas	150	0,43	0,41	14,76		
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	52,22	5	10,4	21,71	<0,0001	
Tratamientos	52,22	5	10,4	21,71	<0,0001	
Error	69,28	144	0,48			
Total	121,5	149				
Test Tukey	Alfa	0,05	DMS	0,5602	Error	0,481 gl 144
Tratamientos	Medias	n	E.E.			
T4	5,56	25	0,14	A		
T3	4,88	25	0,14		B	
T6	4,8	25	0,14		B	
T1	4,76	25	0,14		B	
T5	4,64	25	0,14		B	
T2	3,56	25	0,14			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 18 Análisis de la varianza de datos de tallo en la semana 2.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Datos de tallo	150	0,67	0,66	8,03		
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	927,71	5	186	59,05	<0,0001	
Tratamientos	927,71	5	186	59,05	<0,0001	
Error	452,48	144	3,14			
Total	1380,2	149				
Test Tukey	Alfa	0,05	DMS	1,4315	Error	3,142 gl 144
Tratamientos	Medias	n	E.E.			
T4	25,64	25	0,35	A		
T1	24,6	25	0,35	A		
T5	22,52	25	0,35		B	
T3	20,76	25	0,35			C
T6	20,56	25	0,35			C
T2	18,36	25	0,35			D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 19 Análisis de la varianza de datos de hojas en la semana 3.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV			
Datos de hojas	150	0,35	0,33	20,09			
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor		
Modelo.	104,48	5	20,9	15,39	<0,0001		
Tratamientos	104,48	5	20,9	15,39	<0,0001		
Error	195,52	144	1,36				
Total	300	149					
Test Tukey	Alfa	0,05	DMS	0,941	Error	3,142	gl 144
Tratamientos	Medias	n	E.E.				
T4	6,76	25	0,23	A			
T1	6,56	25	0,23	A	B		
T5	6,28	25	0,23	A	B		
T3	5,76	25	0,23		B	C	
T2	4,96	25	0,23			C	D
T6	4,48	25	0,23				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 20 Análisis de la varianza de datos de tallo en la semana 3.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV			
Datos de tallo	150	0,74	0,73	7,66			
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor		
Modelo.	2560,64	5	512,13	82,6	<0,0001		
Tratamientos	2560,64	5	512,13	82,6	<0,0001		
Error	892,8	144	6,2				
Total	3453,44	149					
Test Tukey	Alfa	0,05	DMS	2,0108	Error	6,200	gl 144
Tratamientos	Medias	n	E.E.				
T1	38,32	25	0,5	A			
T4	37,92	25	0,5	A			
T6	31,68	25	0,5		B		
T3	30,12	25	0,5		B	C	
T5	29,4	25	0,5			C	D
T2	27,68	25	0,5				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 21 Análisis de la varianza de datos de hojas en la semana 5.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Datos de hojas	150	0,21	0,18	32,67		
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	166,53	5	33,3	7,46	<0,0001	
Tratamientos	166,53	5	33,3	7,46	<0,0001	
Error	642,8	144	4,46			
Total	809,33	149				
Test Tukey	Alfa	0,05	DMS	1,706	Error	4,463 gl 144
Tratamientos	Medias	n	E.E.			
T1	7,8	25	0,42	A		
T4	7,56	25	0,42	A		
T3	6,6	25	0,42	A	B	
T5	6,44	25	0,42	A	B	
T6	5,68	25	0,42		B	C
T2	4,72	25	0,42			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 22 Análisis de la varianza de datos de tallo en la semana 5.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Datos de tallo	150	0,46	0,44	5,26		
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	1168	5	234	24,39	<0,0001	
Tratamientos	1168	5	234	24,39	<0,0001	
Error	1379,2	144	9,58			
Total	2547,2	149				
Test Tukey	Alfa	0,05	DMS	2,5	Error	9,577 gl 144
Tratamientos	Medias	n	E.E.			
T1	62,08	25	0,62	A		
T4	61,8	25	0,62	A	B	
T5	59,4	25	0,62		B	C
T6	57,8	25	0,62			C
T3	57,8	25	0,62			C
T2	53,84	25	0,62			D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 23 Análisis de la varianza de datos de hojas en la semana 7.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Datos de hojas	150	0,25	0,23	9,75		
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	30,96	5	6,19	9,78	<0,0001	
Tratamientos	30,96	5	6,19	9,78	<0,0001	
Error	91,2	144	0,63			
Total	122,16	149				
Test Tukey	Alfa	0,05	DMS	0,6427	Error	0,633 gl 144
Tratamientos	Medias	n	E.E.			
T4	8,6	25	0,16	A		
T1	8,52	25	0,16	A		
T3	8,36	25	0,16	A	B	
T4	8,36	25	0,16	A	B	
T2	7,8	25	0,16		B	C
T6	7,32	25	0,16			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 24 Análisis de la varianza de datos de tallo en la semana 7.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Datos de tallo	150	0,74	0,73	7,66		
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	1053,87	5	210,77	13,09	<0,0001	
Tratamientos	1053,87	5	210,77	13,09	<0,0001	
Error	2318,96	144	16,1			
Total	3372,83	149				
Test Tukey	Alfa	0,05	DMS	3,24	Error	16,103 gl 144
Tratamientos	Medias	n	E.E.			
T4	80,76	25	0,8	A		
T1	78,64	25	0,8	A	B	
T5	77,64	25	0,8	A	B	C
T3	77,44	25	0,8		B	C
T2	74,76	25	0,8			C D
T6	72,56	25	0,8			D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 25 Análisis de la varianza de datos de hojas en la semana 9.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Datos de hojas	150	0,3	0,28	14,85		
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	118,27	5	23,7	12,54	<0,0001	
Tratamientos	118,27	5	23,7	12,54	<0,0001	
Error	271,6	144	1,89			
Total	389,87	149				
Test Tukey	Alfa	0,05	DMS	1,109	Error	1,886 gl 144
Tratamientos	Medias	n	E.E.			
T4	10,44	25	0,27	A		
T1	10,32	25	0,27	A		
T5	9	25	0,27		B	
T3	9	25	0,27		B	
T6	8,84	25	0,27		B	C
T2	7,88	25	0,27			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 26 Análisis de la varianza de datos de tallo en la semana 9.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Datos de tallo	150	0,2	0,17	3,87		
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	420,03	5	84,01	7,05	<0,0001	
Tratamientos	420,03	5	84,01	7,05	<0,0001	
Error	1715,76	144	11,92			
Total	2135,79	149				
Test Tukey	Alfa	0,05	DMS	3,24	Error	16,103 gl 144
Tratamientos	Medias	n	E.E.			
T4	91,92	25	0,69	A		
T1	91,04	25	0,69	A	B	
T6	88,8	25	0,69		B	C
T3	88,48	25	0,69		B	C
T5	88,36	25	0,69		B	C
T2	87,04	25	0,69			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 27 Análisis de la varianza de datos de hojas en la semana 11.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Datos de hojas	150	0,29	0,26	9,58		
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	42,99	5	8,6	11,48	<0,0001	
Tratamientos	42,99	5	8,6	11,48	<0,0001	
Error	107,84	144	0,75			
Total	150,83	149				
Test Tukey	Alfa	0,05	DMS	0,698	Error	0,748 gl 144
Tratamientos	Medias	n	E.E.			
T1	10,12	25	0,17	A		
T4	9,24	25	0,17		B	
T6	8,84	25	0,17		B	C
T5	8,8	25	0,17		B	C
T3	8,72	25	0,17		B	C
T2	8,48	25	0,17			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 28 Análisis de la varianza de datos de tallo en la semana 11.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Datos de tallo	150	0,13	0,1	5,58		
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	696,75	5	139,35	4,27	0,0012	
Tratamientos	696,75	5	139,35	4,27	0,0012	
Error	4699,44	144	32,64			
Total	5396,19	149				
Test Tukey	Alfa	0,05	DMS	4,613	Error	32,635 gl 144
Tratamientos	Medias	n	E.E.			
T4	105,44	25	1,14	A		
T1	104,32	25	1,14	A		
T6	102,2	25	1,14	A	B	
T5	102,08	25	1,14	A	B	
T3	101,8	25	1,14	A	B	
T2	98,6	25	1,14		B	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 29 Análisis de la varianza de datos de hojas en la semana 13.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Datos de hojas	150	0,41	0,39	9,73		
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	100,16	5	20	20,02	<0,0001	
Tratamientos	100,16	5	20	20,02	<0,0001	
Error	144,08	144	1			
Total	244,24	149				
Test Tukey	Alfa	0,05	DMS	0,807	Error	1,000 gl 144
Tratamientos	Medias	n	E.E.			
T4	11,32	25	0,2	A		
T1	11,24	25	0,2	A		
T5	10,6	25	0,2	A		
T6	9,64	25	0,2		B	
T3	9,64	25	0,2		B	
T2	9,24	25	0,2		B	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 30 Análisis de la varianza de datos de tallo en la semana 13.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Datos de tallo	150	0,12	0,09	5,49		
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	696,75	5	139,35	3,96	0,0021	
Tratamientos	696,75	5	139,35	3,96	0,0021	
Error	5062,08	144	35,15			
Total	5758,83	149				
Test Tukey	Alfa	0,05	DMS	4,78	Error	35,150 gl 144
Tratamientos	Medias	n	E.E.			
T4	111	25	1,19	A		
T1	109,88	25	1,19	A		
T6	107,76	25	1,19	A	B	
T5	107,64	25	1,19	A	B	
T3	107,36	25	1,19	A	B	
T2	104,16	25	1,19		B	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 31 Análisis de la varianza de datos de hojas en la semana 15.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Datos de hojas	150	0,38	0,36	7,58		
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	53,66	5	10,7	17,59	<0,0001	
Tratamientos	53,66	5	10,7	17,59	<0,0001	
Error	87,84	144	0,61			
Total	141,5	149				
Test Tukey	Alfa	0,05	DMS	0,63	Error	0,610 gl 144
Tratamientos	Medias	n	E.E.			
T1	11	25	0,16	A		
T4	10,96	25	0,16	A		
T3	10,6	25	0,16	A	B	
T2	10,12	25	0,16		B	C
T5	9,6	25	0,16			C
T6	9,52	25	0,16			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 32 Análisis de la varianza de datos de tallo en la semana 15.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Datos de tallo	150	0,11	0,08	5,45		
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	696,75	5	139,35	3,63	0,004	
Tratamientos	696,75	5	139,35	3,63	0,004	
Error	5522,64	144	38,35			
Total	6219,39	149				
Test Tukey	Alfa	0,05	DMS	5	Error	38,350 gl 144
Tratamientos	Medias	n	E.E.			
T4	116,56	25	1,24	A		
T1	115,44	25	1,24	A		
T6	113,32	25	1,24	A	B	
T5	113,2	25	1,24	A	B	
T3	112,92	25	1,24	A	B	
T2	109,72	25	1,24		B	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 33 Análisis de la varianza de datos de Panículas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Panículas m2	30	0,87	0,85	1,88		
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	9906,6	5	1981,31	33,38	<0,0001	
Tratamientos	9906,6	5	1981,31	33,38	<0,0001	
Error	1424,4	24	59,35			
Total	11331	29				
Test Tukey	Alfa	0,05	DMS	15,06	Error	59,350 gl 144
Tratamientos	Medias	n	E.E.			
T4	435,6	5	3,45	A		
T1	430,2	5	3,45	A		
T3	410,8	5	3,45		B	
T5	399,6	5	3,45		B	C
T6	392,4	5	3,45			C
T2	387,6	5	3,45			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 34 Análisis de la varianza de datos de rendimiento

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Rendimiento en g/m2	30	0,87	0,85	1,88		
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	11131	5	2226,2	33,38	<0,0001	
Tratamientos	11131	5	2226,2	33,38	<0,0001	
Error	1600,5	24	66,69			
Total	12731	29				
Test Tukey	Alfa	0,05	DMS	15,96	Error	66,680 gl 144
Tratamientos	Medias	n	E.E.			
T4	461,74	5	3,65	A		
T1	456,01	5	3,65	A		
T3	435,45	5	3,65		B	
T5	423,58	5	3,65		B	C
T6	415,94	5	3,65			C
T2	410,86	5	3,65			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Materiales



Fuente: Bryan Díaz Bonilla, 2016

Metodología prueba en bandejas



Fuente: Bryan Díaz Bonilla, 2016

Metodología prueba en campo



Fuente: Bryan Díaz Bonilla, 2016

Prueba en campo



Fuente: Bryan Díaz Bonilla, 2016

Prueba en bandeja



Fuente: Bryan Díaz Bonilla, 2016

Prueba en bandejas evaluación



Fuente: Bryan Díaz Bonilla, 2016

Prueba de campo evaluación



Fuente: Bryan Díaz Bonilla, 2016

Prueba en campo evaluación



Fuente: Bryan Díaz Bonilla, 20

Evolución en campo rendimiento por m²



Fuente: Bryan Díaz Bonilla, 2016

