



**Efecto del tratamiento de semillas con zn sobre la germinación y vigor de plántulas de
maíz dulce (*zea mays l.*) var. Bandit.**

Intriago Rojas, Luis Enrique

Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario

Mgs. Landázuri Abarca, Pablo Anibal

20 de agosto de 2021



Urkund Analysis Result

Analysed Document: EFECTO-DEL-TRATAMIENTO-DE-SEMILLAS-CON-Zn-SOBRE-LA-GERMINACIÓN-Y-VIGOR-DE-PLÁNTULAS-DE-MAÍZ-DULCE-Zea-mays-L.-var.-BANDIT. (1) (1).docx (D110408934)

Submitted: 7/13/2021 5:05:00 AM

Submitted By: palandazuri@espe.edu.ec

Significance: 4 %

Sources included in the report:

TRABAJO DE TITULACIÓN SORAYA LICTO.docx (D29009535)
ANCHUNDIA HUACON NELSON HUMBERTO.docx (D38401076)
tesis ROMERO Fernanda URKUND.docx (D98554951)
TESIS GENESIS MOSQUERA 1.docx (D106699110)
<http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v49n6/v49n6a3.pdf>
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/959/1/T-UTC-1255.pdf>
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/21450/1/T-UCE-0004-CAG-255.pdf>
<https://baixardoc.com/documents/xxvii-reunian-cientafica-tecnologica-forestal-y-agropecuaria--5d11333539716>
<https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5820/1/UPSE-TIA-2021-0022.pdf>

Instances where selected sources appear:

19



Firmado electrónicamente por
**PABLO ANIBAL
LANDAZURI
ABARCA**



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “Efecto del tratamiento de semillas con Zn sobre la germinación y vigor de plántulas de maíz dulce (*Zea mays L.*) var. Bandit”, fue realizado por el señor Intriago Rojas Luis Enrique, el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 14 julio del 2021



SELECCIONADO AUTOCERTIFICACIONES PDES
**PABLO ANIBAL
LANDAZURI
ABARCA**

Ing. Landazuri Abarca, Pablo Anibal

C. C. 1708262348

Director



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Intriago Rojas Luis Enrique**, con cédula de ciudadanía n°1726238676, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **"Efecto del tratamiento de semillas con Zn sobre la germinación y vigor de plántulas de maíz dulce (*Zea mays L.*) var. Bandit"**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 14 julio del 2021

Intriago Rojas Luis Enrique

C.C.: 1726238676



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, **Intriago Rojas Luis Enrique**, con cédula/cédulas de ciudadanía n°1726238676, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: "Efecto del tratamiento de semillas con Zn sobre la germinación y vigor de plántulas de maíz dulce (*Zea mays L.*) var. Bandit", en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 14 julio del 2021

Intriago Rojas Luis Enrique

C.C.: 1726238676

Dedicatoria

A Dios, por nunca desampararme, darme fuerzas para seguir adelante y demostrarme su infinita misericordia en todo momento.

A mis padres, Julio y Celia, por su ejemplo de amor, paciencia, fortaleza, honorabilidad y dedicación. Me han dado todo lo que soy como persona: valores, principios, educación, dignidad; cualidades que cada vez se vuelven más escasas en la sociedad.

A mi Abuelo, Arturo, por su compañía y cariño en mi infancia; por ser mi ejemplo a seguir. A él, quien me enseñó que siempre existen motivos para continuar adelante, luchar por los sueños y nunca dejarse vencer.

Agradecimientos

A la Carrera de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, a sus docentes, en especial al Ing. Landázuri Abarca, Pablo Aníbal por su apoyo incondicional y por brindarme la oportunidad de formar parte de este proyecto.

A mi familia; mi motor, gracias por su amor incondicional y por su invaluable apoyo durante el transcurso de este camino, sin ustedes este sueño no hubiese sido posible.

A mis amigos, gracias por los momentos compartidos y apoyo durante este hermoso viaje que emprendí.

Índice de contenido

Carátula	1
Urkund	2
Certificación.....	3
Responsabilidad de autoría	4
Autorización de publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimientos	7
Índice de contenido.....	8
Índice de tablas	12
Índice de figuras.....	13
Resumen	14
Abstract	15
Capítulo I	16
Introducción.....	16
Antecedentes.....	16
Justificación.....	17
Objetivos	19
<i>Objetivo general</i>	19

Objetivos Específicos	20
Hipótesis	20
Capítulo II	21
Revisión Literaria	21
Maíz dulce	21
Origen	21
Taxonomía	21
Descripción botánica	21
Ciclo del cultivo	23
Condiciones ambientales para desarrollo vegetativo	25
Prueba de germinación estándar	25
Evaluación del vigor de plántulas	26
Micronutrientes impregnados en semillas	27
Zinc en plantas	28
Sulfato de Zinc	29
Rizotrones	29
Ácido indolacético	30
Capítulo III	32
Materiales y Métodos	32

	10
Ubicación del lugar de investigación	32
Manejo de semillas.....	32
Diseño experimental	34
<i>Factores de estudio</i>	34
<i>Tratamientos</i>	34
<i>Tipo de diseño</i>	37
<i>Características de las unidades experimentales</i>	37
Análisis estadístico.....	37
<i>Esquema de análisis de varianza</i>	37
Variables evaluadas	38
<i>Porcentaje, período y velocidad de germinación</i>	38
<i>Altura de la planta</i>	39
<i>Vigor (Producción de materia seca (MS))</i>	39
<i>Desarrollo radicular (largo, diámetro)</i>	39
<i>Ácido indolacético</i>	40
Capítulo IV	42
Resultados y Discusión.....	42
Resultados	42
<i>Efecto de las dosis de Zn sobre el porcentaje de germinación y tiempo de aparición del coleóptilo</i>	42

<i>Efecto de las dosis de Zn sobre la altura de la plántula.....</i>	45
<i>Efecto de las dosis de Zn sobre la producción de MS de la plántula.....</i>	46
<i>Desarrollo radicular (diámetro)</i>	48
<i>Desarrollo radicular (largo)</i>	48
<i>Ácido indolacético (AIA).....</i>	50
Discusión	53
Capítulo V.....	56
Conclusiones y Recomendaciones	56
Conclusiones.....	56
Recomendaciones.....	57
Bibliografía.....	58

Índice de tablas

Tabla 1	<i>Ciclo del cultivo de Zea mays L. var. Bandit</i>	24
Tabla 2	<i>Nomenclatura para las diferentes dosis y tiempos de remojo para la impregnación de ZnSO₄</i>	35
Tabla 3	<i>Tratamientos de ZnSO₄ a diferentes dosis y tiempos de remojo</i>	36
Tabla 4	<i>Análisis de varianza para determinar el efecto del tratamiento de semillas con Zn sobre la germinación y vigor de plántulas de maíz dulce (Zea mays L.) var. Bandit</i>	37
Tabla 5	<i>Porcentajes de Germinación y tiempo de aparición del coleóptilo en semillas de maíz dulce (Zea mays L.) var. Bandit. Bajo el efecto de 4 dosis de Zn y 4 tiempos de remojo. Hacienda El Prado – Ecuador 2020</i>	43
Tabla 6	<i>Porcentajes de Germinación, periodo y velocidad de germinación en semillas de maíz dulce (Zea mays L.) var. Bandit. Bajo el efecto de 4 dosis de Zn y 4 tiempos de remojo. Hacienda El Prado – Ecuador 2020</i>	44
Tabla 7	<i>Análisis de varianza y Promedio ± Error estándar de la Altura y peso de plántulas de 15 días de maíz dulce (Zea mays L.) var. Bandit, bajo el efecto de 4 dosis de Zn y 4 tiempos de remojo. Hacienda El Prado – Ecuador 2020</i>	47
Tabla 8	<i>Análisis de varianza y Promedio ± Error estándar del desarrollo radicular (diámetro y largo) en plántulas de maíz dulce (Zea mays L.) var. Bandit, bajo el efecto de 4 dosis de Zn y 4 tiempos de remojo. Hacienda El Prado – Ecuador 2020</i>	49
Tabla 9	<i>Análisis de varianza y Promedio ± Error estándar de la concentración de ácido indolacético (AIA) en la raíz de plántulas de maíz dulce (Zea mays L.) var. Bandit, bajo el efecto de 4 dosis de Zn y 4 tiempos de remojo. Hacienda El Prado – Ecuador 2020</i>	51

Índice de figuras

Figura 1 <i>Manejo de semillas</i>	32
Figura 2 <i>Bandejas de germinación con plántulas de maíz dulce</i>	34
Figura 3 <i>Plántulas sembradas en rizotrones</i>	39
Figura 4 <i>Procedimiento para determinar la concentración de AIA</i>	41
Figura 5 <i>Germinación de semillas con 120 minutos de remojo</i>	45
Figura 6 <i>Altura de las plántulas en diferentes tiempos de remojo y dosis de 10 nM de Zn</i>	46
Figura 7 <i>Medición de raíces programa Root Snap versión 1.2.3.25</i>	50
Figura 8 <i>Concentraciones de AIA en raíces más desviación estándar</i>	52

Resumen

El zinc es considerado como un elemento indispensable dentro de la nutrición de las plantas porque participa en el metabolismo del ácido indolacético que se involucra principalmente en los procesos de alargamiento y división celular. Existen métodos que nos ayudan a suplir las deficiencias de elementos presentes en las semillas o en el suelo uno de ellos es la impregnación de microelementos en semillas de diferentes cultivos. Varios estudios recientes muestran que la impregnación de Zinc en semillas influye sobre la calidad de germinación, concentración de AIA, desarrollo vegetal y rendimiento. En este estudio se muestran los efectos de la impregnación con diferentes dosis de ZnSO₄ y diferentes tiempos de remojo sobre semillas de maíz dulce (*Zea mays L.*) variedad Bandit, cultivo de gran demanda en Ecuador y el mundo. Se mostró que la impregnación de semillas con Zn influyó sobre la calidad y velocidad de germinación (25 semillas por día en comparación al testigo 16 semillas por día), además aumentó significativamente la altura, vigor, largo y diámetro de raíz y concentración de AIA con 38,49 cm, 0,21g, 25 cm, 1,94 mm y 0,74 ug / ml respectivamente en comparación al testigo 19,21 cm, 0,08 g, 20,05 cm, 1,37 mm y 0,17 ug / ml respectivamente. El Zn proporcionado a través de la impregnación de semillas promueve la germinación y el crecimiento, con una dosis de 10mM y 120 minutos de remojo se observaron los mejores resultados.

Palabras clave: *Zea mays L, Impregnación de semillas, Vigor, Ácido indolacético.*

Abstract

Zinc is considered an essential element in plant nutrition because it participates in the metabolism of indolacetic acid, which is mainly involved in the processes of cell elongation and division. There are methods to fill deficiencies, improve germination and other agronomic variables such as the impregnation of micro elements in seeds of different crops. Several recent studies show that the impregnation of seeds with Zinc influences the quality of germination, IAA concentration, plant development and yield. This study shows the effects of impregnation with different doses of ZnSO₄ and different soaking times on seeds of sweet corn (*Zea mays*) of the Bandit variety, a crop in great demand in Ecuador and the world. It was shown that the impregnation of seeds with Zn influenced the quality and speed of germination (25 seeds per day compared to the control 16 seeds per day), also significantly increased the height, vigor, root length and diameter and concentration of IAA with 38.49 cm, 0.21g, 25 cm, 1.94 mm and 0.74 ug / ml respectively compared to the control 19.21 cm, 0.08 g, 20.05 cm, 1.37 mm and 0, 17 ug / ml respectively. The Zn provided through the impregnation of seeds promotes germination and growth, with a dose of 10mM and 120 minutes of soaking the best results were observed.

Keywords: *Zea mays*, *Seed treatment*, *Vigor*, *Indolacetic acid*.

Capítulo I

Introducción

Antecedentes

Las deficiencias de microelementos en los cultivos alimentarios han sido reportadas en todo el mundo. La impregnación de micro elementos en semillas antes de la siembra surge como una alternativa viable para suplir estas deficiencias, mediante este proceso se obtienen alimentos vegetales enriquecidos con vitaminas y micronutrientes necesarios en la dieta alimenticia de los seres humanos y animales (Cakmak , Prom-u-thai, Rerkasem, & Yazici, 2012).

En Venezuela en el año 2011 ingenieros agrónomos de la Fundación Azucarera para el Desarrollo, la Productividad y la Investigación (FUNDACAÑA) compararon la aplicación de una suspensión concentrada a base de Zn, con el uso de ácido giberélico (ÁG3) en el tratamiento de estacas sobre la emergencia y crecimiento inicial de plantas de caña de azúcar, *Saccharum spp.* Los resultados indican que el Zn promovió la emergencia, el crecimiento inicial de raíces y la producción de materia seca (MS) total de las plantas, mientras que la utilización de ÁG3 sólo promovió la longitud total de raíces (Rengel, Gil, & Montaña, 2011).

En el 2012 Ismail Cakmak y otros evaluaron los efectos de la impregnación de zinc en semillas sobre el vigor y la viabilidad de las plántulas de arroz (*Oryza sativa L.*). La tasa de germinación, el número de raíces y el peso seco fueron mucho más altos en semillas sometidas a la impregnación de Zn a dosis de 5 y 2.5 mM antes de la germinación, también concluyeron que concentraciones altas de Zn (10 y 25 mM) deprimieron el vigor de las plántulas y reducen el porcentaje de germinación.

El Departamento de Fitotecnia de la Universidad Federal de Brasil, analizó el efecto del recubrimiento de semillas con zinc sobre la nutrición y el crecimiento de plántulas de trigo (*Triticum aestivum* L.). La conclusión fue que el zinc aplicado a las semillas de trigo se acumula principalmente en las raíces de las plántulas (Madruga de Tunes, Brião, Torales, Suárez, & Souza, 2015).

En 2017 Licto, evaluó la biofortificación foliar con diferentes fuentes de Zinc en rye grass perenne (*Lolium perenne*) variedad Amazon con el fin de obtener una mayor bioacumulación de Zinc en el pasto, resultados obtenidos indicaron que el E.D.T.A zinc a una dosis de 20 ppm aplicado a los 30 días aumentó la bioacumulación de Zinc en el pasto rye grass perenne (*Lolium perenne*) variedad Amazon y se pudo encontrar que mientras mayor cantidad de Zn se encuentra en el pasto se incrementa la cantidad de ácido indolacético en las raíces.

Justificación

En Ecuador la producción de maíz dulce se ha popularizado de manera significativa desde el año 2000, en la Provincia de Los Ríos se siembran 225 hectáreas, en la región costa; se estima que en la sierra se siembran 20 hectáreas de maíz dulce, aumentando cada día más la demanda de enlatados que ha crecido considerablemente (EL-UNIVERSO, 2008).

El cultivo de maíz dulce puede presentar problemas de producción y adaptabilidad que se atribuye principalmente a deficiencias nutricionales. Durante etapas iniciales de establecimiento de plantas, el suministro de nutrientes minerales provendrá en parte de las reservas de las semillas y del suelo (Loza, 2017). Por lo tanto, las reservas de nutrientes y minerales presentes en la semilla son especialmente

importantes para cultivos que crecen en suelos que pueden presentar deficiencias en uno o más nutrientes (Cakmak. et al., 2012).

En muchas áreas agrícolas el Zn es considerado como el tercer elemento en orden de importancia para las plantas después del nitrógeno (N) y el fósforo (P), es un elemento que se encarga de muchas funciones dentro de la planta, entre ellas la síntesis de carbohidratos para la fotosíntesis además favorece la formación y calidad del polen y por lo tanto al desarrollo vegetativo y rendimiento (Ratto & Miguez, 2006).

En la actualidad se sabe que un 50% de suelos dedicados al cultivo de cereales presentan hasta un 40% de deficiencia de Zn y que dicha carencia puede reducir en un 20% el rendimiento de los cultivos sin manifestar síntomas. También existen factores que afectan la disponibilidad del Zn dentro del suelo como altos niveles de carbonatos, suelos arenosos, suelos arcillosos, altos niveles de Al y Fe, pH elevado y por otro lado una causa más para la deficiencia de este microelemento es la extracción de nutrientes por los cultivos por la intensificación de la agricultura dentro de lo cual solo pocos productores aplican fertilizantes con fuentes de Zn (Cakmak I. , 2014).

La deficiencia de este elemento en las plantas genera poco desarrollo vegetal y bajo rendimiento a la cosecha, en las personas la deficiencia de este nutriente genera un problema importante especialmente en los niños afectando el crecimiento, desarrollo inmunológico y neurológico e incluso aumenta el riesgo de sufrir enfermedades respiratorias y mortalidad (López de Romaña, Castillo, & Diazgranados, 2010).

El tratamiento de semillas con micronutrientes es una forma de entregarle a las plantas las pequeñas cantidades que exigen de estos elementos, debido a que la distribución es más uniforme, la nutrición en la etapa inicial de las plantas se optimiza y

los costos de aplicación disminuyen (Madruga de Tunes. et al., 2015).

En las semillas las reservas de nutrientes minerales deben ser adecuadas para mantener el crecimiento hasta que el sistema radicular pueda tomar el control de la función de suministro de nutrientes. En general cuando se presentan deficiencias de microelementos como el Zn en la semilla existen problemas asociados a la germinación y desarrollo óptimo de las plantas (Rengel & Graham, 1995). Al tratar las semillas con Zn, las plántulas obtendrán una reserva de este microelemento que será de gran importancia para la nutrición y crecimiento de las plantas, siendo una fuente importante para prevenir la aparición de síntomas iniciales de deficiencia (Ribeiro & Santos, 1996).

Es importante buscar métodos que puedan mejorar algunas variables agronómicas, como la impregnación de microelementos como el Zn en semillas (Loza, 2017). Este proceso puede tener como resultados varios beneficios, como un mejor vigor y viabilidad de las plántulas, un mayor rendimiento y la reducción de la cantidad de semillas necesaria para la siembra (Cakmak. et al., 2012)

Por lo antes expuesto el presente estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de la impregnación de diferentes dosis de zinc sobre la germinación de semillas y vigor de las plántulas de maíz dulce (*Zea mays L.*) var. Bandit.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar el efecto de la impregnación de diferentes dosis de zinc sobre la germinación de semillas y vigor de las plántulas de maíz dulce (*Zea mays L.*) var. Bandit.

Objetivos Específicos

Determinar mediante una prueba estándar de germinación y una evaluación del vigor en plántulas de maíz dulce (*Zea mays L.*) var. Bandit la dosis de Zn y el tiempo adecuado de remojo.

Estudiar el crecimiento radicular de semillas sometidas a un proceso de impregnación con diferentes dosis de Zn mediante el uso de rizotrones.

Medir el contenido de ácido indolacético en las raíces de plántulas de maíz sometidas a un proceso de impregnación con diferentes dosis de Zn antes de su siembra.

Hipótesis

H1: El porcentaje de germinación de semillas y vigor de plántulas de maíz no es el mismo para todas las diferentes dosis de sulfato de zinc.

H0: El porcentaje de germinación de semillas y vigor de plántulas de maíz es el mismo para todas las diferentes dosis de sulfato de zinc.

Capítulo II

Revisión Literaria

Maíz dulce

Origen

El maíz es una planta de origen americano, es considerada una de las primeras plantas cultivadas por agricultores a nivel mundial hace 7000 y 10000 años, teniendo como evidencia lugares arqueológicos en México donde algunas pequeñas mazorcas de maíz fueron encontradas en cuevas de habitantes primitivos (FAO, 2011)

El maíz dulce fue una mutación espontánea del maíz de campo silvestre y cultivado por varias naciones amerindias, y lo usaban tal como se usa en el mundo actual, la primera mención que se conoce del maíz dulce se atribuye a Thomas Jefferson en 1810 en su Libro “La Huerta” (Gómez, 2004).

Taxonomía

El maíz dulce (*Zea mays L.*) var. Bandit pertenece al reino Plantae, división Magnoliophyta, familia de las Poaceas y al género *Zea*.

Descripción botánica

El maíz es una planta monoica anual, su tallo es una caña maciza, erguida con 8 o más nudos. La altura es muy variada respondiendo a factores genéticos y ambientales (Chanataxi, 2016). Las raíces primarias originadas en la primera etapa de desarrollo de la planta son reemplazadas por raíces que emergen posteriormente de los primeros 4-5 nudos del tallo. El sistema radicular no supera el metro de profundidad.

Las hojas son planas, alargadas lanceoladas, se desarrollan en forma alternada

y su inclinación está influenciada por el genotipo. Las flores masculinas se disponen en forma de panoja terminal (INTIA, 2012). La espiga femenina (mazorcas) es compuesta y se dispone en forma axilar, cubierta por brácteas foliáceas. Es bastante común que la brotación de las yemas axilares basales, que dan origen a tallos secundarios o hijuelos varíen según el genotipo (Parera, 2017).

El grano de maíz es un fruto independiente llamado cariósipide y consta de tres partes principales: pericarpio, embrión y endospermo. La coloración de los granos presenta una extensa gama y varía según la concentración de pigmentos en estas tres partes principales, es común encontrar granos blancos y amarillos, sin embargo, no es difícil encontrar granos rojos, negros azules y morados entre otros, el color característico del maíz dulce es amarillo (INTA, 2018).

La última capa protectora de la semilla se denomina pericarpio y es un tejido de origen materno que recubre el grano, de su grosor depende la terneza del grano y que este destinado a la industria del maíz dulce (INTA, 2018). El grosor medido del pericarpio en líneas de maíz dulce oscila entre 51 y 55 μm , mientras que en líneas de maíz dentado el valor varía entre 82 a 132 μm (Parera, 2017).

El pericarpio también tiene como función proteger a la semilla, limitando la entrada de hongo y bacterias, si esta estructura está dañada la germinación se puede tornar más lenta (Fassio, Carriquiry, Tojo, & Romero, 1998). El embrión es la parte del grano que germina, se ubica en un costado del mismo, y su característica más resaltada es poseer un alto contenido de materia grasa. Dentro de este se pueden distinguir al coleóptilo, dicha estructura es característica de la familia de las gramíneas y es la que dará origen a la radícula y las primeras hojas (INTA, 2018).

El endospermo es la parte de la semilla que acumula las sustancias de reserva para el inicio de la germinación. Es un tejido nutricional formado en el saco embrionario, es triploide y su constitución es variada, predominando proteínas y carbohidratos (Parera, 2017). La cantidad de semilla producida por la mazorca está determinada por el número de hileras de grano y por el número de granos por hilera, pero puede variar por los cambios ambientales y el genotipo.

Ciclo del cultivo

El maíz dulce es un cultivo de clima templado-cálido, sensible a las heladas. Su ciclo se divide en tres etapas: germinación, etapa vegetativa y etapa reproductiva. El ciclo entre siembra y cosecha es muy variable, existen híbridos considerados precoces con ciclos cortos de 70-80 días, ciclos intermedios de 85 y 90 días y ciclos tardíos entre 95 y 110 días (Parera, 2017).

Todo el ciclo está influenciado directamente por la temperatura y disponibilidad de agua, además de otros factores como: salinidad, alcalinidad, enfermedades y plagas que pueden afectarlo de forma significativa (Parera, 2017).

El cultivo de maíz pasa por diferentes etapas durante todo su desarrollo. En el caso del maíz dulce se pueden distinguir dos etapas: vegetativa (V) y reproductiva (R) (Parera, 2017). La Universidad de Iowa (EUA) ha desarrollado un sistema donde se las pueden identificar claramente en la tabla 1.

Tabla 1

Ciclo del cultivo de Zea mays L. var. Bandit

Etapa Vegetativa	Etapa Reproductiva
VE = Emergencia	R1 = Barbas (estigmas)
V1 = Primera hoja	R2 = Grano ampolla
V2 = Segunda hoja	R3 = Grano lechoso
V3 = Tercera hoja	R4 = Grano masa
Vn = n hoja	R5 = Grano dentado
VT = Panojado	R6 = Madurez fisiológica

Nota. Recuperado de *Corn Growth Stages*. (2017). Iowa State University.

La etapa vegetativa comienza con la emergencia, la semilla absorbe agua y comienza el crecimiento, este periodo comprende desde la siembra hasta la aparición del coleóptilo desde la superficie del suelo (VE), la duración de esta fase oscila entre 6 y 8 días, las condiciones adecuadas de temperatura y humedad juegan un rol clave, influenciando el porcentaje de emergencia y la velocidad de emergencia (Fassio et al., 1998; Parera, 2017).

Una vez germinada la semilla de maíz, si las condiciones son las óptimas, surge una nueva hoja cada tres días, después de dos o tres semanas las plantas ya deben tener entre cinco y seis hojas y antes de las cuatro semanas todas sus hojas ya deberán estar formadas (Fassio. et al., 1998).

A las cuatro semanas después de la siembra, se inicia el desarrollo de la panoja en el interior del tallo, cinco o seis semanas después de esto los estilos se alargan e inicia la liberación del polen este instante se considera como la floración del maíz, la

emisión del polen dura entre cinco y ocho días (Fassio. et al., 1998).

La fructificación se inicia con la fecundación de los óvulos por el polen, una vez polinizados los óvulos los estilos de la mazorca cambian a un color castaño, tres semanas después de esto el tamaño de la mazorca toma el tamaño definitivo y se forman los granos los cuales se llenan de azúcares en forma de una sustancia lechosa los cuales se transforman en almidón al final de la quinta semana (Fassio. et al., 1998). Ocho semanas después la polinización los granos alcanzan su madurez fisiológica con su máximo de materia seca y 35% de humedad.

Condiciones ambientales para desarrollo vegetativo

Para la etapa del desarrollo vegetativo, el crecimiento se ve significativamente positivo con temperaturas entre 24 °C y 30 °C. El desarrollo de la planta se detiene con temperaturas superiores a 40 °C. Temperaturas superiores a 35 °C y una un bajo porcentaje de humedad pueden afectar la vitalidad del polen afectando la fecundación y consecuentemente el desarrollo del grano, observando mazorcas incompletas (Chavez & Gutiérrez, 2017).

Prueba de germinación estándar

La finalidad de una prueba de germinación estándar es determinar la viabilidad de un lote de semillas, esto se logra conociendo el porcentaje de semillas que tienen la capacidad de generar plántulas normales, bajo condiciones óptimas de luz, agua, aire y temperatura (Chanataxi, 2016).

Existe una prueba de germinación estandar que se desarrolla bajo condiciones de laboratorio también es denominada “estándar entre papel”, consiste en evaluar la semilla bajo algún tratamiento en condiciones controladas de humedad, temperatura y

luz, con el fin de determinar el porcentaje de plántulas normales que determinan la capacidad germinativa (López, Torres, Saldivar, Reyes, & Arguello, 2014). La evaluación de las plántulas se realiza mediante dos clasificaciones:

Las plántulas normales que tienen la capacidad de desarrollar plantas de buen porte, desarrollan todas sus estructuras esenciales en condiciones controladas (agua, luz y temperatura) y tienen las siguientes características: Sistema radicular bien desarrollado, raíz primaria y raíces seminales, hipocótilo con buen desarrollo sin daños en el tejido, plúmula con buen crecimiento, con hojas bien desarrolladas.

Mientras que las plántulas anormales presentan las siguientes características: raíz primaria dañada, sin desarrollo y/o emergencia, con poco vigor sin atravesar la testa de la semilla, con geotropismo negativo, sin raíces secundarias, brote (hipocótilo, epicótilo, mesocótilo) sin desarrollo, ensanchado, torcido o sin emergencia, cotiledones y hojas deformes, necróticas o dañadas por infecciones (López. et al., 2014).

Evaluación del vigor de plántulas

Las pruebas de vigor y germinación son muy importantes por ello se recomienda implementarlas de forma paralela, con el fin de obtener respuestas integrales sobre la calidad física y fisiológica de las semillas, de lo cual depende la producción (Pérez de la Cerda, Carballo, Santacruz, Hernández, & Molina, 2007).

El vigor es una propiedad de las semillas con la que se determina el nivel de actividad y respuesta durante la germinación y crecimiento de plántulas normales bajo diferentes condiciones ambientales ya sea de campo o vivero (Navarro, Fables, & Herrera, 2015).

La prueba se basa en que semillas vigorosas son capaces de sintetizar más eficientemente nuevos materiales nutritivos y transferir rápidamente estos nuevos productos al eje embrionario en crecimiento, resultando en acumulaciones de peso seco (López. et al., 2014).

Siendo la tasa de crecimiento el estándar que se relaciona con los procesos bioquímicos que intervienen en el vigor (López. et al., 2014). Esto permite correlacionar la tasa de crecimiento con el desarrollo vegetativo en campo, lo que hace posible observar efectos de deterioro rápido, algunos períodos de almacenamiento y diferencias genéticas sobre el vigor.

Micronutrientes impregnados en semillas

Los micronutrientes son vitales para el crecimiento de las plantas y la salud humana. Las aplicaciones de suelo y foliares son los métodos más frecuentes de adición de micronutrientes, pero el costo involucrado y la dificultad para obtener fertilizantes de micronutrientes de alta calidad son las principales preocupaciones los países en desarrollo (Copeland & McDonald, 2012).

Los tratamientos de semillas con micronutrientes, que incluyen imprimación y recubrimiento de semillas, son una alternativa atractiva y fácil. El potencial de estos tratamientos de semillas con micronutrientes mejora el crecimiento de los cultivos y el enriquecimiento de nutrientes del grano (Rengel & Graham, 1995). La aplicación de micronutrientes en semillas mejora el establecimiento de las plantas, avanza los eventos fenológicos y aumenta el rendimiento y el contenido de granos de micronutrientes en la mayoría de los casos (Cakmak. et al., 2012).

En algunos casos, los tratamientos de semillas no son beneficiosos, sin embargo, los efectos negativos son raros. Al ser un método fácil y rentable de aplicación de micronutrientes, los tratamientos de semillas ofrecen una opción atractiva para los agricultores de escasos recursos (López. et al., 2014).

Zinc en plantas

El zinc es un elemento esencial y de gran importancia para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Es considerado como un micronutriente, debido a que la cantidad que las plantas necesitan representa menos del 0.1% del peso seco del tejido, es decir, oscila entre 15 y 20 miligramos por kilogramo de tejido seco (Amezcuca & Lara, 2017). Sin embargo, a pesar de que sea considerado como un micronutriente, este elemento es indispensable dentro de la nutrición de la planta porque participa en metabolismo de las células y desempeña funciones que ningún otro elemento puede hacerlo (Cakmak. et al., 2012).

Debido a su papel indispensable en las reacciones bioquímicas y fisiológicas básicas, el zinc es el elemento de importancia esencial (Stanković, y otros, 2010) Proporciona activación de enzimas, síntesis de nucleótidos, así como síntesis de pigmentos fotosintéticos y producción de clorofila. El zinc es indispensable en el metabolismo de la hormona vegetal AIA.

Debido a su efecto sobre la actividad enzimática, además es fundamental en la formación de auxinas, las mismas que aportan en la regulación del desarrollo y a la elongación del tallo (Stankovic. et al., 2010). La deficiencia de Zn dentro de los cultivos generalmente se da por la baja disponibilidad o agotamiento en el suelo, por lo que este es un elemento limitante dentro de su desarrollo y crecimiento. Plantas pequeñas,

muerte de ápices de las hojas, disminución de clorofila que provoca manchas amarillas en las hojas son síntomas importantes de la deficiencia de este micronutriente (Amezcuca & Lara, 2017).

Las deficiencias de Zn también afectan los órganos reproductores de las plantas, generando infertilidad del polen, causa de baja producción de granos y semillas (Amezcuca & Lara, 2017). Amezcuca y Lara (2017) también indican que algunos cultivos son más sensibles que otros entre ellos el cultivo de maíz por lo que la aplicación de fertilizantes inorgánicos de Zn se ha vuelto una práctica agrícola común. Las deficiencias dentro del cultivo de maíz aparecen frecuentemente durante las primeras semanas de desarrollo mostrando líneas amarillentas entre las nervaduras de la hoja (Ratto & Miguez, 2006).

Sulfato de Zinc

El sulfato de zinc es un compuesto inorgánico de fórmula $ZnSO_4$ es un fertilizante muy utilizado en la agricultura, históricamente se lo conocía como vitriolo blanco, es un polvo incoloro y completamente soluble en agua, es usado como herbicida y para suministrar Zn a las plantas pues estimula, la síntesis de proteínas la formación de ácido indolacético, clorofila y el desarrollo de tejido nuevos.

Rizotrones

Los rizotrones son contenedores de pared transparente que permiten realizar observaciones y mediciones repetidas sin destruir los sistemas de raíces durante su crecimiento. Las plantas son cultivadas en el espacio adyacente a la ventana del rizotrón, de manera tal que una cierta cantidad de las raíces interceptan la ventana y pueden ser observadas (Copeland & McDonald, 2012).

Son excelentes para obtener datos sobre cambios en los sistemas de raíces durante distintas temporadas o bajo diferentes tratamientos, también están diseñados para medir los balances de masa de agua y nutrientes dentro de las raíces de un cultivo (Klepper & Kaspar, 1994).

Hace varios años los rizotrones era construcciones subterráneas tipo pasillos o zanjias con ventanas de observación, este modelo de rizotrones permitían observar de manera lateral las raíces de algún crecimiento, una de sus desventajas es su alto costo y la dificultad de su construcción (Hernán, Hormaza, Sáenz, & José, 2008). Debido a esto que los diferentes tipos de rizotrones han variado desde estas cámaras subterráneas al desarrollo de pequeños tubos accesibles por modernos equipos de registro de video (Copeland & McDonald, 2012).

Los rizotrones son uno de los métodos más prácticos y confiables para el estudio de raíces mediante fotografías o hace varios años dibujando raíces en láminas de acetato (Zamani & Hajabbasi, 2018). Las principales ventajas de usar rizotrones sobre otros métodos son: La facilidad de realizar mediciones sucesivas en la misma raíz además es más fácil encontrar una porción específica del sistema de raíces cuando el estudio se trata de hacer una serie de observaciones (Otazo, 2013).

Ácido indolacético

El AIA es la principal auxina proveniente de las plantas superiores. El AIA está involucrado en el crecimiento y desarrollo de las plantas, principalmente en una serie de procesos fisiológicos que incluyen el alargamiento y división celular, diferenciación de tejido, fototropismo, gravitropismo y en respuestas defensivas, destacando un importante rol en la formación del xilema y la raíz (Vega, Canchignia, Gonzáles, &

Seeger, 2016).

El AIA controla la diferenciación de tejidos, los procesos fisiológicos de elongación y división celular además de la gravedad (gravitropismo) y las respuestas a la luz (fototropismo), además es importante en la formación del xilema y la raíz (Vega. et al., 2016)

El ácido Indolacético o AIA proviene del aminoácido L-triptófano debe pasar por procesos de descarboxilación y desaminación para alcanzar la forma de ácido indolacético, lo que puede suceder por dos maneras distintas. Una de ellas es el L-triptófano transfiere su grupo amino a una molécula de 2- oxoglutarato, dando glutamato e indol-piruvato-indol-piruvato es una molécula muy inestable que no tarda en descarboxilarse, esto sucede en todas las plantas superiores (Vega. et al., 2016).

Capítulo III

Materiales y Métodos

Ubicación del lugar de investigación

El presente estudio se efectuó en las instalaciones de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria-IASA I, Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, ubicada en la provincia de Pichincha, cantón Rumiñahui, parroquia San Fernando en la Hacienda el Prado (IASA I) con las siguientes coordenadas geográficas: Longitud 78°24'44"O, Latitud 0°23'20"S y Altitud de 2750 m.s.n.m.

El laboratorio donde se realizó la fase de germinación contó con una temperatura promedio de 13°C, una temperatura máxima de 22° C y una temperatura mínima de 8°C.

Manejo de semillas

Las semillas se desinfectaron con agua oxigenada (3%) y en NaClO al 0,1 % durante 1 minuto, a continuación, se enjuagaron con agua oxigenada.

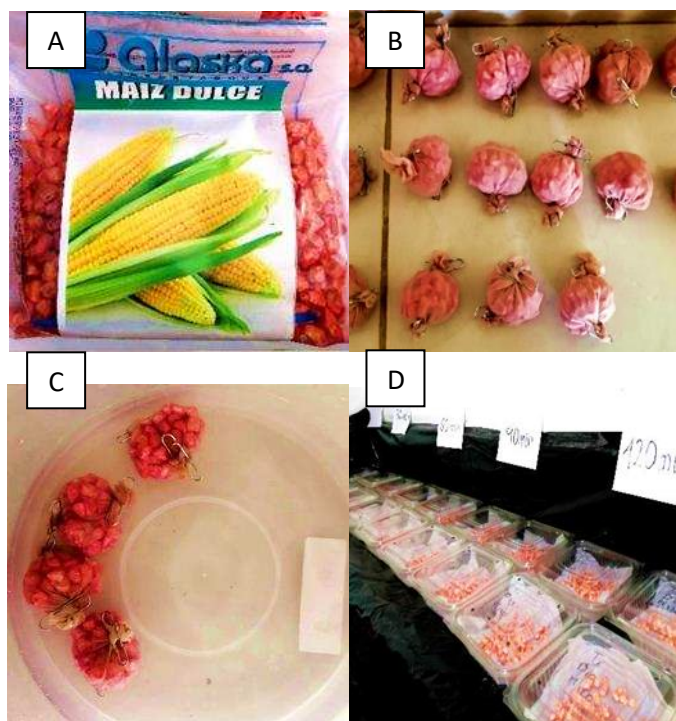
Para la impregnación de las semillas se utilizó sulfato de zinc con una pureza de 98,5 %, una concentración de Zn del 21,5 % y un peso molecular de 161.47 g/mol. para lo cual se prepararon soluciones en agua con una concentración de 2.5, 5, 7.5, 10 mM. Se colocaron cien semillas de maíz dulce variedad Bandit en fundas de nylon, las cuales fueron sumergidas en soluciones de 2.5, 5, 7.5 y 10 mM a diferentes tiempos de inmersión 30, 60, 90 y 120 minutos) (Figura 1).

Después del respectivo tiempo de remojo, las semillas fueron sacadas de las bolsas de nylon y fueron esparcidas sobre toallas de papel remojadas con agua dentro

de bandejas plásticas: (26x19x5cm). El tratamiento testigo no fue remojado en ninguna solución, solo se hidrató con agua al momento de colocar las semillas en la bandeja

Figura 1

Manejo de semillas



Nota. A: Semillas de maíz dulce var. Bandit; B: Semillas colocadas en bolsas de nylon; C: Impregnación de bolsas de semillas con dosis de Zn; D: Bandejas de germinación.

La humedad dentro de las bandejas de germinación se mantuvo rociando agua diariamente y se registraron por horas durante tres días la tasa de germinación, aparición de raíces y coleóptilo. Una vez germinadas, 20 semillas de cada tratamiento fueron sembradas en bandejas de germinación de espuma flex de 200 alvéolos con turba, una semilla por alveolo (Figura 2). Se mantuvo riego diario por 15 días.

Figura 2

Bandejas de germinación con plántulas de maíz dulce

**Diseño experimental*****Factores de estudio***

Los factores en estudio fueron: Dosis de Zn (2.5 / 5 / 7.5 y 10 mM) y Tiempo de remojo (39, 60, 90 y 120 minutos) (Tabla 2).

Tratamientos

Los tratamientos se obtuvieron al relacionar dosis de ZN (0 / 2.5 / 5 / 7.5 y 10 mM) con diferentes tiempos de remojo (30, 60, 90 y 120 minutos), obteniendo 16 tratamientos más un testigo, en total el experimento contó con 17 unidades experimentales (Tabla 3).

Tabla 2

Nomenclatura para las diferentes dosis y tiempos de remojo para la impregnación de ZnSO₄.

Presentación Zn	Dosis (mM)	Tiempo (minutos)
ZnSO ₄ = T1	0 = D0	0= M0
	2.5= D2.5	30= M30
	5= D5	60= M60
	7.5= D7.5	90= M90
	10= D10	120= M120

Tabla 3*Tratamientos de ZnSO₄ a diferentes dosis y tiempos de remojo*

Presentación	Dosis (mM)	Tiempo (minutos)	Tratamiento
Testigo T0	0	0	BanditD0M0
ZnSO₄	2.5	30	BanditD2.5M30
		60	BanditD2.5M60
		90	BanditD2.5M90
		120	BanditD2.5M120
	5	30	BanditD5M30
		60	BanditD5M60
		90	BanditD5M90
		120	BanditD5M120
	7.5	30	BanditD7.5M30
		60	BanditD7.5M60
		90	BanditD7.5M90
		120	BanditD7.5M120
10	30	BanditD10M30	
	60	BanditD10M60	
	90	BanditD10M90	
	120	BanditD10M120	

Tipo de diseño

El experimento se dispuso bajo un diseño de completamente al azar (DCA) con arreglo bifactorial 4x4 más un testigo.

Características de las unidades experimentales

El experimento contó con 17 unidades experimentales cada una de las cuales estuvo conformada por 100 semillas de maíz, 16 de las cuales corresponden a la impregnación de Zn en diferentes dosis y sumergidas por diferentes tiempos.

Análisis estadístico

Esquema de análisis de varianza

Tabla 4

Análisis de varianza para determinar el efecto del tratamiento de semillas con Zn sobre la germinación y vigor de plántulas de maíz dulce (Zea mays L.) var. Bandit.

F de V	g.l
Total	339
Tratamiento	16
Dosis de Zn	3
Tiempo de remojo	3
Dosis de Zn x Tiempo de remojo	9
Testigo vs Resto	1
Error para el tiempo	323

Nota. F de V: Fuentes de variación; g.l: Grados de libertad

Análisis funcional

Los datos fueron analizados en INFOSTAT, se realizó un análisis de varianza (ANAVA) para diseños factoriales y pruebas de comparación de medias DGC ($p \leq 0,05$) para dosis, tiempo e interacciones. También se usó estadística descriptiva (media, error estándar).

Variables evaluadas

Porcentaje, período y velocidad de germinación

Para la evaluación del porcentaje de germinación se utilizaron 100 semillas por tratamiento y se expresó como porcentaje. Para el periodo, se obtuvo contando el número de días al alcanzar el 100% de germinación y la velocidad de germinación relacionando el número de semillas germinadas para el periodo de germinación:

$$PG = \frac{\text{N}^\circ \text{ de semillas germinadas}}{\text{N}^\circ \text{ total de semillas}}$$

Donde:

PG: Porcentaje de germinación (%)

$$VG = \frac{\text{N}^\circ \text{ de semillas germinadas}}{\text{Periodo de germinación}}$$

Donde:

VG: Número de semillas germinadas por día.

Altura de la planta

La altura de las plantas se midió después de 15 días de aplicados los tratamientos, se tomó la altura desde la base del tallo hasta el ápice de la hoja.

Vigor (Producción de materia seca (MS))

Posterior a la medición de la altura, las plántulas fueron colocadas dentro de bolsas de papel y sometidas a un secado continuo dentro de una estufa por 24 h a 70°C, luego se pesó cada una de las plántulas en una balanza analítica el resultado se expresó en gramos por plántula (g.plántula⁻¹).

Desarrollo radicular (largo, diámetro)

Para medir el desarrollo radicular de las plántulas se utilizaron rizotrones y mediante fotografías (Figura 3) y el uso de Root Snap versión 1.2.3.25. Se midió el largo y diámetro de las raíces.

Figura 3

Plántulas sembradas en rizotrones



Ácido indolacético

La concentración de AIA se midió mediante la metodología de Salkowski (Salkowski, 1889; modificado por Bric et al., 1991), modificado para raíces de plantas Licto (2017), para la preparación de este reactivo se utilizó 0.5M de FeCl_3 , 49 ml de agua y 49 ml de ácido perclórico, y para su lectura se utilizó un espectrofotómetro (spectro Flex6600) a 549 mM.

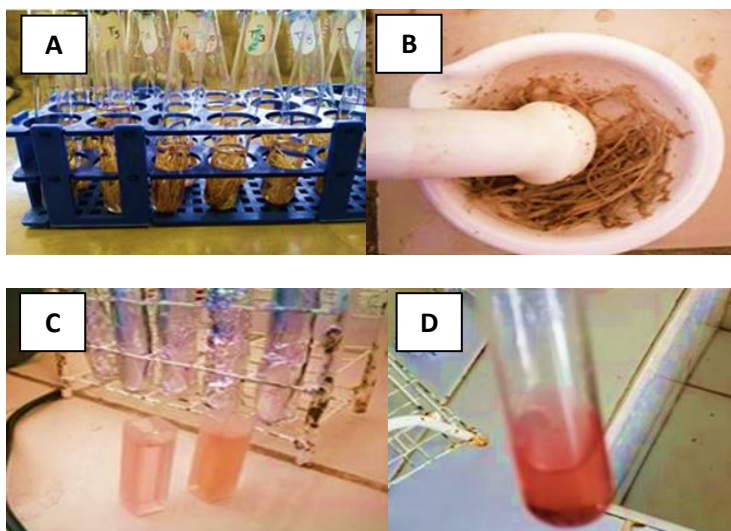
Para el análisis se tomaron dos muestras de raíz de maíz por tratamiento en la noche con la finalidad de evitar la exposición a luz, las mismas que se colocaron en tubos de ensayo con acetona al 80% y se dejó reposar en un refrigerador a -4°C por 5 días para mejorar la extracción y evitar la degradación del AIA.

Se pesó 1g de la raíz y se procedió a macerar finamente, con la ayuda de un embudo y papel filtro, se coló el líquido de las raíces en un vaso de precipitación, se transfirió cada muestra a un tubo de ensayo con 2.5 - 3 ml de reactivo de Salkowski, los tubos fueron cubiertos con papel aluminio y se centrifugó a 500 RPM por cinco minutos, después las muestras fueron llevadas a un cuarto oscuro para medir con el espectrofotómetro (Figura 4).

El procedimiento se realizó con dos plántulas por cada tratamiento y dos plántulas del testigo.

Figura 4

Procedimiento para determinar la concentración de AIA



Nota. A: Muestras de raíces con acetona al 80%; B: Maceración de raíces en mortero;
C: Muestras en tubos de ensayo; D: Obtención de AIA de las muestras.

Capítulo IV

Resultados y Discusión

Resultados

Efecto de las dosis de Zn sobre el porcentaje de germinación y tiempo de aparición del coleóptilo

En cuanto a germinación, todos los tratamientos llegaron al 100% (Tabla 5 y Tabla 6) sin embargo se diferencian por el periodo y la velocidad de germinación. El periodo de germinación más corto lo presentaron los tratamientos T4 (2.5 mM de Zn, 120 minutos de remojo), T8 (5.0 mM de Zn con 120 minutos de remojo), T12 (7.5 mM de Zn con 120 minutos de remojo), T16 (10mM de Zn, 120 minutos de remojo), con velocidad de germinación de 25 semillas por día, mientras otros tratamientos fluctuaron entre 16 y 20 semillas por día. Se observó que el tiempo de remojo influye más que la aplicación de Zn.

Tabla 5

Porcentajes de Germinación y tiempo de aparición del coleóptilo en semillas de maíz dulce (Zea mays L.) var. Bandit. Bajo el efecto de 4 dosis de Zn y 4 tiempos de remojo.

Descripción VDT*	Tratamiento	Porcentaje de Germinación						
		(Horas)						
		48	54	60	66	72	78	84
BanditD0M0	T0	0	10	36	51	78	90	100
BanditD2.5M30	T1	0	12	46	58	83	96	100
BanditD2.5M60	T2	0	10	35	56	69	93	100
BanditD2.5M90	T3	0	15	71	82	91	100	
BanditD2.5M120	T4	0	48	84	92	100		
BanditD5M30	T5	0	11	41	61	80	92	100
BanditD5M60	T6	0	22	77	81	83	95	100
BanditD5M90	T7	1	13	65	83	96	100	
BanditD5M120	T8	0	38	86	91	100		
BanditD7.5M30	T9	0	15	55	69	87	95	100
BanditD7.5M60	T10	0	20	67	80	87	97	100
BanditD7.5M90	T11	1	28	79	86	93	100	
BanditD7.5M120	T12	1	41	82	90	100		
BanditD10M30	T13	0	18	64	72	89	98	100
BanditD10M60	T14	1	26	73	79	90	100	
BanditD10M90	T15	1	25	70	83	95	100	
BanditD10M120	T16	1	47	83	92	100		

Nota. *VDT [(Variedad; Dosis (Mm); Tiempo de remojo (minutos)]

Tabla 6

Porcentajes de Germinación, periodo y velocidad de germinación en semillas de maíz dulce (Zea mays L.) var. Bandit. Bajo el efecto de 4 dosis de Zn y 4 tiempos de remojo.

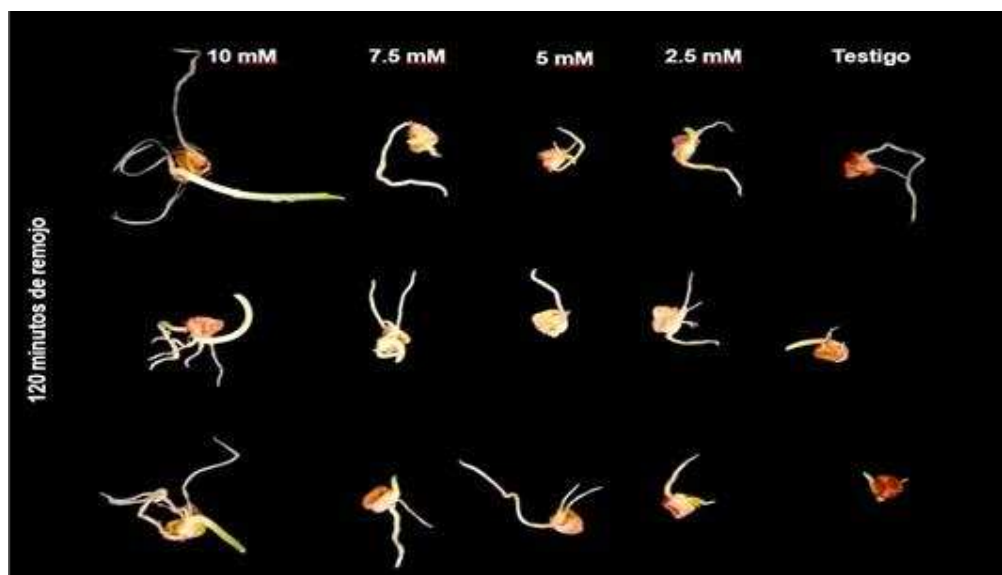
Descripción VDT*	Tratamiento	%Germinación	Período	Velocidad de Germinación
BanditD0M0	T0	100	6	16.67
BanditD2.5M30	T1	100	6	16.67
BanditD2.5M60	T2	100	6	16.67
BanditD2.5M90	T3	100	5	20
BanditD2.5M120	T4	100	4	25
BanditD5M30	T5	100	6	16.67
BanditD5M60	T6	100	6	16.67
BanditD5M90	T7	100	6	16.67
BanditD5M120	T8	100	4	25
BanditD7.5M30	T9	100	6	16.67
BanditD7.5M60	T10	100	6	16.67
BanditD7.5M90	T11	100	6	16.67
BanditD7.5M120	T12	100	4	25
BanditD10M30	T13	100	6	16.67
BanditD10M60	T14	100	6	16.67
BanditD10M90	T15	100	6	16.67
BanditD10M120	T16	100	4	25

Nota. *VDT [(Variedad; Dosis (Mm); Tiempo de remojo (minutos)]

La figura 5 presenta el tratamiento con el menor periodo y mayor velocidad de germinación para los tratamientos T4, T8, T12, T16 (2.5, 5.0, 7.5, 10.0 mM con 120 minutos de remojo), donde la dosis de 10 mM tiene un mejor desempeño.

Figura 5

Germinación de semillas con 120 minutos de remojo



Nota. Se puede observar claramente como 10 mM de Zn con 120 minutos de remojo mostró mejor desempeño sobre la germinación de semillas de maíz dulce.

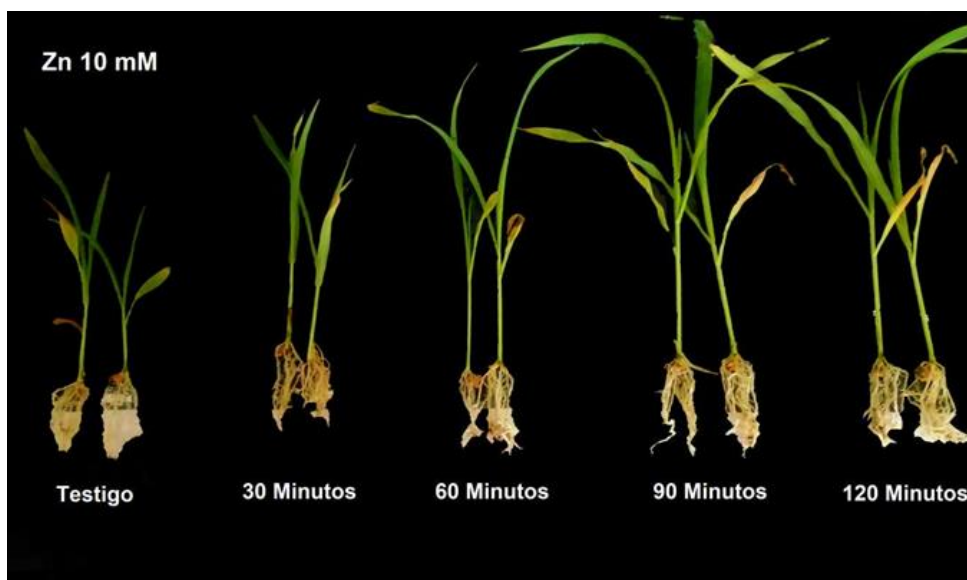
Efecto de las dosis de Zn sobre la altura de la plántula

La altura de las plántulas se midió a los 15 días después de haber sido aplicados los tratamientos, presentando diferencias significativas ($F_{16,323}=3274,16$, $p<0,0001$). Al comparar las dosis de Zn evaluadas y los diferentes tiempos de remojo mostraron mayor altura que el testigo ($F_{1,323}=3353,09$, $p<0,0001$). EIT16 (10mM de Zn, 120 minutos de remojo) presentó la mayor altura de las plántulas de maíz con 38,49 cm seguida del T12 (7.5 mM, 120 minutos de remojo) con una altura de 32,30 cm. El testigo

presentó el menor crecimiento con una altura de 19,21 cm (Tabla 7) (Figura 6).

Figura 6

Altura de las plántulas en diferentes tiempos de remojo y dosis de 10 nM de Zn



Efecto de las dosis de Zn sobre la producción de MS de la plántula

Con respecto al vigor, se determinó a partir la producción de biomasa (peso seco en mg) de cada plántula, se encontraron diferencias significativas entre todos los tratamientos ($F_{16,323}=724,11$, $p<0,0001$).

Al comparar las dosis de Zn evaluadas y los diferentes tiempos de remojo mostraron mayor producción de materia seca MS (vigor) que el testigo ($F_{1,323}=2765,13$ $p<0,0001$). Siendo el tratamiento T16 (10mM de Zn, 120 minutos de remojo) el que presento mayor vigor con un peso de 0,21 g, mientras que el peso promedio del Testigo fue de 0,08 g (Tabla 7).

Tabla 7

Promedio ± Error estándar de la Altura y peso de plántulas de 15 días de maíz dulce (Zea mays L.) var. Bandit, bajo el efecto de 4 dosis de Zn y 4 tiempos de remojo.

Descripción VDT*	Tratamiento	Altura (cm)	Peso (g)
BanditD0M0	T0	19.21 ±0.03 k	0.08±0.0014 m
BanditD2.5M30	T1	19.76±0.09 j	0.10±0.0015 l
BanditD2.5M60	T2	21.15±0.03 g	0.12±0.0007 i
BanditD2.5M90	T3	24.62±0.04 f	0.13±0.0002 gh
BanditD2.5M120	T4	24.65±0.03 f	0.14±0.0006 cd
BanditD5M30	T5	20.24±0.06 i	0.11±0.0010 k
BanditD5M60	T6	21.27±0.03 g	0.12±0.0004 hi
BanditD5M90	T7	24.67±0.03 f	0.13±0.0008 f
BanditD5M120	T8	28.43±0.29 d	0.14±0.0007 c
BanditD7.5M30	T9	20.21±0.07 i	0.11±0.0009 j
BanditD7.5M60	T10	21.26±0.03 g	0.12±0.0004 hi
BanditD7.5M90	T11	26.83±0.04 e	0.14±0.0005 e
BanditD7.5M120	T12	32.30±0.10 b	0.15±0.0008 b
BanditD10M30	T13	20.82±0.03 h	0.11±0.0012 jk
BanditD10M60	T14	21.25±0.03 g	0,13±0.0002 g
BanditD10M90	T15	29.50±0.05 c	0.14±0.0007 de
BanditD10M120	T16	38.49±0.15 a	0.21±0.0024 a

Nota. VDT [(Variedad; Dosis (Mm); Tiempo de remojo (minutos)]. *Medias con una letra en común no son significativamente diferentes (Duncan > 0,05).*

Desarrollo radicular (diámetro)

Con el programa Root Snap se midió el diámetro y largo de las raíces, con respecto al diámetro se determinaron efectos significativos entre tratamientos ($F_{16,323}=69.44$, $p<0,0001$).

Al comparar las dosis de Zn evaluadas y los diferentes tiempos de remojo los tratamientos mostraron mayor diámetro de raíces que el testigo ($F_{1,323}=302,04$, $p<0,0001$), los tratamientos T4 (2.5mM de Zn, 120 minutos de remojo), T8 (5mM de Zn, 120 minutos de remojo), T12 (7.5mM de Zn, 120 minutos de remojo), T15 (10mM de Zn, 90 minutos de remojo) y T16 (10mM de Zn, 120 minutos de remojo), presentaron el mayor diámetro de la raíz con 2,0; 2,0; 1,99; 1,96 y 1,94 mm respectivamente. Mientras que el Testigo y el T1 mostraron el menor diámetro, ambos con 1,37 mm (Tabla 8, Figura 7).

Desarrollo radicular (largo)

En cuanto al largo de la raíz, también se determinaron diferencias significativas entre los tratamientos ($F_{16,323}=238,38$, $p<0,0001$).

Al comparar las dosis de Zn evaluadas y los diferentes tiempos de remojo los tratamientos mostraron mayor longitud radicular que el testigo ($F_{1,323}=293,65$, $p<0,0001$), el tratamiento T16 (10mM de Zn, 120 minutos de remojo) fue el que presentó la mayor longitud de la raíz con un largo de 25 cm, mientras que el largo promedio de las raíces del testigo fue de 20,05 cm (Tabla 8)

Tabla 8

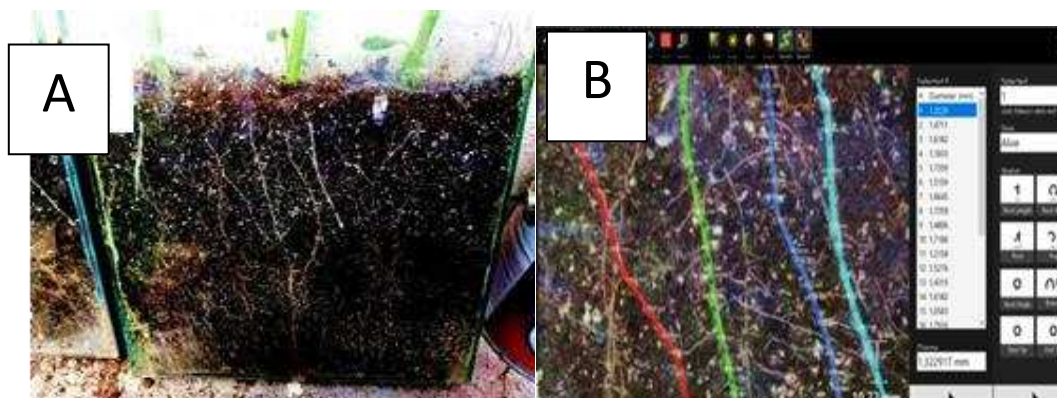
Promedio \pm Error estándar del desarrollo radicular (diámetro y largo) en plántulas de maíz dulce (Zea mays L.) var. Bandit, bajo el efecto de 4 dosis de Zn y 4 tiempos de remojo.

Descripción VDT	Tratamiento	Diámetro de la raíz	Largo de la raíz
		principal (mm)	principal (mm)
BanditD0M0	T0	1.37 \pm 0.02 e	20.05 \pm 0.09 lm
BanditD2.5M30	T1	1.37 \pm 0.02 e	19.81 \pm 0.09 m
BanditD2.5M60	T2	1.73 \pm 0.03 bc	21.13 \pm 0.09 i
BanditD2.5M90	T3	1.74 \pm 0.03 bc	21.07 \pm 0.07 ij
BanditD2.5M120	T4	1.96 \pm 0.02 a	22.54 \pm 0.14 d
BanditD5M30	T5	1.64 \pm 0.03 d	20.20 \pm 0.08 kl
BanditD5M60	T6	1.74 \pm 0.03 bc	21.43 \pm 0.10 gh
BanditD5M90	T7	1.77 \pm 0.02 b	21.58 \pm 0.13 fg
BanditD5M120	T8	1.99 \pm 0.02 a	23.63 \pm 0.08 c
BanditD7.5M30	T9	1.66 \pm 0.02 d	20.46 \pm 0.08 k
BanditD7.5M60	T10	1.75 \pm 0.02 b	21.09 \pm 0.08 ij
BanditD7.5M90	T11	1.75 \pm 0.03 b	21.80 \pm 0.10 f
BanditD7.5M120	T12	2.00 \pm 0.02 a	24.68 \pm 0.09 b
BanditD10M30	T13	1.67 \pm 0.02 cd	20.83 \pm 0.08 j
BanditD10M60	T14	1.75 \pm 0.02 b	21.23 \pm 0.11hi
BanditD10M90	T15	1.94 \pm 0.01 a	22.08 \pm 0.13 e
BanditD10M120	T16	2.00 \pm 0.02 a	25.09 \pm 0.10 a

Nota. VDT [(Variedad; Dosis (Mm); Tiempo de remojo (minutos))]. Medias con una letra en común no son significativamente diferentes (Duncan > 0,05).

Figura 7

Medición de raíces programa Root Snap versión 1.2.3.25



Nota. A: Vista de raíces a través de un rizotró; B: Vista de raíces en el programa Root Snap.

Ácido indolacético (AIA)

La concentración del ácido indolacético se obtuvo a partir de 2 muestras de raíz por cada tratamiento con la ayuda de un espectrofotómetro, se encontraron efectos significativos entre los tratamientos ($F_{16,17}=9,61$, $p<0,0001$),

Las dosis de Zn evaluadas y los diferentes tiempos de remojo mostraron una mayor concentración de AIA en la raíz que el tratamiento testigo ($F_{1,17}=11,64$, $p<0,0033$), siendo el T16 (10mM de Zn, 120 minutos de remojo) el que mostró una mayor concentración de AIA de 0,74 ug/ml mientras que en el testigo se observó una concentración de 0,17 ug/ml (Tabla 9, Figura 8).

Tabla 9

Promedio \pm Error estándar de la concentración de AIA en la raíz de plántulas de maíz dulce (Zea mays L.) var. Bandit, bajo el efecto de 4 dosis de Zn y 4 tiempos de remojo.

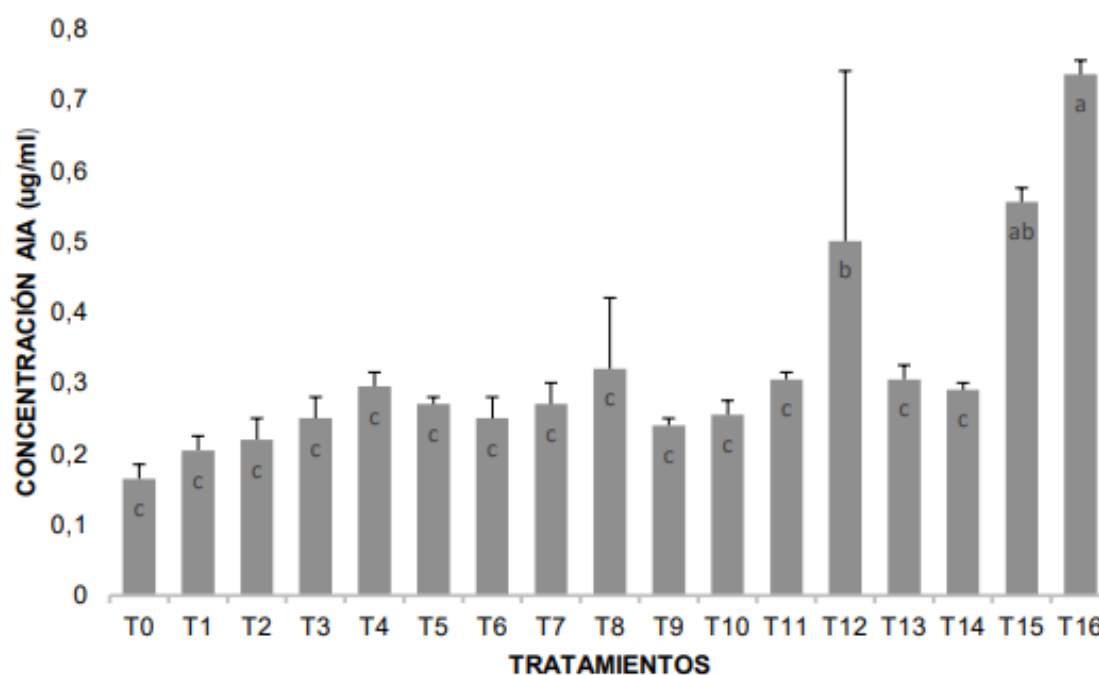
Descripción VDT*	Tratamiento	Ácido indolacético (ug/ml)
BanditD0M0	T0	0.17 \pm 0.02 c
BanditD2.5M30	T1	0.21 \pm 0.02 c
BanditD2.5M60	T2	0.22 \pm 0.02 c
BanditD2.5M90	T3	0.25 \pm 0.02 c
BanditD2.5M120	T4	0.30 \pm 0.02 c
BanditD5M30	T5	0.27 \pm 0.01 c
BanditD5M60	T6	0.25 \pm 0.01 c
BanditD5M90	T7	0.27 \pm 0.02 c
BanditD5M120	T8	0.32 \pm 0.07 c
BanditD7.5M30	T9	0.24 \pm 0.01 c
BanditD7.5M60	T10	0.26 \pm 0.02 c
BanditD7.5M90	T11	0.31 \pm 0.01 c
BanditD7.5M120	T12	0.50 \pm 0.17 b
BanditD10M30	T13	0.31 \pm 0.02 c
BanditD10M60	T14	0.29 \pm 0.01 c
BanditD10M90	T15	0.56 \pm 0.02 ab
BanditD10M120	T16	0.74 \pm 0.02 a

Nota. VDT [(Variedad; Dosis (Mm); Tiempo de remojo (minutos)]. Medias con una letra en común no son significativamente diferentes (Duncan > 0,05).

En la figura 8 se puede observar que el T16 (10 mM de Zn con 120 minutos de remojo) presento mayor concentración de AIA en raíces de plántula de maíz dulce var Bandit.

Figura 8

Concentraciones de AIA en raíces más desviación estándar



Nota. T0 Testigo; T1 (Zn 2,5 mM, 30 minutos de remojo); T2 (Zn 2,5 mM, 60 minutos de remojo); T3 (Zn 2,5 mM, 90 minutos de remojo); T4 (Zn 2,5 mM, 120 minutos de remojo); T5 (Zn 5,0 mM, 30 minutos de remojo); T6 (Zn 5,0 mM, 60 minutos de remojo); T7 (Zn 5,0 mM, 90 minutos de remojo); T8 (Zn 5,0 mM, 120 minutos de remojo); T9 (Zn 7,5 mM, 30 minutos de remojo); T10 (Zn 7,5 mM, 60 minutos de remojo); T11 (Zn 7,5 mM, 90 minutos de remojo); T12 (Zn 7,5 mM, 120 minutos de remojo); T13 (Zn 10,0 mM, 30 minutos de remojo); T14 (Zn 10,0 mM, 60 minutos de remojo); T15 (Zn 10,0 mM, 90 minutos de remojo); T16 (Zn 10,0 mM, 120 minutos de remojo).

Discusión

El efecto de diferentes dosis de Zn y tiempos de remojo en semillas de maíz dulce var Bandit mostró resultados importantes sobre la germinación y vigor de plántulas. El aumento progresivo de las dosis de Zn tuvo un efecto positivo sobre todas las variables, por lo que a mayor nivel de la dosis de Zn y mayor tiempo de remojo (10,0 mM, 120 minutos) existió aumento en los valores de las variables agronómicas.

Con respecto a la germinación el Zn es un elemento que interviene en varios procesos metabólicos y reacciones enzimáticas, estas características hacen que las semillas de maíz tratadas con Zn aumenten la velocidad de germinación (Miguez & Ratto, 2006). Estos valores coinciden con la aplicación de nano partículas de Zinc en semillas de maíz (nativo) en el que el porcentaje de germinación fue del 97% mientras que para el control fue del 80%, aquí se determinó que el uso de Zn mejoró de manera evidente varias características en la germinación de las semillas de maíz como la longitud y diámetro de la plúmula (Estrada, 2019).

Otros estudios con la aplicación de Zn en semilla en diferentes especies como: arroz (Cakmak., 2012), soya (Zou , Xu, Hu, Pang, & Xu, 2014), trigo (Rehman, Farook, Ahmad, & Basra, 2015), cebada (Ajouri, Asgedom, & Becker, 2004), avena (De Oliveira , y otros, 2014), entre otros, mostraron beneficios en la germinación. Para las variables vigor, altura, largo y diámetro de la raíz, en la plántula, la aplicación de Zinc como ZnSO₄ está relacionado de manera positiva con la actividad fotosintética, procesos de división y alargamiento celular y por ende un mayor crecimiento del vegetal (Reyes, Franco, Morales, & Pérez, 2017).

Las dosis de ZnSO₄ y diferentes tiempos de remojo tuvieron efectos

significativos sobre la producción de materia seca MS de la planta así mismo Fageria (2000), en su estudio concluyó que el zinc influyó en la producción de materia seca de la parte aérea en plantas de: arroz, maíz, soja, trigo y frijol. Madruga de Tunes et al (2014), señala que la aplicación de tratamientos de Zn a semillas de trigo aumentó significativamente la producción de MS en la parte aérea de la planta, dichos resultados concuerdan con otra investigación en la que se aplicó dosis de Zn a las semillas y plántulas de trigo donde se pudo determinar que dichos tratamientos mejoraron las características relacionadas con el crecimiento inicial de la planta, como altura de planta y biomasa aérea y radicular (Ferraris, Couretot, Ventimiglia, & Mousegne, 2010).

Sin embargo, Madruga de Tunes (2015) también llegó a la conclusión de que a medida que aumentaron las dosis de Zn la eficiencia de utilización de este elemento fue menor, mientras que para la presente investigación con semillas de maíz variedad Bandit la mayor dosis de Zn y tiempo de remojo (10 mM y 120 minutos) mostraron los mejores resultados. En otro estudio donde se aplicó un tratamiento de Zn a las semillas de maíz, también se determinó que este elemento promueve el aumento de la materia seca en la parte aérea y raíces de las plántulas (Neto et al., 2015).

El Zn aplicado en semillas de trigo con dosis de 3ml aumento la producción de MS de la raíz en un 55,6% con respecto al testigo La conclusión a la que se llegó es que el Zn se bioacumula principalmente en las raíces de las plántulas Madruga de Tunes et al., (2015). Así mismo la aplicación de dosis de Zn en diferentes tiempos de remojo en semillas de maíz variedad Bandit influyó sobre el diámetro y largo de raíces.

Con respecto a la concentración de ácido indolacético en las raíces, los resultados en este estudio son acordes a los de un estudio realizado por Licto (2017) en

el que se evaluó la biofortificación foliar con diferentes dosis y fuentes de Zn en rye grass perenne (*Lolium perenne*), los resultados obtenidos indicaron que el E.D.T.A Zn a una dosis de 20 ppm aplicado a los 30 días aumentó la bioacumulación de Zinc en el pasto 1,23 ug/ml y también se determinó que la concentración de ácido acético en raíces aumento mientras mayor fue la dosis de Zn.

Sin embargo, al usar sulfato de Zn 17 ppm los valores fueron los más bajos 0,06 ug/ml, mientras que para las semillas de maíz híbrido Bandit la impregnación de semillas con 10mM de Sulfato de Zn con 120 minutos de remojo mostraron una concentración de AIA de 0,7ug/ml con respecto al testigo en el que se obtuvo una concentración de 0,17 ug/ml.

Cabe señalar que el zinc es necesario en las plantas para la síntesis del triptófano, aminoácido indispensable en el metabolismo de la hormona vegetal AIA. Además, es fundamental en la formación de auxinas, las mismas que aportan en la regulación del desarrollo y a la elongación del tallo (Stanković et al., 2010, Gonzáles et al., 2018). Por lo antes expuesto, esos argumentos respaldan los resultados obtenidos en este estudio al usar diferentes dosis de Zn y tiempos de remojo sobre semillas de maíz dulce var Bandit.

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

El tratamiento que mostró una mejor germinación de semillas y mayor vigor de plántulas de maíz dulce (*Zea mays*) var Bandit fue el T16 (10mM de Zn y 120 minutos de remojo) con una velocidad de germinación de 25 semillas por día y peso seco de plántulas (vigor) a los 15 días de 0,21 mg.

En cuanto a la germinación todos los tratamientos llegaron al 100%. El periodo de germinación más corto lo presentaron todos los tratamientos sometidos a 120 minutos de remojo y 2.5, 5.0, 7.5 y 10 mM de Zn, con velocidad de germinación de 25 semillas por día, mientras otros tratamientos fluctuaron entre 16 y 20 semillas por día.

La mayor altura de las plántulas de maíz y así mismo el mayor peso seco de las plántulas (vigor) a los 15 días se presentó en el tratamiento T16 con la aplicación de 10mM de Zn y 120 minutos de remojo con 38,49 cm y 0,21 mg, mientras que el testigo presentó el menor crecimiento con una altura de 19,21 cm y 0,08g.

El mayor diámetro de raíces lo presentaron los tratamientos sometidos a 120 minutos de remojo y 2.5, 5.0, 7.5 y 10 mM de Zn con diámetros de 2,0; 2,0; 1,99 y 1,94 mm respectivamente. Mientras que el Testigo y el T1 (2.5mM de Zn, 30 minutos de remojo) mostraron el menor diámetro, ambos con 1,37 mm.

En cuanto al largo de la raíz, se determinó que el tratamiento T16 con la aplicación de 10mM de Zn, 120 minutos de remojo fue el que presentó la mayor longitud de la raíz con un largo de 25 cm, mientras que el largo promedio de raíces del testigo fue 20,05 cm.

El tratamiento T16 con 10mM de Zn, 120 minutos de remojo, mostró una mayor concentración de AIA en las raíces de las plántulas de 0,74 ug/ml mientras que en el testigo se observó una concentración de 0,17 ug/ml.

Recomendaciones

Se recomienda el uso del T16 con Sulfato de Zn a una dosis 10mM con tiempo de remojo 120 minutos aplicados sobre semillas de maíz para obtener un mejor periodo y velocidad de germinación y un mejor desarrollo de plántulas.

Se recomienda el método de impregnación de Zinc en semillas con el fin de obtener efectos positivos sobre el vigor desarrollo radicular de plántulas.

Se recomienda realizar estudios sobre la aplicación de ácido giberélico en semillas comparado con el uso de Sulfato de Zn.

Es recomendable realizar investigaciones sobre impregnación de semillas con otras fuentes de Zn como EDTA, u otras partículas.

Se recomienda el uso del ácido indolacético como un bioindicador del contenido de Zn en raíces de plántulas de maíz.

Bibliografía

- Amezcuca, J., & Lara, M. (2017). *El zinc en las plantas* (Vol. 68). Obtenido de www.revistaciencia.amc.edu.mx
- Cakmak , I., Prom-u-thai, C., Rerkasem, B., & Yazici, A. (2012). Zinc priming promotes seed germination and seedling vigor of rice. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 175(3), 482-488.
- Chanataxi, M. C. (2016). *Respuesta del cultivo de maíz dulce var. Bandit a la aplicación de niveles de calcio, boro y azufre bajo invernadero*. Universidad Central edl Ecuador, Quito.
- Copeland, L. O., & McDonald, M. F. (2012). *Principles of seed science and technology*.
- EL-UNIVERSO. (2008). *La Península 'debuta' con producción de maíz dulce*. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/2008/09/21/0001/9/DE2474FF07034B2E980707F3A24199D2.html>
- Estrada, J. (2019). *Influencia de las nanopartículas de óxido de zinc sobre la calidad fisiológica y sanitaria de la semilla de maíz nativo (Zea mays L.)*. Universidad Autónoma de Guerrero.
- FAO. (2011). Introducción al maíz y su importancia. *El Maíz en los Trópicos*. Obtenido de www.fao.org/docrep/003/XS/xs00. HTM
- Fassio , A., Carriquiry, A., Tojo, C., & Romero, R. (1998). *Maíz*. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria.
- Ferraris, G. N., Couretot, L. A., Ventimiglia, L. A., & Mousegne, F. (2010). Respuesta al zinc en maíz utilizando diferentes tecnologías de aplicación en la región Centro

Norte de Buenos Aires. *IX Congreso Nacional de Maíz. Mesa de Fertilidad y Nutrición del cultivo. AIANBA. Rosario.*

Gómez, F. J. (2004). *Comparación agroeconómica del método de siembra directa (semilla) e indirecta (pilón) en maíz dulce (zea mays var. Rugosa) en cinco localidades de Monjas, Jalapa. UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.*

Hernán , M., Hormaza, P., Sáenz, S., & José, I. (2008). Utilización de rizotrones para el estudio de la dinámica de crecimiento de raíces de palma de aceite. *Ceniavances.*

INTA. (2018). *Manual practico para el cultivo de maíz dulce.* Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/libesu8734_inta_asaho_web_maiz_dulce_v1.pdf

INTAGRI. (2015). *La Importancia del Zinc en las Plantas y su Dinámica en el Suelo.* Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/la-importancia-del-zinc-en-las-plantas-y-su-dinamica-en-el-suelo>

INTIA. (2012). *Claves de Cultivo del Maíz Dulce. INSTITUTO TÉCNICO Y DE GESTIÓN AGRÍCOLA, S.A. .* Obtenido de <https://www.intiasa.es/es/que-es-intia.html>

Klepper, B., & Kaspar, T. (1994). Rhizotrons: Their development and use in agricultural research. *Agronomy journal*, 86(5), 745-753.

Licto, S. (2017). *Estudio de la biofortificación foliar con diferentes fuentes de zinc en rye grass perenne (lolium perenne) variedad amazon.* Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

López, J., Torres, N., Saldivar, R., Reyes, I., & Arguello, B. (2014). Técnicas para evaluar germinación, vigor y calidad fisiológica de semillas sometidas a dosis de

nanopartículas. *Agronotecnología*.

- Loza, A. F. (2017). Evaluación de híbridos de maíz dulce (*zea mays l.*) var saccharata, bajo dos distancias de siembra para grano enlatado. *Universidad Central del Ecuador*.
- Madruga de-Tunes, L., Brião, M., Torales, J., Suárez, C., & Souza, E. (2015). Respuesta de plántulas de trigo (*Triticum aestivum L.*) al zinc aplicado en semillas. *Agrociencia* , 49(6), 623-636.
- Miguez, F., & Ratto, S. E. (2006). *Efecto de la aplicación de promotores de crecimiento sobre la velocidad de germinación y el vigor en semilla de maíz*. Informe presentado a Fertiva Latinoamericana SA Cuando se incrementa la dosis de P de, 300.
- Navarro , M., Fables, G., & Herrera, R. (2015). El vigor, elemento indispensable de la calidad de las semillas. *Cuban Journal Of Agricultural Science*, 49(4), 447-458.
- Neto, D. D., Martin, T. N., Pavinato, P. S., Nunes, U. R., Escobar, O. D., & Fipke, G. M. (2015). EL TRATAMIENTO DE SEMILLAS DE MAÍZ CON MICRONUTRIENTES AUMENTA EL RENDIMIENTO DE GRANO. *Revista Caatinga*, 28(3), 86-92.
- Otazo, M. (2013). Desarrollo de metodologías para el estudio de raíces.
- Parera, A. (2017). *Producción de maíz dulce*. Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/libesu8734_inta_asaho_web_maiz_dulce_v1.pdf
- Pérez de la Cerda, F., Carballo, A., Santacruz, A., Hernández, A., & Molina, J. (2007). Calidad fisiológica en semillas de maíz con diferencias estructurales. *Agricultura Técnica en México*, 33(1), 53-61.
- Ratto , S. E., & Miguez, F. H. (2006). Zinc en el cultivo de maíz, deficiencia de

- oportunidad. *Informaciones agronómicas*, 63, 8-15.
- Rengel, M., Gil, F., & Montaña, J. (2011). Effect of seed treatment with zinc and gibberellic acid on the emergency and initial growth of sugarcane plants. *Agronomía Tropical*, 61(1), 37-45.
- Rengel, Z., & Graham, R. D. (1995). Importance of seed Zn content for wheat growth on Zn-deficient soil. *Plant and Soil*, 173(2), 259-266.
- Reyes, M. R., Franco, O., Morales, E. J., & Pérez, D. J. (2017). *Influencia del magnesio y zinc en la altura de planta y verdor de hojas en Lilium*. Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Ribeiro, N. D., & Santos, O. S. (1996). Aproveitamento do zinco aplicado na semente na nutrição da planta. *Ciência Rural*, 26(1), 159-165.
- Rosental, L., Nonogaki, H., & Fait, A. (2014). Activation and regulation of primary metabolism during seed germination. *Seed Science Research*, 24(1), 1.
- Stanković, M., Topuzović, M., Marković, A., Pavlović, D., Đelić, G., Bojović, B., & Branković, S. (2010). Influence of zinc (Zn) on germination of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, 24(1), 236-239.
- Vega, P., Canchignia, H., Gonzáles, M., & Seeger, M. (2016). Biosíntesis de ácido indol-3-acético y promoción del crecimiento de plantas por bacterias. *Cultivos Tropicales*, 37, 33-39.
- Zamani, J., & Hajabbasi, M. (2018). Introduce of Rhizotron for assessment of the effects of soil treatments on growth and distribution of plant roots. *Journal of Agricultural Engineering Soil Science*, 41(3), 17-28.