



UNIVERSIDAD DE SANCTI SPÍRITUS “JOSÉ MARTÍ PÉREZ”
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA



TRABAJO DE DIPLOMA

Título: Utilización de diferentes biopreparados de microorganismos nativos multipropósitos en la germinación de semillas de maíz, arroz y frijol.

Autora: Gema Rosa Artola Zulueta.

Tutor: MSc. *Alexander Calero Hurtado*.

Sancti Spiritus, 2015.
“Año 57 de la Revolución”

Pensamiento.

Cuando pones la proa visionaria hacia una estrella y tiendes el ala hacia tal excelssitud inasible, afanoso de perfección y rebelde a la mediocridad, llevas en ti el resorte misterioso de un Ideal. Es ascua sagrada, capaz de templarte para grandes acciones. Custódiala; si la dejas apagar no se reenciende jamás. Y si ella muere en ti, quedas inerte: fría bazofia humana. Sólo vives por esa partícula de ensueño que te sobrepone a lo real. Ella es el lis de tu blasón, el penacho de tu temperamento.

José Ingenieros

Dedicatoria.

A lo largo de mi vida muchas personas han formado parte de mi camino, pero quiero dedicarle esta tesis especialmente a mi abuela que ha sido mi amiga, compañera, guía, mi alma y ha seguido conmigo en este camino tan largo sin pensar en el fracaso.

A mi abuelo, que no está físicamente con nosotros, pero mucho que se acercó a mí, me guio y supo enseñarme y demostrarme la sabiduría de la vida lo cual me dio fuerzas para continuar.

Ya toda mi familia que ha sido el eslabón principal para que yo llegara hasta donde estoy hoy

Agradecimientos.

A mi mamá, por ser de todo lo que tengo; lo más importante. La mejor amiga, mi aliada, mi ejemplo, la fuerza que me empuja a seguir adelante.

A mi papa por siempre brindarme mucho amor, cariño, apoyo y confianza a pesar de todas las situaciones difíciles por las que pasé a lo largo de la vida.

A mi tutor estrella: Alexander Calero Hurtado que sin su apoyo incondicional no hubiera sido posible el desarrollo de este trabajo.

A mis hermanos Manuel Alejandro y Keila Dayanis que son el sol que me acaricia cada mañana los que me han apoyado en cada paso de mi vida.

A mis abuelas Digna, Nereida, Adelina, y mis abuelos Pablo, René y Desiderio por brindarme su apoyo y ser de una forma u otra autores de este documento, aunque no sea directamente.

A mis Tías Edely, Norma y Oneida y mis Tíos Carlos, Alberto, Rolando, Raúl por brindarme su apoyo incondicional, al igual que todos mis primos.

A Alfredo González, mi amigo por ayudarme siempre que lo necesité.

A mis amigos y compañeros por siempre estar ahí, en las buenas y en las malas, pero sobre todas las cosas, brindándome apoyo y comprensión, aprendiendo y enseñándome.

Síntesis.

El trabajo se desarrolló con el objetivo de evaluar la utilización de diferentes biopreparados de microorganismos nativos multipropósitos en la potencia germinativa y el vigor en semillas de maíz, arroz y frijol. La investigación se realizó en el laboratorio Agropecuario III, Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez” durante el curso 2014-2015. Se utilizaron semillas botánicas de maíz, arroz y frijol provenientes del banco de un agricultor privado. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con seis tratamientos y tres repeticiones con los siguientes bioproductos MNM-Uniss, ME-50, ME-50 Agitado, Lebame, Biobras 16 y un control con agua destilada. Se calcularon los principales parámetros para determinar la potencia germinativa, tiempo medio de germinación, la velocidad de germinación y el tiempo medio de germinación (*T50*) y el vigor germinativo. Los resultados lograron cumplir el objetivo trazado y la utilización de diferentes biopreparados de microorganismos nativos multipropósitos incrementaron los porcentajes de germinación en semillas de maíz, arroz y frijol comparados con el control y el biopreparado MNMuniss fue el que mayor porcentaje de germinación logró en los tres tipos de semillas.

Synthesis

The work was developed with the objective to evaluate the use of different bioprepared of native multipurpose microorganism in the germination power and value germination of corn, rice and bean seeds. The research was carried out in the laboratory of Agronomic III at the Faculty of Agricultural Sciences, University of Sancti Spiritus during the first month of 2015 years. The use of botanic seeds of corn, rice and bean provided of the private farmer. It had used a randomized block design with six treatment and three replications with the following bioproducts MNMuniss, ME-50, ME-50 agitate, Lebame, Biobras-16 and the control with distilled water. It has calculator the principal parameters for to determine the germination power, middle germination time, germination speed, middle time or germination (t_{50}) and the germination value. The results obtained the objective and the using of different bioprepared of native multipurpose microorganism increase the percent of seeds germination of corn, rice and bean compare the control and the MNMuniss bioprepared was that of major percent of germination achieved in the three kind of seeds.

Índice.

CONTENIDO.	Pág.
INTRODUCCIÓN.	1
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.	
1.1. <i>Generalidades de la semilla.</i>	4
1.2. <i>Clasificación de las semillas en función de su tolerancia a la desecación.</i>	7
1.3. <i>Fases de la germinación.</i>	8
1.4. <i>Factores que afectan la germinación.</i>	9
1.5. <i>Dormancia o latencia de las semillas.</i>	11
1.6. <i>Los microorganismos eficientes en la propagación de los cultivos.</i>	12
1.7. <i>Bioestimulantes en la germinación de semillas.</i>	15
2. MATERIALES Y MÉTODOS.	
2.1. <i>Localización del experimental</i>	18
2.2. <i>Tratamientos.</i>	18
2.3. <i>Determinación de las diferentes variables.</i>	18
2.4. <i>Análisis estadístico.</i>	20
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	
3.1. <i>Porcentaje de germinación acumulado de los tratamientos.</i>	22
3.2. <i>Potencia germinativa</i>	26
4. CONCLUSIONES.	32
5. RECOMENDACIONES.	33
6. BIBLIOGRAFÍA.	34

Introducción.

En la naturaleza, la semilla es una fuente de alimento básico para muchos animales. También, mediante la producción agrícola, la semilla es esencial para el ser humano, cuyo alimento principal está constituido por semillas, directa o indirectamente, que sirven también de alimento para varios animales domésticos. Las semillas pueden almacenarse vivas por largos períodos, asegurándose así la preservación de especies y variedades de plantas valiosas (Paredes, 2007).

El desarrollo exitoso de la semilla depende de múltiples influencias en todos y cada uno de los estados de su formación. Además, su estructura está estrictamente unida a su función; por tanto, el estudio de sus características permite comprender sus posibilidades futuras de éxito (Paretti, 1994).

Para que una semilla germine se requieren ciertas condiciones favorables de humedad, temperatura, luz y oxígeno; cuando una semilla viva no germina en condiciones favorables se considera que esta en estado latente (Montes de Gómez, 1990).

Aunque no se conocen completamente los procesos que ocurren durante la germinación de la semilla, se pueden resumir en los siguientes: absorción de agua, iniciación de la actividad enzimática con incremento de la velocidad de respiración, asimilación y translocación de las reservas alimenticias y alargamiento y división celular, dando lugar a la emergencia de la raíz y la plúmula (Hartman y Kester, 1988).

Los estudios bioquímicos de semillas después de tratamientos magnéticos muestran un incremento en la actividad de α -amilasa, lo que indica un incremento en la producción de la hormona vegetal giberelina y la actividad de la enzima hidrolítica fosfatasa ácida (Staselis y Duchovskis, 2004).

La semilla es el principal órgano reproductivo de la gran mayoría de las plantas superiores. Ésta desempeña una función fundamental en la renovación, persistencia y dispersión de las poblaciones de plantas, regeneración de los bosques y sucesión ecológica.

Para que la semilla cumpla con su objetivo, es necesario que el embrión se transforme en una plántula, que sea capaz de valerse por sí misma y finalmente convertirse en una

planta adulta. Todo ello comprende una serie de procesos metabólicos y morfo genéticos, cuyo resultado final es la germinación de la semilla. La germinación es el reinicio del crecimiento del embrión, paralizado durante las fases finales de la maduración. Los procesos fisiológicos de crecimiento exigen actividades metabólicas aceleradas y la fase inicial de la germinación consiste primariamente en la activación de los procesos por aumento en la humedad y actividad respiratoria de la semilla (Pereti, 1994).

La germinación es el reinicio del crecimiento del embrión, paralizado durante las fases finales de la maduración. Los procesos fisiológicos de crecimiento exigen actividades metabólicas aceleradas y la fase inicial de la germinación consiste primariamente en la activación de los procesos por aumentos en la humedad y actividad respiratoria de la semilla (Obregón, 2007).

Por ello, mientras no se den las condiciones adecuadas para la germinación, la semilla se encontrará en estado latente durante un tiempo variable, dependiendo de la especie, hasta que en un momento dado pierda su capacidad de germinar (Chong, 2002).

El objetivo último de la prueba de germinación es obtener información con respecto al valor de emergencia en el campo de la semilla y proveer resultados que puedan ser usados para comparar el valor de diferentes lotes de semillas. La prueba bajo condiciones de campo es normalmente no satisfactoria, porque los resultados no pueden ser repetidos con confiabilidad. Los métodos del laboratorio han, por lo tanto, estado envueltos en que las condiciones externas son controladas para dar la germinación más regular, rápida y completa para la mayoría de las muestras de una especie en particular. Las condiciones han sido estandarizadas para permitir que los resultados de las pruebas puedan ser reproducidos dentro de los límites tan cerca como sea posible a aquellos determinados por la variación de muestras al azar (ISTA, 1985 e ISTA, 2015).

Una alternativa en el empleo de semilla con deterioro incipiente es el uso de productos hormonales para incrementar el potencial fisiológico de la semilla y así evitar los problemas mencionados anteriormente, en donde los fitorreguladores sintéticos aplicados a semillas han sido utilizados principalmente para romper la latencia de algunas especies, así como activar y/o acelerar el proceso de germinación de las mismas (Bidwell, 1996), estos productos son una buena alternativa para promover la germinación

de la semilla (Agwah *et al.*, (1994) en virtud de que se han tenido problemas en la germinación oportuna debido a diversos factores ambientales, de nutrición y de sustancias orgánicas presentes en bajas cantidades.

La utilización de los microorganismos eficientes en la propagación de las plantas tiene como objetivo promover la germinación, enraizamiento y crecimiento de los materiales sembrados por la acción de hormonas, aminoácidos y sustancias antioxidantes que contiene, y establecer microorganismos benéficos en el sistema radicular que compitan con microorganismos patógenos.

En la última década se ha detectado que el principal problema que existe en los campos de cultivo de Cuba es la poca población provocado por no realizar tratamientos a las semillas y no realizar la viabilidad de estas antes de la siembra, problema que se transforma en bajos rendimientos en la mayoría de los cultivos económicos.

Problema científico.

¿Qué efecto provoca la utilización de diferentes biopreparados de microorganismos nativos multipropósitos en la germinación de semillas de maíz, arroz y frijol?

Hipótesis.

La utilización de diferentes biopreparados de microorganismos nativos multipropósitos en la germinación de semillas de varios cultivos de interés económicos permitirá incrementar la cantidad de semillas germinadas de estos cultivos.

Objetivo general.

Evaluar la utilización de diferentes biopreparados de microorganismos nativos multipropósitos en los indicadores de germinación en semillas de maíz, arroz y frijol.

1. Revisión Bibliográfica.

1.1. Generalidades de la semilla.

Definición. La semilla es el principal órgano reproductivo de la gran mayoría de las plantas superiores terrestres y acuáticas. Ésta desempeña una función fundamental en la renovación, persistencia y dispersión de las poblaciones de plantas, regeneración de los bosques y sucesión ecológica (Rao *et al.*, 2007). En la naturaleza, la semilla es una fuente de alimento básico para muchos animales. También, mediante la producción agrícola, la semilla es esencial para el ser humano, cuyo alimento principal está constituido por semillas, directa o indirectamente, que sirven también de alimento para varios animales domésticos. Las semillas pueden almacenarse vivas por largos períodos, asegurándose así la preservación de especies y variedades de plantas valiosas (Walters, 2004; Paredes, 2007 y Van Treuren *et al.*, 2013).

La semilla es una unidad reproductiva compleja, característica de las plantas vasculares superiores, que se forma a partir del óvulo vegetal, generalmente después de la fertilización (Camacho, 1994). Para que la semilla cumpla con su objetivo, es necesario que el embrión se transforme en una plántula, que sea capaz de valerse por sí misma y finalmente convertirse en una planta adulta. Todo ello comprende una serie de procesos metabólicos y morfo genéticos, cuyo resultado final es la germinación de la semilla.

La germinación es el reinicio del crecimiento del embrión, paralizado durante las fases finales de la maduración. Los procesos fisiológicos de crecimiento exigen actividades metabólicas aceleradas y la fase inicial de la germinación consiste primariamente en la activación de los procesos por aumento en la humedad y actividad respiratoria de la semilla (Doria, 2010).

La semilla es esencial para la supervivencia de la humanidad, por cuanto almacena el más alto potencial genético que la ciencia pudiera llegar a desarrollar y es un elemento vital en la agricultura moderna, la semilla certificada contribuye a alcanzar una producción más alta (Douglas, 1991). La germinación, la pureza y la sanidad son los tres criterios de la calidad de semilla que están bien establecidos y los cuales son

determinados por pruebas de rutinas en estaciones de pruebas de semilla. Las pruebas han sido hechas para mejorar la calidad de la semilla en el comercio y los métodos de producción de semillas han sido mejorados para reunir los estándares impuestos por ellos. Los lotes de semillas pasando las pruebas serían de una alta calidad y emergerían seguramente en el campo, pero esto no necesariamente es así y el vigor de la semilla ha aparecido como un cuarto aspecto de calidad el cual es importante en el contexto del rendimiento en el campo (Lagiere, 1969).

En el proceso de absorción de agua por semillas imbibidas bajo condiciones comunes de laboratorio, por ejemplo, agua aplicada sobre una o más capas de papel de filtro humedecido en cápsulas de Petri. Aquí una proporción favorable de la superficie de la semilla está en contacto con el medio acuoso (el cual es a menudo agua destilada) y así la impedancia (Y) externa (contacto) y la impedancia interna de la matrix (y_1) son más o menos eliminadas. La germinación óptima sobre el papel de filtro requiere una cantidad adecuada de agua, poca humedad crea impedancias externas e internas y demasiada humedad puede restringir la difusión del oxígeno dentro de la semilla. El patrón inicial de absorción de agua, el cual puede ser común a muchas si no todas las semillas está afectado por tres características: 1) un frente agudo separando las porciones húmedas y secas de la semilla; 2) Absorción continua a medida que el agua alcanza nuevas regiones y 3) un incremento en el contenido de agua de las áreas humedecidas. La absorción de agua puede no ocurrir eventualmente sobre la totalidad de la superficie de una semilla intacta. En un número de semillas hay, al menos inicialmente, una mayor absorción a través del micropilo que a través del resto de la testa (por ejemplo, en especies de *Vicia* y *Phaseolus*) (Bewley y Black, 1983).

Muchas semillas colocadas en agua destilada en cápsulas de Petri bajo condiciones óptimas para la germinación muestran un patrón trifásico de absorción de agua. La absorción inicial de agua en la Fase 1 (llamada imbibición) es una consecuencia de las fuerzas mátricas de las paredes y contenidos celulares de la semilla, esta absorción ocurre sin considerar si la semilla posee o no latencia y/o es o no viable. La fase II es el periodo de retraso de absorción de agua, cuando el potencial mátrico es alto (menos negativo), como es el potencial osmótico o de soluto. Semillas muertas y latentes

mantienen este nivel de típica hidratación de la fase II, pero al contrario de semillas germinando ellas no entran a la fase III, la cual está asociado con la protrusión de la radícula. Las longitudes de cada una de estas fases dependen de ciertas propiedades inherentes de las semillas (contenido de substratos hidratables, permeabilidad de la cubierta de las semillas, absorción de oxígeno, tamaño de la semilla, etc) y de las condiciones durante la exposición al agua (por ejemplo, niveles de humedad, composición del substrato, temperatura, etc). Partes diferentes de una semilla, particularmente una semilla grande, pasará a través de estas fases a tasas diferentes (Bewley y Black, 1983).

La germinación de una semilla en una prueba de laboratorio es la emergencia y desarrollo de la plántula hasta una etapa donde el aspecto de sus estructuras esenciales indica si es o no capaz de desarrollarse en una planta bajo condiciones favorables en el suelo. Mientras que el porcentaje de semilla reportado sobre el Certificado de Análisis indica la proporción del número de semillas que han producido plántulas clasificadas como normales bajo las condiciones y dentro de un periodo especificado para cada especie. Las siguientes estructuras son esenciales para el desarrollo continuado de una plántula hacia una planta satisfactoria: sistema radical (raíz primaria, en ciertos casos raíces seminales), eje del tallo (hipocotilo, epicotilo; en ciertas gramíneas mesocotilo), cotiledones, yemas terminales y coleoptilo (ISTA, 1985).

Según Agrawal (1986) existen dos métodos de evaluación de la germinación usando papel: a) Por encima del papel donde las semillas son puestas a germinar sobre uno o más capas de papel y b) entre papeles, donde las semillas son puestas a germinar entre dos capas de papel, las cuales son colocadas directamente en bandejas de germinación en cabinas o germinadores al ambiente donde el papel puede ser doblado o enrollado y colocado en posición horizontal o vertical. El primer método no es aplicable a las semillas de maíz, caraota y algodón; mientras que el segundo si se utiliza en estos tres cultivos junto con la prueba en arena (ISTA, 1985). El segundo método tiene el inconveniente de la dificultad en evaluar el vigor de las semillas caracterizado por la germinación a los 4 días, porque las radículas pueden llegar a romperse si las capas enrolladas de papel no son separadas cuidadosamente, por otra parte, las plántulas pueden ser disturbadas

ocasionando un posible enmascaramiento de las características de las mismas al final de la evaluación (8 días). La colocación de las semillas entre varias capas de papel sin enrollar facilita la evaluación a los 4 días sin dañar las radículas y las plántulas porque las capas de papel son fácilmente removidas. (ISTA, 2015).

La absorción de agua por la semilla desencadena una secuencia de cambios metabólicos que incluye la respiración, síntesis proteica y movilización de reservas. A su vez, la división y el alargamiento celular en el embrión provocan la rotura de las cubiertas seminales, que generalmente se produce por la emergencia de la radícula (Finch savage y Leubner Metzger, 2006). Sin embargo, las semillas de muchas especies son incapaces de germinar, aun cuando presentan condiciones favorables para ello, lo cual se debe a que se encuentran en estado de latencia o dormancia (El Maarouf Bouteau y Bailly, 2008). Por ello, mientras no se den las condiciones adecuadas para la germinación, la semilla se encontrará en estado latente durante un tiempo variable, dependiendo de la especie, hasta que en un momento dado pierda su capacidad de germinar (Chong *et al.*, 2002; Copete *et al.*, 2011).

1.2. Clasificación de las semillas en función de su tolerancia a la desecación.

Todas las semillas difieren en su tolerancia a la desecación que sigue tras su diseminación. Según este parámetro, las semillas se pueden clasificar en ortodoxas, recalcitrantes e intermedias. Las semillas ortodoxas toleran una deshidratación hasta de 5% en el contenido de humedad; por su parte, las semillas que toleran la deshidratación entre 10% y 12,5% de contenido de humedad se consideran intermedias y las que toleran la deshidratación entre 15% y 50% de humedad se denominan recalcitrantes (Rao *et al*, 2007).

1.2.1. Semillas ortodoxas

La principal característica fisiológica de las semillas ortodoxas es su gran tolerancia a la deshidratación. Su fase final de maduración está acompañada por deshidratación celular, la cual inicia con la pérdida del suministro vascular de agua de la planta madre a la semilla (Bewley y Black, 1994). En este período las semillas adquieren la tolerancia para ceder a la deshidratación, característica que mejora su viabilidad y el potencial de

almacenamiento (Bacchetta *et al.*, 2008). Por tratarse de un método práctico y económico, el almacenamiento de semillas ortodoxas es el preferido para conservar el 90% de los seis millones de accesiones mantenidos en colecciones *ex situ* en todo el mundo. La mayoría de las especies cultivables, incluyendo *N. tabacum* (Walters, 2004), las especies forrajeras, y muchas especies arbóreas producen este tipo de semilla (Rao *et al.*, 2007).

1.2.2. Semillas recalcitrantes

Las semillas recalcitrantes no experimentan deshidratación en la planta madre y, sin detener su desarrollo, pasan directamente a la germinación, aun cuando ocurren algunos casos de latencia (Berjak y Pammenter, 2004). Al contrario de las semillas ortodoxas, las semillas recalcitrantes se diseminan en una condición húmeda y metabólicamente activa (Leprince *et al.*, 1993), perdiendo rápidamente su capacidad de germinación al quedar expuestas a condiciones de baja humedad. Adicionalmente, muchas semillas recalcitrantes de origen tropical son sensibles al frío y no pueden ser almacenadas a temperaturas inferiores a 15°C. La sensibilidad a la deshidratación y a temperaturas bajas prolongadas implica limitaciones graves para el almacenamiento comercial a largo plazo de las semilla recalcitrantes (Berjak *et al.*, 2011).

1.2.3. Semillas intermedias

Algunas especies, como la palma datilera silvestre *Phoenix reclinata* (Berjack y Pammenter, 2004) producen semillas con características intermedias entre ortodoxas y recalcitrantes (Leprince *et al.*, 1993). La habilidad para germinar de estas semillas depende del grado de tolerancia a la pérdida de agua, al tiempo y las condiciones de almacenamiento (Berjak y Pammenter, 2004). Entre los cultivos indicativos con semillas que pueden presentar conducta de almacenamiento intermedio se encuentra el ginkgo (*Ginkgo biloba* L.) y *Coffea sp.* (Eira *et al.*, 2006).

1.3. Fases de la germinación.

Comprende tres etapas sucesivas que se superponen parcialmente (Koornneef *et al.*, (2002). Las fases son:

Hidratación: La absorción de agua es el primer paso para la germinación, sin el cual el proceso no puede darse. Durante esta fase se produce una intensa absorción de agua por parte de los distintos tejidos que forman la semilla. Dicho incremento va acompañado de un aumento proporcional en la actividad respiratoria.

Germinación: Representa el verdadero proceso en el que se producen las transformaciones metabólicas necesarias para el completo desarrollo de la plántula. En esta fase la absorción de agua se reduce considerablemente, llegando incluso a detenerse.

Crecimiento: es la última fase de la germinación y se asocia con la emergencia de la radícula (cambio morfológico visible). Esta fase se caracteriza porque la absorción de agua vuelve a aumentar, así como la actividad respiratoria.

La duración de cada una de estas fases depende de ciertas propiedades de las semillas: su contenido de compuestos hidratables y la permeabilidad de las cubiertas al agua y oxígeno y a las condiciones del medio, tales como el nivel de humedad, las características y composición del sustrato, la temperatura, entre otros (Doria, 2010):

Para que la germinación ocurra, deben satisfacerse determinadas condiciones. La semilla debe ser viable, las condiciones ambientales para la germinación deben ser favorables: agua, temperatura, oxígeno y luz, la semilla debe estar libre de dormancia y las condiciones de sanidad deben ser satisfactorias (ausencia de agentes patógenos) (Baskin y Baskin, 2001).

1.4. Factores que afectan la germinación.

Se dividen en dos tipos; factores internos y factores externos (Doria, 2010):

1.4.1. Factores internos

Madurez de la semilla: Cuando ha alcanzado su completo desarrollo tanto desde el punto de vista morfológico como fisiológico. La madurez morfológica se consigue cuando las distintas estructuras de las semillas se han completado, dándose por finalizada cuando el embrión ha alcanzado su máximo desarrollo. Aunque la semilla sea morfológicamente madura, muchas de ellas pueden seguir siendo incapaces de

germinar, porque necesitan experimentar aún una serie de transformaciones fisiológicas (Alzugaray *et al.*, 2007).

Viabilidad de la semilla: Es el período de tiempo durante el cual las semillas conservan su capacidad para germinar. Es un período variable y depende del tipo de semilla y las condiciones de almacenamiento. Puede haber semillas que germinen después de decenas o centenas de años (Roos, 1986). Una semilla será más longeva cuando menos activo sea su metabolismo en las condiciones de almacenamiento. Esto a su vez origina una serie de productos tóxicos, que al acumularse en las semillas produce efectos letales para el embrión (El Maarouf Bouteau y Bailly, 2008).

1.4.2. Factores externos.

Humedad: la absorción de agua es el primer paso y el más importante que tiene lugar durante la germinación, porque para que la semilla recupere su metabolismo es necesaria la rehidratación de sus tejidos. La entrada de agua en el interior de la semilla se debe exclusivamente a una diferencia de potencial hídrico entre la semilla y el medio que le rodea. Hasta que emerge la radícula, el agua llega al embrión a través de las paredes celulares de la cubierta seminal, siempre a favor de un gradiente de potencial hídrico. La toma de agua por la semilla es trifásica, con una absorción inicial rápida (fase I) seguida por una fase de meseta (fase II), donde ocurre la germinación. En la fase III se produce un incremento adicional en la toma de agua después de completada la germinación. La toma de agua rápida responde a leyes físicas, y se produce aunque la semilla este muerta (Leubner Metzger, 2003). Aunque es necesaria la rehidratación para la germinación de las semillas, un exceso de agua actuaría desfavorablemente, pues dificultaría la llegada de oxígeno al embrión (Ramón y Mendoza, 2002). *Temperatura:* Es un factor decisivo en el proceso de germinación, ya que influye sobre las enzimas que regulan la velocidad de las reacciones bioquímicas que ocurren en la semilla después de la rehidratación. Por ello, las semillas solo germinan dentro de un cierto margen de temperatura. La temperatura óptima es aquella donde se alcanza el mayor porcentaje de germinación en el menor tiempo posible.

Gases: La mayor parte de las semillas requieren para su germinación un medio

suficientemente aireado, que permita una adecuada disponibilidad de O₂ y CO₂. De esta forma, el embrión obtiene la energía imprescindible para mantener sus actividades metabólicas. Para que la germinación tenga éxito, el O₂ disuelto en el agua de imbibición debe poder llegar hasta el embrión (Ramón y Mendoza, 2002).

Luz: Un lote de una variedad puede contener semillas que requieran luz para germinar, mientras otras semillas en el mismo lote son indiferentes a este factor (Hutchens, 1999). En variedades fotodormantes de tabaco, que no germinan en la oscuridad, la cubierta y el endospermo permanecen intactos. Sin embargo, cuando la cubierta y el endospermo son removidos mecánicamente hay una emergencia de la radícula en ausencia de la luz. La ruptura de la fotodormancia y la promoción de la germinación de semillas que requieren luz, es regulada por el sistema de fitocromos (Furuya y Schafer, 1996).

1.5. Dormancia o latencia de las semillas.

La dormancia o latencia es el estado en el cual una semilla viable no germina, aunque se coloque en condiciones de humedad, temperatura y concentración de oxígeno idóneas para hacerlo (Foley, 2001). De ello se deduce que las semillas pueden mantener su viabilidad durante largos períodos de tiempo. Esta es una de las propiedades adaptativas más importantes que poseen los vegetales. Gracias a ello, las semillas sobreviven en condiciones desfavorables y adversas, aunque no indefinidamente (Roos, 1986).

La salida del estado de latencia requiere, en determinados casos, algunos estímulos ambientales, tales como luz o bajas temperaturas. En otros casos, las gruesas cubiertas seminales de las semillas constituyen una barrera impermeable al agua y a los gases o ejercen una resistencia física a la expansión de la radícula, que impide la germinación. La presencia de inhibidores de la germinación es otro de sus condicionantes (Engels y Visser, 2007).

1.5.1. Tipos de dormancia

Baskin y Baskin (2004) desarrollaron un sistema de clasificación basado en 5 tipos generales de dormición:

1. *Fisiológica*. Desarrollo reducido del embrión, que no consigue rebasar el impedimento mecánico de las cubiertas de la semilla (o del fruto).
2. *Morfológica*. Embrión pequeño diferenciado (pero poco desarrollado) o no diferenciado. En este caso el periodo de dormición corresponde al tiempo que el embrión necesita para crecer.
3. *Morfofisiológica*. Combinación de un embrión no desarrollado (o indiferenciado) y fisiológicamente durmiente.
4. *Física*. La cubierta de la semilla (o fruto) posee una capa impermeable que no permite la absorción de agua.
5. *Combinatoria* (física + fisiológica). Semilla impermeable con embrión fisiológicamente durmiente.

Algunas semillas poseen sistemas de germinación complejos, los cuales implican muchas veces una combinación de los diversos tipos de dormición. Si durante el ensayo de germinación, o después de la siembra, las semillas no durmientes (ya expuestas a un pretratamiento de eliminación de la dormición, son expuestas a condiciones ambientales desfavorables (alta temperatura, anoxia, exceso de agua, etc.), pueden activarse mecanismos fisiológicos de bloqueo de la germinación (Côme y Corbineau, 1992). El resultado son las llamadas “dormiciones inducidas o secundarias”, denominadas así para diferenciarlas de la “dormición primaria” (la que está presente en el momento de la diseminación).

Las semillas sujetas a dormición secundaria prefieren con frecuencia ciclos de temperatura fuertemente variables para germinar, como sucede al final del invierno / inicio de la primavera (noches frías y días calurosos). En estos casos, las siembras tardías que encuentran el terreno demasiado “caliente” pueden provocar dormición secundaria y, por lo tanto, anular la germinación (Bacchetta *et al.*, 2008).

1.6. Los microorganismos eficientes en la propagación de los cultivos.

Tailandia fue el primer país fuera del Japón en introducir la tecnología del EM. En Tailandia, el Centro Asiático para la Creación de Personal en Agricultura Natural de

Kyusei, establecido en Sara Buri en 1988, recibe cada mes entre 400 y 500 aprendices de otras naciones asiáticas (Higa, 1997, Priyadi *et al.*, 2005).

Una de las alternativas que se presenta actualmente es la aplicación de microorganismos eficientes (ME), que bien utilizados puede reducir no sólo la contaminación del micro ambiente (control de malos olores, moscas), sino también mejorar la calidad de la gallinaza, acelerar la estabilización del proceso y disminuir el impacto ambiental causado por éste tipo de explotación es, pues el EM es un inoculado constituido por la mezcla de varios microorganismos benéficos (levaduras, actinomiceto, bacterias ácido lácticas y fotosintéticas) que son mutuamente compatibles entre sí y coexisten en un cultivo líquido (Higa, 1997).

Los microorganismos son efectivos solo cuando están presentes en óptimas condiciones para adecuarse a los sustratos, agua disponible, oxígeno (dependiendo de que si los microorganismos son aeróbicos obligados o facultativos anaeróbicos), pH y temperatura del medio ambiente. Mientras tanto, por los adelantos tecnológicos, diferentes tipos de cultivos microbianos e inoculantes disponibles en el mercado, han aumentado rápidamente. Descubrimientos significativos han sido hechos en sistemas donde la ayuda técnica es coordinada por el mercadeo de productos microbianos. Los microorganismos son usados en la eliminación de problemas asociados con el uso de fertilizantes químicos y pesticidas, y están ahora siendo aplicados ampliamente en la producción natural y agricultura orgánica (Higa y Parr, 1994).

La baja eficiencia de producción agrícola está estrechamente relacionada con la pobre coordinación en la conversión de energía la que en cambio, está influenciada por factores fisiológicos de los cultivos, el medio ambiente y otros factores biológicos incluyendo los microorganismos del suelo. La micoflora del suelo y la rizosfera pueden acelerar el crecimiento de las plantas e incrementar su resistencia a enfermedades e insectos dañinos por la producción de sustancias bioactivas. Esos microorganismos mantienen el medio de crecimiento de las plantas y pueden tener efectos secundarios en la calidad de los cultivos. Los resultados son posibles dependiendo de la predominancia y actividades de cada uno de los microorganismos. Sin embargo, hay un consenso creciente sobre la

posibilidad de lograr máximos niveles de económicos y alta calidad, mayor retorno neto, sin la aplicación de fertilizantes químicos, pesticidas y métodos de agricultura convencional. Es importante reconocer que las mejores prácticas de manejo de suelo y cultivos, para alcanzar una agricultura más sostenible incrementaran el crecimiento d, productividad y calidad de los cultivos (Higa y Parr, 1994).

Los microorganismos son utilizados en la agricultura por varios propósitos; como importante componente de las enmiendas orgánicas y compost, como inoculante de leguminosas para fijación biológica de nitrógeno, como un mecanismo de supresión de insectos y enfermedades de las plantas, para incrementar la calidad y productividad de los cultivos y para reducir labores. Una importante consideración de la aplicación de microorganismos benéficos es el incremento de sus efectos sinérgicos siendo difícil de lograr si estos microorganismos son aplicados como terapia sintomática, al igual que en el caso de fertilizantes y pesticidas químicos (Higa y Parr, 1994).

Los microorganismos benéficos son efectivos después de su inoculación en el suelo, es importante que su población inicial este en un nivel de umbral crítico. Esto ayuda a asegurarse que la cantidad de sustancias bioactivas por ellos sea suficiente para alcanzar los posible efectos deseados en la producción de cultivos y/o en su protección. Si esas condiciones no se encuentran, la introducción de microorganismos, no importa lo útiles que sean, tendrá un pequeño o ningún efecto. Actualmente, no hay pruebas químicas que puedan predecir la posibilidad de que un microorganismo particular, en la inoculación al suelo, alcance los resultados deseados (García, 2006). La más confiable aproximación es inocular el microorganismo benéfico en el suelo como parte del cultivo mixto y con una suficientemente alta densidad del inoculo para maximizar la probabilidad de su adaptación al medio ambiente y a las condiciones ecológicas (Higa y Parr, 1994).

Según Gil *et al.*, (2005) estos se pueden aplicar de diferentes formas, aplicación al suelo y aplicaciones foliares a los cultivos. La utilización de los microorganismos eficientes activados (EMA) en el mantenimiento de los cultivos, tiene como objetivo el establecimiento en el área de la rizosfera favoreciendo la solubilidad de los nutrientes, producción de sustancias bioactivas, competencia con patógenos del suelo, promover el

desarrollo de las plantas y competir con patógenos de las hojas generando un ambiente favorable para el desarrollo vigoroso de plantas. Cuando se aplica al suelo se debe realizar 15 días después de la germinación de las semillas o del trasplante, a 20 L.ha¹ de EMA y con un intervalo mensual a través del sistema de riego, las aplicaciones foliares se deben realizar a soluciones de cinco litros de EMA en 200 litros de agua y aplicar por aspersión a una hectárea. En cultivos intensivos puede ser necesaria una mayor cantidad de agua. Repita cada mes la aplicación. La utilización de EMA en la propagación de las plantas tiene como objetivo promover la germinación, enraizamiento y crecimiento de los materiales sembrados por la acción de hormonas, aminoácidos y sustancias antioxidantes que contiene, y su establecimiento en el sistema radicular que compitan con microorganismos patógenos (Abdel Megeed y El Nakieb, 2008; Higa 2009).

En Cuba la tecnología ME, fue desarrollada en sus inicios por la Estación de Pastos y Forrajes de Indio Hatuey en la provincia de Matanzas. Especialista de esta entidad han realizado entrenamientos respecto a esta tecnología en Colombia en la Fundación de Asesoría para el Sector Rural FUNDASES (Freitag 2003).

1.7. Bioestimulantes en la germinación de semillas.

uno de los problemas primordiales en la calidad de las semillas es el deterioro, el cual es un proceso irreversible (Anderson, 1973), que demerita la calidad fisiológica al presentar un porcentaje bajo de germinación (Miranda, 1984 y Abul Baki y Anderson, 1972), principalmente en aquellas que no tienen un manejo adecuado de postcosecha, lo cual ocasiona que se tenga poca emergencia y por consecuencia un bajo establecimiento de plántulas en campo, generando así una reducción en los rendimientos por unidad de superficie.

Una alternativa en el empleo de semilla con deterioro incipiente es el uso de productos hormonales para eficientar el potencial fisiológico de la semilla y así evitar los problemas mencionados anteriormente, en donde los fitorreguladores sintéticos aplicados a semillas han sido utilizados principalmente para romper la latencia de algunas especies ((Weaever,1996), así como activar y/o acelerar el proceso de germinación de las mismas (Bidwell, 1996), estos productos son una buena alternativa para promover la germinación de la semilla (Agwah *et al.*, (1994) en virtud de que se han tenido problemas en la

germinación oportuna debido a diversos factores ambientales, de nutrición y de sustancias orgánicas presentes en bajas cantidades.

Dentro de las hormonas utilizadas se encuentran las giberelinas, citocininas y auxinas. Las giberelinas se pueden definir como un compuesto que estimula la división o prolongación celular, o ambas cosas al igual que las auxinas. Por su parte las citoquininas promueven la inducción de brotes. Por otro lado el ácido fúlvico estimula la producción y elongación de raíces y el crecimiento de tallos, la estimulación de la germinación, así como la capacidad de retener y poner a disposición de la planta compuestos orgánicos e inorgánicos (Sparks, 2000).

Por eso, para obtener una densidad de plantas óptima comúnmente se siembra hasta un 50% más de la cantidad de semilla recomendada siendo importante contar con herramientas técnicas para minimizar este problema. Este es el caso de los bioestimulantes, compuestos orgánicos naturales o sintéticos que pueden ser aplicados a las plantas (hojas, frutos, semillas) provocando alteraciones en los procesos vitales y estructurales con la finalidad de incrementar la producción, mejorar la calidad y facilitar la cosecha (Kearney *et al.*, 2011).

A través de estas sustancias se puede interferir en procesos fisiológicos y/o morfológicos tales como germinación, crecimiento vegetativo, floración, fructificación, senescencia y abscisión. Estos productos favorecen un equilibrio hormonal en la planta y producen una relación adecuada del sistema radical aumentando el número y la profundidad de raíces, las que aportan una mayor absorción de agua y nutrientes. Además, mantienen por más tiempo las hojas con una fotosíntesis activa (Kearney *et al.*, 2011).

Se ha demostrado la disminución paulatina del potencial fisiológico de las semillas de maíz (*Zea mays* L.), ocasionada por el envejecimiento natural, y misma que merma progresivamente la capacidad germinativa, la velocidad de crecimiento inicial de la plántula y la tolerancia a condiciones adversas (marcos Filho y mcDonald 1998; mcDonald 1999). Tales efectos e están asociados con alteraciones bioquímicas evidenciadas durante las primeras horas de imbibición de los tejidos seminales (cruz *et al.* 1995).

Según Méndez *et al.*, (2010) indicaron que las semillas que tuvieron un mayor porcentaje de germinación fueron las de los cultivos de maíz y caraota con más del 94,7 %, siendo superior al porcentaje de germinación de las semillas de algodón (76,8 %).

Badillo *et al.*, (2010) observaron el efecto del Biozyme TS en términos medios muestra un 10% más de germinación en relación al testigo, seguidos del ácido fúlvico (6.7%), Biozyme PP (6.0%) y GBM-044 (5.0%). Lo anterior confirma que al tener mayor porcentaje de germinación con estos tratamientos se puede obtener mayor incremento en la plúmula, trayendo como consecuencia que la aplicación de estos productos sobre la semilla ayuda a promover la germinación evaluada después del periodo de almacenamiento.

Fitomas E es una mezcla de sales minerales y sustancias bioquímicas de alta energía (aminoácidos, bases nitrogenadas, sacáridos y polisacáridos biológicamente activos), seleccionadas del conjunto más representado en los vegetales superiores a los que pertenecen las variedades de cultivo, formuladas como una suspensión acuosa que se debe agitar antes de su utilización (Montano, 2008).

Efectos: aumenta y acelera la germinación de las semillas, ya sean botánicas o agámicas. Estimula el desarrollo de las raíces, tallos y hojas. Mejora la nutrición, la floración y cuajado de los frutos. Frecuentemente reduce el ciclo del cultivo. Potencia la acción de los herbicidas y otros plaguicidas lo que permite reducir entre el 30% y el 50% de sus dosis recomendadas. Acelera el compostaje y la degradación de los residuos de cosecha disminuyendo el tiempo necesario para su incorporación al suelo. Ayuda a superar los efectos negativos del estrés por salinidad, sequía, exceso de humedad, fitotoxicidad, enfermedades y plagas (Montano 2008).

2. Materiales y métodos.

2.1. Localización del experimento.

El trabajo se desarrollará en el laboratorio Agropecuario III, Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez” durante el curso 2014-2015. Para esto se utilizaron semillas botánicas de cultivos de interés económico como el maíz, el arroz y el frijol.

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado, con seis tratamientos y tres repeticiones. Se utilizaron placas petris (con dos papel de filtro) para desarrollar las pruebas de germinación de las semillas a una temperatura constante de 27 °C en una incubadora marca Boxun, las semillas fueron sometidas aproximadamente tres horas en soluciones de los bioproductos.

2.2. Tratamientos.

T1- MNM-Uniss a la concentración de 50 ml por litro de agua destilada durante tres horas.

T2- ME-50 a la concentración de 50 ml por litro de agua destilada durante tres horas.

T3- ME-50 Agitado a la concentración de 50 ml por litro de agua destilada durante tres horas.

T4- Lebame a la concentración de 50 ml por litro de agua destilada durante tres horas.

T5- Biobras 16 a la concentración de 0,025 ml por litro de agua destilada durante tres horas.

T6- Control (imbibición agua destilada durante cuatro horas).

2.3. Determinación de las diferentes variables.

Potencia germinativa (PG) La PG se determinó a los siete días contando el número de semillas germinadas durante ese intervalo de tiempo considerando el total de semillas germinadas (Engels y Visser, 2007).

$$P = \frac{N}{NT} \text{ Expresada en } \%$$

Dónde: N: número de semillas germinadas a los siete días

NT: número total de semillas.

2.3.1. Tiempo medio de germinación (MGT)

El MGT se calcula determinando el número de semillas germinadas cada día, considerando el total de semillas germinadas (Tompsett y Pritchard, 1998):

$$MGT = \frac{\sum ni \cdot di}{N} \text{ Expresada en \%}$$

Dónde:

ni: número de semillas germinadas en el día *d*

di: número de días desde el inicio del montaje de germinación

N: número total de semillas germinadas al final del ensayo.

2.3.2. Velocidad de germinación.

La velocidad de germinación (VG) se obtuvo mediante la fórmula sugerida por Copeland (1976), que incluye las siguientes variables:

$$VG = \sum_{i=1}^n \frac{Xi}{Ni} = \frac{X1}{1} + \frac{X2}{2} + \frac{X3}{3} \dots + \frac{Xn}{n}$$

Donde, *Xi* = Número de semillas germinadas en la *i*-ésima fecha de medición; y

Ni = Número de días a partir de la siembra en la *i*-ésima fecha de medición.

2.3.2.1. Tiempo medio de germinación (T50)

El *T50* es el parámetro más utilizado para determinar la velocidad de germinación. Corresponde al tiempo necesario para obtener el 50% de la Potencia Germinativa del lote (Thanos y Doussi, 1995).

$$T50 = \frac{\left[\left(\frac{N}{2} - N1 \right) \cdot (T2 - T1) \right]}{N2 - N1} + T1 \text{ Expresada en días}$$

Dónde:

N: porcentaje final de semillas germinadas

N1: porcentaje de semillas germinadas por debajo de N/2 (media).

N2: porcentaje de semillas germinadas por encima de N/2 (media).

T1: número de días que corresponden a N1

T2: número de días que corresponden a N2

2.3.3. Vigor de germinación (VG).

El VG relaciona los parámetros Valor pico (VP) y Germinación media diaria (GMD) mediante la expresión de (Bacchetta, 2008):

$VG = VP \cdot GMD$ (Expresado en días).

Se define el VP como el porcentaje de germinación en un punto T respecto al número de días necesarios para alcanzar este punto, así pues la expresión matemática para su cálculo es la siguiente:

$$VP = \frac{PGT}{T} \text{ Expresado en días}^{-1}$$

Dónde:

PGT: porcentaje de germinación a los T días

T: día con mayor número de semillas germinadas

2.3.3.1. Para el cálculo de GMD se emplea la expresión:

$$GMD = \frac{PGT}{TE} \text{ Expresado en días}^{-1}$$

Dónde:

PGF: % de germinación al finalizar el ensayo.

TE: Tiempo de duración del ensayo.

Determinación del valor agrícola de la semilla se tomaron varias muestras de la semilla y se determina la pureza física y el poder germinativo y a través de la fórmula (1) descrita por León y Ravelo, (2007) y para realizar la corrección en peso de la semilla se utiliza la operación matemática descrita en la fórmula (2).

$$(1) VA = (PG \cdot PF) / 100.$$

Dónde: VA. Valor real o agrícola de la semilla.

PF. Pureza física de la muestra.

PG. Poder germinativo.

(2) $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{-----} 100\%$ (se realiza una regla de tres inversa)

$x \text{-----} \text{_____} \%$ determinado en fórmula (1).

$$(2.1) x = 30 \text{ kg.ha}^{-1} \cdot 100/97,02$$

$$x = \text{_____} \text{ kg.ha}^{-1} \text{ (Cantidad de semilla corregida).}$$

2.4. Análisis estadístico.

Se realizó para los datos obtenidos y los datos expresados en porcentaje se transformaron por el arcoseno \sqrt{X} , se aplicó la prueba de normalidad y se realizó un Análisis de Varianza simple, la prueba de homogeneidad de varianza y la comparación de Duncan para $p \geq 0.05$, los resultados se procesaron en el paquete estadístico SPSS 15.0 versión en español y los resultados serán expresados en figuras o tablas.

3. Resultados y discusión.

3.1. Porcentaje de germinación acumulado de los tratamientos.

En la tabla 3.1 se muestra el porcentaje de germinación acumulado para los tratamientos evaluados en semillas de maíz, donde se observa que existieron diferencias significativas entre los tratamientos y todos lograron germinar un día antes que el control, el segundo día los valores de porcentaje de germinación más altos lo alcanzaron el Lebame y Biobras sin diferencias con el ME agitado, en el tercer día todos los tratamientos superaron al control y al cuarto día el ME-50 y ME agitado fueron superiores a los demás tratamientos y solamente el control tuvo germinación al quinto día después de poner las semillas a germinar.

Resultados similares fueron obtenidos por Rita *et al.*, (2013) quienes incrementaron el porcentaje de germinación acumulado con respecto al control al utilizar diferentes partes por millón de ácido giberélico en la germinación de semillas.

Lönnberg y Eriksson (2013) obtuvieron mayores porcentajes de germinación acumulado y relaciones intraespecíficas en los tratamientos que en el control.

Tabla 3.1. Porcentaje de germinación acumulado de los tratamientos en semillas de maíz, variedad criollo.

Tratamientos	Porcentaje de germinación acumulado en semillas de maíz.							
	Día 2		Día 3		Día 4		Día 5	
	DN (%)	DT	DN (%)	DT	DN (%)	DT	DN (%)	DT
MNMuniss	24,63	2,27ab	57,72	2,71a	17,65	2,10b	0,00	-
ME-50	22,45	2,23b	45,96	2,59b	34,06	2,42a	0,00	-
ME agitado	26,53	2,32ab	46,16	2,60b	28,64	2,34a	0,00	-
Lebame	28,05	2,35a	55,42	2,68ab	19,04	2,07b	0,00	-
Biobras	30,80	2,39a	53,09	2,67ab	16,11	2,06b	0,00	-
Control	25,57	2,29ab	39,78	2,42c	16,69	2,07b	17,97a	2,12
CV (%)	-	3,46	-	3,80	-	4,90	-	-
Estx [±]	-	0,020	-	0,024	-	0,051	-	-

*Leyenda. **DN**. Datos normales en por ciento, **DT**. Datos del por ciento transformados.

En la figura 1 se muestran el comportamiento del porcentaje de germinación acumulado de los tratamientos por días.

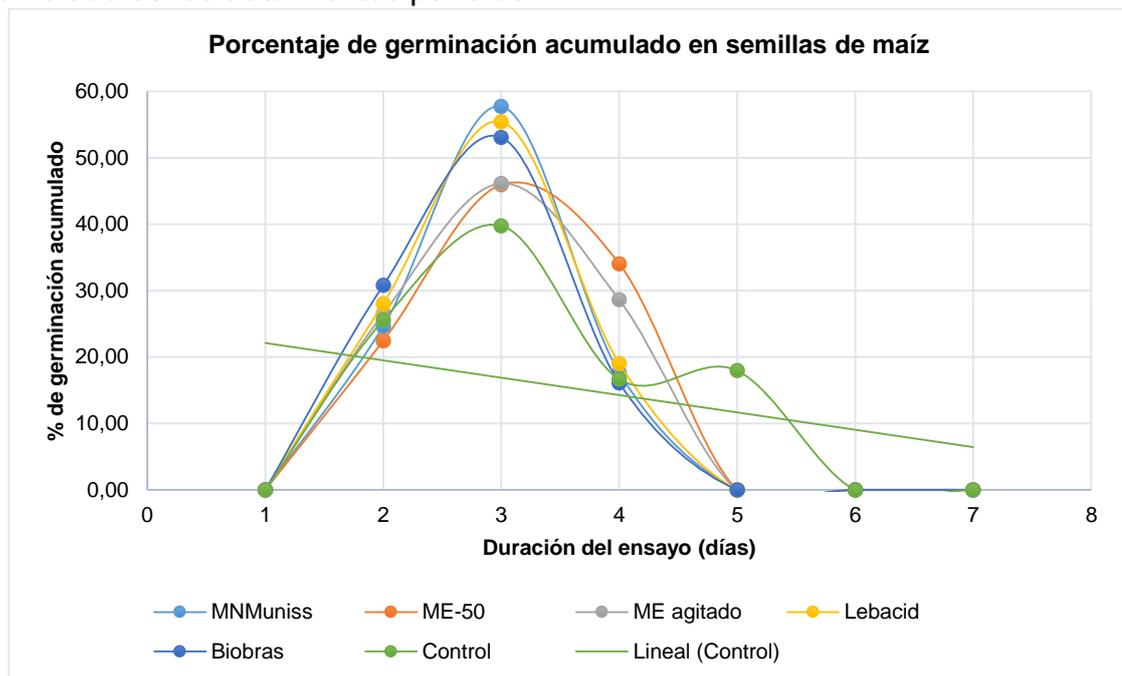


Figura 1. Porcentaje de germinación acumulado de los tratamientos en semillas de maíz.

En la tabla 3.2 se observa el porcentaje de germinación acumulado en semillas de arroz Variedad INCA LP-5, la misma evidencia diferencias significativas entre las variantes estudiadas y todas superaron al control, al segundo día germinación las mayores porcentaje de germinación lo alcanzó el tratamiento donde se utilizó Biobras, seguido del ME-50 y el MNMunis, al tercer día hubo diferencias de todos los bioproductos de microorganismos nativos superaron al control, al cuarto día los valores medios más altos los alcanzo el control y solo este continuo la germinación el quinto día.

Sairam *et al.*, (1996) y Anuradha y Rao (2001) estudiaron el uso de los brasinoesteroides y encontraron un efecto favorecedor de estos compuestos, obteniendo mejores respuestas cuando las semillas son imbibidas en soluciones a determinadas concentraciones de estos productos.

Estos resultados coinciden con lo obtenido por Torres *et al.*, (2008) quienes aumentaron la viabilidad y el vigor de las semillas arroz al utilizar campos magnéticos.

Tabla 3.2. Efecto de los tratamientos en el porcentaje de germinación acumulado en semillas de arroz, variedad INCA LP-5.

Tratamientos	Porcentaje de germinación acumulado en semillas de arroz							
	Día 2		Día 3		Día 4		Día 5	
	DN (%)	DT	DN (%)	DT	DN (%)	DT	DN (%)	DT
MNMuniss	10,0	1,82c	80,7	2,89a	4,7	1,41c	0	0
ME-50	14,0	1,99b	78,0	2,78a	5,3	1,48c	0	0
ME agitado	13,3	1,63d	70,7	2,85a	8,7	1,75b	0	0
Lebame	14,0	1,65d	66,0	2,87a	9,3	1,78b	0	0
Biobras	28,0	2,32a	66,0	2,73ab	8,0	1,70b	0	0
Control	10,5	1,84c	50,7	2,64b	17,1	2,09a	10,7	1,85a
CV (%)		10,0		3,57		4,30		
Estx [±]		0,050		0,032		0,170		

*Leyenda. **DN**. Datos normales en por ciento, **DT**. Datos del por ciento transformados.

En la figura 2 se muestra el comportamiento de los tratamientos en la germinación de semillas de arroz.

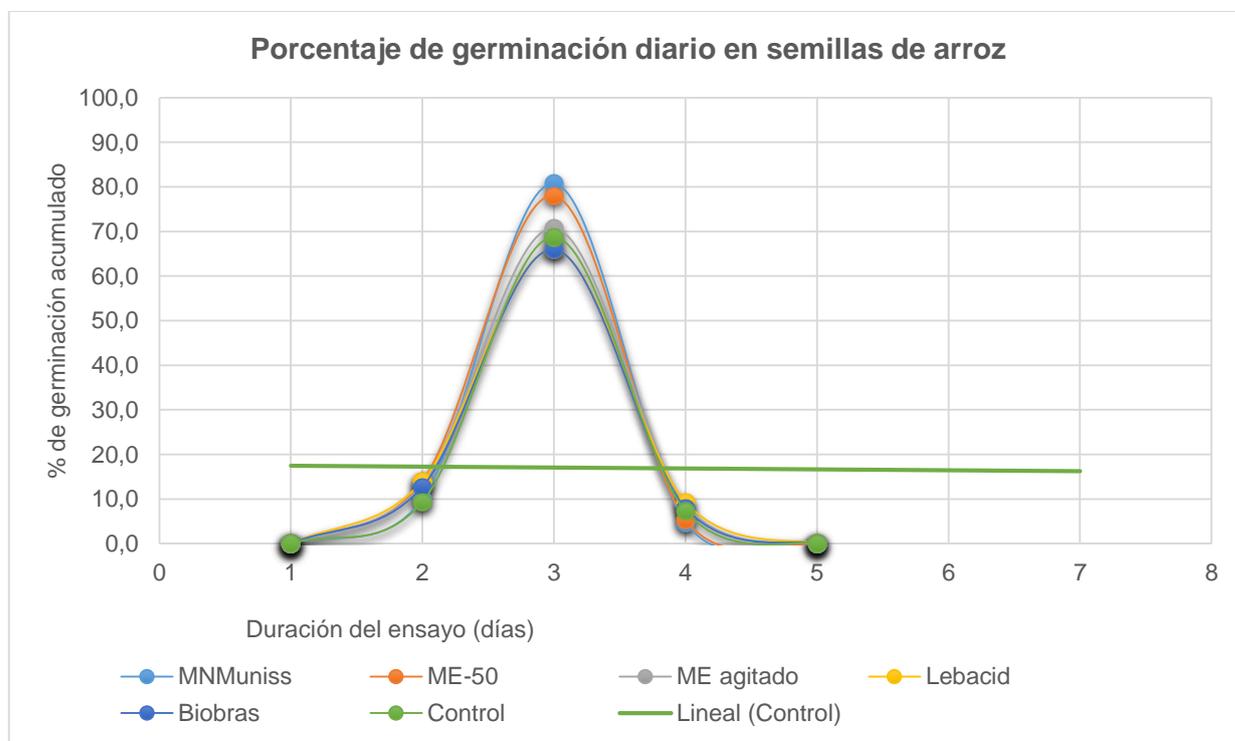


Figura 2. Porcentaje de germinación acumulado de los tratamientos en semillas de arroz.

Al analizar la tabla 3.3 se observa el porcentaje de germinación acumulado de las variantes estudiadas en semillas de frijol de la variedad Bat 304 de testa negra donde hubo diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, al segundo día el porcentaje de germinación acumulado más alto lo logro el control, el cual fue superior a los otros tratamientos y se destaca que los tratamientos con ME-50, Me agitado y Lebame no hubo germinación, sin embargo al tercer día posterior al montaje del experimento los mayores valores lo alcanzaron donde se utilizó MNMuniss y el Biobras, al cuarto día los las mejores de valores de germinación ocurrieron en los bioproductos que no germinaron al segundo día los cuales tuvieron actividad en la germinación el quinto día también.

Por su parte Gentry *et al.*, (2010) obtuvieron resultados, el tratamiento 250 mg/l presentó un 87,0% de germinación con 1,7 plantas/germinadas/día en un periodo de 25,5 días; superior a los valores presentados por los demás tratamientos. Se observó que el tiempo de remojo influye menos que la aplicación de ácido giberélico

Tabla 3.3. Efecto de los tratamientos en el porcentaje de germinación acumulado en semillas de frijol, variedad Bat- 304.

Tratamientos	Porcentaje de germinación acumulado en semillas de frijol							
	Día 2		Día 3		Día 4		Día 5	
	DN (%)	DT	DN (%)	DT	DN (%)	DT	DN (%)	DT
MNMuniss	36,90	2,47b	58,34	2,71a	4,76	1,30b	0,00	0
ME-50	0,00	0	25,18	1,61c	59,77	2,72a	32,48	2,34b
ME agitado	0,00	0	0,00	0	53,51	2,68a	46,49	2,60a
Lebame	0,00	0	10,58	1,77c	51,26	2,64a	38,16	2,47ab
Biobras	32,54	2,42b	48,72	2,63a	8,64	1,38b	10,06	1,35c
Control	54,84	2,69a	30,57	2,38b	10,72	1,85b	3,82	0,98d
CV (%)		7,6		6,4		8,0		9,0
Estx [±]		0,523		0,390		0,707		0,805

*Leyenda. **DN**. Datos normales en porcientos, **DT**. Datos del porcientos transformados.

En la figura 3 se muestra el comportamiento del porcentaje de germinación acumulado de los tratamientos en semillas de frijol.

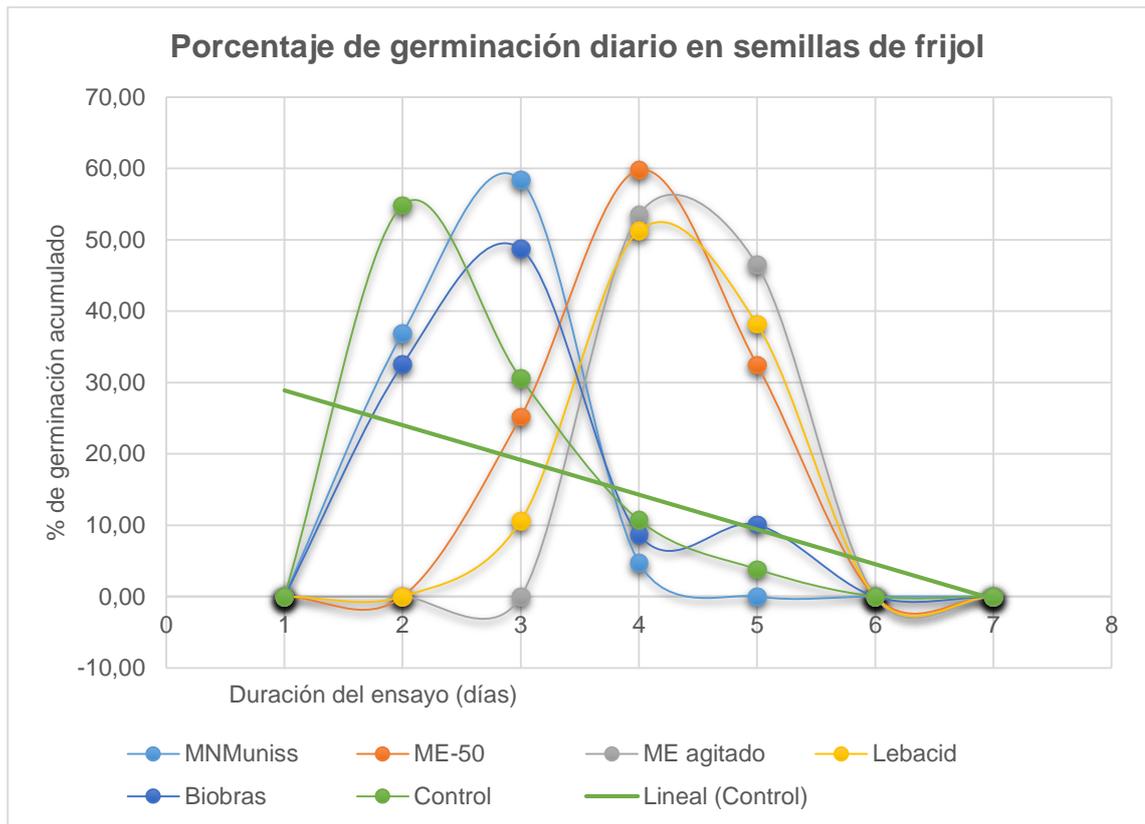


Figura 3. Porcentaje de germinación acumulado de los tratamientos en semillas de frijol.

3.2. Potencia germinativa.

La figura 4 muestra la potencia germinativa de los tratamientos en las semillas de maíz, arroz y frijol, se observa que hubo diferencias significativas entre las variantes evaluadas, en las semillas de maíz las mayores porcentos de germinación lo alcanzó el bioproducto microorganismos nativos multipropósitos (MNMuniss) al superar a los demás biopreparados y al control, en el caso de las semillas de arroz el MNMuniss no presento diferencias significativas con el Biobras los cuales alcanzaron mayores porcentajes de germinación que los demás tratamientos incluidos el control y el efecto de los biopreparados en la germinación de las semillas de frijol también los mayores porcentaje corresponde donde se utilizó MNMuniss aunque no difiere del control con agua destilada y estos superaron las demás variantes utilizadas.

Easton y Kleindorfer, (2008) obtuvieron que los rangos de germinación fueron más altos en las semillas de especies más grandes que en las más pequeñas. Las especies de semillas pequeñas no tuvieron baja germinación en el experimento.

Resultados similares los obtuvieron Islam *et al.*, (2012) en los porcentajes de germinación en arroz (96,84%) al comparar diferentes tratamientos como bioestimulantes de la germinación y un control con agua destilada.

Los resultados obtenidos por Torres *et al.*, (2008) para porcentajes de germinación en muestras de semillas de arroz las diferencias se alcanzaron a las 86 h porcentajes de germinación superiores al control entre 6%-11%

Resultados similares obtuvieron Laynez y Méndez, (2006) al incrementar la germinación de semillas de ajonjolí con respecto al testigo.

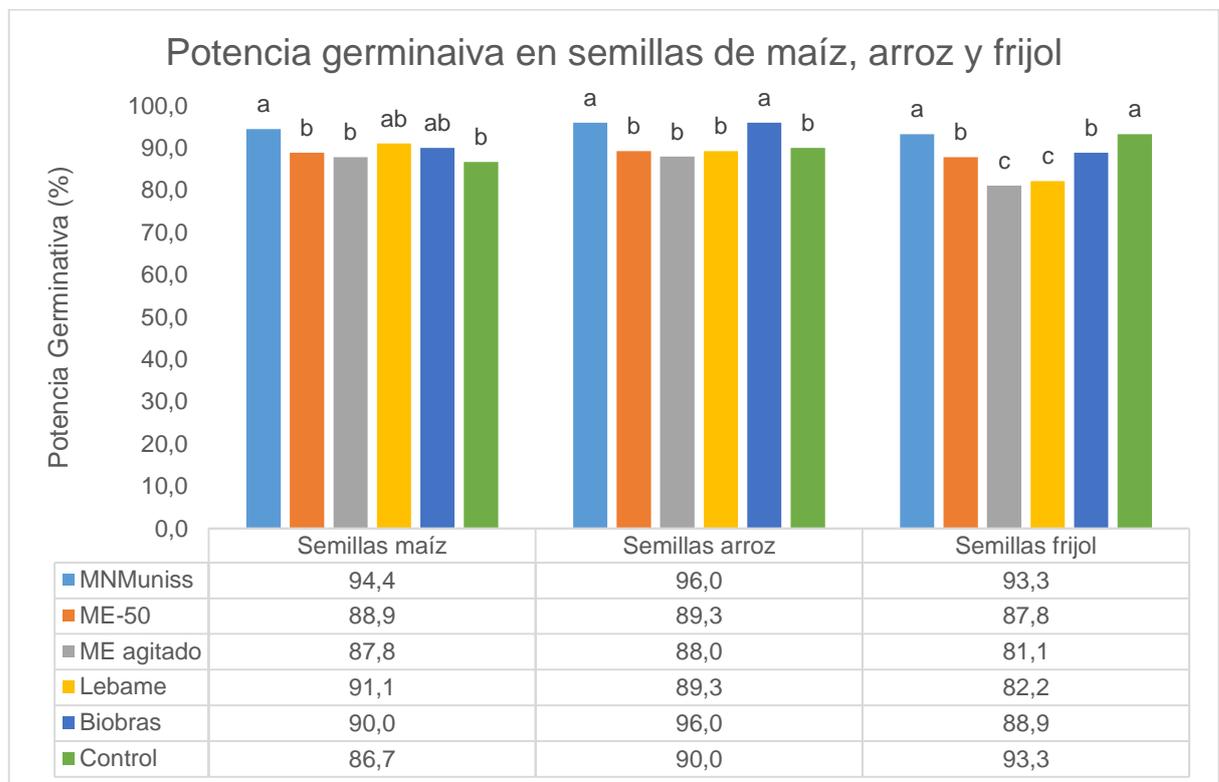


Figura 4. Potencia germinativa de los tratamientos evaluados en semillas de arroz y maíz.

Al analizar la tabla 3.4 se observa los valores medio para el tiempo medio de germinación para los tres tipos de semillas evaluadas en el experimento maíz, arroz y frijol, donde existieron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados para los tres bioensayos, en el caso de las semillas de maíz los mejores tiempos medios de germinación los alcanzaron los biopreparados MNMuniss y el Biobras los cuales alcanzaron medias inferiores a los tres días y los demás bioproductos evaluados superaron el tiempo medio de germinación fue superior a los tres días incluido el control.

Los resultados alcanzados por los tratamientos en el tiempo medio de germinación se observan diferencias significativas entre estos con respecto al control y los mejores tiempos medios de germinación lo alcanzaron los biopreparados MNMuniss, ME-50 y Lebame con menos de tres días y el ME agitado y control necesitan un tiempo medio superior a los tres días.

En el caso de las semillas de frijol las mejores variantes resultaron el biopreparado MNMuniss y el control y el Biobras también alcanzo resultados en el tiempo medio germinación inferior a los tres días y los demás biopreparados los tiempos medios de germinación fueron superiores a los cuatro días.

Murcia *et al.*, (2006) obtuvieron que la velocidad de germinación evaluada como tiempo medio de germinación, no tiene vinculación con la composición acídica de las semillas de girasol, ni a temperatura óptima ni a baja temperatura.

Tabla 3.4. Comportamiento del tiempo medio de germinación en días en semillas de maíz, arroz y frijol.

Tratamientos	Tiempo medio de germinación (MGT) (días)		
	Maíz	Arroz	Frijol
MNMuniss	2,98a	2,89ab	2,64a
ME-50	3,19bc	2,95b	4,25c
ME agitado	3,06b	3,04c	4,26c
Lebame	3,09b	2,96b	4,47c
Biobras	2,97a	2,71a	2,86b
Control	3,27c	3,30d	2,68a
CV (%)	5,16	6,33	7,22
Estx [±]	0,039	0,045	0,095

La tabla 3.5 muestra la velocidad de germinación de los tratamientos en semillas de maíz, arroz y frijol, se observa que existieron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. La velocidad de germinación se obtuvo mediante la fórmula descrita para el ensayo. Con base en esa fórmula, el lote que obtenga un mayor valor de VG tendrá una mayor velocidad de germinación, por lo que se considera como el más vigoroso, en cuanto al ensayo con semillas de maíz todos los tratamientos presentan velocidades de germinación superiores al control.

La mejor velocidad de germinación en semillas de arroz correspondió al tratamiento con Biobras el cual no difiere de la utilización del MNMuniss pero si de las otras variantes y a su vez este no difiere de los otros tratamientos pero si del control.

Los resultados alcanzados en semillas de frijol la mayor velocidad de germinación de las semillas se presenta cuando se utiliza MNMuniss el cual diere estadísticamente del tratamiento con Biobras y el control y estos a su vez alcanzaron resultados superiores a los demás biopreparados utilizados.

Por regla general, la velocidad de emergencia se reduce conforme la humedad del suelo se acerca al punto de marchitez; en algunas especies también se reduce el porcentaje de emergencia en condiciones de escasa humedad del suelo.

Los resultados de germinabilidad y velocidad de germinación (T50) resultaron coincidentes con lo expuesto por Jurado y Westoby (1992) y Contreras *et al.*, (2012) que para especies evaluadas, donde una baja germinabilidad está asociada con una rápida y media velocidad de germinación y la alta germinabilidad tiende a estar asociada con una velocidad media y lenta, que en la presente investigación no sucedió.

Por su parte Gairola *et al.*, (2011) lograron que la mayor velocidad de germinación la alcanzaron a una temperatura de 35 °C y la menor velocidad a 22 °C.

Resultados similares fueron expresados por Moradi *et al.*, (2008) quienes obtuvieron que las germinaciones más rápida en semillas de maíz cuando los indicadores T50 y MGT fueron más bajos.

Tabla 3.5. Comportamiento de los tratamientos en la velocidad de germinación en semillas de maíz, arroz y frijol.

Tratamientos	Velocidad de germinación		
	Maíz	Arroz	Frijol
MNMuniss	2,55a	3,30ab	2,74a
ME-50	2,34a	3,13b	1,58c
ME agitado	2,35a	3,04b	1,38c
Lebame	2,54a	3,06b	1,48c
Biobras	2,51a	3,62a	2,45b
Control	1,76b	2,10c	2,30b
CV (%)	4,7	3,8	5,1
Estx [±]	0,072	0,011	0,083

En cuanto al tiempo necesario para obtener el 50% de la potencia germinativa en semillas de maíz, arroz y frijol se observa que existieron diferencias significativas entre las variantes evaluadas (tabla 3.6), en caso de las semillas de maíz fueron superiores los biopreparados utilizados con respecto al control al alcanzar velocidades medias inferiores.

En semillas de arroz los resultados mostraron diferencias significativas en cuanto a la velocidad media de germinación y los bioproductos MNMuniss, ME-50, Lebame y Biobras alcanzaron velocidades medias inferiores que el biopreparado ME agitado y este obtuvo velocidad inferior al control.

En el caso de las semillas de frijol hubo diferencias significativas entre los tratamientos evaluados donde todas las variantes alcanzaron velocidades medias de germinación inferiores al control.

Khamassi *et al.*, (2013) obtuvieron que el tiempo medio de germinación estimado en semillas de arroz fue tres días a la temperatura 20 °C.

Tabla 3.6. Efecto de los tratamientos en el tiempo necesario para obtener el 50% de la potencia germinativa en semillas de maíz, arroz y frijol.

Tratamientos	Velocidad media de germinación (T50) (días)		
	Maíz	Arroz	Frijol
MNMuniss	2,49a	2,77a	2,42a
ME-50	2,50a	2,96a	2,73a
ME agitado	2,50a	3,22b	2,76a
Lebame	2,50a	2,69a	2,82a
Biobras	2,48a	2,95a	2,50a
Control	3,93b	4,06c	3,51b
CV (%)	6,67	6,25	5,71
Estx [±]	0,120	0,118	0,098

El vigor germinativo es el aspecto más importante a tratar de la semilla, la tabla 3.7 muestra los resultados alcanzados en el experimento con semillas de maíz, arroz y frijol, se observa que existieron diferencias significativas entre las variantes estudiadas, para los tratamientos donde se utilizó semillas de maíz las medias superiores las alcanzaron los tratamientos con MNMuniss, Biobras y Lebame los

cuales difieren de los otros biopreparados y del control entre los cuales no existen diferencias significativas.

Los resultados alcanzados del vigor germinativo en semillas de arroz existieron diferencias entre los tratamientos donde todos los biopreparados utilizados fueron superiores al control.

El vigor de germinación en semillas de frijol mostro diferencias significativas entre las variantes estudiadas siendo la mejor variante la utilización del biopreparado MNMuniss la cual no manifestó diferencias con el Biobras pero si con los demás tratamientos y el control.

Gómez (2004) obtuvo la mayor potencia germinativa y vigor se obtuvo con semillas que permanecieron durante tres meses almacenadas, en cuarto oscuro, a temperaturas entre 12 y 18°C, los más altos porcentajes de germinación y el mayor vigor, así como las plántulas más grandes y bien formadas, cuando se utilizó tierra como sustrato y se dejaron los germinadores a plena exposición.

Tabla 3.7. Efecto de los tratamientos en el vigor germinativo en semillas de maíz, arroz y frijol.

Tratamientos	Vigor de germinación (VG)		
	Maíz	Arroz	Frijol
MNMuniss	258,31a	384,09a	259,14a
ME-50	195,74b	314,29a	186,52b
ME agitado	190,42b	354,12a	154,75b
Lebame	238,08a	371,43a	150,40b
Biobras	227,52a	319,49a	206,39ab
Control	164,00b	190,47b	137,54b
CV (%)	2,19	2,23	2,85
Estx [±]	0,574	0,712	0,823

4. Conclusión.

- ✓ Se logró el objetivo y la utilización de diferentes biopreparados de microorganismos nativos multipropósitos incrementaron los porcentos de germinación en semillas de maíz, arroz y frijol comparados con el control y el biopreparado MNMuniss fue el que mayor porcentaje de germinación logró en los tres tipos de semillas.

5. Recomendaciones.

- ✓ Continuar el estudio con estos biopreparados de microorganismos nativos multipropósitos en la aceleración de la germinación de las semillas de cultivos de interés económico.
- ✓ Evaluar diferentes concentraciones de los biopreparados nativos multipropósitos, diferentes tiempos de imbibición y diferentes sustratos en la germinación de semillas de cultivos de interés económico.

6. Bibliografía.

- Abdul-Baki, A. A. and J. D. Anderson. (1972). Physiological and biochemical deterioration of seeds. In: Koslowsky T.T. (ed). Seed Biology. Vol II. Academic Press, New York. U.S.A. p. 283-316.
- Agwah-EMR; Shehata-SA; El-Sayed-SF. (1994). Effect of some growth regulators on seed production of onion (*Allium cepa* L.). In: Bulletin of Faculty of Agriculture, University of Cairo., 45: 2, 469-482p.
- Alzugaray, C.; Carnevale, N.; Salinas, A. y Pioli, R. (2007). Factores bióticos y abióticos que afectan la calidad de las semillas de *Schinopsis balansae* Engl. y *Aspidosperma quebracho-blanco* Schltdl. [en línea]. Rev. Iberoam. Micol, vol. 24, p. 142-147. [Consultado: 20/12/2008]. Disponible en: <<http://www.reviberoammicol.com/2007-24/142147.pdf>>.
- Anderson, J. D. (1973). Physiological and biochemical differences in deteriorating barley seeds. Crop. Sci.10(1)36-39.U.S.A.
- Anuradha, S. y Rao, S. S. R. (2001). Effect of brassinosteroids on alinity stress induced inhibition of seed germination and seedling growth of rice (*Oryza sativa* L.). Plant Growth Regul., vol. 33, p. 151-153.
- Badillo, M, García, Alma y Zamora, V. (2010) Reguladores de crecimiento para estimular la germinación en semilla de lechuga y su efecto en el almacenamiento. (En línea). <http://www.uaaan.mx>. (Disponible en <http://www.uaaan.mx/DirInv/Resul.../TecSemillas/MEVazquezBadillo-2.doc>. Citado el 11 de mayo de 2015
- Baskin, C. C. y Baskin, J. M. (2001). Seeds: Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination. San Diego: Academic Press, 666 p.
- Bewley, J. D. and M. Black. 1983. Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination. Volume 1: Development, germination, and growth". Second edition. Berlin, Germany. Springer-Verlag. 306 p.
- Bidwell, R.G. (1996). Reguladores de crecimiento de las plantas en la agricultura. 8a reimpresión. Ed. Trillas. México. p. 461-463

- Chong, C. y Bible, B. B. y Hak-Yoon Ju. (2002). Germination and emergence. [En línea] En: M. Pessaraki (Ed.). Handbook of plant and crop physiology. 2a. ed. [online] New York: Marcel Dekker Inc, p. 85-146. ISBN: 0-8247-0546-7. [Consultado 20/11/2008]. Disponible en: <<http://www.google.com/books>>.
- Contreras, Mariana del Rocio; Pando, Marisela; Jurado, E; Estrada, E; Flores, J. (2012). Evaluación de la germinación de semillas de especies nativas de los pastizales del altiplano del norte de México. Seminarios de Posgrado. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. Pag 101-110.
- Easton, L., Kleindorfer, S. (2008). Interaction effects of seed mass and temperature on germination in Australian species of Frankenia(Frankeniaceae). Folia Geobot. 43: 383-396.
- Gairola K.C, Nautiyal A.R, and Dwivedi, A. K. (2011). Effect of Temperatures and Germination Media on Seed Germination of *Jatropha Curcas* Linn. ADVANCES IN BIORESEARCH. Volume 2, Issue 2, pp 66 – 71. ISSN 0976-4585.
- Gentry, J; Saldívar, P; Laguna, A., Gutiérrez, F, Domínguez Maribel. (2010). Ácido giberélico en la germinación de semillas de *Jaltomata procumbens* (Cav.). Agronomía Mesoamericana 21(2):327-331. ISSN: 1021-7444.
- Gil, M, Rueda, P; Salgado, A. y Valera, A. (2005). Guía de uso de microorganismos eficaces EM en la Agricultura. Bogotá, Colombia: FUNDASES. (Fundación para el Sector Agrícola). Servicios impresiones Minuto de Dios.
- Gómez, Martha Ligia. (2004). Estimación de la capacidad germinativa y el vigor de las semillas de diomate (*Astronium graveolens* Jacq.) sometidas a diferentes tratamientos y condiciones de almacenamiento. (buscar revista de publicación o página web).
- Higa, T. (1997). Making a world of difference through the tecnology of effective microorganisms (EM), EM Technologies, Inc; 8 p.
- Higa, T. (2009). Microorganismos Eficientes, una Solución a Problemas Ambientales [en línea]. <http://microbiologia-general.blogspot.com>, 14 mayo 2012 [Consulta: 05 marzo 2012]. Disponible en: <http://microbiologia-general.blogspot.com>.

- Higa, T., and PARR, J. (1994). Beneficial y effective microorganism for a Sustainable Agriculture and environment. International Nature Farming Venter. Atami. Japan. 17 pp.
- Islam, R; Mukherjee A; and Hossin M. (2012). Effect of osmopriming on rice seed germination and seedling growth. J. Bangladesh Agril. Univ. 10(1): 15–20, 2012 ISSN
- ISTA. (1985). International Seed Testing Association. Seed Science and Technology; International Rules for Seed Testing. Rules 1985. Volume 13 Number 2. 520 p.
- ISTA. (2015). International Rule for Seed Testing. Seed Science and Technology; International Rules for Seed Testing. Volume 6(10). 10 p.
- Jurado, E. y M. Westoby.(1992). Germination biology of selected Central Australian plants.AustralianJournal of Ecology. 17:341-348.
- KHAMASSI, K, HARBAOUI, K, TEIXEIRA, J and JEDDI, F. (2013). Optimal Germination Temperature Assessed by Indices and Models in Field Bean (*Vicia faba* L. var. minor). Agriculturae Conspectus Scientificus Vol. 78 No. 2 (131-136).
- Kearney M.I.T.; Cerioni G.A..Stefani R.; Morla F.D.; Giayetto O.; Rosso M.B., y Della Mea. (2011). Bioestimulante aplicado a la semilla de maní sobre la emergencia, el rendimiento y la calidad. Instituto Nacional de Tecnologías, Agropecuarias. (3). P. 1-3. ISSN On line 1851-4987
- Koornneef, M.; Bentsink, L. y Hilhorst, H. (2002). Seed dormancy and germination. Current Opinion. Plant Biol., Vol. 5, p. 33-36.
- Lagiere, R. 1969. El algodón. Colección Agricultura Tropical. Traducido por Vicente Ripoll. Editorial Blume. Barcelona, España. 292 p.
- Layne, J, y Méndez, J. (2006). Efectos de extractos acuosos del follaje del corocillo (*Cyperus rotundus* L.) Sobre la germinación de semillas y el crecimiento de plántulas de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) Cv. Arapatol S-15. IDESIA (Chile). Vol. 24, Nº 2, pp 61-67.
- Lönnberg, K. and Eriksson, O. (2013). Relationships between intra-specific variation in seed size and recruitment in four species in two contrasting habitats. Plant Biologic. 15. 601-606.

- Melgoza, A.; Royo, M. H.; Morales, C. R. y Sierra, J. S. Germinación de semillas de hierba loca (*Astragalus mollissimus* Torr) con diferentes niveles de humedad y temperatura. [En línea] Tec. Pecu. Méx, 2003, vol. 41, no. 1, p. 85-89. [Consultado: 20/01/2009] Disponible en: <http://www.tecnicapecuaria.org.mx/trabajos/pdf>>.
- MENDEZ, JR, MERAZO, JF, ZERPA, MARÍA, y ENRIQUE, CARLOS. (2008). Efecto de la colocación de semillas de maíz (*Zea mays* L.), caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) y algodón (*Gossypium hirsutum* L.) en papel toallín (enrollados y sin enrollar) sobre la germinación y el vigor. Revista UDO Agrícola 8 (1): 67-71.
- Miranda, F. (1984). Madurez fisiológica de semillas. VIII curso de postgrado de tecnología de semillas. CIAT Cali, Colombia. p.33
- Montano, R. (2008). FitoMas E, bionutriente derivado de la industria azucarera. Composición, mecanismo de acción y evidencia experimental. Instituto cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar. (ICDCA).35 p.
- Moradi, P, Sharif, F and Janmohammadi, M. (2008). Influence of priming techniques on seed germination behavior of maize inbred lines (*Zea mays* L.) ARPN Journal of Agricultural and Biological Science. VOL. 3, NO. 3, p. 22-25. ISSN 1990-6145.
- Murcia Mónica, Del Longo Olga, Argüello J, Pérez María Alejandra, Peretti Anna. (2006). Evaluación del crecimiento de plántulas de cultivares de girasol con diferentes proporciones de ácidos oleico/linoleico en respuesta a la baja temperatura. Revista Brasileira de Sementes, vol. 28, nº 2, p.95-101.
- Obregón, P. (2007). La germinación. [En línea] Monografías.com. Agricultura y ganadería. Consultado: 14/01/2009. Disponible en: <<http://www.monografias.com/trabajos70/germinacion/germinacion.shtml>>.
- Paredes, C. (2007). Bioquímica de la germinación. [En línea] Monografías.com. Agricultura y ganadería. Consultado: 1/12/2008. Disponible en: <<http://www.monografias.com/trabajos59/bioquimicagerminacion/bioquimica-germinacion2.shtml>>.
- Peretti, A. (1994). Manual para Análisis de Semillas. Buenos Aires: Ed. Hemisferio Sur S.A. 281 p. ISBN: 950-504-526-3.

- Ramón, M y Mendoza, C. (2002). Efecto del deterioro post-corte sobre la germinación de la semilla asexual de cinco variedades de caña de azúcar. Rev. Fac. Agron., Vol. 19, no. 4, p. 264-272. ISSN 0378-7818. Disponible en: <<http://www.scielo.org.ve/scielo.php>>.
- Rita Anna; Di Martino, L; Di Cecco, V; Catoni Rosangela; Varone Laura; Di Santo; and Gratani Loretta. (2013). Seed germination capability of four endemic species in the Central Apennines (Italy): relationships with seed size. LAZAROA 34: 43-53. ISSN: 0210-9778
- Sairam, R. K.; Shukla, D. S. y Deshmukh, P. S. (1996). Effect of homobrassinolide seed treatment on germination, alpha amylase activity and yield of wheat under moisture stress conditions. Indian Journal of Plant Physiology, vol. 1, no. 3, p. 141-144.
- Sparks Donald L. (2000). Advances in agronomy. Department of Plant and Soil Sciences. University of Delaware Network, Delaware. Volume 68 Academic Press.
- Torres Celina; Díaz, J, y Cabal Paola. (2008). Efecto de campos magnéticos en la germinación de semillas de arroz (*Oryza sativa* L.) y tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Agronomía Colombiana, vol. 26, núm. 2, pp. 177-185,
- Weaver, R. J. (1996). Reguladores del crecimiento de las plantas de la agricultura. Trillas, México. P. 19-39, 81,113-155.