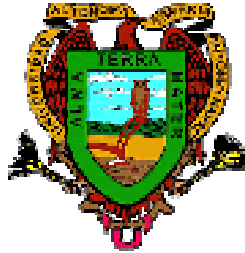


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



**PRODUCTOS ORGÁNICO-HORMONALES REACTIVADORES DE
LA GERMINACIÓN EN SEMILLA DE AVENA (*Avena sativa*, L.)**

Por:

MARGARITA VERA URIBE

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2006

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISION CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

**PRODUCTOS ORGÁNICO-HORMONALES REACTIVADORES DE LA
GERMINACIÓN EN SEMILLA DE AVENA (*Avena sativa*, L.)**

TESIS

Por:

MARGARITA VERA URIBE

Que Se Somete a Consideración del H. Jurado Examinador Como Requisito
Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Aprobada por:

PRESIDENTE DEL JURADO

Ing. Gilberto Gloria Hernández

SINODAL

SINODAL

Ing. Nelson Alonso Ruiz

Ing. M. Magdalena Ramírez Garza

SINODAL

Ing. Ángel Ramón Rivera Muñiz

CORRDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Dr. Ramón F. García Castillo

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2006

INDICE GENERAL

Contenido	Pág.
Índice de cuadros.....	i
Índice de figuras.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Dedicatorias.....	v
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos.....	3
Hipótesis.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Origen geográfico e historia del cultivo de la avena.....	4
Composición química de la semilla de avena.....	5
Importancia del cultivo.....	6
Concepto de semilla.....	6
Semilla de calidad.....	7
Germinación.....	8
Importancia de las pruebas de germinación.....	9
Tipos de germinación.....	10
Factores que afectan la germinación.....	11
Internos (intrínsecos).....	11
Externos (extrínsecos).....	13
Vigor de la semilla.....	17
Factores que influyen en el vigor de las semillas.....	18
Deterioro de las semillas.....	19
Síntomas del deterioro.....	20
Productos orgánicos.....	23
Composta.....	23
Lombricomposta.....	25
Los biodigestados líquidos.....	27
Las fitohormonas.....	29
Auxinas.....	30
Giberelinas.....	32
Citocininas.....	33
Investigaciones realizadas.....	34
MATERIALES Y MÉTODOS.....	36
Localización geográfica del sitio experimental.....	36
Material genético.....	36
Tratamientos.....	36
Descripción de los tratamientos.....	37
Preparación de los tratamientos.....	41
Laboratorio.....	44
Siembra.....	44

Parámetros a evaluar.....	44
Germinación estándar.....	45
Longitud media de plúmula.....	45
Longitud media de radícula.....	45
Peso seco de plántula.....	46
Invernadero.....	46
Siembra.....	46
Parámetros a evaluar.....	47
Emergencia total.....	47
Longitud media de plúmula.....	47
Longitud media de radícula.....	47
Peso fresco de plántula.....	48
Peso seco de plántula.....	48
Análisis estadístico.....	48
Modelo estadístico.....	49
RESULTADOS.....	50
Laboratorio.....	50
Invernadero.....	56
DISCUSIONES.....	63
CONCLUSIONES.....	64
LITERATURA CITADA.....	66
APÉNDICE.....	69

Índice de Cuadros

Contenido	Pág.
Cuadro 3.1. Dosis de aplicación en base al peso de 600 semillas (equivalente a 17 gr), según la dosis por kilogramo de semilla dada por la estandarización de zeatina de los productos comerciales.....	41
Cuadro 3.2. Actividad biológica de productos orgánicos.....	43
Cuadro 3.3. Cantidades en ppm de microelementos, pH y densidad de los productos de la UAAAN.....	43
Cuadro 4.1. Cuadros medios del análisis de varianza realizado en las variables evaluadas en laboratorio en semillas y plántulas de avena tratadas con productos orgánico-hormonales.....	50
Cuadro 4.2. Comparación de medias de los parámetros evaluados en semilla y plántulas de avena tratadas con productos orgánico-hormonales.....	51
Cuadro 4.3. Cuadros medios del análisis de varianza para las variables evaluadas en la etapa de invernadero, en semilla y plántulas de avena tratadas con productos orgánico-hormonales.....	56
Cuadro 4.4. Comparación de medias de los parámetros evaluados en semilla y plántulas de avena tratadas con productos orgánico-hormonales.....	57

Índice de Figuras

Contenido	Pág.
Figura 4.1. Porcentaje de germinación en semillas de avena, tratadas con productos orgánico-hormonales y evaluadas 7 días después de la fecha de siembra (14 de octubre de 2005).....	52
Figura 4.2. Longitud media de plúmula evaluada 7 días después de la fecha de siembra (14 de octubre de 2005).....	53
Figura 4.3. Longitud media de radícula evaluada 7 días después de la fecha de siembra (14 de octubre de 2005).....	54
Figura 4.4. Peso seco de plántula, evaluado 8 días después de la fecha de siembra (15 de octubre de 2005).....	55
Figura 4.5. Emergencia total evaluada en la etapa de invernadero 10 días después de la fecha de siembra (2 de marzo de 2006), en semillas y plántulas de avena, tratadas con productos orgánico-hormonales.....	58
Figura 4.6. Longitud media de plúmula evaluada en la etapa de invernadero 10 días después de la fecha de siembra (2 de marzo de 2006), en semillas y plántulas de avena, tratadas con productos orgánico-hormonales.....	59
Figura 4.7. Longitud media de radícula evaluada en la etapa de invernadero 10 días después de la fecha de siembra (2 de marzo de 2006), en semillas y plántulas de avena, tratadas con productos orgánico-hormonales.....	60
Figura 4.8. Peso fresco de plántula (mg), evaluado en la etapa de invernadero 10 días después de la fecha de siembra (2 de marzo de 2006).....	61
Figura 4.9. Peso seco de plántula (mg), evaluado en la etapa de invernadero 11 días después de la fecha de siembra (3 de marzo de 2006).....	62

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”**, por darme la oportunidad de encontrar los conocimientos necesarios para mi formación profesional y poder llegar a cumplir uno de los más grandes anhelos en mi vida.

Al **Ing. Gilberto Gloria Hernández**, por el apoyo brindado para la realización del presente trabajo, así como también por el tiempo que dedicado durante mi estancia en la Universidad, gracias y Dios lo Bendiga hoy y siempre.

A la **Ing. María Magdalena Ramírez Garza**, por su valioso apoyo en la realización del presente trabajo, así como también le agradezco que me haya brindado su amistad incondicional y también por todo el apoyo brindado a mi compañero de vida y a mi hijo (Luís Fernando), mil gracias y que Dios guíe su camino y la colme de bendiciones hoy, mañana y siempre.

Al **Ing. Ángel Ramón Rivera Muñiz**, por su colaboración en la realización y culminación del presente trabajo de investigación, mil gracias.

Al **Ing. Nelson Alonso Ruiz**, por su gran ayuda y por ser parte de este proyecto, por el apoyo brindado en la culminación de este proyecto, mil gracias. Que Dios te bendiga hoy y siempre.

A todos los profesores del **Departamento de Producción Animal**, ya que fueron un pilar importante en mi formación profesional, por brindarme sus conocimientos, consejos y amistad, gracias y siempre los recordare.

A la **Sra. Gregoria Ruiz de Alonso** y al **Sr. Mario Alonso Báez** por su apoyo incondicional, por cuidar de mi hijo, por sus consejos y por muchas cosas más, siempre estaré profundamente agradecida por todo lo que tuvieron que sacrificar para que Nelson, mi hijo y yo saliéremos adelante, sin ese apoyo no lo hubiéramos logrado, muchas gracias y que Dios cuide siempre de ustedes y los llene de bendiciones por siempre. Gracias.

A mis cuñados **Mario Enrique, Omar (mi compadre) y Sweymi Guadalupe** por su cariño, apoyo, convivencia y por los ratos buenos y malos que pasamos juntos gracias y que Dios los bendiga por siempre.

Sweymi sigue adelante, aún falta mucho camino por recorrer pero sé que lograrás realizar tus sueños y se haga de ti una mujer de bien. Suerte y que Dios guíe y cuide tu camino para siempre.

A mis concuñas **Magda Lareli** y **Maribel**, por sus consejos y amistad incondicional y por los momentos gratos que pasamos juntas, de corazón deseo que sigamos siendo una gran familia, Dios las bendiga siempre.

A mis sobrinos (**Omar, Mauro Antonio, Ileana Yesamin y Dulce Maria**), por que con sus sonrisas y juegos iluminan mi existencia y llenan de dicha mi vida Dios los cuide por siempre y que guíe su camino para que el día de mañana sean personas de bien.

A toda la familia de **Pastorías, Veracruz**, por todo el apoyo brindado y especialmente por el amor y la paciencia que le dedicaron a mi hijo, por sus consejos, sus buenos deseos y su amistad incondicional, muy en especial a la **Sra. Joaquina Cuevas Domínguez**, por su amor incondicional y sus consejos, que Dios me la guarde por mucho tiempo y la colme de bendiciones hoy, mañana y siempre.

A todos mis compañeros de generación (**Gen. XCIX**), por todos los momentos felices que pasamos juntos, pero muy en especial a **Ing. Victoria Padilla, Ing. Heriberto Hernández, Ing. Julián de la Cruz, Javier Briones y Ing. Rodolfo Vilchis**, por que en ustedes tengo la dicha de conocer la verdadera amistad y el cariño de hermanos, gracias compañeros siempre los llevaré en mi corazón y los recordare con amor y gratitud.

A todos mis amigos, a los cuales no menciono porque no acabaría de escribir todos los nombres, gracias por su amistad y espero que todos triunfen personal y profesionalmente, y que logren materializar sus sueños y metas gracias por brindarme su amistad. Siempre los llevaré en mi corazón.

DEDICATORIA

A **Dios Nuestro Señor**, por darme la dicha de vivir y por iluminar mi camino y el de mi familia.

A mi madre:

Sra. Otilia Uribe Franco

Por ser un pilar importantísimo en mi existencia, a ti madre por brindarme la oportunidad de vivir, por tu gran amor y dedicación, por todas las noches de desvelo que te hicimos pasar (mis hermanos y yo), por el cariño que sólo una madre puede brindar, y por ayudarme en mi formación profesional. Gracias, nunca podremos pagarte todo lo que por nosotros has hecho, a ti te dedico este triunfo "mamá gorda", gracias por todo, siempre te llevaré en mi corazón que Dios te cuide, gué tu camino y que te bendiga por siempre. **Te amo mamá gorda.**

A mi madrina y tía:

Srita. Rosa Uribe Franco

Por que desde recién nacidos nos cuidaste y nos diste amor, ternura, consejos, por reprendernos cuando hacíamos cosas malas y por guiarnos por el buen camino, nunca vamos a olvidar todo lo que nos brindaste para ser felices en la vida, por todos los sacrificios que por nosotros hiciste, por quitarte el pan de la boca para ofrecérselo a nosotros, por eso y por muchas cosas más siempre estaré agradecida contigo. Madrina eres la mejor de las mujeres gracias por todo y que Dios te bendiga por siempre.

A mi Abuelita (Tatita):

Sra. Natalia Franco

Desde pequeños nos brindaste tu amor y tu apoyo incondicional, supiste formarnos por el camino del bien, pero sobre todo nos apoyaste cuando más lo necesitábamos, y por siempre estaré agradecida contigo y te guardaré respeto y cariño. Gracias tatita, ya que con tu trabajo duro nos brindaste la oportunidad de realizarnos profesionalmente y nos diste la dicha de crecer unidos y con mucho amor, que Dios te bendiga y te cuide.

A estas tres grandes mujeres les debo la vida y mis logros. Gracias y que Dios las bendiga hoy, mañana y siempre.

A mi Hermano **José Fernando Vera Uribe**:

Por tu gran cariño, comprensión y por tu apoyo en los ratos buenos y malos de mi vida, te doy las gracias por toda la convivencia que pasamos juntos, por la risa, el llanto y alegría brindados, por tu perdón en los ratos amargos y por muchas otras cosas más, te doy las gracias, cuídate y lucha por tus metas, has de ti un hombre de bien y sé un buen profesionalista. Te quiero mucho hermanito.

A mi Hermana **Mariana Vera Uribe** y su familia:

Por tu apoyo incondicional y cariño en los momentos difíciles de mi vida, te agradezco infinitamente todo lo que me has brindado, gracias por ser mi hermana, compañera y amiga, que la dicha y el amor siempre estén presentes en tu hogar y que Dios cuide de ti por siempre. A ti Noé gracias por cuidar de Mary, gracias por brindarle tu apoyo, comprensión y amor y por tener la dicha de ser padres de mis dos preciosas y adoradas sobrinas: **Natalia** y **Vanesa**, cuídenlas siempre y que en su hogar reine por siempre la dicha y felicidad y para que con amor y cuidado hagan de esos dos grandes tesoritos, mujeres de bien, Dios los ilumine y cuide siempre.

Al Ing. **Álvaro Uribe Franco** y la **Sra. Zoila Poot de Uribe**: Por todos los consejos brindados en toda mi vida, gracias por al apoyo y los momentos de convivencia familiar que hemos pasado, que Dios los cuide siempre.

A mis primos **Álvaro, Alejandro y Rogelio**: Por su cariño y por su compañía, mil gracias, sigan adelante para que triunfen y hagan de ustedes personas de bien. Los quiero por siempre.

Al joven **Fidel Ruiz Barajas**: Por que siempre nos has demostrado amor y cariño, por ser tan especial para toda la familia y por que siempre has estado pendiente del bienestar de la familia, gracias Fidel ya eres parte de nosotros, cuídate y que **Dios** siempre este contigo guiando tu camino y tu vida. Gracias Fidelín.

A mi hijo, **Luis Fernando Alonso Vera**:

Por ser mi dicha y mi motivo de lucha y superación, que es a ti a quien dedico cada uno de mis triunfos. Que Dios te bendiga siempre y cuide de ti. Te Amo y Te Quiero Mucho Hijo.

A mi compañero de vida, **Nelson Alonso Ruiz**:

Por tu gran amor y por tu apoyo, que de ti siempre se haga un hombre de bien y que sigas cosechando éxitos como hasta ahora, a ti dedico este gran logro, por que vivamos felices todos los días de nuestras vidas. Te Amo y Dios te bendiga siempre.

INTRODUCCIÓN

La agricultura moderna es un sistema de manejo agrícola y se basa en el uso intensivo de insumos, maquinaria y energía fósil. Esta forma de producir ha demostrado al pasar del tiempo, su agresividad sobre los agroecosistemas y la alta destrucción del ambiente, a través de la contaminación con los agroquímicos (fertilizantes químicos, herbicidas, insecticidas, funguicidas, nematicidas, entre otros), los cuales se acumulan en los mantos freáticos, suelos, agua y atmósfera, representando una amenaza para la vida, por su alto grado de toxicidad.

En nuestros tiempos, los suelos están perdiendo materia orgánica más rápidamente de lo que puede ser reemplazada, si con el paso del tiempo permitimos que nuestros suelos sigan sufriendo estos daños traerán como consecuencia, suelos compactos, raíces superficiales, mayor desagüe, menor desarrollo de las plantas, suelos con demasiados terrones, lo que lleva a una menor producción.

Una alternativa para tratar que los suelos pierdan materia orgánica es el utilizar fertilizantes orgánicos por medio de composta y biodigestados líquidos, extraídos de las mismas, esta circunstancia nos debe estimular a incrementar la

eficiencia productiva y con ello aprovechar mejor los residuos orgánicos que se derivan directa e indirectamente del sector agropecuario.

Por otro lado, el cultivo de la avena ocupa el quinto lugar, siendo el cereal de invierno de mayor importancia en los climas fríos del hemisferio norte. Por su parte, México se encuentra en el lugar número 22 de los países productores en el Mundo, con una producción de 90 millones de toneladas anuales. Los principales estados productores en nuestro país son: Chihuahua, Estado de México, Durango, San Luis Potosí, Hidalgo y Zacatecas. En ese orden se maneja la producción, tanto de semilla como de grano, para este cultivo, y siendo el Estado de mayor producción Chihuahua, con 19608 toneladas por ciclo.

Uno de los problemas primordiales en la calidad de las semillas es el deterioro, el cual es un proceso irreversible e inexorable, demeritando la calidad fisiológica de estas, presentando un porcentaje bajo de germinación, principalmente en aquellas que han tenido un manejo inadecuado de poscosecha, transporte, almacenamiento, etc., lo cual ocasiona que se tenga poca emergencia y por consecuencia un bajo establecimiento de plántulas en el campo, generando así una reducción en los rendimientos por unidad de superficie. Es por ello que en la presente investigación y con la finalidad de resolver esta problemática, se plantean los siguientes objetivos.

Objetivo general

- Obtener un producto orgánico-hormonal (derivado de la lombricultura y composteo) que estimule la germinación en semilla de avena, y que compita con los existentes en el mercado.

Objetivos específicos

- Evaluar los productos orgánico-hormonales, derivados de la lombricultura y composteo, en la germinación y vigor de semilla de avena.
- Determinar el o los mejores productos que reflejen la mayor respuesta, en las concentraciones dadas a las variables evaluadas, tanto en laboratorio como en invernadero.
- Hacer la comparación de estos productos con los existentes en el mercado Nacional.

Hipótesis

- Al menos un producto orgánico-hormonal tendrá el potencial estimulante en la germinación y vigor de las semillas de avena.
- Al menos un producto orgánico-hormonal se igualará y/o superará a los existentes en el mercado.

REVISION DE LITERATURA

Origen geográfico e historia del cultivo de avena

Sampson (1954), menciona que no se conoce con certeza el área exacta donde se originó la avena cultivada, pero parece que tuvo su origen en la región de Asia menor, a donde se extendió hacia el Norte y hacia el Oeste hasta Europa y a otras regiones favorables para su cultivo, es muy probable que los granos más antiguos fueron encontrados en Egipto (2000 años a.c.).

Las avenas cultivadas tienen su origen en Asia Central, la historia de su cultivo es más bien desconocida, aunque parece confirmarse que este cereal no llegó a tener importancia como el trigo o la cebada, ya que antes de ser cultivada la avena fue una mala hierba de estas cereales. Los primeros restos arqueológicos se hallaron en Egipto, y se supone que eran semillas de malas hierbas, ya que no existen evidencias de que la avena fuese cultivada por los antiguos egipcios (<http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/avena.asp>).

En la actualidad se cultiva en muchas partes del mundo incluyendo el Norte y Oeste de Europa, Unión Soviética, Canadá, Norteamérica, Australia y China (<http://www.ivu.org/spanish/trans/vsuk-cereals.html>).

Composición química de la semilla de avena

La composición química de las semillas es variable. Se puede hablar por un lado de un conjunto de compuestos que está presente en todos los tejidos y por el otro de un conjunto de compuestos de almacenamiento de reservas que está presente en las semillas en grandes cantidades, está determinada genéticamente, pero las cantidades relativas pueden variar en función de factores ambientales como la presencia de nutrientes minerales o el clima. Dentro de la composición de las reservas alimenticias en la semilla de avena, se encuentran los lípidos (en un 8 % de peso seco), carbohidratos (con 66 %), proteínas (en 13% su peso seco) y almidón, siendo su principal órgano de almacenamiento el endospermo. El 80 % del porcentaje de proteína total corresponde a la globulina, 15 % a la prolamina y 5 % a la glutelina (http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/146/htm/sec_5.htm)

Los cereales contienen almidón que es el componente principal de los alimentos humanos. El germen de la semilla contiene lípidos en proporción variable que permite la extracción de aceite vegetal de ciertos cereales. La semilla está envuelta por una cáscara formada sobre todo por la celulosa, componente fundamental de la fibra dietética. Algunos cereales contienen una proteína, el gluten, indispensable para que se forme el pan. Las proteínas de los cereales son escasas en aminoácidos esenciales como la lisina (<http://es.wikipedia.org/wiki/Cereal>).

Importancia del cultivo

Usos y composición de la avena

Cazares (1999), menciona que la avena tiene varios usos industriales; el grano se utiliza como forraje para pastoreo, heno y ensilado, el grano de avena es esencialmente nutritivo por su contenido de proteína, carbohidratos, minerales y vitaminas, y de ahí su amplio uso en la alimentación humana y para aves y animales domésticos.

Para consumo humano se usan las avenas llamadas “de molienda” que son sometidas a diversos procesos de secado, clasificación y acabado, dando como resultado las hojuelas y la harina de avena. Estas últimas se preparan por molienda en muelas de piedra o en molinos de rozadura, de martillos o de pulverización. Según el sistema usado, la composición de la harina es variable, así como sus propiedades.

Concepto de semilla

Moreno (1996), menciona que en términos agronómicos y comerciales, se conoce como semilla a toda clase de granos, frutos y estructuras más complejas (unidad semilla) que se emplean en las siembras agrícolas. Y desde el punto de vista Botánico, una semilla verdadera es un embrión en estado latente, acompañado o no de tejido nutricional y protegido por el epispermo.

Hartman y Kester (1999), mencionaron en un sentido botánico más estricto, que la semilla es un óvulo fecundado, independiente de la planta madre, que ha madurado hasta adquirir la diferenciación y capacidad fisiológica para originar un nuevo ser.

Una semilla usualmente consta de un embrión, tejido nutritivo y cubierta seminal. La forma, el tamaño, la estructura, la consistencia y el color de estas partes son variables entre las especies, variedades y aún entre lotes de la misma variedad. A su vez, Encarta (2005), define a la semilla, como un embrión de la planta una vez que ha alcanzado la madurez. Puede estar acompañado de tejidos nutritivos y protegidos por una cubierta o testa.

Semilla de calidad

FAO (1985), reporta que las propiedades que determinan la calidad de la semilla se clasifican en dos tipos; las primeras son las propiedades internas de la semilla (pureza varietal “potencial genético”, carencia de enfermedades, alta germinación y alto vigor), y las propiedades externas (Pureza analítica, clasificación por tamaño, peso de 1000 granos o semillas, contenido de humedad), éstas características deben mantenerse a su mas alto grado de calidad; en este sentido Moreno (1996), menciona que la pureza física, pureza varietal, poder germinativo, el vigor, la sanidad del contenido de humedad, definen la calidad de las semilla.

Germinación

Moreno (1996), define a la germinación como la emergencia y desarrollo de aquellas estructuras esenciales que provienen del embrión y que manifiestan la capacidad de la semilla para producir una planta normal bajo condiciones favorables.

ISTA (1996), menciona que la germinación de la semilla es la emergencia y desarrollo de la plántula a un estado donde el aspecto de sus estructuras esenciales indican si son capaces o no de desarrollarse en una planta satisfactoria y productiva bajo condiciones favorables de suelo y clima. Por su parte, Hartmann y Kester (1999), dicen que la germinación es un proceso de la reactivación de la maquinaria metabólica de la semilla y la emergencia de la radícula (raíz) y de la plúmula (tallo), que conducen a la producción de una plántula. Así mismo, estos autores en (1995), dicen que para que la germinación de inicio se deben cumplir tres condiciones:

1. La semilla debe ser viable; esto es, el embrión debe estar vivo y tener capacidad para germinar.
2. Las condiciones internas de la semilla deben ser favorables para la germinación, esto es, deben de haber desaparecido las barreras físicas o químicas para la germinación.

3. La semilla debe encontrarse en las condiciones ambientales apropiadas, los requerimientos fundamentales son la disponibilidad de agua, temperatura apropiada, una provisión de oxígeno y a veces luz.

Meyer *et al.*, (1972) nos dicen que la germinación desde el punto de vista morfológico es la reanudación del crecimiento activo en partes del embrión, lo cual provoca la ruptura de los tegumentos seminales y el brote de la nueva planta. Por su parte, la AOSA (1983) define a la germinación de semillas como la emergencia y desarrollo de aquellas estructuras esenciales que provienen del embrión, que por la clase de semillas en análisis, son indicativos de la habilidad para producir una planta normal bajo condiciones favorables. De igual forma, Camacho (1994), menciona que la germinación es el proceso mediante el cual un embrión adquiere el metabolismo necesario para reiniciar el crecimiento y transcribir las porciones del programa genético que la convertirán en una planta adulta.

Importancia de las pruebas de germinación

El objetivo de una prueba de germinación es obtener información con respecto a la capacidad de las semillas para producir plántulas normales, estas pruebas además, permiten establecer comparaciones del poder germinativo entre diferentes lotes de semillas de la misma especie.

Normalmente no es satisfactorio probar la germinación bajo condiciones de campo, ya que no es posible repetir con seguridad los resultados. Por lo tanto, los métodos de laboratorio han sido desarrollados de tal manera que sea posible controlar la mayoría de las condiciones externas.

Esto permite obtener resultados uniformes y rápidos sobre la germinación de muestras de semillas de una determinada especie, para lo cual se han estandarizado las condiciones controladas de las pruebas de germinación, con el fin de permitir que estas sean reproducidas dentro de límites determinados por variación al azar.

Tipos de germinación

Germinación hipogea

Besnier (1989), la define como “nascencia hipogea”, y la describe como una característica de las leguminosas de invierno (guisantes, *Vicieas*, etc.), el hipocótilo apenas crece una vez salida la radícula; en cambio el epicótilo crece rápidamente hacia la superficie del suelo. El extremo del epicótilo se encuentra arqueado de manera que la plùmula, con las hojas embrionarias algo crecidas recubriendo el ápice vegetativo, se encuentran protegida en su avance a través de las partículas del suelo. Lo primero que aparece es el arco epicotileo, saliendo a continuación la plùmula con las hojas aún vueltas hacia abajo.

Germinación epigea

En ésta el hipocótilo crece rápidamente elevando los cotiledones hacia la superficie del suelo; en ésta fase, los cotiledones están vueltos hacia abajo y entre ellos se encuentran alojada la plúmula, con las hojas embrionarias.

Factores que afectan la germinación

Los factores que afectan a la germinación los podemos dividir en dos tipos:

Internos (intrínsecos)

Propios de la semilla; entre los factores internos que afectan a la germinación está la madurez que presentan las semillas y la viabilidad de las mismas (<http://www.euita.upv.es>).

Madurez de la semilla

Decimos que una semilla es madura 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 la semilla han completado su desarrollo, dándose por finalizada cuando el embrión ha alcanzado su máximo desarrollo. También se relaciona con la deshidratación de los diferentes tejidos que forman la semilla.

La madurez se suele alcanzar sobre la misma planta, sin embargo, existen algunas especies que diseminan sus semillas antes de que se alcance, como ocurre en las semillas de *Ginkgo biloba* o de muchas orquídeas, que presentan embriones muy rudimentarios, apenas diferenciados.

Aunque la semilla sea morfológicamente madura, muchas de ellas pueden seguir siendo incapaces de germinar porque necesitan experimentar aún una serie de transformaciones fisiológicas. Lo normal es que requieran la pérdida de sustancias inhibitoras de la germinación o la acumulación de sustancias promotoras. En general, necesitan reajustes en el equilibrio hormonal de la semilla y/o en la sensibilidad de sus tejidos para las distintas sustancias activas. La madurez fisiológica se alcanza al mismo tiempo que la morfológica, como en la mayoría de las especies cultivadas; o bien puede haber una diferencia de semanas, meses y hasta años entre ambas.

Viabilidad de las semillas

La viabilidad de las semillas 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 de las condiciones de almacenamiento. Por su parte, Salisbury (1994), cita que la viabilidad se pierde a menudo con más rapidez si las semillas se almacenan en aire húmedo y en temperaturas de 35 °C o más calidas. Parte de la pérdida quizá se deba a organismos patógenos internos.

Atendiendo a la longevidad de las semillas, es decir, el tiempo que las semillas permanecen viables, pueden haber semillas que germinen, todavía, después de decenas o centenas de años; se da en semillas con una cubierta seminal dura como las leguminosas. El caso más extremo de retención de viabilidad es el de las semillas de *Nelumbo nucifera* encontradas en Manchuria con una antigüedad de unos 250 a 400 años.

Factores externos (extrínsecos)

Dependen del ambiente; entre los factores ambientales más importantes que inciden en el proceso de germinación destacamos: a la humedad, temperatura y gases.

Humedad

La absorción de agua es el primer paso y el más importante que tiene lugar durante la germinación; 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 del potencial hídrico entre la semilla y el medio que la rodea. En condiciones normales, este potencial hídrico es menor en las semillas secas que en el medio exterior. Por ello, 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.

Aunque es necesaria el agua para la rehidratación de los semillas, un exceso de la misma actuaría desfavorablemente para le germinación, pues dificultaría la llegada de oxígeno al embrión.

Temperatura

La temperatura es un factor decisivo en el proceso de la germinación, ya que influye sobre las enzimas que regulan la velocidad de las reacciones bioquímicas que ocurren en la semilla después de la rehidratación. La actividad de cada enzima tiene lugar entre un máximo y un mínimo de temperatura, existiendo un óptimo intermedio. Del mismo modo, en el proceso de germinación pueden establecerse unos límites similares. Por ello, las semillas sólo germinan dentro de un cierto margen de temperatura. Si la temperatura es muy alta o muy baja, la germinación no tiene lugar aunque las demás condiciones sean favorables (<http://www.euita.upv.es>).

La temperatura mínima sería aquella por debajo de la cuál la germinación no se produce, y la máxima, aquella por encima de la cual se anula el proceso. La temperatura óptima, puede definirse como la más adecuada para conseguir el mayor porcentaje de germinación en el menor tiempo posible.

Las temperaturas compatibles con la germinación varían mucho de unas especies a otras. Sus límites suelen ser muy estrechos en semillas de especies adaptadas a hábitat muy concretos, y más amplios en semillas de especies de

amplia distribución. Por otra parte, se sabe que la alternancia de las temperaturas entre el día-noche actúan positivamente sobre las etapas de la germinación. Por lo que el óptimo térmico de la fase de germinación y el de la fase de crecimiento no tienen por que coincidir. Así, unas temperaturas estimularían la fase de germinación y otras la fase de crecimiento.

Gases

La mayor parte de las semillas requieren para su germinación un medio suficiente aireado que permita una adecuada disponibilidad de O_2 y CO_2 . De esta forma, el embrión obtiene la energía imprescindible para mantener sus actividades metabólicas. La mayoría de las semillas germinan bien en atmósfera normal con 21% de O_2 y un 0.03% de CO_2 . Sin embargo, existen algunas semillas que aumentan su porcentaje de germinación al disminuir el contenido de O_2 por debajo del 20%. Los casos mejor conocidos son: *Typha latifolia* (espadaña) y *Cynodon dactylon* (grama), que germinan mejor en presencia de un 8% de O_2 . Se trata de especies que viven en medios acuáticos o encharcados, donde la concentración de este gas es baja. El efecto del CO_2 es el contrario del O_2 , es decir, las semillas no pueden germinar si se aumenta la concentración de CO_2 (<http://www.euita.upv.es>).

Para que la germinación tenga éxito, el O_2 disuelto en el agua de imbibición debe llegar hasta el embrión. A veces, algunos elementos presentes en la cubierta seminal como compuestos fenólicos, capas de mucílago,

macroesclereidas, etc. Pueden obstaculizar la germinación de la semilla por que reduzcan la difusión del O₂ desde el exterior hacia el embrión. Además, hay que tener en cuenta, que la cantidad de O₂ que llega al embrión disminuye a medida que aumenta la disponibilidad de agua en la semilla. Por todo lo anterior hay que añadir que la temperatura modifica la solubilidad del O₂ en el agua que absorbe la semilla, siendo menor la solubilidad a medida que aumenta la temperatura (<http://www.euita.upv.es>).

Imbibición

Copeland y McDonald (1985), mencionan que la imbibición es el primer evento que ocurre durante la germinación, la cual consiste en la absorción de agua por la semilla. La composición de la semilla, la permeabilidad de la cubierta y la disponibilidad de agua, son factores que determinan e influyen en la extensión de la imbibición.

Bewley y Black (1986), definen que el proceso de imbibición finaliza con el inicio del crecimiento del eje embrionario, usualmente la radícula, incluyendo eventos como la hidratación de proteínas, cambios estructurales, subcelulares, respiración, síntesis macromoleculares y crecimiento celular. Por su parte, Tesar (1988), reporta que después de una imbibición inicial que principia a los diez minutos, se incrementa la respiración y la duración de ésta, dependiendo del substrato almacenado en el eje embrionario, incrementándose además la síntesis de varias enzimas y la actividad celular.

Vigor de la semilla

Moreno (1996), menciona que el vigor de las semillas es la suma total de aquellas propiedades que determinan el nivel de actividad y comportamiento de la semilla o lote de semillas durante su germinación y emergencia de la plántula. Esta definición engloba los procesos que han sido directamente relacionados con las diferencias en el vigor de las semillas:

1. Procesos y reacciones bioquímicas durante la germinación, tales como reacciones enzimáticas y actividad respiratoria.
2. Velocidad y uniformidad de la emergencia de la plántula en el campo.
3. Capacidad de emergencia de las plántulas bajo condiciones desfavorables del medio ambiente.

Entre las causas de la variabilidad del vigor se cita lo siguiente:

- Genotipo
- Medio ambiente y nutrición de la planta
- Estado de madurez en el momento de la cosecha
- Tamaño, peso y peso volumétrico
- Daño físico
- Deterioro y envejecimiento
- Patógenos

Copeland y McDonald (1985), menciona que en 1979, the Association of Official Seed Analyst's Vigor, define vigor de semilla como aquellas propiedades de la semilla que determinan el potencial para una rápida emergencia uniforme y crecimiento normal de semillas bajo un amplio rango de condiciones de campo. Además se hace mención que la capacidad germinativa de un lote de semillas indica su poder para formar plántulas con buenas condiciones de campo; el vigor se refiere a este mismo poder en malas condiciones.

A su vez, Moreno (1996), menciona que en 1977 el comité de pruebas de vigor (ISTA), definen vigor de la siguiente manera: el vigor es la suma total de aquellas propiedades que determinan el nivel de actividad y comportamiento de la semilla o lote de semilla durante su germinación y emergencia de la plántula. Las que se comportan bien se llaman semillas de alto vigor y las que se comportan pobremente son denominadas semillas de bajo vigor.

Factores que influyen en el vigor de la semilla

Copeland y McDonald (1985), mencionan que el crecimiento de una semilla comprende una serie de importantes escenarios genéticos desde una fertilización, para la acumulación de nutrientes, semilla seca bajo dormancia. Cada uno de estos escenarios representa un cambio en la morfología y fisiología genética, donde estas pueden alterar el rendimiento potencial de la semilla.

La cúspide en que la semilla alcanza su máximo peso seco es llamada madurez fisiológica. En esta cima, está el mayor potencial para tener una máxima germinación y vigor.

Deterioro de las semillas

Anderson y Baker (1982), indican que los procesos de deterioro pueden ocurrir en el campo después de que la semilla ha alcanzado su madurez fisiológica. Particularmente si la cosecha se realizó en temporada lluviosa y en el almacén cuando las condiciones de humedad y temperatura son elevadas, es cuando ocurre este hecho.

Flores (2004), define al deterioro de semillas como la incapacidad morfológica y/o fisiológica para la germinación y desarrollo normal de la plántula. El deterioro engloba todos los cambios progresivos negativos de la semilla hasta que ésta muere.

Copeland y McDonald (1985), mencionan que conforme pasa el tiempo, la semilla se va degradando, pero éstos síntomas del deterioro en algunos casos no son visibles de momento, sino hasta que se evalúa la germinación y crecimiento de plántulas observándose un bajo funcionamiento durante el desarrollo de éstas. La falta o retraso de la emergencia de plántulas es uno de los primeros síntomas notables en el campo, seguido de una pérdida de resistencia a estrés del medio ambiente, lo cual en muchos de los casos

conlleva a la muerte total. Las semillas están únicamente equipadas para sobrevivir como organismos viables regenerativos únicamente hasta que el tiempo y el lugar sean los adecuados para el comienzo de una nueva generación: sin embargo como cualquier otra forma de vida, ellos no pueden conservar su viabilidad indefinidamente y eventualmente se deterioran y mueren. Afortunadamente ni la naturaleza ni las practicas agrícolas ordinarias requieren que la semilla sobrevivan por un tiempo mas largo, hasta llegar al siguiente periodo de cultivo, aunque las semillas de algunas especies puedan sobrevivir por mas tiempo en condiciones propicias.

Hafferkamp *et al.*, (1953), en términos generales, reportan que los cereales tienen mayor capacidad de mantener su viabilidad que las oleaginosas: sin embargo hay que señalar que estas diferencias en la capacidad de mantener su longevidad no solamente se manifiestan entre especies, si no también en cultivares. Mencionan también que en los cereales, la cebada y la avena generalmente tienen el mayor potencial de longevidad, mientras que el centeno es quien presenta menor capacidad para mantener su germinabilidad.

Síntomas del deterioro

El estado avanzado del deterioro de las semillas es evidente por la visibilidad de los síntomas durante la germinación y crecimiento de las plantas. Sin embargo, estos son precedidos por cambios fisiológicos cuyos síntomas pueden ser detectados únicamente por sofisticadas técnicas.

Síntomas fisiológicos del deterioro

Baja actividad enzimática. Las prueba mas sensible para medir el deterioro incipiente de la semilla es aquella donde la actividad es medida con ciertas enzimas asociadas con la interrupción de reservas alimenticias o biosíntesis de nuevo tejido.

Reducción de la respiración. Woodstock y Feeley (1967), describen a la respiración como una actividad compuesta de un gran grupo de enzimas que juntos reaccionan en la disminución de las reservas alimenticias. Como las semillas se deterioran, la respiración se hace cada vez más débil, y en última estancia conduce a la perdida de germinación. Sin embargo, antes de la pérdida germinal, los niveles de respiración durante las etapas tempranas de germinación han sido correlacionados con el vigor subsecuente.

Incremento en la hinchazón de la semilla. Hibbard y Millar (1928), mencionan que un síntoma frecuente que se presenta en las semillas deterioradas es el bajo contenido de agua que absorbe. El grado en deterioro está asociado con la concentración de exudados de la semilla que pueden ser encontradas en las soluciones. Los exudados son el resultado de la degradación de la membrana.

La concentración en la absorción ha sido medida por métodos de conductancia eléctrica, también esta determinado por el contenido soluble de azúcar de *Leachate*.

Incremento en el contenido de ácidos grasos libres. Harrington (1972), menciona que el incremento de ácidos grasos en la semilla es en gran parte debido a la invasión de hongos y es un síntoma principal del deterioro solamente cuando el contenido de humedad de la semilla esta cerca del 12 %. En relación a lo anterior, Christensen *et al.*, (1949) dice que la invasión de hongo, como se piensa, es la causa principal de la interrupción de los lípidos para liberar ácidos grasos. Hoffpauir *et al.*, (1947) cita que las semillas de algodón que contienen 1 % o más de ácidos grasos libres por lo general no germinan.

Síntomas del funcionamiento

Heydecker (1969), dice que eventualmente el deterioro de la semilla es observable en su bajo funcionamiento durante la germinación y menciona que las plantas que no germinan inmediatamente están entre los primeros síntomas seguidos de un lento crecimiento de la planta, un decremento en la germinación y deterioro de la semilla.

Sobre este tema, Isely (1957), Woodstock y Pillock (1965), mencionan que otro síntoma del deterioro de la semilla es la reducción en la resistencia a las tensiones ambientales durante la germinación y las etapas tempranas de crecimiento, esto trae como consecuencia una reducción en el potencial de producción. El último síntoma del mecanismo del deterioro de la semilla, es la pérdida completa de germinación y muerte de la semilla.

Cambios de color asociados con el envejecimiento

Harrington (1972), dice que la testa de las semillas de muchas especies se hace color marrón con la edad, especialmente cuando son expuestas a la luz. Las notas de un estudio comente que este es acompañado con el cambio de color marrón del embrión; estos datos fueron presentados e indicaban la relación entre el color de la testa de la semilla, la germinación y el vigor.

Productos orgánicos

La agricultura orgánica es un sistema de producción que se apoya en lo posible, en la rotación de cultivos, poli cultivos, la incorporación de residuos orgánicos, abonos animales, abonos verdes, cultivos de leguminosas, labranza de conservación, etc.; en síntesis la agricultura orgánica restringe el uso de insumos de síntesis química con efecto residual. La agricultura orgánica es más conservadora de los recursos naturales, constituye una estrategia para mantener la armonía entre el hombre y la naturaleza. Este sistema de producción se inscribe en normas de producción y calidad.

La composta

La composta es el resultado de un proceso de conversión de residuos vegetales y animales. La descomposición se lleve cerca de dos meses además de continuos riegos para aumentar la temperatura y mejorar las condiciones de

la cama y constantes volteos para facilitar la aireación del material, pues esta es una descomposición aeróbica y sin esta última, el proceso se vuelve mas tardado.

Según Jeavons (1994), la composta es una biomasa completamente digerida y/o una materia orgánica que posee la estructura del humus. En cambio, David (1994), describe a la composta como un producto negro, homogéneo y por regla general de forma granulada, sin restos gruesos, al mismo tiempo es un producto húmico y cálcico; es un fertilizante por su aportación de micro elementos al suelo y su valor es muy apreciado.

Haug (1997), indica que la composta es el proceso biológico mediante el cual los microorganismos actúan sobre la materia rápidamente biodegradable, permitiendo obtener "compost", abono excelente para la agricultura. Este compost es un nutriente para el suelo que mejora la estructura, ayuda a reducir la erosión, ayuda a la absorción de agua y nutrientes por parte de las plantas.

Proceso de composteo

El proceso de la composta se basa en la actividad de microorganismos que viven en el entorno, esos seres microscópicos son los responsables de la descomposición de la materia orgánica. Para que puedan vivir y desarrollar la actividad descomponedora, necesitan condiciones óptimas de temperatura, humedad y oxigenación.

De igual manera, Gliessman (2000) dice que el proceso de composteo empieza con una colección heterogénea de material orgánico, que contiene una población grande de hongos y bacterias. Los microorganismos se desarrollan y comienzan el proceso de descomposición en el momento en que se presentan condiciones favorables de humedad, temperatura y aireación.

Esta actividad microbiana producirá un aumento de temperatura a consecuencia de las oxidaciones biológicas exotérmicas y dado que la materia orgánica posee muy mala conductividad térmica, esta actúa como aislante térmico, causando que la mayor parte del calor producido permanezca dentro de la pila de material orgánico. La pila se enfriará posteriormente al disminuir la descomposición.

Lombricomposta

Lombricomposta, también conocida como vermicomposta o humus, es un abono 100 % natural de excelente calidad, tiene las mejores cualidades y ninguna contraindicación, por lo que es aplicable a cualquier tipo de cultivo. La lombricomposta, es el resultado de la transformación, por medio de la lombriz roja californiana de los desechos orgánicos y convertidos en humus, de aplicación agropecuaria, en huertos y jardines. Su aplicación es a cultivos intensivos, cultivos extensivos y recuperación de suelos.

(<http://www.comerciadonluis.com/nuestrosproductos.htm>).

Propiedades de la lombricomposta

- Es un fertilizante orgánico.
- Es granulado, homogéneo y con un olor agradable.
- Protege al suelo de la erosión, siendo un mejorador de las características físico-químicas del suelo.
- Tiene la capacidad de almacenar y liberar los nutrientes requeridos por las plantas de forma balanceada (Nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, boro, cobre, hierro, manganeso, molibdeno y zinc).
- Es limpio, suave al tacto y su gran bioestabilidad evita su fermentación.
- Mejora la retención de humedad.
- No afecta a las plantas como ocurre con los fertilizantes químicos.
- Eleva la solubilización, debido a la composición enzimática y bacteriana, proporciona una rápida asimilación por las plantas.
- Produce un aumento en el vigor de las plantas, árboles y arbustos.
- Cuenta con una alta concentración de sustancias húmicas (Ácidos fúlvicos y húmicos).
- Por su elevada carga microbiana contribuye a la protección del sistema radicular de bacterias y nemátodos.
- Sus fotohormonas favorecen el crecimiento, la floración y la fijación de flores y frutos.
- La actividad residual del humus de lombriz es de efecto prolongado.

- Es de fácil manejo y puede almacenarse durante mucho tiempo sin que sus propiedades se vean alteradas, es necesario mantenerlas bajo condiciones óptimas de humedad (40%).

Los Biodigestados Líquidos

Alonso (2004), afirma que el biodigestado líquido es un compuesto líquido bioorgánico concentrado, natural, inocuo e inodoro, que se obtienen del escurrimiento generado al regar y/o lavado de la pila donde se encuentran las lombrices o el proceso de composteo, ya que es necesario mantener dichas pilas a una humedad de 70 a 80 %.

Además menciona que es uno de los pocos fertilizantes ecológicos con una gran flora bacteriana (40 a 60 millones de microorganismos por centímetro cúbico) que es capaz de enriquecer y regenerar las tierras. Aunque no sustituye totalmente a los nutrientes inorgánicos, su aplicación rebaja hasta en un 40 % la aplicación de fertilizantes inorgánicos.

Dice también que los biodigestados líquidos son ricos en nitrógeno, hormonas, vitaminas y aminoácidos. Estas sustancias permiten regular el metabolismo vegetal y además pueden ser un buen complemento a la fertilización integral aplicada al suelo.

Se puede mencionar que estimulan el crecimiento de las plantas, ya que estos contienen los ácidos húmicos y fúlvicos encontrados en las mismas y además son líquidos concentrados.

Los beneficios del biodigestado líquido

Alonso (2004), describe una serie de beneficios de los biodigestados líquidos, que se obtienen de la composta y lombricomposta: Por tener concentraciones altas de sustancias húmicas y fúlvicas, además de elementos menores, hormonas y aminoácidos, por ser un producto líquido que está concentrado y homogéneo, provocando el vigor de las semillas, mejor desarrollo de plántulas normales, mejor y mayor elongación de la plúmula y radícula, por tener un fácil manejo, y durable, al ser almacenado sin perder sus características, puede ser aplicado en sistemas de riego y por aportar microorganismos favorables que protegen al sistema radicular de patógenos que están presentes en el suelo.

Las fitohormonas

Bidwell (1996), dice que durante muchos años se tuvo la creencia que las hormonas de crecimiento determinaban directamente los procesos del desarrollo y que estas actuaban sobre la emisión de raíces, flores, etc. En la actualidad, existe evidencia suficiente para postular dos hechos básicos sobre la acción fundamental de las fitohormonas.

- Las fitohormonas no actúan directamente a nivel del organismo, sino a nivel celular, por ejemplo, en la mitosis y el alargamiento celular, de tal modo que sus efectos se hacen sentir en todos los fenómenos fisiológicos que se basan en los fenómenos citológicos afectados.
- La acción básica de las hormonas ocurre sobre los ácidos nucleicos y nivel de la transcripción del mensaje (DNA-RNA) o de su traducción (RNA-aminoácido).

Devlin (1982), nombra que la totalidad de la actividad fisiológica de las plantas está regulada por un conjunto de sustancias químicas llamadas hormonas. La presencia en las plantas de hormonas o reguladores del crecimiento, fue sugerida por primera vez por Julios Von Sachs en la segunda mitad del siglo XIX, cuando indicó que debían existir en las plantas “sustancias formadoras de órganos”, que debían ser producidas en las hojas y transportadas hacia abajo al resto de la planta.

Rojas (1981), menciona que el desarrollo del vegetal tanto en el aspecto de pleno crecimiento como en el de diferenciación de órganos, se encuentra regulado por la acción de sustancias químicas que activan o reprimen determinados procesos fisiológicos, interactuando entre sí.

Encarta (2005), explica que las hormonas vegetales, son compuestos químicos especializados producidos por las plantas, son los principales factores internos que controlan el crecimiento y el desarrollo.

Las hormonas se producen en cantidades muy pequeñas en unas partes de las plantas y son transportadas a otras, donde ejercen su acción. Una misma hormona puede desplegar efectos distintos en diferentes tejidos de destino.

Salisbury y Ross (1994), define hormona vegetal como un compuesto orgánico que se sintetiza en alguna parte de una planta y que se trasloca a otra parte, en donde concentraciones muy altas causan una respuesta fisiológica.

Los fitorreguladores son compuestos orgánicos que actúan en muy pequeñas cantidades en las plantas; inhiben, promueven o modifican unos procesos fisiológicos: crecimiento y formación de órganos vegetales. Su acción es poco específica, por lo que solapan la acción de muchos de ellos. Pueden ser producidos por las propias plantas “fitohormonas” o bien pueden ser sintéticos (<http://www.personal.us.es/florido/agroqui2/tema9.doc>).

Auxinas

Rojas y Ramírez (1993), dicen que el principal efecto auxínico es la estimulación del alargamiento celular o su depresión, según la concentración del producto, la acción principal de esta hormona es la formación de órganos y tejidos, además de que estimula la división celular (interactúa con las citocininas), estimula la formación de raíces, engrosamiento celular y dominancia apical).

Encarta (2005), describe a la auxina, como una de las más importantes hormonas vegetales, se sintetiza en la yemas apicales de los tallos y pasa desde ahí a otras partes de la planta, donde puede tanto estimular el crecimiento como inhibirlo. En los tallos, por ejemplos, la auxina favorece el alargamiento de las células y la diferenciación del tejido vascular, mientras que en las raíces inhibe el crecimiento en la parte central y favorece la formación de raíces adventicias. También retrasa la abscisión o caída de flores, frutos y hojas.

Devlin (1982), menciona que el término auxina es un término genérico que se designa a los compuestos caracterizados por su capacidad de inducir el alargamiento de las células del brote. Por su actividad fisiológica que se parecen al ácido-3-acético. En general las auxinas pueden actuar sobre otros procesos además del alargamiento, pero el alargamiento se considera decisivo. En general las auxinas son ácidos con un núcleo cíclico insaturado, o derivado de tales ácidos también alude que las funciones que tienen las auxinas en la planta, son las siguientes:

- Alargamiento celular
- Dominancia apical, iniciación radicular
- Partenocarpia y abscisión
- Formación de callo
- Respiración

Giberelinas

Salisbury y Ross (1994), dicen que el ácido giberélico GA₃ fue descubierto en Japón como derivada de extracto del hongo *Giberella fijiikuroi* que producía un crecimiento inusual en las plantas de arroz derivando de allí su nombre. Su designación es GA seguida de un número y al momento hay más de 150 formas conocidas de esta hormona.

Rojas (1981), explica que las giberelinas son compuestos muy estables y de rápida distribución por el floema, junto con otros compuestos del fotosintetizado. Son sintetizadas en el ápice del tallo y hojas jóvenes, moviéndose en formas basipétala, pero pueden transportarse hacia el ápice. Hay evidencias de que también son sintetizadas en la raíz, al menos en algunas plantas, pues están presentes en la savia que “lloran” las plantas cuyo tallo es cortado. Los efectos son de diversa índole, dos son típicas:

- Induce la producción de amilasa, que pone la energía a disposición de la célula.
- Tiene acción sobre el enanismo, al producir un crecimiento normal de plantas genéticamente enanas.

Encarta (2005), afirma que las giberelinas son otras importantes hormonas controladoras del crecimiento vegetal; se conocen más de cincuenta tipos.

Determinan el alargamiento de los tallos e inducen la germinación de la semilla de algunas gramíneas al desencadenar la producción de las enzimas que descomponen el almidón en azúcares para alimentar al embrión.

Rojas y Vásquez (1995), señalaron que las giberelinas tienen la acción básica de modificar el mensaje genético que conlleva el ARN, presentando el síntoma típico de ausencia de amilasa en la planta, enzima que deshace el almidón, la cual permite utilizarlo para obtener energía, también promueve el crecimiento de variedades enanas, así como florecer algunas plantas en condiciones inadecuadas de luz o frío.

Citocininas

Weaver (1996), afirma que las citocininas son hormonas vegetales naturales que derivan de adeninas sustituidas y que promueven la división celular en tejidos no meristemáticos. Por su parte, Hurtado y Merino (1988), explican que el nombre citocininas es empleado para aquellas sustancias químicas que pueden estimular principalmente la división celular o citocinesis. Casi todas las citocininas conocidas tanto naturales como sintéticas, son derivados de la adenina. El descubrimiento de estos reguladores del crecimiento proviene de los trabajos realizados por Haberlandt, quien demostró, cultivando embriones *in Vitro*, que existía un factor difusible, el cual afectaba las células parenquimatosas de la papa que eran revertidas a un estado organizado (meristemático).

Encarta (2005), menciona que las citocininas fomentan el crecimiento de las yemas laterales y se oponen así a la auxina; también favorecen la formación de yemas. Además, las plantas producen, por descomposición parcial de ciertos hidrocarburos, el gas etileno, que a su vez regula la maduración y abscisión de los frutos.

Investigaciones realizadas

Carballo (2001), al trabajar con reguladores del crecimiento para la estimulación fisiológica de semillas de maíz, trigo, sorgo y arroz, encontró que el Biozyme PP Y GBM-044 en dosis altas provocaron los mejores efectos en maíz, trigo y sorgo en el cultivo de arroz los productos Biozyme PP y Biozyme TS en sus dosis medias fueron los más eficientes en germinación.

García (2002), en las pruebas de aplicación de reguladores del crecimiento para promover la germinación, en sus resultados con semilla de lechuga, el biozyme TS en sus tres dosis (50,100 y 150 cc/1500 ml agua/100 gr de semilla) y el biozyme PP en su dosis baja (0.25, 0.50 y 1.0 gr/100gr de semilla), estimularon la germinación.

Flores (2004), en su trabajo realizado con abonos orgánicos y productos comerciales hormonales en el crecimiento y desarrollo de plántulas de tomate, encontró que la lombricomposta y el líquido de composta son los abonos orgánicos con mejores resultados sobre la velocidad de germinación,

emergencia y desarrollo de la plántula y en algunas variables que confieren calidad de plántula, como peso fresco del follaje y pesos seco del follaje.

Ayala (2005), realizó un estudio sobre germinación en plántulas de tomate comparando productos orgánicos con comerciales, y obtuvo los siguientes resultados; los abonos orgánicos líquidos generaron una mejor respuesta en las variables relacionadas con el crecimiento vegetativo de la planta, sobre todo las concentraciones más altas Humus líquido de lombriz al 15 % y Humus líquido de estiércol al 15 %, superando al testigo y al Biozyme PP.

Campos (1994), encontró que el tratamiento con biozyme mejoró significativamente la velocidad de emergencia, porcentaje de emergencia, número de hojas primarias en la primera fecha de siembra del maíz dulce y el porcentaje de emergencia, peso seco de planta y el número de hojas primarias en la segunda siembra. Sin embargo, en fríjol, el tratamiento reduce significativamente la velocidad de emergencia, el porcentaje de emergencia en la primera siembra temprana, mientras que para la segunda siembra se incrementa significativamente el porcentaje de emergencia, el peso seco de plántula y el peso seco de la semilla.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización geográfica del sitio experimental

La parte experimental de este trabajo se realizó en dos fases, una se llevó a cabo en el laboratorio de Ensayos de Semillas del CCDTS y la otra se realizó bajo condiciones de Invernadero, ambos pertenecientes a la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, que se encuentra en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, localizada geográficamente en las coordenadas 25° 22’ de latitud norte, y 101° 00’ de longitud oeste con una altitud de 1743 msnm (Mendoza, 1983).

Material genético

El material que se utilizó fue semilla de avena (*Avena sativa*, L.) la cual tenía un porcentaje de germinación de 74 % de acuerdo a los resultados obtenidos en una prueba preeliminar de germinación en laboratorio.

Tratamientos

Se utilizaron siete materiales orgánicos-hormonales, con los que se crearon diferentes mezclas hasta obtener 15 tratamientos orgánicos, y tres testigos, dos relativos y uno absoluto para hacer un total de 18 tratamientos.

Descripción de los materiales utilizados

Biodigestado líquido composta

Es un líquido que se obtiene al separar la parte humificada y mineralizada de la composta, generada a partir del escurrimiento que se lleva a cabo cuando se riega dicha cama ya que esta para su mantenimiento requiere una humedad de 60 %..

Biodigestado líquido lombricomposta

De igual forma que el anterior, y con la ayuda de la lombriz que está presente en las camas, este líquido es obtenido a partir de los escurrimientos que se generan al mantener la cama a una humedad del 80%, los cuales llevan consigo diversos nutrientes.

Biodigestado líquido mixto

Es la combinación del biodigestado líquido de composta y de lombricomposta en una relación de 1:1 los cuales se complementan uno a otro en función de los nutrientes.

Sedimento mixto

Este se da a partir de la mezcla de los biodigestados líquidos de composta y lombricomposta en la relación antes mencionada, dicha combinación se lleva a una estufa a 45 °C y su posterior sedimento es tamizado para su presentación en polvo.

Sedimento composta

Es el precipitado que resulta a partir del biodigestado líquido de composta cuando es llevado a una estufa a 45 °C, posteriormente éste es tamizado para su uso y aplicación en polvo.

Sedimento lombricomposta

La forma de obtención es igual que el sedimento de composta sólo que éste se genera del biodigestado líquido de lombricomposta, su utilización es también en polvo.

Lombricomposta en Polvo

Es obtenido de la lombricomposta pura que se encuentra en una cama, se somete a temperatura de 45 °C en estufa para eliminar su humedad y posteriormente se tamiza.

Biozyme TS (Testigo relativo 1)

Es un producto comercial del Grupo Bioquímico Mexicano (GBM), que es exclusivo para el tratamiento de semillas, estimulante de la germinación y principio de desarrollo de plántulas, es un regulador de crecimiento vegetal, líquido, que trabaja a partir de extractos de origen vegetal y fitohormonas biológicamente activas, como giberelinas (77.4 ppm), ácido indolacético (33 ppm) y zeatina (128.7 ppm).

Biozyme PP (Testigo relativo 2)

Producto comercial de GBM, estimulante de la germinación para tratamiento de semillas. Es una fuente natural de estimulantes biológicamente activos, que promueven una rápida y uniforme germinación de las semillas, un mejor desarrollo del sistema radicular y la protección de algunas condiciones adversas en las primeras fases de desarrollo de plántulas. Tiene hormonas biológicamente activas como son giberelinas (28.5 ppm), ácido indolacético (12.25 ppm) y zeatina (47.8 ppm).

Agua (Testigo absoluto)

En este caso solo fue considerada la humedad del taco, sin ninguna aplicación. Este se usó como testigo absoluto para comparar todos los productos.

Combinación de los tratamientos

T1: Biodigestado Líquido Mixto (BLM)

T2: Sedimento Mixto (SM)

T3: Sedimento de Composta (SC)

T4: Biodigestado Líquido Mixto + Biodigestado Líquido de Composta (BLM+BLC)

T5: Biodigestado Líquido Mixto + Biodigestado Líquido de Lombricomposta (BLM+BLL)

T6: Biodigestado Líquido Mixto + Sedimento de Lombricomposta (BLM+SL)

T7: Biodigestado Líquido Mixto + Lombricomposta en Polvo (BLM+LP)

T8: Sedimento Mixto + Biodigestado Líquido de Composta (SM + BLC)

T9: Sedimento Mixto + Biodigestado Líquido de Lombricomposta (SM+BLL)

T10: Sedimento Mixto + Sedimento de Lombricomposta (SM + SL)

T11: Sedimento Mixto + Lombricomposta en Polvo (SM + LP)

T12: Sedimento de Composta + Biodigestado Líquido de Composta (SC+BLC)

T13: Sedimento de Composta + Biodigestado Líquido de Lombricomposta (SC+BLL)

T14: Sedimento de Composta + Sedimento de Lombricomposta (SC+SL)

T15: Sedimento de Composta + Lombricomposta en Polvo (SC+LP)

T16: Biozyme TS, "Tratamiento de Semillas", Testigo Relativo 1, (BTS)

T17: Biozyme PP, "Polvo Plus", Testigo Relativo 2, (BPP)

T18: Agua, Testigo Absoluto, (Ag)

A continuación se muestran las dosis para el cultivo del trigo por kilogramo y para 600 semillas, de los productos orgánicos preparados de acuerdo a la estandarización de las citocininas (zeatina) recomendadas por los productos comerciales.

Cuadro 3.1. Dosis de aplicación en base al peso de 600 semillas (equivalente a 17 gr), según la dosis por kilogramo de semilla dada por la estandarización de zeatina de los productos comerciales.

Tratamiento	Dosis por Kg de semilla		Dosis para 600 semillas	
T1: BLM	4.68 ml		0.079 ml	
T2: SM	3.32 gr		0.056 gr	
T3: SC	7.48 gr		0.127 gr	
T4: BLM+BLC	4.25 ml	4.25 ml	0.072 ml	0.072 ml
T5: BLM+BLL	4.49 ml	4.49 ml	0.076 ml	0.076 ml
T6: BLM+SL	4.02 ml	4.02 gr	0.068 ml	0.068 gr
T7: BLM+LP	4.67 ml	4.67 gr	0.079 ml	0.079 gr
T8: SM+BLC	3.11 gr	3.11 ml	0.052 gr	0.052 ml
T9: SM+BLL	3.23 gr	3.23 ml	0.055 gr	0.055 ml
T10: SM+SL	2.98 gr	2.98 gr	0.050 gr	0.050 gr
T11: SM+LP	3.32 gr	3.32 gr	0.056 gr	0.056 gr
T12: SC+BLC	6.45 gr	6.45 ml	0.109 gr	0.109 ml
T13: SC+BLL	7.02 gr	7.02 ml	0.119 gr	0.119 ml
T14: SC+SL	5.93 gr	5.93 gr	0.100 gr	0.100 gr
T15: SC+LP	7.47 gr	7.47 gr	0.127 gr	0.127 gr
T16: BTS	2.00 ml		0.034 ml	
T17: BPP	5.38 gr		0.091 gr	
T18: Ag	-----		Humedad requerida	

Preparación de los tratamientos

A la semilla de avena se le hizo una prueba preliminar de germinación en laboratorio, obteniendo un 74 % de germinación de dicha semilla. Después, se realizó el conteo de 600 semillas (5 repeticiones) para así conocer su peso promedio, que fue de 17 gr.

Con éste dato se pudieron hacer las equivalencias que los productos comerciales recomiendan para un kilogramo de semilla.

En cuanto a las combinaciones de los tratamientos antes mencionados en el cuadro 3.1, la dosis fue dividida entre los dos productos, para así aplicar la mitad de cada producto especificado.

En cuanto al papel (papel para germinación), se trazó una línea a lo largo de la hoja partiendo de la mitad, y luego trazando líneas perpendiculares cada 2 cm, de tal modo que se adjuntara a las reglas del ISTA (Como prueba de vigor de longitud media de plúmula), en la línea media de la hoja se pegó una cinta adherible de doble cara para poder pegar las semillas, para que así se tuviera una mejor y rápida obtención de datos.

La semilla fue colocada en 18 vasos de plástico, para que después se le aplicara la dosis calculada de acuerdo al tratamiento correspondiente. Además, se utilizaron 18 cajas petri para la aplicación de las dosis de cada tratamiento. Según el tratamiento, se fue midiendo y pesando la dosis para cada uno, consecutivamente. Al mismo tiempo, con un aspersor se aplicó una pequeña cantidad de agua con savia de zábila (*Aloe vera*), esto con el fin de que sirviera como adherente. Después se dejaron reposar por 24 horas, para que se absorbiera y se tuviera adherencia de los productos aplicados a la semilla de trigo.

Productos orgánicos

De acuerdo a los análisis realizados en los laboratorios de investigación de la compañía (GBM) (cuadro 3.2), los productos: Polvo mixto (PM), Líquido mixto (LM), y Polvo de composta (PC), son los que presentan un alto nivel en cuanto a zeatinas y en cuanto a GA_3 y AIA el de más alto contenido es el producto Polvo de lombricomposta (PL), de acuerdo a los análisis, sin lugar a duda me es grato afirmar que los productos realizados en nuestra Universidad (UAAAN) son generados de alta calidad, en donde tienen una cierta capacidad para superar a los ya existentes en el mercado.

Cuadro 3.2. Actividad biológica de productos orgánicos.

Muestra	Actividad biológica equivalente a ppm por Litro ó Kilogramo de producto		
	GA_3	Zeatina	ÁIA
BLC	0.02	5.50	0.27
BLM	0.01	55.00	0.29
BLL	0.002	2.30	0.12
SM	0.09	77.27	0.24
SL	1.20	9.00	3.33
SC	0.14	34.38	0.27
LP	0.04	0.07	2.92

Cuadro 3.3. Cantidades en ppm de microelementos, pH y densidad de los productos de la UAAAN.

Muestra	Mg ppm	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm	pH (%)	Da g/mL
BLC	30	ND	32	ND	ND	8.50	0.995
BLM	124	ND	55	ND	ND	8.59	1.038
BLL	184	ND	78	ND	ND	8.56	1.080
SM	1300	43	398	28	64	10.25	----
SL	1200	41	366	26	61	10.14	----
SC	2100	56	686	99	107	9.98	----
LP	3500	37	2800	212	133	9.83	----

Fuente: Laboratorio de Investigación Biológica de GBM (2005).

En laboratorio

Siembra

La siembra fue efectuada el día 7 de octubre, para esto se utilizó papel para germinación, en la parte donde se colocó la cinta de doble cara, se pegaron 25 semillas por taco, con en el embrión orientado hacia la parte contraria al rayado de las hojas de papel. Posteriormente fueron humedecidas y se les colocó otra hoja humedecida, para después ser enrollado el taco, y se marcó con lápiz.

Se realizaron los 18 tratamientos, con tres repeticiones cada uno, haciendo cuatro tacos por repetición. Al término de esto, se colocaron en bolsas de polietileno, (tratamiento por bolsa), después, fueron colocados en una cámara de germinación con temperatura de 25 °C, aplicando un riego al cuarto día posterior a la fecha de siembra, con el fin de mantener la humedad en los tacos.

Parámetros a evaluar

La toma de datos fue a los 7 días después de la fecha de siembra, y se efectuó el día 14 de octubre de 2005, siendo los parámetros a evaluar los siguientes:

Germinación estándar

Para determinar la capacidad germinativa se usó la metodología propuesta por la ISTA (1996), donde se utilizaron 18 tratamientos con tres repeticiones cada uno y cuatro tacos por repetición (25 semillas por taco) sembradas en papel para germinación, se enrollaron y se formaron los tacos que se colocaron en una parrilla, posteriormente fueron llevados a la cámara germinadora a 25 ± 2 °C, durante 7 días, y se tomaron lo siguiente:

- Plántulas normales
- Plántulas anormales
- Semillas sin germinar

Longitud media de la plúmula

En este parámetro se utilizaron diez plántulas (por repetición) que se tomaron al azar, y con la ayuda de una regla graduada se midió la longitud de la plúmula, y el dato de cada planta se reportó en centímetros, para después ser determinado su promedio.

Longitud media de la radícula

En este parámetro se utilizaron las mismas diez plántulas del parámetro anterior, donde se tomaron los datos de igual forma, pero ahora midiendo la radícula con la regla graduada, obteniendo los datos en centímetros para después determinar su valor promedio.

Peso seco de la plántula

Las plántulas que se utilizaron para la evaluación de éste parámetro fueron las mismas diez que se usaron para evaluar los parámetros longitud media de plúmula y radícula. El material vegetativo fue puesto en bolsas de papel estraza perforada, y fueron llevadas a una estufa de secado con temperatura de 65 °C por 24 horas.

Al siguiente día después de haber transcurrido el tiempo mencionado, se retiraron las plántulas de la estufa y de la bolsa, para después ser pesadas en la balanza analítica de precisión de 0.0001gr, donde el resultado fue expresado en miligramos por plántula (promedio de las 10 plántulas).

En Invernadero

Siembra

La siembra fue efectuada el día 16 de febrero de 2006, en el invernadero número 5 de las instalaciones de la Universidad (UAAAN), en donde se utilizaron charolas germinadoras de 200 cavidades, utilizando el sustrato Peat-moss que fue humedecido antes de ponerlo en las charolas. De los cuales fueron los 18 tratamientos y 3 repeticiones sembrando 20 cavidades por repetición depositando una semilla por cavidad. De acuerdo a la distribución de los tratamientos con sus respectivas repeticiones, se hizo al azar.

Parámetros a evaluar

Emergencia total

Este parámetro se obtuvo a los 10 días después de la siembra (2 de marzo de 2006), registrando su emergencia total de las semillas sembradas, en donde se contaron las plántulas emergidas de 4 a 5 milímetros sobre la superficie y su expresión fue reportada en por ciento.

Longitud de la plúmula

Con respecto a este parámetro se determinó el mismo día, en donde se tomaron 5 plántulas que presentaran uniformidad, las cuales fueron medidas con una regla graduada, desde la base del tallo hasta el ápice de las hojas, en donde se obtuvo un promedio entre ellas.

Longitud de la radícula

Para la evaluación previa de esta variable, se tomaron las mismas 5 plántulas que se tomaron en la longitud media de plúmula, en donde se midieron con la misma regla graduada desde el cuello de la planta hasta el meristemo de crecimiento de la radícula y así poder determinar su promedio entre estas.

Peso fresco de la plántula

Una vez que se obtuvo la longitud media de la plúmula y radícula se procedió a tomar el peso fresco de las 5 plántulas de cada repetición de los tratamientos se pesaron en una balanza analítica y se determinó su peso fresco en miligramos/plántula.

Peso seco de plántula

Al momento de finalizar la determinación del peso fresco de la plántula, las mismas 5 plántulas se colocaron en bolsas de papel estraza y se pasaron a una estufa a 65 °C por 24 horas, posteriormente se pesaron en la balanza analítica y se obtuvo el peso expresándolo en miligramos/plántula.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de la presente investigación, se utilizó el paquete estadístico de Statistical Analysis System (SAS versión 7.0), en el cual se llevaron a cabo distintos análisis de varianza para las variables medidas. También se realizaron las pruebas de comparación de medias para cada uno de los parámetros evaluados, mediante la prueba de Tukey al nivel de significancia del 0.05 % de probabilidad.

En la presente investigación se utilizó un diseño experimental completamente al azar (DCA), con igual número de repeticiones, durante las pruebas de laboratorio e invernadero.

Modelo estadístico

En un diseño experimental completamente al azar, el modelo lineal supuesto es:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \xi_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Denota la j-ésima medición del tratamiento i-ésimo.

μ = Es la media general.

T_i = Es el efecto de i-ésimo tratamiento.

ξ_{ij} = Es el error experimental de la j-ésima medición del i-ésimo tratamiento.

RESULTADOS

Laboratorio

En el Cuadro 4.1 se muestran los cuadrados medios y los niveles de significancia de los análisis de varianza realizados en los parámetros evaluados en la presente investigación, para las semillas y plántulas de avena tratadas con productos orgánico-hormonales. Dicho cuadro indica que para las variables de germinación estándar, longitud media de radícula y peso seco de plántula, se encontraron diferencias altamente significativas, en el caso de la longitud media de plúmula sólo se encontraron diferencias significativas para la fuente de tratamientos. Los coeficientes de variación oscilaron entre 3.03 y 7.89 %.

Cuadro 4.1. Cuadrados medios del análisis de varianza realizado en las variables evaluadas en laboratorio en semillas y plántulas de avena tratadas con productos orgánico-hormonales.

FV	GL	VARIABLES DE LABORATORIO			
		Germinación estándar (%)	Longitud media de plúmula (cm)	Longitud media de radícula (cm)	Peso seco de plántula (mg)
Trats.	17	57.66 **	1.64 *	1.55 **	2.37 **
Error E.	36	6.96	0.83	0.53	0.69
C.V. (%)		3.03 %	7.89 %	4.94 %	7.33 %

** Altamente significativo ($\alpha = 0.01$)

* Significativo ($\alpha = 0.05$)

N.S. No significativo

En el análisis de varianza, se encontraron diferencias significativas en las variables evaluadas, para lo cual se realizó una prueba de comparación de medias (Tukey), dando los siguientes resultados.

Cuadro 4.2. Comparación de medias de los parámetros evaluados en semilla y plántulas de avena tratadas con productos orgánico-hormonales.

Tratamientos	Germinación estándar (%)	Longitud media de plúmula (cm)	Longitud media de radícula (cm)	Peso seco de plántula (mg)
T1:BLM	94.33 A	11.05 AB	14.48 ABC	10.67 B
T2: SM	82.00 CD	11.05 AB	14.91 ABC	11.32 AB
T3:SC	82.66 BC	12.78 AB	14.65 ABC	13.48 A
T4:BLM-BLC	88.66 ABC	10.89 AB	14.67 ABC	11.17 AB
T5: BLM-BLL	89.66 ABC	10.82 AB	15.03 ABC	10.34 B
T6: BLM+SL	86.66 ABC	11.53 AB	14.60 ABC	11.33 AB
T7:BLM+LP	86.33 ABC	11.97 AB	15.15 ABC	11.45 AB
T8:SM+BLC	82.33 BCD	12.84 AB	14.76 ABC	13.48 A
T9:SM+BLL	88.00 ABC	11.40 AB	15.18 ABC	11.05 AB
T10: SM+SL	87.66 ABC	13.00 A	16.05 AB	11.40 AB
T11: SM+LP	87.66 ABC	11.67 AB	14.33 BC	11.23 AB
T12: SC+BLC	89.66 ABC	11.07 AB	15.20 ABC	11.35 AB
T13: SC+BLL	88.00 ABC	11.57 AB	14.43 ABC	11.53 AB
T14: SC+SL	90.00 ABC	11.57 AB	14.36 ABC	11.36 AB
T15: SC+LP	90.33 AB	11.77 AB	16.59 A	11.46 AB
T16:BTS	88.00 ABC	11.63 AB	14.29 BC	11.09 AB
T17:BPP	89.33 ABC	11.75 AB	14.39 ABC	11.04 AB
T18: Ag	74.33 D	10.12 B	13.26 C	9.75 B

Germinación estándar (GE)

Para la variable germinación estándar, al realizar la prueba de comparación de medias (Tukey), se encontró que el tratamiento que promueve más eficientemente la germinación en semillas de avena es el tratamiento de biodigestado líquido mixto (BLM), ya que incrementó 20 % la germinación en comparación con el testigo absoluto, dando como resultado 94.33 % de germinación, seguido del tratamiento de sedimento de composta + lombricomposta en polvo (SC+LP) con un 90.33 %; por otro lado, los tratamientos con menor respuesta a la promoción de la germinación fue el sedimento mixto (SM), con 82 % y el testigo absoluto (Ag), con 74.33 % (Figura 4.1).

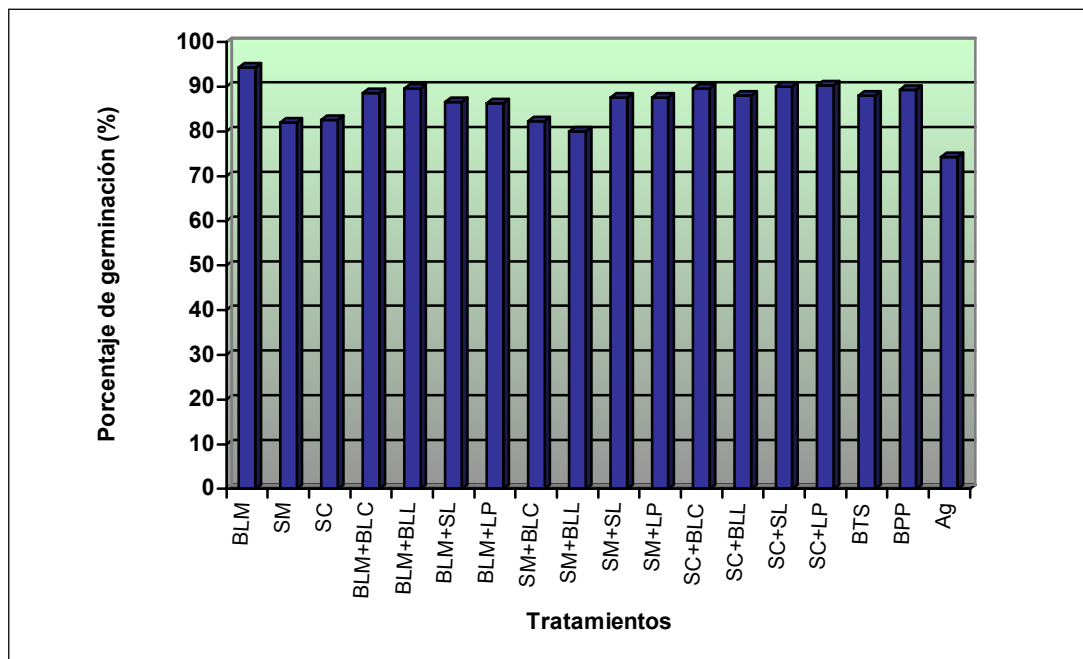


Figura 4.1. Porcentaje de germinación en semillas de avena, tratadas con productos orgánico-hormonales y evaluadas 7 días después de la fecha de siembra (14 de octubre de 2005).

Longitud media de plúmula (LMP)

Para la variable de longitud media de plúmula, se observó que el tratamiento con mejor respuesta en la elongación de plúmula fue el tratamiento de sedimento mixto + sedimento de lombricomposta (SM+SL), el cual obtuvo un valor promedio de 13.0 cm, seguido del sedimento mixto + biodigestado líquido de composta (SM+BLC), con un valor de 12.8 cm, seguido del sedimento de composta (SC) teniendo un valor de 12.7 cm de longitud; por otro lado, los tratamientos con menor valor promedio para dicho parámetro fueron los tratamientos de biodigestado líquido mixto + biodigestado líquido de composta (BLM+BLC), seguido del biodigestado líquido mixto + biodigestado líquido de lombricomposta (BLM+BLL) y por último el testigo absoluto (Ag), con valores promedios de 10.89, 10.82 y 10.12 cm respectivamente (Figura 4.2).

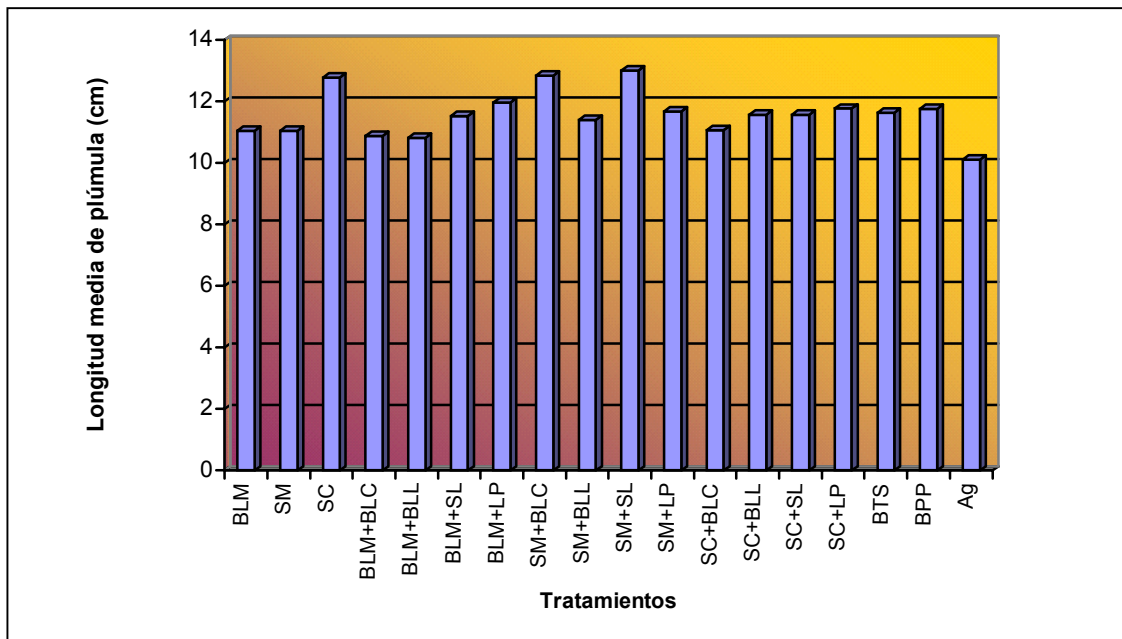


Figura 4.2. Longitud media de plúmula evaluada 7 días después de la fecha de siembra (14 de octubre de 2005).

Longitud media de radícula (LMR)

Al realizar la prueba de comparación de medias, en la variable de longitud media de radícula, se encontró que el tratamiento con mejor respuesta fue el sedimento de composta + lombricomposta en polvo (SC+LP), obteniendo un valor promedio de 16.5 cm, seguido del sedimento de composta + biodigestado líquido de composta (SC+BLC) en el cual se obtuvo 16.0 cm y el sedimento de composta + biodigestado líquido de composta (SC+BLC) con 15.2 cm; por su parte, los tratamientos con menor valor promedio en dicho parámetro fueron los tratamientos de sedimento mixto + lombricomposta en polvo (SM+LP) con 14.3 cm, biozyme tratamiento de semillas (BTS) con 14.2 y el testigo absoluto (Ag), con 13.2 cm (Figura 4.3).

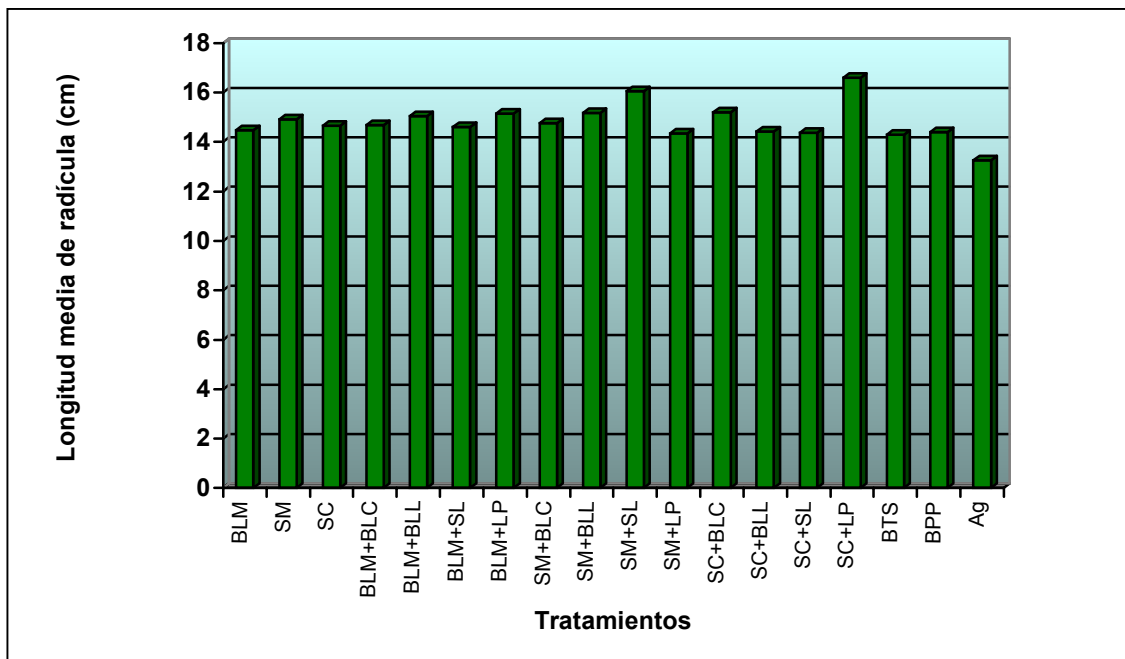


Figura 4.3. Longitud media de radícula, evaluada 7 días después de la fecha de siembra (14 de octubre de 2005).

Peso seco de plántula (PSP)

En la variable de peso seco de plántula se observó que los tratamientos que arrojaron una mejor respuesta de dichos productos aplicados a las semillas de avena fueron el sedimento de composta (SC) y el sedimento mixto + biodigestado líquido de composta (SM+BLC) en los cuales obtuvieron un valor promedio de peso seco de plántula de 13.4 mg para ambos, seguido por el sedimento de composta + biodigestado líquido de lombricomposta (SC+BLL) en el cual dio un valor de 11.5 mg; por otro lado, los tratamientos con menor respuesta al peso seco fueron los tratamientos líquidos de biodigestado líquido mixto + biodigestado líquido de lombricomposta (BLM+BLL), biodigestado líquido mixto (BLM), y por último el testigo absoluto (Ag), con valores promedios de 10.3, 10.6 y 9.7 mg respectivamente (Figura 4.4).

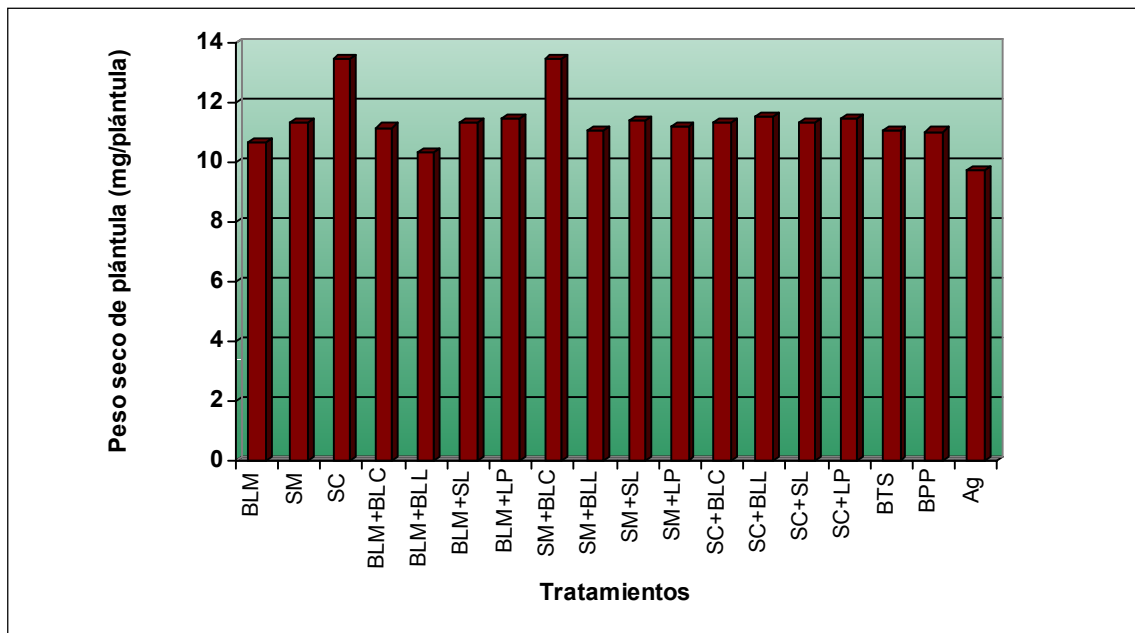


Figura 4.4. Peso seco de plántula, evaluado 8 días después de la fecha de siembra (15 de octubre de 2005).

Invernadero

En el Cuadro 4.3 se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza realizado en las variables estudiadas durante la etapa de invernadero en semillas y plántulas de avena tratadas con productos orgánico-hormonales. En dicho cuadro se observa que existen diferencias altamente significativas para la variable de emergencia total, a su vez, existen diferencias significativas para la variable de longitud media de plúmula, no siendo así en las variables de longitud media de radícula, peso fresco y peso seco de plántulas, donde no se encontraron diferencias significativas para la fuente de tratamientos. Se visualiza además que los coeficientes de variación oscilaron entre 5.62 y 19.20 %, lo que nos indica que el trabajo se llevó a cabo adecuadamente y los resultados indican confiabilidad.

Cuadro 4.3. Cuadros medios del análisis de varianza para las variables evaluadas en la etapa de invernadero, en semilla y plántulas de avena tratadas con productos orgánico-hormonales.

F.V.	G.L.	CUADRADOS MEDIOS				
		VARIABLES EVALUADAS				
		ET (%)	LMP (cm)	LMR (cm)	PFP (mg)	PSP (mg)
Trats.	17	113.53 **	1.47 *	1.26 ^{N.S.}	1466.95 ^{N.S.}	37.41 ^{N.S.}
Error Exp	36	25.92	0.66	0.66	967.41	21.48
C.V. (%)		5.62 %	6.69 %	8.20 %	19.20 %	14.86 %

** Altamente significativo ($\alpha = 0.01$).

* Significativo ($\alpha = 0.05$).

^{N.S.} No significativo

Debido a las diferencias significativas encontradas entre las medias de los tratamientos para algunas variables evaluadas, se procedió a realizar una prueba de comparación de medias, mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$), (Ver Cuadro 4.4).

Cuadro 4.4. Comparación de medias de las variables evaluadas en la etapa de invernadero, en semillas y plántulas de avena tratadas con productos orgánico-hormonales.

Tratamientos	Emergencia total (%)	Longitud media de plúmula (cm)	Longitud media de radícula (cm)	Peso fresco de plántula (mg)	Peso seco de plántula (mg)
T1:BLM	98.33 A	11.82 AB	10.74 A	186.04 A	35.59 A
T2: SM	83.33 ABC	12.00 AB	10.81 A	200.29 A	34.73 A
T3:SC	88.33 ABC	12.74 AB	10.18 A	147.79 A	29.33 A
T4:BLM-BLC	91.66 AB	12.62 AB	9.78 A	155.25 A	29.40 A
T5: BLM-BLL	90.00 ABC	12.27 AB	10.31 A	176.32 A	34.46 A
T6: BLM+SL	96.66 AB	12.19 AB	9.06 A	173.83 A	34.27 A
T7:BLM+LP	93.33 AB	11.86 AB	10.02 A	157.65 A	30.43 A
T8:SM+BLC	91.66 AB	12.77 AB	9.23 A	176.11 A	31.20 A
T9:SM+BLL	91.66 AB	12.12 AB	10.75 A	163.21 A	32.82 A
T10: SM+SL	95.00 AB	12.45 AB	9.67 A	172.91 A	34.57 A
T11: SM+LP	91.66 AB	11.86 AB	9.21 A	150.41 A	30.31 A
T12: SC+BLC	91.66 AB	11.86 AB	9.84 A	136.87 A	30.54 A
T13: SC+BLL	88.33 AB	12.88 AB	10.19 A	177.87 A	34.46 A
T14: SC+SL	96.66 AB	13.16 A	10.02 A	146.94 A	28.60 A
T15: SC+LP	98.33 A	13.48 A	11.23 A	193.84 A	34.54 A
T16:BTS	81.66 BC	11.47 AB	9.35 A	126.95 A	25.97 A
T17:BPP	85.00 ABC	11.75 AB	9.83 A	152.04 A	26.02 A
T18: Ag	75.00 C	10.40 B	8.97 A	120.14 A	23.78 A

Emergencia total (ET)

En la prueba de medias realizada para esta variable, se observó que los tratamientos a base de biodigestado líquido mixto (BLM) y sedimento de composta + lombricomposta en polvo (SC+LP), fueron los que presentaron una mejor respuesta al reportar 98.33 % de emergencia total, siendo que superaron al testigo por más del 23 %, seguidos de los tratamientos de biodigestado líquido mixto + sedimento de lombricomposta (BLM+SL) y sedimento de composta + sedimento de lombricomposta (SC+SL) ambos reportando 96.66 %; por otro lado los tratamientos con menor respuesta a la emergencia total fueron el biozyme tratamiento de semillas (BTS) con 81.66 % y el testigo absoluto (Ag) con el 75.00 % (Figura 4.5).

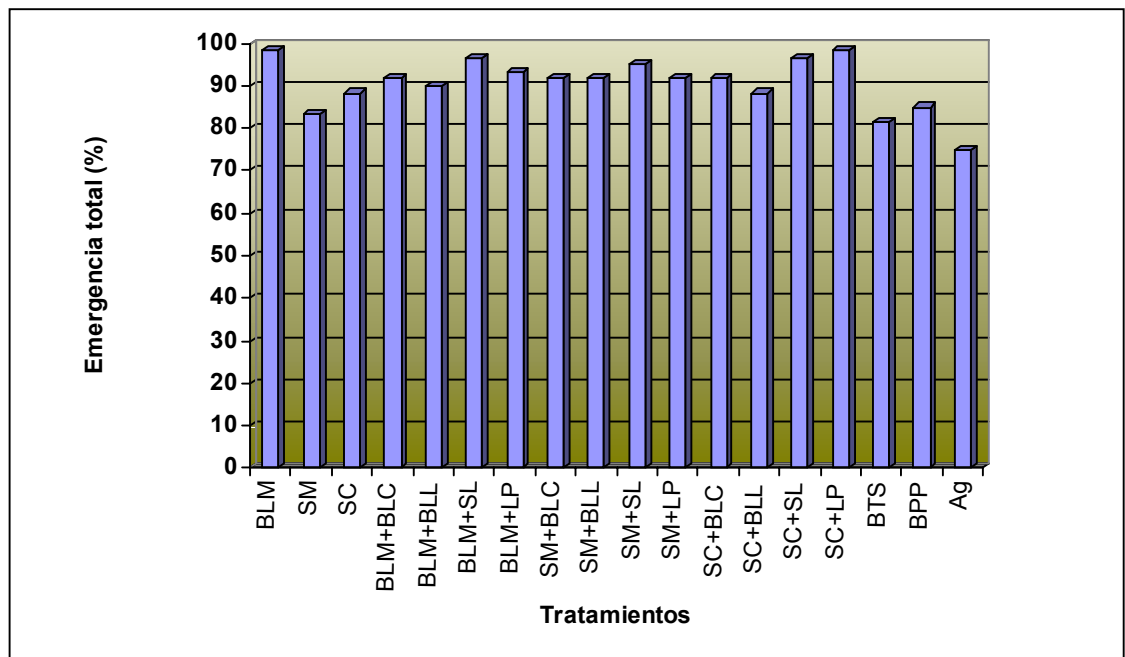


Figura 4.5. Emergencia total evaluada en la etapa de invernadero 10 días después de la fecha de siembra (2 de marzo de 2006), en semillas y plántulas de avena, tratadas con productos orgánico-hormonales.

Longitud media de plúmula (LMP)

En el caso de longitud media de plúmula y en base a las pruebas de medias realizadas se encontró que los tratamientos de sedimento de composta + lombricomposta en polvo (SC+LP) y el sedimento de composta + sedimento de lombricomposta (SC+SL) son estadísticamente iguales, dando una elongación de plúmula de 13.48 y 13.16 cm respectivamente; mientras que los tratamientos con menor respuesta para este parámetro fueron el testigo relativo de biozyme tratamiento de semillas (BTS) y el testigo absoluto (Ag), con 11.47 y 10.40 cm respectivamente (Figura 4.6).

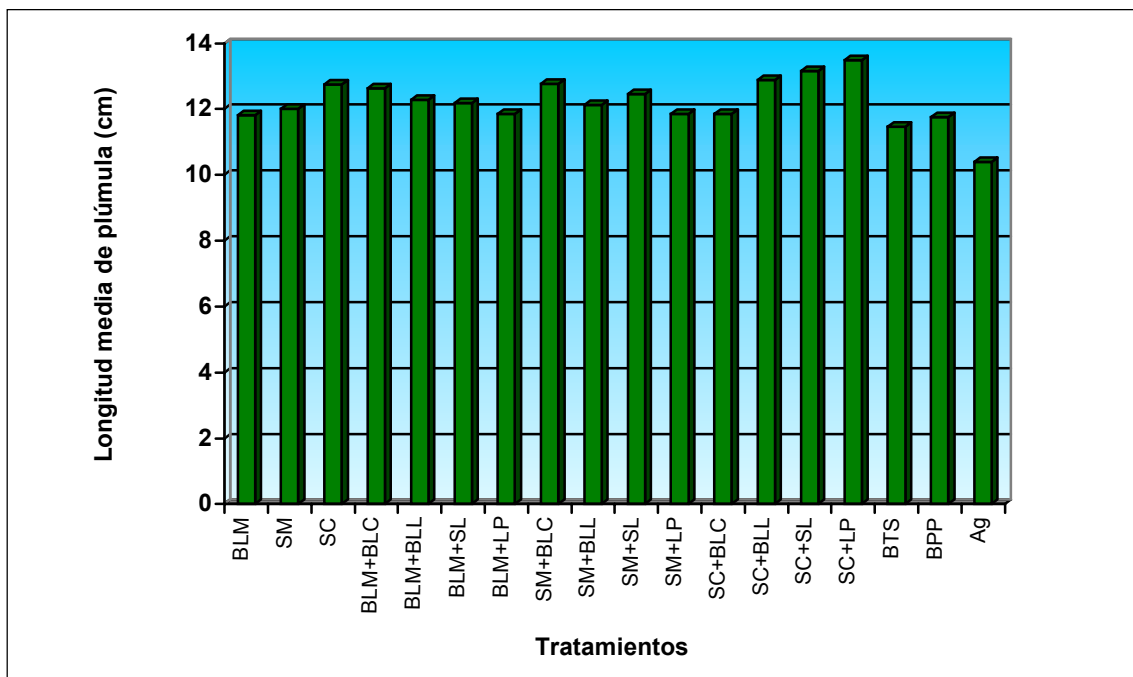


Figura 4.6. Longitud media de plúmula evaluada en la etapa de invernadero 10 días después de la fecha de siembra (2 de marzo de 2006), en semillas y plántulas de avena, tratadas con productos orgánico-hormonales.

Longitud media de radícula (LMR)

Para la variable de longitud media de radícula, no se pudo realizar una prueba de comparación de medias, debido a que no existen diferencias significativas entre las medias de los tratamientos; sin embargo, numéricamente si existen diferencias, siendo que el tratamiento de sedimento de composta + lombricomposta en polvo (SC+LP) superó a los demás, al manifestar una elongación de 11.23 cm, seguido del tratamiento de sedimento mixto (SM) con 10.81 cm, al mismo tiempo se reportó que los tratamientos con menor respuesta para dicha variable fueron el biodigestado líquido mixto + sedimento de lombricomposta (BLM+SL) y el testigo absoluto (Ag), con 9.06 y 8.97 cm respectivamente (Figura 4.7).

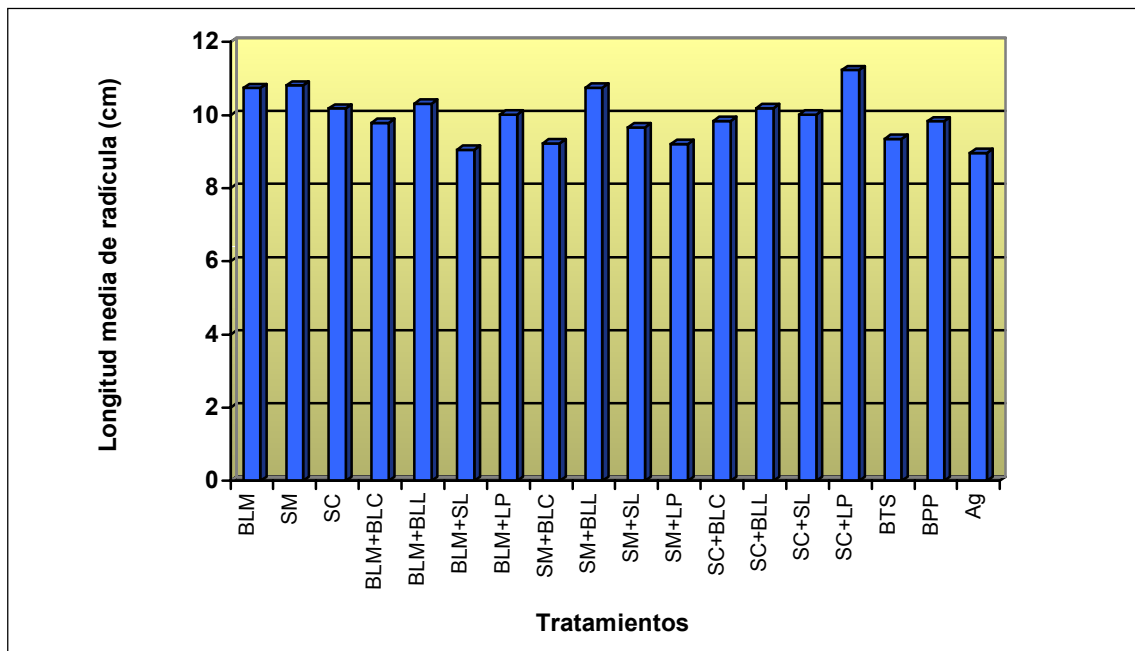


Figura 4.7. Longitud media de radícula evaluada en la etapa de invernadero 10 días después de la fecha de siembra (2 de marzo de 2006), en semillas y plántulas de avena, tratadas con productos orgánico-hormonales.

Peso fresco de plántula (PFP)

Para la variable de peso fresco de plántula no se pudo realizar una prueba de comparación de medias, debido a que no se encontraron diferencias significativas entre las medias de los tratamientos, sin embargo, si existen diferencias numéricas, siendo que el tratamiento de sedimento mixto (SM) propició una respuesta favorable para esta variable, al presentar un peso de 200.29 mg/plántula, seguido del tratamiento de biodigestado líquido mixto (BLM) el cual obtuvo un valor promedio de 186.04 mg/plántula. Por otro lado, se dice que los tratamientos que presentaron menor peso fresco fueron el testigo relativo de biozyme tratamiento de semillas (BTS) y el testigo absoluto (Ag), con 126.95 y 120.14 mg/plántula respectivamente.

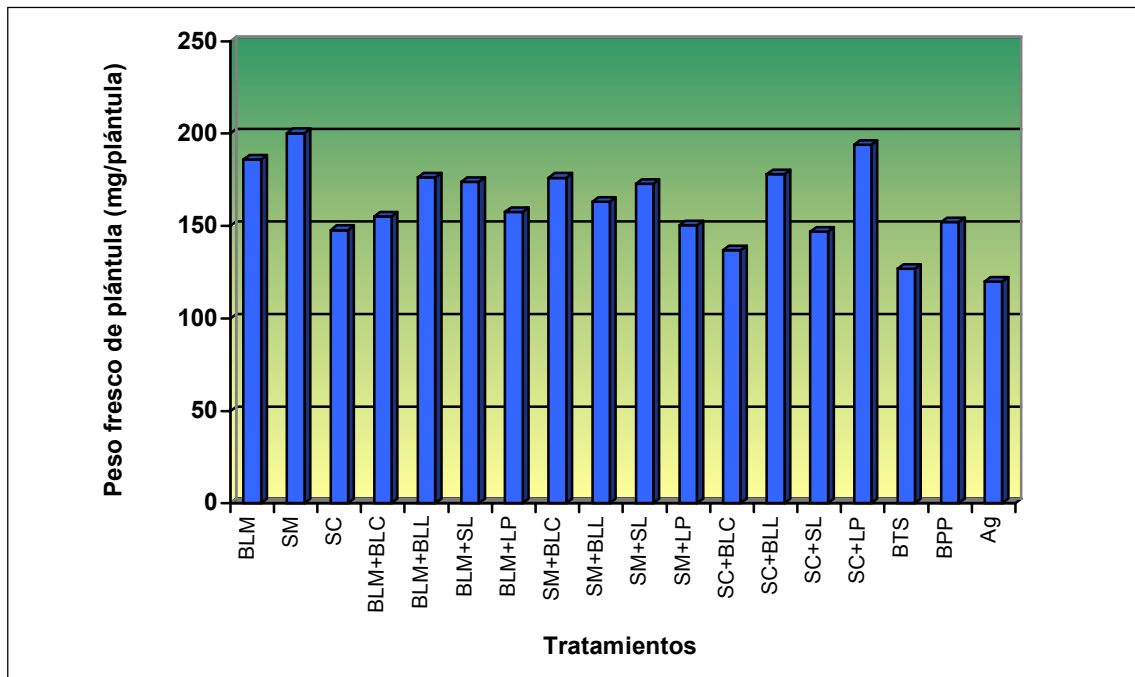


Figura 4.8. Peso fresco de plántula (mg), evaluado en la etapa de invernadero 10 días después de la fecha de siembra (2 de marzo de 2006).

Peso seco de plántula (PSP)

Para esta variable no se pudo realizar una prueba de comparación de medias (Tukey), debido a que no existen diferencias significativas entre las medias de los tratamientos, lo que nos indica que todos los tratamientos se comportan estadísticamente iguales, aunque numéricamente diferentes. Para lo cual se indica que el biodigestado líquido mixto (BLM) y el sedimento mixto (SM) fueron los tratamientos con mejor respuesta a dicha variable dando un peso promedio de 35.59 y 34.73 mg/plántula respectivamente. Además de que los tratamientos con menor respuesta en éste parámetro fueron el biozyme tratamiento de semillas (testigo relativo), con 25.97 mg/plántula y el testigo absoluto (Ag), con 23.78 mg/plántula.

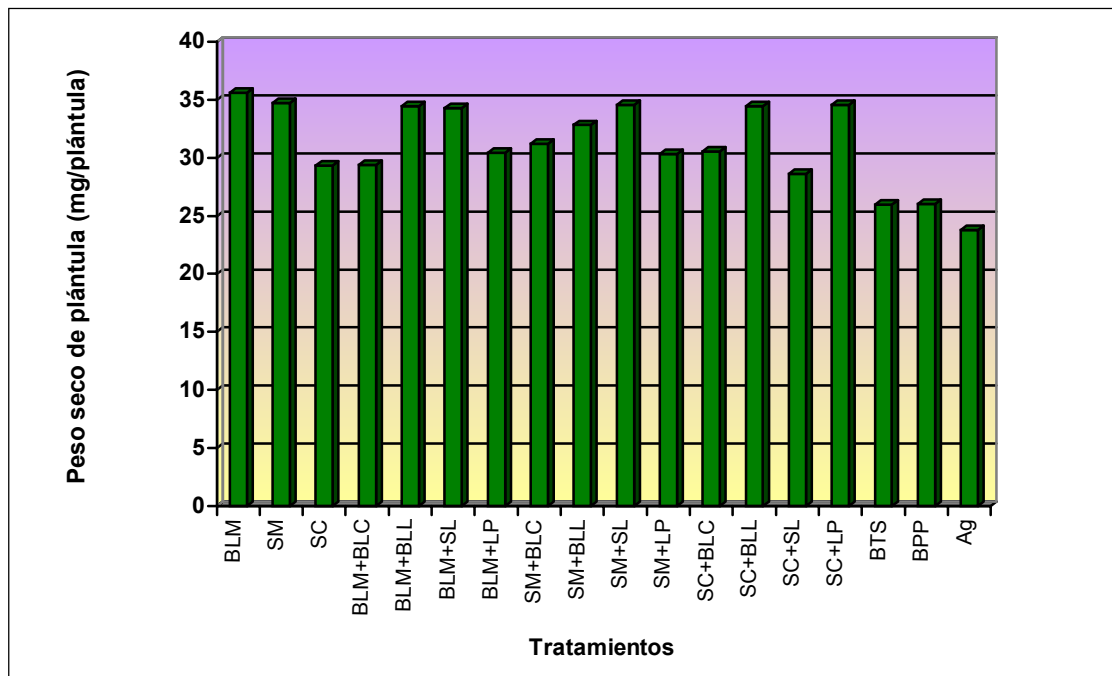


Figura 4.8. Peso seco de plántula (mg), evaluado en la etapa de invernadero 11 días después de la fecha de siembra (3 de marzo de 2006).

DISCUSIONES

- De acuerdo a los resultados obtenidos, podemos observar que el tratamiento de biodigestado líquido mixto (BLM), es un reactivador de la germinación y emergencia de plántulas, puede deberse quizá al alto contenido de zeatina en dicho producto, pues ya sea sólo o en combinación con cualquier otro producto orgánico-hormonal, se verá reflejado en la respuesta de dicha variable al manifestar normalidad de plántulas.
- Desde otro punto de vista, los productos orgánico-hormonales presentes en la investigación, poseen ácidos húmicos y fúlvicos, los cuales tienen como función principal acelerar la nascencia y promover la germinación de las semillas, así como, facilitar el transporte a través de toda la planta, razón por la cual varios de estos productos superaron a los comerciales y al testigo absoluto.
- Por el proceso de imbibición y debido a la presentación del producto (líquido y/o polvo), se dice que los de base líquida (biodigestados) son asimilados mas fácilmente por la semilla, lo cual da como resultado la reactivación de los procesos bioquímicos, fisiológicos y enzimáticos dentro de la misma, favoreciendo el proceso de germinación.

CONCLUSIONES

Tomando como base los datos generados a partir del análisis de varianza y de la comparación de medias del mismo, se concluye que:

- Debido al contenido, no sólo de fitohormonas, sino que además se sabe que los productos orgánicos contienen pequeñas cantidades de varios microelementos, así como de ácidos húmicos y fúlvicos, se comprueba que en la estimulación de la germinación en las demás variables evaluadas (longitud media de plúmula y radícula, peso fresco y seco de plántula), se compite eficazmente con los productos comerciales, al ser superados por muchos productos orgánico-hormonales, y superando al testigo en ambos ambientes por más del 20 %, como lo fue el caso del biodigestado líquido mixto (BLM).
- Los parámetros evaluados por el testigo absoluto (Ag), fueron muy inferiores presentados por los productos orgánico-hormonales e incluso a los productos comerciales.
- En las variables de crecimiento vegetativo (longitud media de plúmula y radícula) los tratamientos que mejor se comportaron para la fase de

laboratorio fueron el SM+SL y SC+LP respectivamente. Para la etapa de invernadero en longitud media de plúmula y radícula fue el SC+LP.

- Para la variable de peso seco los tratamientos que presentaron una mayor respuesta en la etapa de laboratorio fueron el SC y SM+BLC; por otra parte para la fase de invernadero fue el BLM.
- La variable de peso seco de plántula evaluada en invernadero demostró que existe una respuesta positiva en semilla de avena al ser tratada con SM el cual reportó el mejor peso.

LITERATURA CITADA

- Alonso R., N. 2004. Efecto de la aplicación de composta, lombricomposta y biodigestados líquidos en el crecimiento, rendimiento y calidad de follaje en el cultivo de cilantro (*Coriandrum sativum*, L.). Tesis de licenciatura. UAAAN, Saltillo, Coahuila, México.
- Anderson J., D. and Baker J., E. 1982. Deterioration of seed during aging. *Plant physiol.* 73: 321-325. USA.
- Association of Official Seed Analysts (AOSA). 1983. Seed vigor testing handbook, contribution, N° 32 to the Handbook on Seed Testing. USA.
- Ayala M., N. 2005. Efecto de proteína animal y abonos orgánicos sobre la germinación de semilla deteriorada y desarrollo de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill). Tesis de licenciatura. UAAAN, Saltillo, Coahuila, México. p. 61-62.
- Besnier R., F. Semillas biológicas y tecnología. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Bewley J., D. and Black, M. 1986. Seed physiology of development and germination. Plenum press. New York and London. p. 1, 3-5.
- Bidwell R., G. 1996. Reguladores de crecimiento de las plantas en la agricultura. 8ª reimpresión. Ed. Trillas. México. p.461-463.
- Camacho M., F. 1994. Dormición de semillas. Ed. Trillas. México. p. 9,13.
- Campos C., A. 1994. The effects of Biozyme on the germination and emergent of bean (*Phaseolus vulgaris*, L.) and sweet corn (*Zea mays*, L.) seeds under suboptimal temperatures, pesticide overdose, and salinity stress. Horticulture. Texas A&M University. 185 P.
- Carballo C., A. B. 2001. Reguladores de crecimiento en la estimulación fisiológica en semillas de cultivos básicos. UAAAN, Saltillo, Coahuila, México. P. 72-75.

- Cazares P., M. (1999). El cultivo de la avena (*Avena sativa* L.). Monografía. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. P.1-2.
- Christensen, C.M., D.B. Sauer. (1982). Microflora. In: Christensen C., M. (eds.). Storage of cereal grains and their products. American association of cereal chemists, inc. St. Paul, Minnesota. USA. Pp. 219-234.
- Copeland L., O. and McDonald M., B. 1985. Principles of Seed Science and Technology. Bed Burges Publishing Company. Minneapolis, Minnesota. U.S.A. p. 122,146,157,169.
- David P., P., Nelson P., V. and Sanders D., A. 1994. A humic acid improves growth of tomato seedling in solution culture. Journal of plant nutrition. 17 (1): 173-184 p.
- Devlin R., M. 1982. Fisiología vegetal. Ed. Omega. Barcelona, España. p. 353-409.
- Encarta. 2005. Biblioteca de consulta Microsoft, México. © 1993-2004 Microsoft Corporation.
- FAO. 1985. Procesamiento de semillas de cereales y leguminosas de grano. Directrices técnicas, Italia, Roma. p. 5,7.
- Flores H., A. 2004. Introducción a la tecnología de las semillas. 1ª Edición. Departamento de Publicaciones de la Dirección General de Difusión Cultural y Servicio de la UACH. UACH. México. p. 61 - 78.
- García V., A. P. 2002. Aplicación de reguladores del crecimiento para promover la germinación de semillas de hortalizas y su efecto en el almacenamiento. Tesis. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, Méx.
- Gliessman. 2000. Agroecology: Ecological processes in sustainable Agricultural. Lewis Publishers. E. U. A.
- Hafferkamp M., E., Smith and R.A Nilan.1953. Studies on aged seeds I. Relation of age of seed to germination and longevity. Agron.J.45: 434-437.USA.
- Harmann H., T. y Kester D., E. 1995. Propagación de plantas. Ed. Continental. México. pp. 130-165.
- Hartmann H., T. y Kester D., E. 1999. Propagación de Plantas. 2a. Edición. Editorial CECSA. México. 138-140 pp.
- Harrington, J. F. 1972. Seed storage and longevity In: Kozlowski, T.T.(ed) Seed Biology. Vol. III Academic Press New York. USA. p. 145-246.

- Haug, R. T. 1997. Journal of Composting Recycling Biocycle. Feedstocks, Conditioning and Fire Prevention. U. S. A.
- Hurtado M., D. y Merino M., E. 1987. Cultivo de Tejidos Vegetales. Ed. Trillas. México. p.49-63.
- Internacional Seed Testing Assosiation (ISTA). 1996. International Rule for seed testing. Rules 1996. Seed Sci & Technol. Zürich, Switzeland. 274:1-333.
- Jeavons J. 1994. Cultivo biointensivo de alimentos mas o menos espacio ecology action of the mid - peninsula editor en español. Impreso en U.S.A.
- Mendoza H., J. M. 1983. Diagnóstico climático para la zona de influencia inmediata a la UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Moreno M., E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas. 3^a Ed. UNAM. México. p.113-122.
- Rojas G., M. 1981. Fisiología vegetal aplicada. 2^a edición. Ed. Mc GrawHill, México.
- Rojas G. y H., Ramírez. 1993. Control hormonal de desarrollo de las plantas. 2^{da} edición. Ed. Limusa. Mexico.263.p.
- Rojas G., M. y Vázquez R., J. G. 1995. Manual de herbicidas y fitorreguladores 3^a Edición. Ed. Limusa. México.157.p
- Salisbury F., B. y Ross C., W. 1994. Fisiología Vegetal. Editorial Iberoamericana. México .p.395-449.
- Tesar B., M. 1998. Physiological basis of crop growth and development. American Society of Agronomy Crop Science of American. United States of America. P.51,53-90.
- Weaver J., R. 1996. Reguladores de crecimiento de las plantas en la agricultura. 8^a reimpresión. Ed. Trillas. México. p. 113-155.

CITAS DE INTERNET

- <http://www.ivu.org/spanish/trans/vsuk-cereals.html>
- <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales /avena.asp>
- <http://www.euita.upv.es>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Cereal>
- <http://www.comerciadonluis.com>

APÉNDICE

Análisis de varianza

Laboratorio

Germinación estándar

F.V.	G.L.	S.C	C.M.	Fc	Pr>F
Tratamientos	17	980.31	57.66	8.28 **	0.0001
Error exp.	36	250.66	6.96		
Total	53	1230.98			

Longitud media de plúmula

F.V.	G.L.	S.C	C.M.	Fc	Pr>F
Tratamientos	17	27.93	1.64	1.96 *	0.0440
Error exp.	36	30.13	0.83		
Total	53	58.06			

Longitud media de radícula

F.V.	G.L.	S.C	C.M.	Fc	Pr>F
Tratamientos	17	26.43	1.55	2.91 **	0.0035
Error exp.	36	19.25	0.53		
Total	53	45.68			

Peso seco de plántula

F.V.	G.L.	S.C	C.M.	Fc	Pr>F
Tratamientos	17	40.38	2.37	3.42 **	0.0009
Error exp.	36	24.98	0.69		
Total	53	65.36			

** Altamente significativo ($\alpha = 0.01$).

* Significativo ($\alpha = 0.05$).

N.S. No significativo

Invernadero

Emergencia total

F.V.	G.L.	S.C	C.M.	Fc	Pr>F
Tratamientos	17	1930.09	113.53	4.38 **	0.0001
Error exp.	36	933.33	25.92		
Total	53	2863.42			

Longitud media de plúmula

F.V.	G.L.	S.C	C.M.	Fc	Pr>F
Tratamientos	17	25.13	1.47	2.21 *	0.0222
Error exp.	36	24.03	0.66		
Total	53	49.16			

Longitud media de radícula

F.V.	G.L.	S.C	C.M.	Fc	Pr>F
Tratamientos	17	21.57	1.26	1.90 ^{N.S.}	0.0523
Error exp.	36	24.05	0.66		
Total	53	45.63			

Peso fresco de plántula

F.V.	G.L.	S.C	C.M.	Fc	Pr>F
Tratamientos	17	24938.15	1466.95	1.52 ^{N.S.}	0.1441
Error exp.	36	34826.76	967.41		
Total	53	59764.91			

Peso seco de plántula

F.V.	G.L.	S.C	C.M.	Fc	Pr>F
Tratamientos	17	636.07	37.41	1.74 ^{N.S.}	0.0797
Error exp.	36	773.38	21.48		
Total	53	1409.46			

** Altamente significativo ($\alpha = 0.01$).

* Significativo ($\alpha = 0.05$).

^{N.S.} No significativo