

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO**



**Estimulación de la capacidad germinativa mediante la aplicación de productos orgánicos en semillas de maíz (*Zea mays* L.) con bajo porcentaje de germinación.**

**POR:**

**Leodán Hernández Pérez**

**TESIS:**

**Presentada como requisito parcial para obtener el título de:**

**INGENIERO AGRONOMO EN PRODUCCIÓN**

**Saltillo, Coahuila, México.**

**Febrero, 2012**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Estimulación de la capacidad germinativa mediante la aplicación de  
productos orgánicos en semillas de maíz (*Zea mays* L.) con bajo  
porcentaje de germinación.

Por:

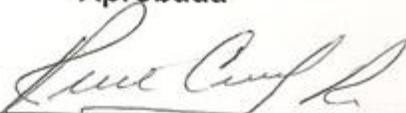
Leodán Hernández Pérez

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada



Ing. René A. de la Cruz Rodríguez

Asesor Principal



Ing. Florentino Amasende León

Coasesor



M.C. Modesto Colín Rico

Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera

Coordinador de la División de Agronomía

División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México  
Febrero, 2012

## **AGRADECIMIENTOS**

**A DIOS**, por darme vida, salud, amor y mantenerme en paz y seguridad para continuar por el buen camino.

**A LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO, (Mi Alma Mater”)**, por permitirme ser parte de ella y formarme profesionalmente.

**AL ING. RENÉ A. DE LA CRUZ RODRÍGUEZ**, por aceptarme para realizar este proyecto bajo su dirección, además de su apoyo y sugerencias durante el desarrollo del mismo.

**AL ING. FLORENTINO AMASENDE LEÓN**, en gran medida, por las facilidades brindadas para el establecimiento de este trabajo, por aportarme conocimientos e ideas propias, así como críticas constructivas, además quiero agradecer su amable generosidad y darme la oportunidad de formar parte de su equipo de trabajo.

**AL MC. MODESTO COLIN RICO**. Por su valiosa participación en la revisión y formar parte del comité evaluador

**AL ING. SALVADOR LUNA**, por su participación activa en el trabajo de campo, también su disponibilidad, y conocimientos que me brindo sin condición alguna.

**A LA LIC. SANDRA LÓPEZ BETANCOURT**, por su colaboración en la estructuración del trabajo, además de su confianza que depositó en nosotros para el servicio del área de computación.

**AL ING. LUCIO C. CANDELARIO GOMEZ, ING. SAUL DEL REAL.** Por sus conocimientos y amistad brindada.

**A AMIGOS Y COMPAÑEROS DE TRABAJO:** Alberto Acosta, Adrián Cuevas, Isidro Rojas, José Álvarez, Valentín Cuevas, J. Lenin, Eduardo González, Eleuterio Hernández... que de alguna forma colaboraron en este proyecto.

**A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS DE LA CARRERA DE INGENIERO AGRONOMO EN PRODUCCION**, por todos los momentos compartidos durante nuestra estancia en la universidad.

## **DEDICATORIA**

Con respeto y amor dedico este trabajo a toda mi familia, porque gracias a su confianza y consejos, uno de mis retos ha sido exitoso.

### **A MIS PADRES**

Sr. Natividad Hernández Pérez

Sra. Delfina Pérez Morales

Porque gracias a sus consejos, apoyo moral y económico; he llegado a realizar una de mis más grandes metas, que constituye la herencia más valiosa que pudiera recibir.

### **A MIS HERMANOS**

Dinar Eduardo, Julio Belsar, Noé, Liliana Yorleni, Luz Elva.

Agradezco a cada uno de ustedes, por haber formado parte de este proyecto de vida y los momentos inolvidables que hemos vivido que han sido la base para seguir luchando; Dinar y julio muchas gracias por todo el apoyo que me brindaron.

### **A MIS ABUELOS**

Genaro Hernández.

Josefa Pérez (QEPD)

Walter Pérez.

Leocadia Morales (QEPD)

## INDICE DE CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>i</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>iii</b>
<b>INDICE DE CUADROS.....</b>	<b>vii</b>
<b>INDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>viii</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
Objetivo general.....	4
Objetivos específicos .....	4
Hipótesis.....	4
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Concepto de semilla .....	5
2.2 Estructura de la semilla.....	5
2.3 Germinación .....	6
2.4 Proceso de germinación. ....	7
2.4.1 Fase de imbibición.....	8
2.4.2 Fase de germinación .....	8
2.4.3 Fase de crecimiento .....	9
2.5 Calidad de semilla.....	11
2.6 Calidad en semilla mejorada.....	12
2.7 Plántulas normales .....	12
2.8 Plántulas anormales .....	13
2.9 Vigor de las semillas. ....	14
2.10 Envejecimiento natural.....	15
2.11 Almacenamiento de la semilla .....	16
2.12 Deterioro de semillas.....	18

2.13 Agricultura orgánica.....	20
2.14 Importancia económica de la agricultura orgánica en México .....	21
2.15 Lombricultura.....	21
2.16 Las lombrices y su papel en el suelo.....	23
2.17 Lombriz roja californiana .....	23
2.18 Ácidos húmicos .....	24
2.19 Humus liquido .....	25
2.20 Crecimiento y desarrollo vegetal.....	26
2.21 Factores que influyen en el crecimiento de las plantas .....	26
2.22 Etapas de crecimiento vegetal.....	27
2.23 Hormonas vegetales.....	29
2.23.1 Auxina.....	30
2.23.2 Giberelinas .....	30
2.23.3 Citocinina.....	31
2.23.4 Etileno.....	31
2.23.5 Ácido abscísico (ABA).....	32
III. MATERIALES Y METODOS .....	33
3.1 Ubicación geográfica del sitio experimental .....	33
3.2 Material genético.....	33
3.3 Descripción de los productos.....	34
3.3.1 Hormovit semilla® (HS) .....	34
3.3.2 Sedimentos de lombricomposta (SP).....	34
3.3.3 Extracto de sábila(ES) .....	35
3.4 Descripción de los tratamientos.....	35
3.5 Establecimiento del experimento .....	37

<b>3.6 Resultados de la prueba de germinación .....</b>	<b>37</b>
<b>3.7 Variables evaluadas.....</b>	<b>39</b>
<b>3.7.1 Índice de emergencia .....</b>	<b>39</b>
<b>3.7.2 Estado vegetativo .....</b>	<b>39</b>
<b>3.7.3 Numero de mazorcas.....</b>	<b>39</b>
<b>3.7.4 Rendimiento .....</b>	<b>39</b>
<b>3.8 Diseño experimental.....</b>	<b>40</b>
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>41</b>
<b>4.1 Índice de emergencia (10 días después de siembra).....</b>	<b>44</b>
<b>4.2 Índice de emergencia (17 días después de siembra).....</b>	<b>45</b>
<b>4.3 Índice de emergencia (24 días después de siembra).....</b>	<b>46</b>
<b>4.4 Conteo vegetativo (V4).....</b>	<b>47</b>
<b>4.5 Conteo vegetativo (V5).....</b>	<b>48</b>
<b>4.6 Estado vegetativo (V6) .....</b>	<b>49</b>
<b>4.7 Estado vegetativo (V7) .....</b>	<b>50</b>
<b>4.8 Estado vegetativo (V8) .....</b>	<b>51</b>
<b>4.9 Número de mazorca.....</b>	<b>52</b>
<b>4.10 Rendimiento .....</b>	<b>53</b>
<b>V. DISCUSIÓN .....</b>	<b>54</b>
<b>VI. CONCLUSIÓN .....</b>	<b>55</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>56</b>
<b>VIII. RESUMEN .....</b>	<b>57</b>
<b>IX. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>59</b>
<b>Citas de internet.....</b>	<b>63</b>
<b>APENDICE .....</b>	<b>64</b>

## INDICE DE CUADROS

2.1. Etapas de crecimiento del maíz.....	28
3.1. Resultados de la prueba de germinación en papel húmedo.....	38
4.1. Concentración de cuadrados medios y coeficientes de variación del análisis de varianza de las variables evaluadas .....	42
4.2. Comparación de medias de todas las variables evaluadas.....	43
4.3. Comparación de medias de la variable índice de emergencia (primer conteo).....	44
4.4. Comparación de medias de la variable índice de emergencia (segundo conteo). .....	45
4.5. Comparación de medias de la variable índice de emergencia (tercer conteo).....	46
4.6. comparación de medias de los tratamientos de la variable estado vegetativo V4 (primer conteo). .....	47
4.7. Comparación de medias de los tratamientos de la variable estado vegetativo V5 (primer conteo) .....	48
4.8. Comparación de medias de los tratamientos de la variable estado vegetativo V6 (segundo conteo). .....	49
4.9. Comparación de medias de los tratamientos de la variable estado vegetativo V7 (segundo conteo). .....	50
4.10. Comparación de medias de los tratamientos de la variable estado vegetativo V8 (segundo conteo). .....	51
4.11. Comparación de medias de los tratamientos de la variable número de mazorcas.....	52
4.12. Comparación de medias de los tratamiento de la variable rendimiento.....	53

## INDICE DE FIGURAS

<b>Fig. 2.1 Curvas de absorción de agua de las semillas y las actividades metabólicas asociadas con las diferentes fases .....</b>	<b>10</b>
<b>Fig. 4.1 Índice de emergencia (primer conteo).....</b>	<b>44</b>
<b>Fig. 4.2 Índice de emergencia (segundo conteo). .....</b>	<b>45</b>
<b>Fig. 4.3 Índice de emergencia (tercer conteo) .....</b>	<b>46</b>
<b>Fig. 4.4 Concentración de plantas en estado vegetativo V4 .....</b>	<b>47</b>
<b>Fig. 4.5 Concentración de plantas en estado vegetativo V5 .....</b>	<b>48</b>
<b>Fig. 4.6 Concentración de plantas en estado vegetativo V6 .....</b>	<b>49</b>
<b>Fig. 4.7 Concentración de plantas en estado vegetativo V7 .....</b>	<b>50</b>
<b>Fig. 4.8 Concentración de plantas en estado vegetativo V8 .....</b>	<b>51</b>
<b>Fig. 4.9 Expresión de los tratamientos en cuanto a rendimiento .....</b>	<b>53</b>

## I. INTRODUCCIÓN

El maíz es la base alimenticia de varios países del mundo, en México tiene un significado especial por ser el principal alimento de nuestra población. De León (2005) menciona que su importancia económica radica en que es el cultivo que después del petróleo, más usos tiene desde su consumo directo hasta la elaboración de los más refinados solventes químicos.

De acuerdo con la FAO, en el 2008, la superficie cosechada de maíz fue de 161.0 millones de hectáreas a nivel mundial, además el 80% de la producción de maíz se concentró en 10 países donde participó México con una aportación del (3%); en cuanto a rendimientos se refiere, destaca Estados Unidos con un promedio de 9 ton/ha, en el caso de México su promedio en el periodo 1998-2008 fue de 2.8 ton/ha, estuvo muy por debajo del promedio mundial (4.6 ton/ha).

México en el 2010, obtuvo una producción record alrededor de 25 millones de toneladas, considerando que la superficie sembrada promedio anual se mantiene alrededor de 8 millones de hectáreas.

Es bien sabido que el sector agrícola se enfrenta a retos abrumadores como son: el crecimiento demográfico, las necesidades globales de alimento, la degradación ecológica, el cambio climático que en conjunto crean un panorama de incertidumbre que de alguna forma impide que los rendimientos sean

expresados en sus niveles normales, motivos por los cuales se han desarrollado alternativas para incrementar la producción como son el uso de agroquímicos, buen manejo agronómico, uso de maquinaria tecnificada, uso de semilla mejorada, etc.

El uso de semilla mejorada permite alcanzar importantes rendimientos económicos, el SNICS, (2011) reporta que el sector semillero en México es un negocio cuyo valor es superior a los 5 mil millones de pesos anuales, genera alrededor del 3 % del PIB Agrícola.

La producción de semillas en México esta manejada por el sector privado tanto nacional como internacional con el 94% y el sector público con una participación del 6%. Ruiz y Lira (2008) mencionan que entre una treintena de empresas que figuran y tienen mayor presencia en el sector semillero, destacan Monsanto, Syngenta, Pioneer, Semillas Berentsen, Daw Agrosiences, Aspros, entre otras.

Por otra parte, las compañías semilleras durante el desarrollo de nuevos genotipos, y en el caso de los agricultores, estos tienen la necesidad de almacenar su semilla para ser sembrada en ciclos posteriores; estas semillas al ser sembradas para la siguiente generación expresan una disminución en su calidad fisiológica (viabilidad y vigor), resultando una baja densidad de población además de presencia de plantas raquíticas.

IICA (1991) menciona que la calidad de la semilla es máxima al momento de la madurez fisiológica, a partir de ese momento sufre un proceso de deterioro que conduce a las pérdidas de germinabilidad y vigor, aun cuando

son almacenados en condiciones óptimas, buen monitoreo y una continua verificación de los factores ambientales.

Se ha demostrado que durante el envejecimiento natural de la semilla de maíz se reduce el contenido de todas las reservas, como carbohidratos y proteínas (Basavarajappa *et al.*, 1991).

Conscientes de esta situación, se están desarrollando nuevas tecnologías que proporcionen soluciones integrales, por otra parte se ha demostrado que los productos orgánicos contribuyen en la aceleración del crecimiento de las plantas y estimulan la germinación en algunas especies cultivadas.

Además Mendoza (2010) en un trabajo de investigación menciona que los productos orgánicos de lombricomposta tienen un efecto específico ya que al ser aplicados en semillas se incrementa el porcentaje de germinación y al ser aplicados en plántulas generaron un mayor desarrollo en biomasa aérea.

Con los antecedentes descritos se llevó a cabo este trabajo de investigación con los siguientes objetivos:

## **Objetivo general**

Evaluación de productos orgánicos (sedimentos) extraídos del líquido de lombricomposta para incrementar la capacidad germinativa en semillas de maíz (*Zea mays* L.) con bajo porcentaje de germinación.

## **Objetivos específicos**

- Medir el efecto de los productos orgánicos con los testigos comercial y absoluto.
- De las diferentes concentraciones de producto orgánico, identificar cual es el que presenta la mejor respuesta en cuanto a incremento del porcentaje de germinación.
- Identificar la influencia que tienen los productos orgánicos después de la emergencia.
- Definir estrategias para la adecuada aplicación de productos orgánicos a semillas de maíz.

## **Hipótesis**

- La aplicación de producto orgánico extraído de líquido de lombricomposta tiene la capacidad de recuperar el potencial germinativo de semillas de maíz con bajo porcentaje de germinación.
- Los productos orgánicos influirán en el desarrollo inicial de las plántulas.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Concepto de semilla

Besnier (1989) define que las semillas son unidades de diseminación y reproducción sexual de las plantas superiores, procedentes del desarrollo de los óvulos fecundados de sus flores.

Connor & Loomis(2002); Herrera *et al.*, (2006) definen a las semillas como los órganos claves de dispersión y propagación de las plantas, ellas permiten la continuidad de las especies mediante la reproducción sexual, también agregan que son órganos de resistencia prácticamente inerte y ocupan una posición crítica en la vida de las plantas, hasta que se presentan las condiciones que le permiten iniciar su actividad y dar nacimiento a una planta joven; este reinicio de actividad metabólica que origina una nueva generación constituye el fenómeno de germinación.

### 2.2 Estructura de la semilla

La semilla en el caso de las angiospermas consta de tres componentes genéticamente diferentes:

(1) el embrión desarrollado a partir de un cigoto (el producto de la fusión del óvulo con un núcleo espermático y, como tal, representa el nuevo esporofito de la próxima generación).

(2) El endospermo triploide por lo general formado por la fusión de los dos núcleos polares con el segundo núcleo espermático.

(3) La cubierta de la semilla formada a partir de los tegumentos, que representan a los tejidos maternos del óvulo.

Estas partes genéticamente diferentes tienen una estrecha interacción durante la germinación y desarrollo.

La semilla de maíz es una cariósida compuesta del pericarpio, el endospermo y el embrión. El embrión está constituido por la plúmula y la radícula, que conforman el eje embrionario, y por el escutelo. La plúmula y la radícula están cubiertas por sendas capas protectoras llamadas coleóptilo y coleorriza (CIAT, 1981)

### **2.3 Germinación**

Es la emergencia y desarrollo de aquellas estructuras esenciales que provienen del embrión, y que manifiestan la capacidad de las semillas para producir una plántula normal bajo condiciones favorables (Moreno, 1984, Delouche, 2002).

Desde el punto de vista bioquímico la germinación es la serie de eventos bioquímicos que llevan a la célula a la consecución del primer ciclo celular completo y a la multiplicación celular restante. Los procesos que quedarían en este periodo son: la hidratación de las membranas y demás estructuras celulares, reactivación de proteínas y ribosomas, aumento de la actividad respiratoria, síntesis de macromoléculas (proteínas, ARN, ADN) y elongación celular.

Bewley & Black (1986) afirman que en la literatura científica el término germinación suele utilizarse libremente y de forma incorrecta; y que es importante aclarar su significado, ellos mencionan que la germinación comienza

con la absorción de agua por la semilla (imbibición) y termina con el inicio de la elongación del eje embrionario, por lo general la radícula; transformándose así un embrión deshidratado, con un metabolismo en reposo apenas detectable en uno que tiene un metabolismo vigoroso que culmina en el crecimiento del embrión.

La germinación incorpora aquellos eventos que se inician con la absorción del agua por la semilla seca y termina con la elongación del eje embrionario, el proceso concluye cuando la radícula penetra y atraviesa las estructuras que rodean al embrión, lo que frecuentemente se conoce como “germinación visible” (Herrera *et al.*, 2006).

El establecimiento de una plántula durante la germinación de la semilla depende en gran medida del vigor de la semilla, siendo principalmente las características fisiológicas y bioquímicas de la semilla las que determinan su posible establecimiento.

#### **2.4 Proceso de germinación.**

El proceso de germinación de semillas es la recuperación de la actividad biológica de la semilla, y requiere el cumplimiento de una serie de condicionantes ambientales favorables: un sustrato húmedo, disponibilidad de oxígeno que permita la respiración aerobia y temperatura adecuada para los distintos procesos.

El proceso de germinación se inicia con la toma de agua de la semilla (imbibición) y finaliza con el inicio de la elongación del eje embrionario principalmente la radícula (Román, 2000).

El proceso de germinación se puede distinguir en tres fases, que a continuación se describen.

### **2.4.1 Fase de imbibición**

Es el primer paso de la germinación, consiste en una intensa absorción de agua por parte de los distintos tejidos que forman la semilla, dicho incremento va acompañado de un aumento proporcional en la actividad respiratoria (García, 2006)

Herrera et al., (2006) definen como la absorción de agua necesaria para la rehidratación de proteínas y organelos celulares así como para el transporte y para que ocurran las reacciones hidrolíticas. La hidratación permite que las enzimas y estructuras presentes en la semilla deshidratada, necesarias para el reinicio del metabolismo, se reactiven.

Copeland y McDonald (1985) mencionan que la composición de la semilla, la permeabilidad de la cubierta y la disposición de agua son factores que determinan e influyen en la imbibición.

### **2.4.2 Fase de germinación**

Esta se caracteriza por un cese en la absorción de agua y una actividad respiratoria más reducida, es la fase donde se produce la activación del metabolismo, donde ocurre la síntesis de ácido nucleico y proteínas. También se incrementan las actividades enzimáticas, así como la degradación inicial de las reservas (Alizaga, 2006)

### **2.4.3 Fase de crecimiento**

En la fase de crecimiento tiene lugar la emergencia de la radícula (crecimiento visible), concluyendo el proceso germinativo, ya que el crecimiento subsecuente se considera un proceso separado,

García (2006) menciona que esta fase se caracteriza porque la absorción de agua vuelve a aumentar, así como la actividad respiratoria.

En resumen y de acuerdo con lo que describen la mayoría de los autores, se puede decir que en las dos primeras fases de la germinación los procesos son reversibles, a partir de la fase de crecimiento se entra en una situación fisiológica irreversible; también lo afirma García (2006) además agrega que la semilla que haya superado la fase de germinación tendrá que pasar a la fase de crecimiento y originar una plántula de lo contrario morir (García, 2006).

En la figura 2.1 se presenta los niveles de absorción de agua por parte de las semillas en las diferentes fases.

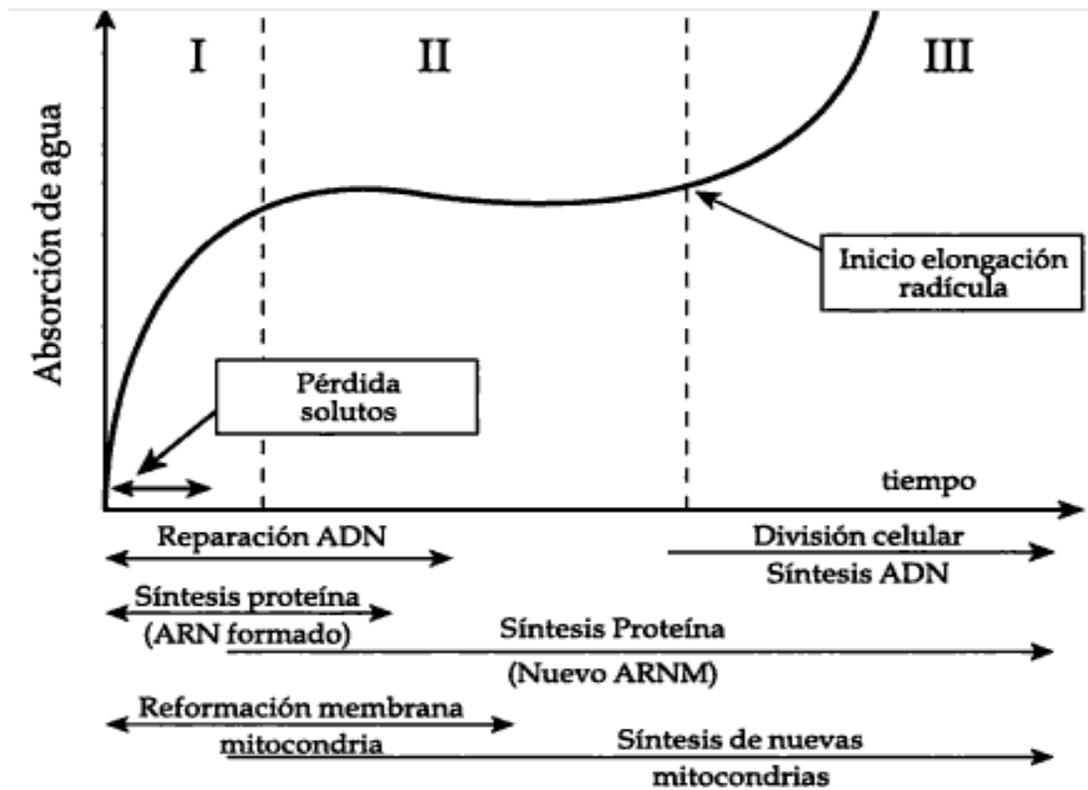


Fig. 2.1 Curvas de absorción de agua de las semillas y las actividades metabólicas asociadas con las diferentes fases. (Fig. Modificada de Azcón-Bieto, J. y Talón M. 2000. "fisiología y bioquímica Vegetal". Interamericana/ McGraw-Hill.)

## 2.5 Calidad de semilla

La calidad de semilla es el resultado del conjunto de cualidades genéticas, fisiológicas, sanitarias, y físicas que dan a la semilla su capacidad para dar origen a plantas productivas.

La presencia de estos cuatro componentes en sus niveles altos, permiten que la semilla esté en su máxima calidad integral. De igual manera Hamton (2001) menciona que la calidad de semilla puede ser vista como un patrón de excelencia que va a determinar el desempeño de la semilla en la siembra o en almacén.

En forma general se menciona que  $\text{calidad} = G + F + S + CF$

G = Componente genético

F = Componente fisiológico

S = Componente sanitario

CF = Características físicas

También la FAO (1985) hace mención que la calidad de las semillas está determinada por las siguientes propiedades:

- Propiedades internas: pureza varietal (potencial genético), carencia de enfermedades, alta germinación, alto vigor
- Propiedades externas: pureza analítica, clasificación por tamaño, peso de 1000 granos o semillas y contenido de humedad.

## **2.6 Calidad en semilla mejorada**

La producción de semilla mejorada en el caso de maíz, ha sido la especie modelo para el desarrollo de técnicas y métodos de producción que garanticen su calidad genética.

La pureza genética o calidad genética es un parámetro importante en semillas mejoradas, ya que sirve para medir la identidad de la misma que se obtiene a través de un control de genealogía en las etapas de su multiplicación (IICA, 1991).

Díaz (2011) menciona que las semilla en proceso de mejoramiento, es alterada su calidad genética por efectos de polinización no deseada con materiales diferentes causando contaminación.

Por otra parte, el mantenimiento de la semilla genética puede hacerse, en el caso de líneas endocriadas, por polinizaciones fraternales o autofecundaciones hechas a mano; si se trata de líneas de bajo nivel de endocria, es necesario hacer las multiplicaciones por cruzamientos fraternales, ya que estos no reducen el vigor ni cambian la identidad genética.

## **2.7 Plántulas normales**

CIAT (1981) Son plántulas normales aquellas que tienen la capacidad para producir plantas normales y vigorosas en condiciones favorables de humedad y temperatura, en un buen suelo o en el laboratorio. Deben poseer los siguientes órganos

- a) Sistema radical bien desarrollado, incluyendo una raíz primaria y varias raíces seminales.
- b) Una hoja primaria bien desarrollada, dentro o emergiendo del coleóptilo

También se puede definir como plántulas normales a aquellas que poseen el potencial de desarrollarse satisfactoriamente en plantas cuando crecen en suelos de buena calidad y bajo condiciones favorables de humedad, temperatura y luz. Para ser clasificadas como normales, las plántulas deben pertenecer a alguna de las siguientes categorías:

1. *Plántulas intactas*: son aquellas plántulas que poseen todas sus estructuras esenciales bien desarrolladas, completas, equilibradas y sanas.
2. *Plántulas con ligeros defectos*: son plántulas que muestran leves defectos en sus estructuras esenciales, pero que sin embargo, poseen un desarrollo satisfactorio y balanceado comparable con el desarrollo de las plántulas intactas del mismo test.
3. *Plántulas con infección secundaria*: son aquellas que pueden pertenecer a las categorías anteriores, pero las cuáles han sido afectadas por hongos o bacterias provenientes de otras fuentes de inóculo distintas a la semilla de la que germinaron

## **2.8 Plántulas anormales**

El ISTA (International Seed Testing Association) considera plántulas anormales a aquellas que no muestren el potencial de desarrollo para convertirse en una planta normal cuando se les cultiva en suelos de buena calidad y en condiciones favorables de humedad, temperatura y luz.

CIAT (1981) Son aquellas que, por factores morfológicos o fisiológicos, no pueden producir una planta normal, se consideran como tales:

- a. plántulas que carecen de una o más de las estructuras esenciales, o cuyas estructuras están tan dañadas que tienen afectados los tejidos conductivos del mesocótilo y la raíz.
- b. plantas deformes, porque:
- tienen raíz primaria atrofiada y raíces seminales débiles
  - carecen de raíz primaria y tienen el coleóptilo corto
  - carecen de hojas primarias, o sea que tienen el coleóptilo vacío.
  - tienen el coleóptilo y la hoja primaria cortos y gruesos y raíces cortas o débiles
  - Tienen el coleóptilo y la hoja primaria rasgados
  - tienen la plúmula retorcida
- c. Plántulas podridas, con algunas de las estructuras esenciales tan afectadas que sería imposible el desarrollo normal de la planta.
- d. Plántulas albinas, aquellas que tienen todas sus estructuras esenciales, pero que carecen del pigmento clorofílico.

## **2.9 Vigor de las semillas.**

Se entiende como vigor de semillas a la suma total de aquellas propiedades que determinan el nivel de actividad y de desarrollo de la semilla o del lote de semillas durante la germinación y la emergencia de las plántulas.

En cualquier lote de semillas, la pérdida de vigor está relacionada con la disminución en la capacidad de las mismas para llevar a cabo todas las funciones fisiológicas que les permiten germinar y progresar. Este proceso denominado envejecimiento fisiológico (deterioro), comienza antes de la

cosecha y continúa durante la cosecha, el acondicionamiento y el almacenamiento.

Progresivamente, el mismo va reduciendo las capacidades de desarrollo debido, por ejemplo, a los cambios en la integridad de las membranas celulares, en la actividad enzimática y en la síntesis de proteínas. Estos cambios bioquímicos pueden ocurrir muy rápidamente (en unos pocos días) o más lentamente (en años), dependiendo de causas genéticas, climáticas o de producción que aún no han sido comprendidas del todo.

Al final, este deterioro conduce a la muerte de la semilla (es decir, la pérdida completa de la germinación). Sin embargo, las semillas pierden el vigor antes de perder su capacidad para germinar. Por esta razón, los lotes de semillas con altos y similares valores de germinación pueden diferir en su edad fisiológica (el grado de deterioro) y así tener diferencias de vigor y, por consiguiente, de capacidad para tener un buen desarrollo. Estas disparidades de vigor existen en lotes de semillas de especies agrícolas, hortícolas y forestales.

(Revista análisis de semillas, 2007)

## **2.10 Envejecimiento natural**

Las semillas como organismos vivos que son sufren un proceso de envejecimiento y muerte más o menos rápido dependiendo de factores ambientales y genéticos. Los factores ambientales que más influyen en el envejecimiento de las semillas son la alta humedad relativa y la elevada temperatura de almacenamiento.

El proceso de envejecimiento se manifiesta no solo por la disminución de la capacidad germinativa y el vigor, sino por la aparición de anomalías

en las plantas surgidas de las semillas supervivientes: malformaciones vegetativas, aborto de polen y aparición de mutaciones (Besnier, 1989)

Según Cruz *et al.*, (2003) Este proceso reduce la tasa de acumulación de biomasa en el eje embrionario y su tasa respiratoria, esto indica que el envejecimiento reduce la eficiencia metabólica de los endospermos y de los ejes embrionarios, en particular en líneas susceptibles. Por lo tanto la magnitud del daño depende del grado de tolerancia que posee la semilla.

Durante el envejecimiento natural de la semilla de maíz (*Zea mays* L.) se reduce el contenido total de reservas, como carbohidratos y proteínas. Una causa importante de la muerte de semilla es la pérdida severa de reservas del embrión. En consecuencia, el crecimiento y desarrollo de una nueva plántula son afectados a medida que avanza el proceso de deterioro de la semilla que se expresa por anomalías y daños en sus estructuras principales (Basavarajappa *et al.*, 1991)

Otros autores también sostienen que las líneas pierden más rápidamente su capacidad de germinación que los híbridos y las variedades, probablemente debido a una deficiencia parcial de ácido giberélico endógeno.

## **2.11 Almacenamiento de la semilla**

El objetivo principal del almacenamiento de las semillas es su adecuada distribución temporal y espacial de tal modo que se conserve en calidad y cantidad, las semillas pueden perder su valor de siembra en cuatro circunstancias: mezcla, destrucción, deterioro, y envejecimiento.

El almacenamiento de semillas busca proteger la semilla de deterioro y daños, minimizar la pérdida de germinación y del vigor, así como mantener la identidad de la semilla, su condición física y su pureza. Las semillas generalmente presentan por condiciones de madurez fisiológica la máxima

calidad en términos de germinación y vigor. A partir de este momento ocurre una pérdida progresiva de la calidad de las semillas, a través del proceso de deterioro (CATIE, 1996).

Delouche (1976) mencionan algunos preceptos para el almacenamiento y conservación de semillas, siendo estas:

1. El almacenamiento no mejora la calidad de la semilla
2. El contenido de humedad y temperatura de la semilla son los dos factores más importantes que influyen en el almacenamiento
3. La humedad de la semilla es función de la humedad relativa y en menor escala de la temperatura.
4. El contenido de humedad es más importante que la temperatura
5. Por cada uno por ciento que se reduzca la humedad de la semilla se duplica el potencial de almacenamiento.
6. Por cada 5.5 °C que se reduzca la temperatura ambiental del almacén, la semilla duplica su almacenamiento, valido en el rango de 0-40 °C.
7. Las condiciones frías y secas son las mejores para la mayoría de las especies.
8. El potencial de almacenamiento es función de la especie
9. Las semillas dañadas, inmaduras, y deterioradas no se conservan mejor que las semillas maduras, sanas, y vigorosas.
10. Para un almacenamiento sellado es necesario que el contenido de humedad sea de dos a tres por ciento más bajo que en el almacenamiento abierto.

Aristizabal y Álvarez (2006) recomiendan que en semillas de maíz el almacenamiento no debe realizarse bajo condiciones extremas debido a que pueden afectarse las estructuras internas de la semilla, lo cual conlleva a una reducción en las capacidades de crecimiento y desarrollo vigoroso. Esto afecta, a su vez, el potencial de rendimiento del cultivo, por las siguientes razones

- El deterioro de la semilla reduce la capacidad de la planta de maíz para acumular materia seca, aun desde la fase inicial de crecimiento, tanto en condiciones de laboratorio como de campo.
- Los efectos del deterioro pueden manifestarse en estados avanzados de desarrollo de la planta, incluso en la cantidad y calidad de la producción.
- La siembra de semilla con algún grado de deterioro involucra un factor de riesgo para el éxito de una plantación de maíz, particularmente por su efecto en el potencial de rendimiento del cultivo.

La FAO recomienda que es preciso almacenar las semillas hasta el momento de la siembra; además menciona que las malas condiciones antes de la siembra, la inmadurez fisiológica, las lesiones mecánicas, las temperaturas elevadas y el contenido de humedad de las semillas; los perjuicios causados por hongos, insectos, plagas, tratamiento y fumigaciones pueden causar el rápido deterioro de las semillas e imposibilitar su buen almacenamiento.

## **2.12 Deterioro de semillas**

El deterioro en semilla es un complejo de cambios que ocurren con el pasar del tiempo, causando perjuicios a sistemas y funciones vitales, resultando una disminución en el grado de la capacidad de desempeño de la semilla. El deterioro empieza después que la semilla alcanza la maduración fisiológica y continua hasta perder su capacidad de germinar; la duración del proceso de deterioro es determinada principalmente por la interacción entre herencia genética, su contenido de humedad y la temperatura (Delouche, 1976)

CATIE (1996) dicen que el deterioro se refiere a cualquier alteración o transformación degenerativa que ocurre con la calidad de semillas en función del tiempo, también agregan que el deterioro es irreversible, siendo mínimo cuando las semillas poseen la madurez fisiológica adecuada. El deterioro de las semillas no puede ser evitado, pero el grado de perjuicio puede ser controlado.

Aristizábal y Álvarez (2006) describen que las transformaciones degenerativas en la semilla son de origen bioquímico, fisiológico y físico y ocurren en la siguiente secuencia:

- Degeneración de las membranas celulares y posterior pérdida del control de la permeabilidad celular.
- Daños en los mecanismos de producción energética y de biosíntesis.
- Reducción de la actividad respiratoria y de biosíntesis.
- Reducción del potencial de almacenamiento.
- Crecimiento y desarrollo de la planta más lentos.
- Menor uniformidad en el crecimiento y desarrollo de las plantas.
- Mayor susceptibilidad a factores ambientales adversos.
- Reducción del potencial para el establecimiento de una población de plantas
- Pérdida del poder germinativo.

Sin embargo hay evidencias de que existen mecanismos de reparación activos con la finalidad de revertir algunos de los efectos del deterioro en semillas en el suelo y en aquellas sometidas a varios tipos de condicionamiento osmótico (Seed News, 2002)

Los síntomas de la semilla deteriorada incluyen: crecimiento anormal, daños en las estructuras principales de las plántulas, pérdida de compuestos solubles (debido a excesiva permeabilidad de la membrana), reducción de la actividad enzimática, daño oxidativo al ADN y proteínas, y producción de sustancias tóxicas.

Molina *et al.*, (1990) mencionan que una de las principales causas de la pérdida de semillas es su deterioro por su almacenamiento inadecuado. Las causas de la pérdida de vigor y viabilidad son difíciles de definir ya que las semillas muestran una gran diversidad de respuestas en cuanto a deterioro

Dentro de los cambios bioquímicos que se observan en semillas deterioradas se pueden mencionar:

- Hinchamiento de las mitocondrias, las cuales contienen membranas internas distorsionadas, así la síntesis de ATP es menor, como también el consumo de oxígeno y la actividad respiratoria
- En general, las membranas celulares pierden cohesión y se afecta tanto la permeabilidad como la actividad de las enzimas adheridas a ellas. El metabolismo general pudiera verse afectado por el daño a las membranas.

### **2.13 Agricultura orgánica**

La agricultura orgánica se refiere al proceso que utiliza métodos que respetan el medio ambiente, desde las etapas de producción hasta las de manipulación y procesamiento donde el principal objetivo de la agricultura orgánica consiste en promover todo lo posible la salud y la productividad de las comunidades interdependientes de la vida del suelo, las plantas, los animales y las personas (FAO, 2003).

La agricultura orgánica denominada también agricultura ecológica, cada vez en mayor medida se reconoce como una solución potencial a los problemas que se enfrenta el sector agrario actual.

Lampkin (2001) define agricultura ecológica como un sistema de producción que evita o excluye en gran medida el uso directo o rutinario de productos químicos muy solubles y todo tipo de biocidas que causan algún impacto ambiental en cualquier nivel.

Es un sistema de provisión de alimentos ambiental y socialmente sensible, donde su objetivo es crear sistemas viables tanto ambiental como económicamente (FAO, 2003).

Considerando lo que dicen los autores, la agricultura orgánica es una alternativa más para la producción de alimentos de alto valor nutrimental, haciendo un uso y manejo racional de los factores ambientales que participan en el sistema y fomentando prácticas y técnicas amigables con el medio ambiente.

#### **2.14 Importancia económica de la agricultura orgánica en México**

México está ubicado en el contexto internacional como país productor-exportador de alimentos orgánicos y como primer productor de café orgánico. En México, los principales estados productores de alimentos orgánicos son Chiapas, Oaxaca, Michoacán, Chihuahua y Guerrero, que concentran 82.8% de la superficie orgánica total, donde tan sólo Chiapas y Oaxaca cubren 70% del total.

En el país se cultivan más de 45 productos orgánicos, de los cuales el café es el más importante por superficie cultivada, con 66% del total (70 838 ha) y una producción de 47 461 toneladas.

#### **2.15 Lombricultura**

La lombricultura, hoy en día representa la alternativa más efectiva y rápida para el composteo de residuos orgánicos; los objetivos son la conversión de los residuos orgánicos en algo útil. Por lo tanto la lombricultura consiste en el cultivo intensivo de lombrices en un medio controlado en camas de residuos orgánicos en proceso de descomposición, aprovechado como abono para cultivos agrícolas, donde los desechos orgánicos producidos por la lombriz se le conocen como lombricomposteo o humus.

Schuldt, (2006) define lombricultura como el cultivo–desarrollo de poblaciones de lombrices. Un proceso limpio y de fácil aplicación para reciclar

una amplia y variedad gama de residuos biodegradables (restos orgánicos), produciendo abono y lombrices.

Schuldt *et al.*, (2007) citan que la lombricultura es una biotecnología limpia, de bajo costo, fácil de desarrollar y al alcance de cualquier familia o productor del ámbito agro-industrial que desee valorizar su residuo orgánico biodegradable (restos de cosecha, camas, estiércoles) para convertirlo en abono (humus) y proteínas (lombrices).

Por otra parte, Ndegwa y Thompson, (2000) mencionan que los residuos orgánicos procesados por la lombriz de tierra, son de tamaño fino, con alta porosidad y por ende aireación y drenaje. Estos mismos autores señalan que este producto, comparado con la materia prima que lo genera, tiene reducidas cantidades de sales solubles, mayor capacidad de intercambio catiónico y un elevado contenido de ácidos húmicos totales; características que lo hacen tener un potencial comercial muy grande en la industria hortícola como medio de crecimiento para los almácigos y las plantas.

## 2.16 Las lombrices y su papel en el suelo.

Las lombrices de tierra son invertebrados que representan la mayor biomasa animal en la mayoría de ecosistemas templados terrestres, influyen de forma muy significativa en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, y juegan un papel crucial en la modificación de la estructura del suelo y en la aceleración de la descomposición de la materia orgánica y del reciclado de nutrientes.

En la última década se han ampliado significativamente las alternativas para el manejo de vermicultivos, lo cual se relaciona con avances de la investigación en torno a parámetros reprobilógicos de *Eisenia foetida* y *E. andrei*, que son las especies más utilizadas en lombricultivos de todo el mundo.

## 2.17 Lombriz roja californiana

La lombriz roja californiana conocida como *Eisenia foetida*, por su nombre científico. Se le conoce como lombriz roja californiana porque es en ese estado de EE.UU. donde se descubrieron sus propiedades para el ecosistema y donde se instalaron los primeros criaderos. Fueron criadas intensivamente a partir de los años 50 en California (EE.UU).

Este tipo de lombriz es la especie más cultivada en el mundo entero, dada su rusticidad, tolerancia a los factores ambientales, potencial reproductor y capacidad de apiñamiento.

Schuldt *et al.*, (2007) mencionan que los principales factores para un buen desarrollo de cultivos de *Eisenia foetida* son: la temperatura (óptima: 14-27 °C); el pH (entre 5 y 9; la mayoría de las MO compostadas se sitúan en esos valores) y la humedad (óptima: 85-95%).

## 2.18 Ácidos húmicos

Los ácidos húmicos, son sustancias coloidales derivados del mineral leonardita (forma oxidada del Lignito); sus dos componentes principales son el ácido húmico y el ácido fúlvico, y su connotación universal “Humus”, concepto con el que se describe la mayor fertilidad y mejor condición (Elizarrarás *et al.*, 2009).

En sentido amplio el humus es el producto final, estabilizado, amorfo, coloidal, de color pardo oscuro que resulta de la desintegración del material, este humus es el componente orgánico de los suelos, constituyendo la matriz coloidal donde se desarrollan las transformaciones bioquímicas de ese complejo laboratorio que es el suelo [Schuldt, (2006), y Schnitzer y Khan, (1972) citados por Salgado *et al.*, (2010)].

Por otra parte, muchos autores señalan y aseguran que los ácidos húmicos activan los procesos bioquímicos en plantas, como la respiración y fotosíntesis, con lo que se incrementa el contenido de clorofila, absorción de nutrientes, crecimiento de organismos del suelo, desarrollo de raíces, calidad y rendimientos de muchas plantas. Poseen capacidad para retener y transportar nutrientes, metales, pesticidas, etcétera; además son la fuente más importante de carbono orgánico terrestre.

Investigaciones por Ramírez *et al.*, (2007) concluyeron que la aplicación de ácido húmico a las plantas de trigo antes de cortar las espigas para la obtención de anteras para el cultivo *in vitro*, promovió la inducción de callos embriogénicos hasta cinco veces más que lo obtenido en plantas no tratadas.

## 2.19 Humus líquido

Se le conoce al lixiviado de humus, obtenido por extracción con agua del sólido, los lixiviados contienen una cantidad de nutrientes a menudo de solo el 1 % de los presentes en sólido, pero acrecentan la producción significativamente.

El Humus de Lombriz líquido contiene la concentración de los elementos solubles más importantes presentes en el humus de lombriz (sólido), entre los que se incluyen los humatos más importantes como son: los ácidos húmicos, fúlvicos, úlmicos, entre otros. Aplicado al suelo o a la planta actúa como racionalizante de fertilización ya que hace asimilables en todo su espectro a los macro y micro nutrientes, evitando la concentración de sales. Crea además un medio ideal para la proliferación de organismos benéficos, bacterias, hongos, etc. que impiden el desarrollo de patógenos.

([http://www.agroforestalsanremo.com/humus\\_liq.php](http://www.agroforestalsanremo.com/humus_liq.php))

Por lo antes descrito podríamos decir que el Humus líquido de lombriz:

- Estimula un mayor desarrollo radicular.
- Incrementa la producción de clorofila en la planta
- Reduce la conductividad eléctrica característica de los suelos salinos.
- Mejora el pH en suelos ácidos.
- Equilibra el desarrollo de hongos presentes en el suelo.

## 2.20 Crecimiento y desarrollo vegetal

Fernández y Johnston. (1986), Pimienta, *et al.*, (2006); Definen desarrollo vegetal como la serie de eventos cuantitativos y cualitativos que ocurren en un organismo a través de su ciclo de vida y combina tres procesos: la división celular, el crecimiento y diferenciación celular.

Así, la formación de una planta madura a partir de una semilla es un proceso complejo que involucra crecimiento de los tejidos por división y elongación celular, así mismo la diferenciación de nuevos órganos tales como raíces, tallos, hojas y flores.

Azcón y Talón, (2008) definen al término desarrollo como el conjunto de cambios graduales y progresivos en tamaño (crecimiento), estructura y función (diferenciación). Estos mismos autores definen a crecimiento como un incremento irreversible en tamaño o volumen; esto significa que el crecimiento de las plantas se produce, fundamentalmente de alargamiento o expansión celular. También lo aseguran Fernández *et al.*, (1986) como un aumento irreversible y permanente de volumen de la planta.

Durante el crecimiento, las células aumentan en número y/o tamaño; además para cuantificar el crecimiento generalmente se usan mediciones de altura, peso fresco, peso seco, y otras.

## 2.21 Factores que influyen en el crecimiento de las plantas

Los factores que influyen en el crecimiento de las plantas son:

- Respiración (las plantas con crecimiento activo tienen una alta tasa de respiración).

- Agua y nutrientes (el H<sub>2</sub>O favorece el crecimiento dentro de ciertos límites, una falta o un exceso de ésta hacen disminuir el crecimiento).
- Condiciones climáticas, por ejemplo zonas de vientos excesivos que estimulan o inhiban el crecimiento.
- Temperatura (el aumento de ésta dentro de ciertos límites favorece el crecimiento por activación de sistemas enzimáticos que favorecen reacciones metabólicas que llevan al crecimiento de la planta).
- Luz, es el factor ambiental más importante, actúa de dos formas: indirectamente (a través de la fotosíntesis; los pigmentos involucrados son la clorofila y sus derivados) y directamente (en un proceso llamado fotomorfogénesis, por el cual las plantas captan la luz a diferentes longitudes de onda y estas señales luminosas generan cambios fisiológicos que afectan el crecimiento, desarrollo y la diferenciación vegetal)

(<http://www.biologia.edu...>)

## **2.22 Etapas de crecimiento vegetal**

Mcstee *et al.*, (2000) mencionan que la vida de una planta está conformada por una serie de etapas, cada etapa definida por los cambios de identidad meristemática. En el maíz existen varias etapas bien diferenciadas; la transición del crecimiento vegetativo a la floración, la elaboración de la inflorescencia y la formación de flores.

Los investigadores dividen las etapas de crecimiento de una planta de maíz en dos grandes categorías: vegetativa (V) y reproductiva (R). Para poder modelar el crecimiento de una variedad específica de maíz es necesario primeramente entender el crecimiento de este.

En el cuadro 2.1 se presenta las diferentes etapas de crecimiento del maíz en forma general.

Cuadro 2.1. Etapas de crecimiento del maíz

ETAPA	CARACTERÍSTICAS
VE	El coleoptilo emerge de la superficie del suelo
V1	Es visible el cuello de la primera hoja.
V2	Es visible el cuello de la segunda hoja.
Vn	("n" es igual al número definitivo de hojas que tiene la planta; "n"
VT	Es completamente visible la última rama de la panícula.
R0	Antesis o floración masculina. El polen se comienza a arrojar.
R1	Son visibles los estigmas.
R2	Etapa de ampolla. Los granos se llenan con un líquido claro y se puede ver el embrión.
R3	Etapa lechosa. Los granos se llenan con un líquido lechoso blanco.
R4	Etapa masosa. Los granos se llenan con una pasta blanca. El embrión tiene aproximadamente la mitad del ancho del grano.
R5	Etapa dentada. La parte superior de los granos se llena con almidón sólido. Cuando el genotipo es dentado, los granos adquieren la forma dentada. En los tipos tanto cristalinos como dentados es visible una "línea de leche."
R6	Madurez fisiológica. Una capa negra es visible en la base del grano. La humedad del grano es generalmente de alrededor del 35%.

Fuente: (<http://www.cimmyt.org/es/servicios-y-productos/datos-informacion-y-herramientas>)

El crecimiento y desarrollo de las especies vegetales depende de su constitución genética, de los efectos ambientales y de la tecnología aplicada. Además está regulado por cierto número de sustancias químicas que en conjunto, ejercen una compleja interacción para cubrir las necesidades de la planta.

Coletto (1994) hace mención de algunas sustancias que regulan la respuesta de crecimiento y desarrollo de las plantas, estas sustancias por su manera de actuar, similar a las hormonas animales, se conocen con el nombre de fitohormonas.

### **2.23 Hormonas vegetales**

Las hormonas vegetales o fitohormonas son moléculas que actúan sobre el sistema génico, reprimiendo o desreprimiendo genes que, a su vez, sintetizan moléculas que aceleran o inhiben aspectos del desarrollo (Silva *et al.*, 2001; Rojas, 1993 ).

Las hormonas vegetales pueden ser definidas como un grupo de sustancias orgánicas, sintetizadas por las plantas, que tienen la capacidad de afectar a los procesos fisiológicos en concentraciones bajas (Azcón y Talón, 2008).

Hasta fechas recientes ha existido un acuerdo general en clasificar como hormonas vegetales a auxinas, giberelinas, citoquininas, etileno y ácido abscísico, que constituyen los cinco grupos hormonales clásicos.

### **2.23.1 Auxina**

Las auxinas están asociadas con un gran número de actividades relacionadas con el crecimiento ya que estimulan el alargamiento celular, el crecimiento de los tallos y raíces; abscisión y fototropismo, se producen en el meristemo apical de los tallos (Curtis y Schnek, 2006, Barceló *et al.*, 2007).

Rojas y Ramírez (1993) señalan que a este grupo auxinico a menudo se usa como sinónimo al ácido indolacético (AIA), que es la principal auxina natural que se sintetiza a partir del aminoácido triptófano, así como el ácido pirúvico (AIP) que se encuentra el cultivo de maíz, principalmente en semillas, hojas y raíces.

### **2.23.2 Giberelinas**

Fernández y Johnston, (1986) mencionan que son sustancias químicamente relacionadas con el ácido giberelico (AG<sub>3</sub>), el cual es un producto metabólico del hongo *Giberella fujikuroi* que ataca las plantaciones de arroz, volviendo a las plantas largas y delgadas y en consecuencia muy fácil de quebrar. Estos mismos autores mencionan están presentes, generalmente, en gran cantidad en las regiones de activo crecimiento como ápice y hojas jóvenes en expansión, lo que sugieren que este es el lugar de síntesis; también Curtis (2006) coincide con estos autores señalando que se producen en las hojas jóvenes, puntos de tallos y también en el embrión de las semillas.

Por otra parte Raven *et al.*, (1992) dicen que esta fitohormona probablemente se encuentre en todas las plantas, se presenta en cantidades variables en todos los órganos de las plantas, pero las mayores concentraciones se encuentran en las semillas inmaduras y que tienen efectos sorprendentes en la división celular y elongación celular tanto en las hojas como

en los tallos; además tienen la capacidad de romper la latencia provocando el crecimiento del embrión y la emergencia de la plántula. Siendo así un estimulante de la germinación de las semillas y alargamiento de los tallos.

### **2.23.3 Citocinina**

Son sustancias que se caracterizan por su capacidad para interactuar con el ácido indolacético (IAA) promoviendo división en células que crecen en un medio artificial, otra característica de este grupo de sustancias es su propiedad de afectar los patrones de diferenciación (Fernández y Johnston, 1986).

Rojas (1993) resume que los efectos de la citocinina en la fisiología vegetal son varios, pero dos de ellos son típicos y fundamentales donde un efecto es producir una mayor actividad en el ritmo de las mitosis celulares, por lo cual se le ha llamado hormona de la división celular. El otro efecto es el retardo del envejecimiento o senescencia de los órganos y los fenómenos a que ésta da lugar, como el amarillamiento y caída de las hojas.

### **2.23.4 Etileno**

Según Devlin (1983) el etileno es una importante hormona que interviene en el crecimiento y desarrollo de las plantas, posee una estructura molecular muy sencilla; a temperaturas fisiológicamente normales, el etileno es un gas. Por otra parte su acción se manifiesta en la maduración de los frutos el geotropismo y la dominancia apical.

El etileno estimula la abscisión de las hojas, las flores y los frutos en muchas especies vegetales, presumiblemente, en las hojas el etileno activa las enzimas que provocan la disolución de la pared celular asociada a la abscisión (Curtis y Schnek, 2006).

Rojas (1993) hace mención de que el etileno tiene efectos sobre la maduración de los frutos, activándola de modo que pueden llegar en poco tiempo a sobremadurez; el etileno es despedido en forma natural por frutos podridos y de ahí la observación de que un fruto podrido echa a perder el resto.

### **2.23.5 Ácido abscísico (ABA)**

Son compuestos encargados, de estimular efectos depresores, por así decirlo, como el letargo, caída de hojas, etcétera. Además es sabido que el ácido abscísico contrarresta la acción de auxinas, giberelinas, y citoquininas o también la acción es reversible.

Devlin (1983) menciona que esta sustancia posee un amplio espectro de actividad biológica ya que acelera la abscisión, y la senescencia en amplio número de especies de plantas, inhibe el crecimiento inducido por IAA e inhibe la germinación de semillas de fresno y lechuga.

Rojas (1993) reportó que está comprobado que el ABA controla los procesos a través del RNA. El ABA es sintetizado en las hojas y se mueve por el floema y xilema provocando diversos efectos como la abscisión de las hojas, induce el letargo invernal en plantas y semillas de árboles de clima templado, el efecto de letargo en los embriones está comprobado. Este mismo autor menciona otros efectos del ABA como la pérdida de clorofila y aparición de pigmentos de senescencia, y acortamiento de los entrenudos en las gramíneas.

### **III. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 Ubicación geográfica del sitio experimental**

El presente trabajo de investigación se realizó en el área experimental de la empresa Pioneer Hi-bred SPR de RL. Departamento de Parentales. Ubicado en el municipio de Villagrán Guanajuato, México. Situado en la meseta del bajío mexicano con una altura de 1730 msnm; a los 100°53´ de longitud al oeste del Meridiano de Greenwich y a los 20°30´ de latitud norte; el clima es semicálido subhúmedo, y una precipitación pluvial de 601 mm.

#### **3.2 Material genético**

El material que se utilizó fue semilla de una línea de maíz, por razones de confidencialidad de la empresa no se permitió dar a conocer el nombre. Este material presentaba un porcentaje de germinación del 65%, información proporcionada por el laboratorio de la compañía Pioneer y corroborado también con pruebas de germinación en tacos, donde los resultados fueron similares con un 63.3 % de germinación (cuadro 3.1). Se utilizó un producto orgánico derivado del proceso de lombricomposta, y un producto comercial (Hormovit semilla) estos aplicado en dosis diferentes de tal manera que se obtuvieron un total de 9 tratamientos más un testigo absoluto.

Por lo tanto se trabajaron con 10 tratamientos con 3 repeticiones respectivamente, dando lugar a 30 unidades experimentales, cada una de ellas compuesta de 150 semillas que fueron tratadas con sus respectivos productos y dosis antes de siembra. De las 150 semillas de cada repetición, se llevaron a siembra 120 semillas para una buena distribución y uniformidad en el terreno ya preparado.

### **3.3 Descripción de los productos**

#### **3.3.1 Hormovit semilla® (HS)**

Es un producto químico de la “empresa Química Internacional Aplicada” S.A de C.V. diseñado para ser aplicado exclusivamente en semillas; es un concentrado de hormonas (Auxina, Citocinina, y Giberelinas) vegetales naturales.

Uniformiza la germinación, incrementa el porcentaje de germinación e incrementa la velocidad de emergencia, el desarrollo y el vigor de las plantas. Ya que estimula e influye en algunos procesos químicos que ocurren en la semilla para dar origen a la germinación y a la nueva planta.

Su composición porcentual está basada en..... % peso

Extractos de origen vegetal..... 85.00

Conteniendo las siguientes

Fitohormonas:

- Citocininas
- Giberelinas
- Auxinas

Diluyente y acondicionadores.....15 %

La dosis recomendada para maíz y sorgo: 50cc + 600cc / 20 kg de semilla.

#### **3.3.2 Sedimentos de lombricomposta (SP)**

Producto orgánico en forma de sedimento o costra que resulta del proceso de producción de lombricomposta, los cuales van quedando asentados en el fondo del área de captación, se caracteriza por poseer una buena concentración de elementos nutritivos útiles para la planta.

Para utilizar estos sedimentos, se extrajeron del área de captación en forma de capas, estas se procesaron mediante un tamizador para la obtención de partículas pequeñas y ser utilizados en forma de polvo humectable.

### **3.3.3 Extracto de sábila(ES)**

Este posee múltiples propiedades benéficas, es exactamente comprobado que posee vitaminas y minerales entre las que destacan su alto contenido de carotenos (vitamina A).

Para los tratamientos con productos orgánicos se utilizó el extracto de sábila como adherente a las semillas, debido a su característica o consistencia gelatinosa que presenta. También se utilizó por separado como un tratamiento más, esto con la finalidad de descartar la hipótesis de que el efecto de los productos orgánicos en la semilla es también resultado de las propiedades del extracto de sábila utilizado como adherente.

## **3.4 Descripción de los tratamientos**

T1. TESTIGO ABSOLUTO. Semillas exentas de tratamientos, sembradas directamente en campo.

T2. TESTIGO RELATIVO. Producto comercial “Hormovit semilla”: 50 cc del producto + 600 cc de agua, para tratar 20 kg de semilla); aplicación de 10 ml de solución preparada a las 150 semillas de tal forma que se remojen uniformemente.

T3. EXTRACTO DE SABILA.(Para verificar si la sábila influye en la germinación).

T4: PRODUCTO ORGANICO: 0.2 gr/150 semillas. (Antes de la aplicación del producto se remojó con una pequeña cantidad de extracto de sábila como adherente).

T5: PRODUCTO ORGANICO: 0.4 gr/150 semillas. (Antes de la aplicación del producto se remojó con una pequeña cantidad de extracto de sábila como adherente).

T6: PRODUCTO ORGANICO: 0.6 gr/150 semillas. (Antes de la aplicación del producto se remojó con una pequeña cantidad de extracto de sábila como adherente).

T7: PRODUCTO ORGANICO: 0.15 gr/150 semillas; diluido el producto orgánico en 80 ml de agua, posteriormente se sometió las semillas en imbibición por 10 horas antes de siembra.

T8: PRODUCTO ORGANICO: 0.3 gr/ 150 semillas; diluido el producto orgánico en 80 ml de agua, posteriormente se sometió la semilla en imbibición por 10 horas antes de siembra.

T9: PRODUCTO ORGANICO: 0.45 gr/150 semillas; diluido el producto orgánico en 80 ml de agua, después se sometió la semilla en imbibición por 10 horas antes de siembra.

T10: TESTIGO RELATIVO. Producto comercial "Hormovit semilla": 150 cc del producto + 500 cc de agua, para 20 kg de semilla; dosis recomendada en el producto). Aplicación de 10 ml de solución preparada a las 150 semillas de tal forma que se remojen uniformemente.

### **3.5 Establecimiento del experimento**

El experimento se realizó durante el ciclo primavera verano; en el periodo comprendido de junio a noviembre; La siembra se realizó el 28 de junio del 2011, en campo abierto, las semillas de cada repetición se depositaron a una profundidad de 7 centímetros, actividad que se realizó a mano para asegurar un alto grado de homogeneidad.

El cultivo se desarrolló en condiciones favorables de humedad y fertilización; el riego se realizó bajo el sistema por goteo, el suelo presentó un PH de 5.6 clasificándose como moderadamente ácido.

Cada unidad experimental fue una parcela de cuatro surcos de 5 m de longitud con distancia entre ellos de 0.80 m. distribuyéndose equidistantemente 30 semillas por surco, con un total de 120 semillas por unidad experimental.

### **3.6 Resultados de la prueba de germinación**

De la semilla que se utilizó en la presente investigación se realizó una prueba de germinación previa a la siembra, con la finalidad de saber en cuanto influirían los tratamientos una vez sembradas en campo, cabe mencionar que la compañía reportaba un 65 % de germinación de este material.

Esta prueba de germinación consistió en 3 tacos de 100 semillas cada una, los tacos se mantuvieron con altas humedades hasta la evaluación. La evaluación se hizo a los 9 días después de siembra, clasificándolos en 4 categorías.

Categoría(A): semillas completamente sin raíz y coleoptilo.

Categoría (B): coleoptilos de 0-1cm, algunos con raíces hasta 2 cm y otros sin ningún desarrollo de raíz

Categoría (C): semillas con raíz y plúmula desarrolladas pero con longitudes no muy largas.

Coleoptilo: de 1 cm - 2.5 cm

Raíz: de 1cm - 7.5 cm

Categoría (D): semillas completamente desarrolladas.

Coleoptilo: 3 cm – 4 cm.

Raíz: 7 cm – 12 cm.

En el cuadro 3.1 se muestra los resultados de la prueba de germinación, donde se tomaron las categorías C y D para representar el porcentaje de germinación ya que fueron las que demostraron las estructuras más desarrolladas y vigorosas; dando un porcentaje de germinación: 63.3 %, dichos resultados se acercan a los que el laboratorio de la compañía Pioneer reportó para este material, que fue del 65 %.

Cuadro 3.1 Resultados de la prueba de germinación en papel húmedo.

	A	B	C	D	TOTAL
rep1	23	11	38	28	100
rep2	23	15	36	26	100
rep3	23	15	38	24	100
TOTAL	69	41	112	78	300
MEDIA	23	13.67	<b>37.33</b>	<b>26</b>	100

### **3.7 Variables evaluadas**

Se evaluaron las siguientes variables: índice de velocidad de emergencia, estado vegetativo, número de mazorcas y rendimiento,

#### **3.7.1 Índice de emergencia**

Para esta variable se contabilizaron las plantas emergidas en cuanto al tiempo después de siembra. Esta se realizó en 3 conteos con intervalos de 10, 17 y 24 días después de siembra.

#### **3.7.2 Estado vegetativo**

Esta variable consistió en determinar el estado vegetativo que presentaba la planta, es decir, el número de hojas verdaderas de la planta; esta se realizó a los 27 y 35 días después de siembra, se consideraron los dos surcos centrales de la unidad experimental.

En el primer conteo se encontraron plantas con estado vegetativo en V4 y V5; En el segundo se registraron plantas en estado vegetativo en V6, V7 y V8. Donde cada uno de ellos se analizaron por separado.

#### **3.7.3 Numero de mazorcas**

Para esta variable se tomaron los dos surcos centrales donde se contaron la cantidad de mazorcas que presentaba cada de cada unidad experimental.

#### **3.7.4 Rendimiento**

Esta variable consistió primeramente en cosechar el número de mazorcas de los dos surcos centrales de cada unidad experimental y medir el rendimiento expresado en kilogramos; Además se puede aclarar que la cosecha se realizó cuando las mazorcas presentaban un porcentaje de humedad de 15%, dato obtenido mediante un determinador de humedad marca OHAUS.

### 3.8 Diseño experimental

Para la distribución de los tratamientos se utilizó un diseño de bloques al azar. Las variables registradas en este experimento se analizaron con el programa estadístico Statistical Analysis System (SAS 9.0) mediante el procedimiento de análisis de varianza de acuerdo con el diseño experimental utilizado ( $P \leq 0.01$  y  $P \leq 0.05$ ).

El modelo estadístico lineal fue:

$$Y_{ij} = \mu + \delta_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

$Y_{ij}$  = Efecto del valor observado.

$\mu$  = Efecto de la media.

$\delta_i$  = Efecto de los tratamientos.

$\beta_j$  = Efecto de los bloques.

$\epsilon_{ij}$  = Efecto del error experimental.

La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia de  $P < 0.05$  %.

## IV. RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados del análisis estadístico, para su interpretación de cada una de las variables evaluadas, así como el efecto que tuvieron los tratamientos en la presente investigación.

En el cuadro 4.1 se presentan los cuadrados medios y significancia del análisis de varianza de las variables evaluadas en el trabajo de investigación, también se incluye el coeficiente de variación de cada variable, cabe señalar que el coeficiente de variación más alto fue de la variable estado vegetativo V8 del segundo conteo traduciéndose en que esta variable cuenta con una mayor dispersión pero aún se encuentra en los rangos aceptables.

En dicho cuadro se puede observar que en las variables de estado vegetativo V5 del primer conteo y estado vegetativo V8 del segundo conteo se encontraron diferencias significativas al ( $\alpha=0.05$  %) para la fuente de variación tratamientos

Por otra parte se puede mencionar que para la fuente de variación de repetición se observaron resultados altamente significativos al 0.01% como es el caso de las variables estado vegetativo V7, V8 del segundo conteo y rendimiento.

Cuadro 4.1 Concentración de cuadrados medios y coeficientes de variación del análisis de varianza de las variables evaluadas

<b>FV</b>	<b>TRAT</b>	<b>REP</b>	<b>ERROR</b>	<b>CV</b>	<b>MEDIA</b>
<b>GL</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>18</b>		
IEPC	50.8741 <sub>NS</sub>	44.1 <sub>NS</sub>	107.8407	11.59	89.6
IESC	29.6481 <sub>NS</sub>	4.933333 <sub>NS</sub>	59.08148	8.020641	95.83333
IETC	46.3556 <sub>NS</sub>	63.3 <sub>NS</sub>	85.63333	9.993335	92.6
EV(V4)	0.59082 <sub>NS</sub>	0.05926714 <sub>NS</sub>	0.269895	14.50754	3.580996
EV(V5)	71.8704*	33.7 <sub>NS</sub>	30.51482	16.48962	33.5
EV(V6)	0.22292616 <sub>NS</sub>	0.02791407 <sub>NS</sub>	0.35020	27.62866	2.141916
EV(V7)	7.25926 <sub>NS</sub>	208.2333**	29.2704	19.09486	28.33333
EV(V8)	37.3370*	170.4333**	14.8037	28.64187	13.43333
NMAZ	85.5148 <sub>NS</sub>	140.8333 <sub>NS</sub>	65.9815	12.19044	66.63333
REND	0.59828 <sub>NS</sub>	4.259403**	0.44365	16.01384	4.159333

CV= Coeficiente de variación; GL: Grados de libertad; IEPC= Índice de emergencia primer conteo; IESC= Índice de emergencia segundo conteo; IETC= Índice de emergencia tercer conteo; EV(V4)= Estado vegetativo V4 del primer conteo; EV(V5)= Estado vegetativo V5 del primer conteo; EV(V6)= Estado vegetativo V6 del segundo conteo; EV(V7)= Estado vegetativo V7 del segundo conteo; EV(V8)= Estado vegetativo V8 del segundo conteo; NMAZ= Número de mazorca; REND= Rendimiento

\* = Significativo al 0.05.

\*\*=Altamente significativo 0.01

NS= No significativo.

Debido a que en algunas variables se demostró diferencias con valores significativos entre los tratamientos, se procedió a realizar una prueba de comparación de medias mediante la prueba de Tukey con el programa estadístico antes mencionado

Cuadro 4.2 Comparación de medias de todas las variables evaluadas.

	IEPC	IESC	IETC	EV(V4)	EV(V5)	EV(V6)	EV(V7)	EV(V8)	NMAZ	REND
T1	83.000	94.667	88.667	4.4552	22.667 <b>B</b>	2.5758	26.667	9.000 <b>B</b>	65.333	3.960
T2	86.667	93.667	89.000	3.9962	30.667 <b>AB</b>	2.5648	27.333	12.333 <b>AB</b>	67.667	4.340
T3	87.333	92.333	89.333	3.4149	34.000 <b>AB</b>	2.0366	29.000	12.333 <b>AB</b>	65.000	4.670
T4	87.333	93.000	88.667	3.1239	33.333 <b>AB</b>	1.9107	28.333	11.667 <b>AB</b>	66.667	4.220
T5	87.667	95.667	93.333	3.5976	33.000 <b>AB</b>	2.3651	29.667	11.000 <b>AB</b>	70.000	4.367
T6	92.333	96.667	94.667	3.3528	37.000 <b>AB</b>	2.0484	<b>30.000</b>	13.333 <b>AB</b>	68.333	3.927
T7	88.667	97.667	91.000	3.7299	32.333 <b>AB</b>	1.8952	28.333	14.000 <b>AB</b>	72.000	<b>4.890</b>
T8	92.000	93.000	94.333	3.2785	37.333 <b>AB</b>	2.1392	<b>30.333</b>	12.667 <b>AB</b>	62.333	3.567
T9	<b>96.667</b>	<b>101.333</b>	<b>100.000</b>	2.9901	<b>41.333 A</b>	1.8047	25.333	<b>22.000 A</b>	<b>74.000</b>	4.183
T10	<b>94.333</b>	<b>100.333</b>	<b>97.000</b>	3.8709	33.333 <b>AB</b>	2.0787	28.333	16.000 <b>AB</b>	55.000	3.470

Nota: Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

#### 4.1 Índice de emergencia (10 días después de siembra)

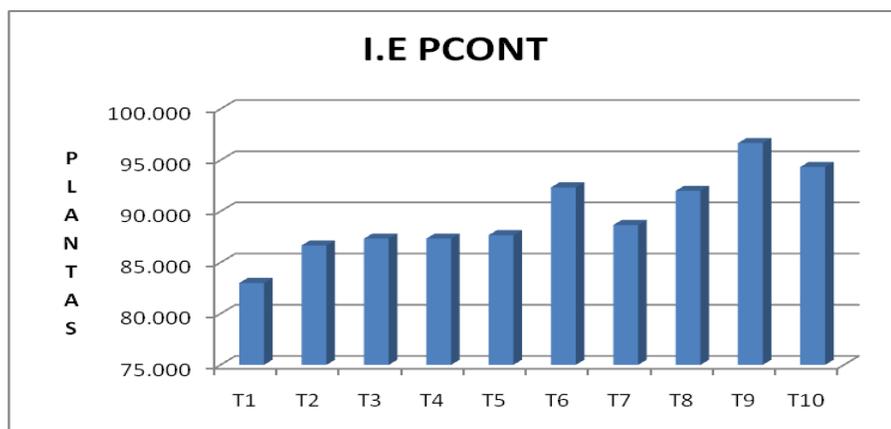
Para el índice de velocidad de emergencia el análisis de varianza no detectó diferencia entre los tratamientos por lo que revela que estadísticamente son iguales.

Sin embargo en el cuadro 4.3 nos muestra que el tratamiento 9 seguido por el 10 fueron los que se comportaron mejor con una media superior a los demás tratamientos.

Cuadro 4.3 Comparación de medias de la variable índice de emergencia (primer conteo).

TRATAMIENTO	MEDIA
9	96.667
10	94.333
6	92.333
8	92.000
7	88.667
5	87.667
3	87.333
4	87.333
2	86.667
1	83.000

Fig. 4.1 Índice de emergencia (primer conteo)



## 4.2 Índice de emergencia (17 días después de siembra)

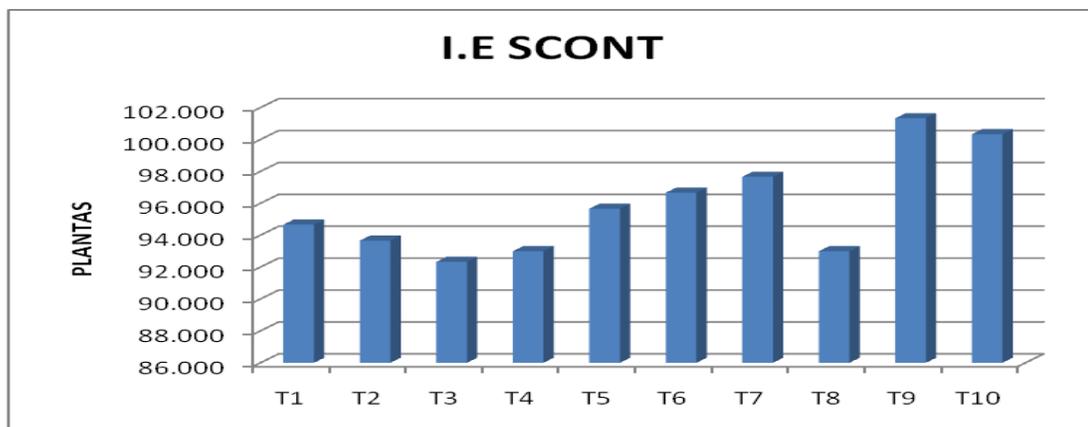
En esta variable el análisis no detecto diferencia significativa entre los tratamientos, concluyendo que son estadísticamente iguales.

Pero en el cuadro 4.4 y en la figura 4.2 se aprecia que el tratamiento 9 y 10 presentan valores más relevantes, por lo que se puede asegurar que el tratamiento 9 es el que posee mayor efecto en cuanto al índice de velocidad de emergencia aunque estadísticamente lo clasifica en la misma categoría.

Cuadro 4.4 Comparación de medias de la variable índice de emergencia (segundo conteo).

TRATAMIENTO	MEDIA
9	101.333
10	100.333
7	97.667
6	96.667
5	95.667
1	94.667
2	93.667
4	93.000
8	93.000
3	92.333

Fig. 4.2 Índice de emergencia (segundo conteo).



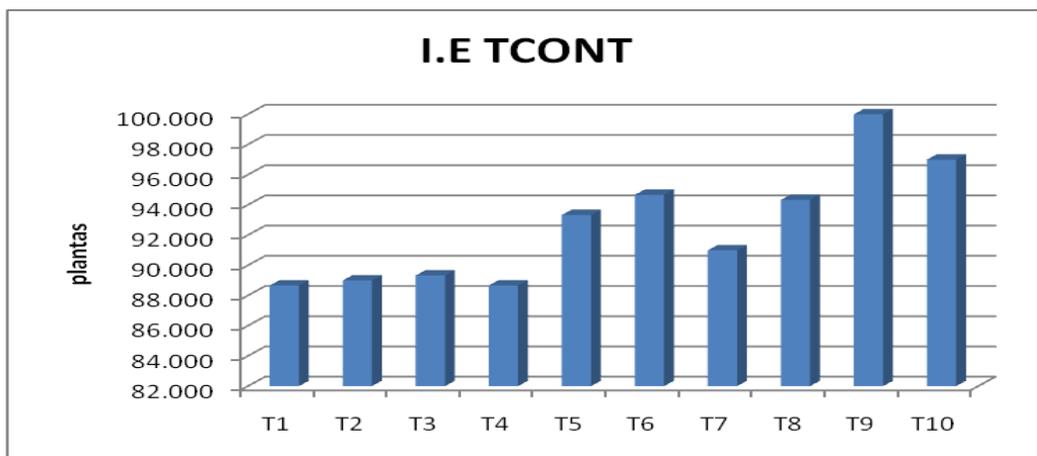
### 4.3 Índice de emergencia (24 días después de siembra).

El análisis de varianza detecto que no hay diferencia significativa en todos los tratamientos con respecto a esta variable; por lo que se asume que se comportaron estadísticamente igual todos los tratamientos. Sin embargo al comparar las medias de los tratamientos se observa que los que presentaron un valor más alto con respecto a la media general fueron los tratamientos 5, 8, 6, 10 y 9; siendo el tratamiento 9 el de mayor efecto positivo

Cuadro 4.5 Comparación de medias de la variable índice de emergencia (tercer conteo).

TRATAMIENTO	MEDIA
9	100.000
10	97.000
6	94.667
8	94.333
5	93.333
7	91.000
3	89.333
2	89.000
1	88.667
4	88.667

Fig. 4.3 Índice de emergencia (tercer conteo)

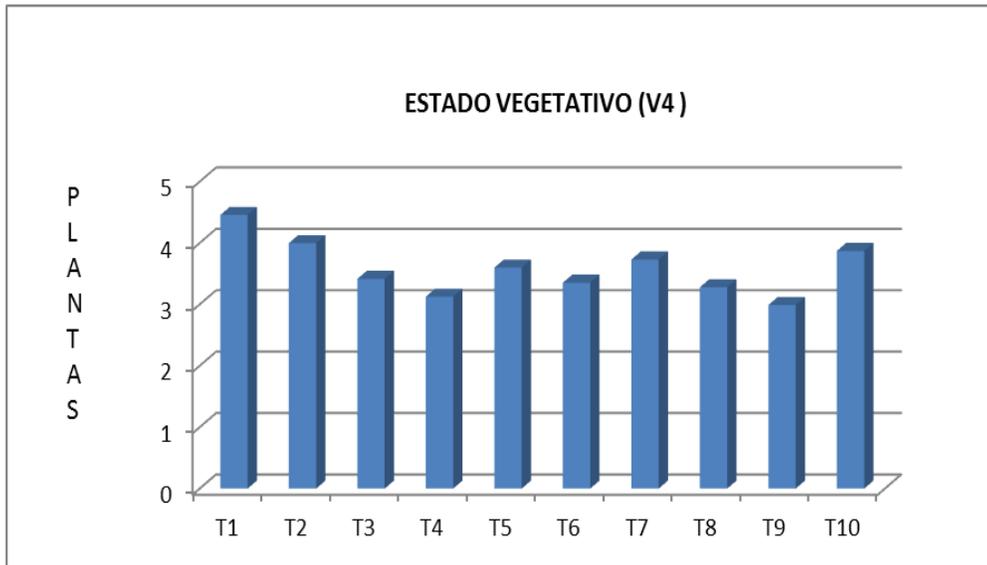


#### 4.4 Conteo vegetativo (V4)

Cuadro 4.6 comparación de medias de los tratamientos de la variable estado vegetativo V4 (primer conteo).

TRATAMIENTO	MEDIA
1	4.4552
2	3.9962
10	3.8709
7	3.7299
5	3.5976
3	3.4149
6	3.3528
8	3.2785
4	3.1239
9	2.9901

Fig. 4.4 Concentración de plantas en estado vegetativo V4



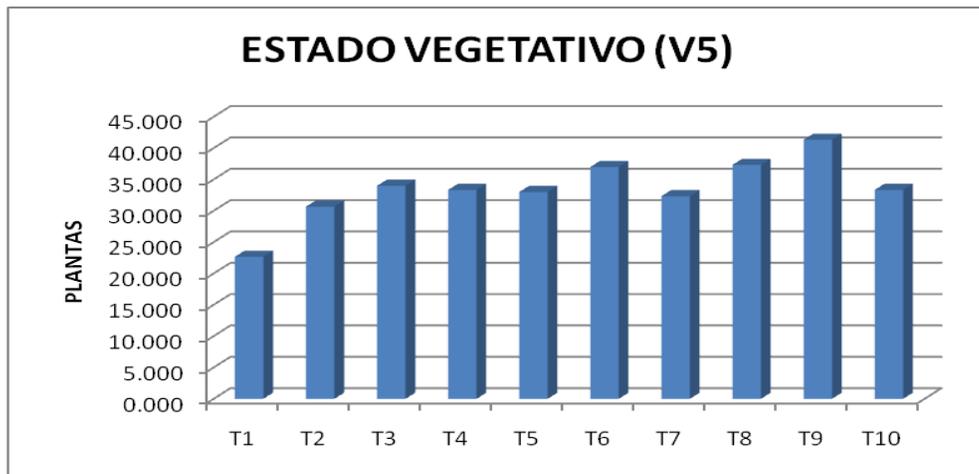
#### 4.5 Conteo vegetativo (V5)

En esta variable el análisis de varianza reporto diferencias significativas al 0.05%, destacando el tratamiento 9 con mayor efecto con respecto al testigo

Cuadro 4.7 comparación de medias de los tratamientos de la variable estado vegetativo V5 (primer conteo)

TRATAMIENTO	MEDIA
9	41.333 A
8	37.333 AB
6	37.000 AB
3	34.000 AB
10	33.333 AB
4	33.333 AB
5	33.000 AB
7	32.333 AB
2	30.667 AB
1	22.667 B

Fig. 4.5 Concentración de plantas en estado vegetativo V5

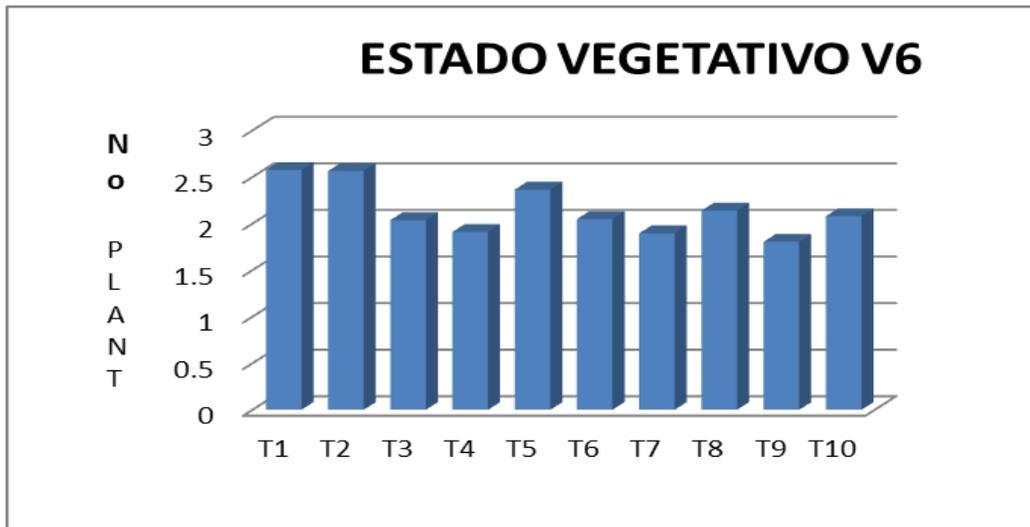


#### 4.6 Estado vegetativo (V6)

Cuadro 4.8 Comparación de medias de los tratamientos de la variable estado vegetativo V6 (segundo conteo).

TRATAMIENTO	MEDIA
1	2.5758
2	2.5648
5	2.3651
8	2.1392
10	2.0787
6	2.0484
3	2.0366
4	1.9107
7	1.8952
9	1.8047

Fig. 4.6 concentración de plantas en estado vegetativo V6



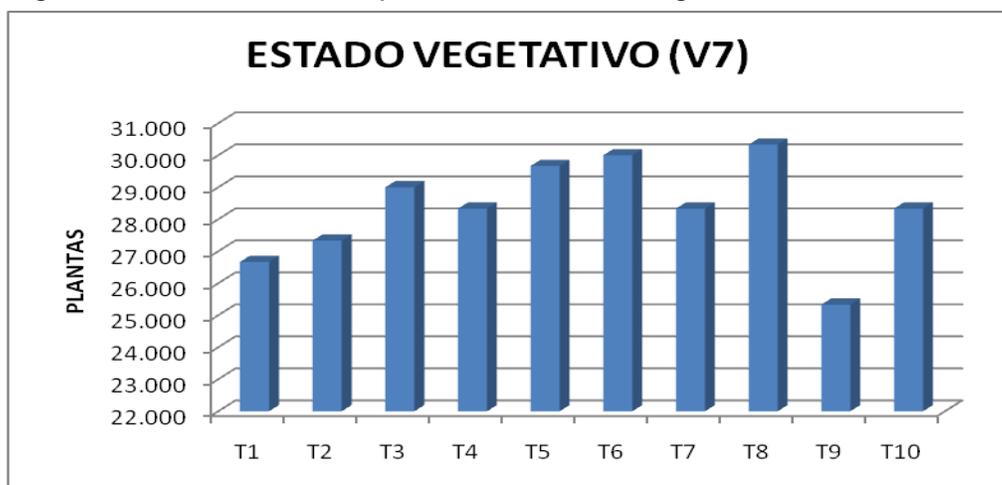
#### 4.7 Estado vegetativo (V7)

Para esta variable el análisis de varianza no detecto diferencia significativa por lo que estadísticamente se considera que todos los tratamientos tienen el mismo efecto, sin embargo de las medias que se exponen en el cuadro 4.9 los tratamientos con mejor respuesta fueron el 8 y 6; por otra parte los tratamientos con menor respuesta fueron el 1 y 9

Cuadro 4.9 Comparación de medias de los tratamientos de la variable estado vegetativo V7 (segundo conteo).

TRATAMIENTO	MEDIA
8	30.333
6	30.000
5	29.667
3	29.000
7	28.333
10	28.333
4	28.333
2	27.333
1	26.667
9	25.333

Fig. 4.7 Concentración de plantas en estado vegetativo V7



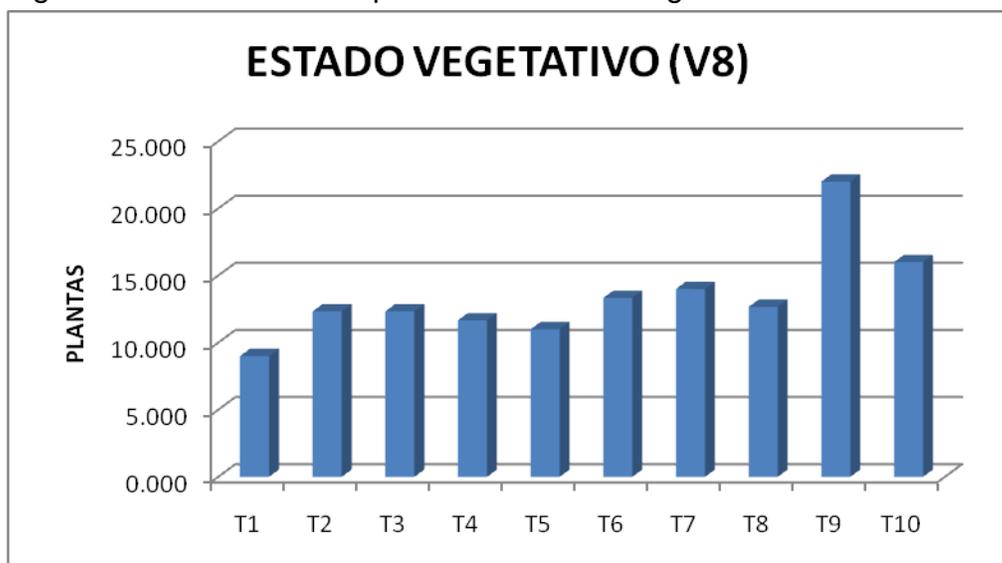
#### 4.8 Estado vegetativo (V8)

En esta variable el análisis de varianza ( $\alpha= 0.05$ ) demostró que hay diferencias significativas, donde en la comparación de medias (Tukey) cuadro 4.10 se demuestra que el tratamiento 9 con valor más alto es estadísticamente diferente al efecto del testigo.

Cuadro 4.10 comparación de medias de los tratamientos de la variable estado vegetativo V8 (segundo conteo).

TRATAMIENTO	MEDIA
9	22.000 A
10	16.000 AB
7	14.000 AB
6	13.333 AB
8	12.667 AB
3	12.333 AB
2	12.333 AB
4	11.667 AB
5	11.000 AB
1	9.000 B

Fig. 4.8 concentración de plantas en estado vegetativo V8



#### 4.9 Número de mazorcas

En esta variable el análisis de varianza no detecto diferencia significativa entre tratamientos considerándose estadísticamente iguales, siendo el tratamiento 9 el mayor en valores numéricos.

Cuadro 4.11 Comparación de medias de los tratamientos de la variable número de mazorcas.

TRATAMIENTO	MEDIA
9	74.000 A
7	72.000 A
5	70.000 A
6	68.333 A
2	67.667 A
4	66.667 A
1	65.333 A
3	65.000 A
8	62.333 A
10	55.000 A

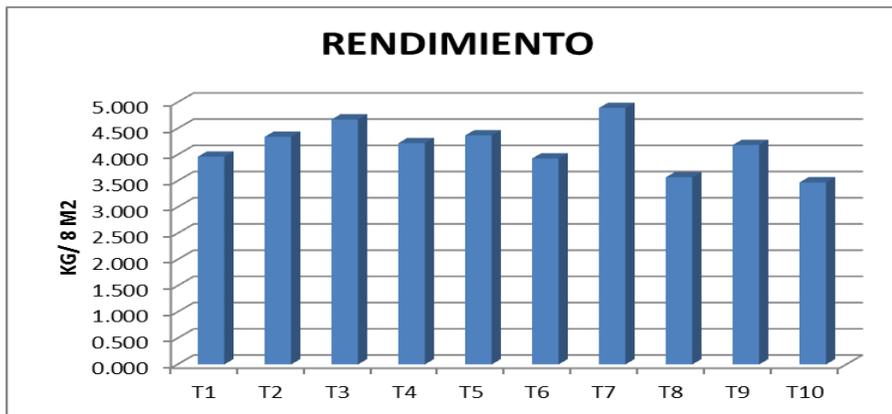
#### 4.10 Rendimiento

En esta variable tampoco se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos, pero el tratamiento que se comportó con los valores más altos fue el tratamiento 7,

Cuadro 4.12 Comparación de medias de los tratamientos de la variable rendimiento.

TRATAMIENTO	MEDIA (kg/8m <sup>2</sup> )
7	4.890 A
3	4.670 A
5	4.367 A
2	4.340 A
4	4.220 A
9	4.183 A
1	3.960 A
6	3.927 A
8	3.567 A
10	3.470 A

Fig. 4.9 Expresión de los tratamientos en cuanto a rendimiento



## V. DISCUSIÓN

Estadísticamente se demuestra que todos los tratamientos son iguales entre sí en las variables evaluadas, excepto las variables de estado vegetativo V5 y V8 mostraron diferencia con una significancia del nivel de 0.05%, donde destaca el tratamiento 9 (0.45 gr del producto orgánico /150 semillas sometidas en imbibición durante 10 horas antes de siembra) con valores favorables en comparación con el tratamiento 1 (testigo absoluto), este tratamiento dió un efecto positivo en concentrar la mayoría de las plantas en el estado vegetativo correspondiente a las fechas de evaluación.

Por otra parte, en las tablas y graficas anteriores se muestra claramente los tratamientos que tuvieron un efecto de mayor relevancia, así también los que no dieron resultados favorables. En el caso de la variable índice de velocidad de emergencia, el tratamiento **9** es el que presentó los valores más altos en los tres conteos realizados, seguido por el tratamiento **10** (testigo comercial) “Hormovit Semilla” en dosis más concentrada que la dosis recomendada en el producto. En tanto que en la tercera posición se concentraron el tratamiento 6 y 7.

Por otra parte los tratamientos que presentaron los valores por debajo de las medias generales fueron principalmente el tratamiento 1, 2, 3, y 4; por lo que se puede descartar o asegurar que estos no tienen ningún efecto positivo en incrementar la velocidad de emergencia.

Para las variables número de mazorcas y rendimiento, todos los tratamientos no mostraron variaciones altas en los resultados obtenidos, considerándose estadísticamente iguales.

## VI. CONCLUSIÓN

De acuerdo con los resultados arrojados en el análisis estadístico se concluye que:

Los productos orgánicos (sedimentos) derivados del líquido de lombricomposta como tratamiento de semilla de maíz tienen efecto en uniformizar el desarrollo inicial de la plántula, es decir, concentra a todas las plántulas en el estado vegetativo correspondiente

Por otra parte, en cuanto al índice de emergencia estos productos no tienen efecto estadísticamente pero si numéricamente considerando a el tratamiento 9 (0.45 gr del producto orgánico /150 semillas sometidas en imbibición durante 10 horas antes de siembra) como el mejor para promover la capacidad germinativa en semilla de maíz con bajo porcentaje de germinación.

Sin embargo, estos productos incrementan la velocidad de emergencia inicial, pero esta se detiene o disminuye cuando es influenciado por los factores ambientales, por otra parte, la falta de vigor causado por el deterioro hace que algunas plantas emergidas se mueran o se pasan a un estado anormal que es traducido en plantas con bajo potencial de rendimiento.

De manera generalizada, estos productos orgánicos tienen efecto en la uniformización del estado fenológico o vegetativo de las plantas de maíz. Además para la interpretación de estos resultados hay que tomar en cuenta que se utilizó una línea de maíz, que es por bien sabido que está en sus más altos niveles de endogamia, donde muchos autores afirman que es la peor presión a que puede ser sometido un individuo o planta (presión de selección).

## VII. RECOMENDACIONES

En esta investigación con semillas de maíz de bajo porcentaje de germinación, los resultados mostraron diferencias con respecto al testigo pero estadísticamente se concluye que no son significativos.

Por otra parte y de acuerdo con lo que concluyen algunas investigaciones, los productos orgánicos derivados del líquido de lombricomposta han mostrado efectos positivos para incrementar la capacidad germinativa y velocidad de emergencia de algunas especies agrícolas. Por lo que se recomienda realizar ensayos con dosis más elevadas de productos orgánicos y ser tratadas a semillas de maíz con diferentes niveles o porcentaje de germinación para determinar con eficacia y precisión la dosis específica y así definir un modelo de aplicación para una acción específica.

Es preciso señalar que el efecto del producto orgánico disminuye conforme al crecimiento y desarrollo de la plántula por lo que se recomienda ampliamente seguir aplicando estos mismos productos a raíz o vía foliar para mantener su estabilidad.

También hay que considerar que en base a los resultados que se obtuvieron el tratamiento 9 (0.45 gr de producto orgánico/150 semillas, sometido en imbibición por 10 horas antes de siembra) fue el que se posicionó con los mayores valores positivos en la mayoría de las variables evaluadas.

## VIII. RESUMEN

La estabilidad de la calidad fisiológica de las semilla es difícil de mantener, ya que las semillas están en sus máximos valores en el momento de la madurez fisiológica, desde ese momento sufre un proceso de deterioro que afecta principalmente al vigor y viabilidad.

Sin embargo, estudios realizados en algunas especies agrícolas reportan que las semillas que son tratadas con ácidos húmicos previo a la siembra a ciertas concentraciones muestran un aumento en la velocidad de emergencia y cantidad de semillas germinadas. Por lo tanto, se llevo a cabo este trabajo con el objetivo de evaluar productos orgánicos (sedimentos) extraídos del líquido de lombricomposta para incrementar la capacidad germinativa en semillas de maíz (*Zea mays* L.) con bajo porcentaje de germinación; el experimento se realizó en el área experimental de la empresa Pioneer Hi-bred SPR de RL. Ubicado en el municipio de Villagrán Guanajuato, México, en el periodo agrícola primavera-verano del año 2011.

El diseño estadístico utilizado fue de bloques al azar con 10 tratamientos y 3 repeticiones; se efectuó un análisis de varianza con prueba de Tukey mediante el programa estadístico SAS 9.0. Los tratamientos fueron productos orgánicos adheridos a las semillas en diferentes dosis y algunos sometidas a imbibición durante 10 horas previo a la siembra, también se utilizó un producto comercial “Hormovit semilla” en dos dosis diferentes como testigos comerciales y el testigo absoluto (semilla sin tratar). Las variables evaluadas fueron: índice de emergencia, estado vegetativo, número de mazorcas y

rendimiento, donde se encontró que hubo diferencias numéricamente con respecto al testigo, pero estadísticamente se reporta que todos los tratamientos se comportaron iguales excepto en las variables de estado vegetativo V5 y V8 donde el tratamiento 9 (0.45 gr producto orgánico/150 semillas, sometidas a imbibición) tuvo efecto en cuanto a la uniformización de las plantas. Por otra parte es conveniente estudiar el efecto de estos productos orgánicos en diferentes porcentajes de germinación en semilla de maíz.

**Palabras clave:** maíz, calidad de semilla, germinación, deterioro de semillas, productos orgánicos, ácidos húmicos.

## IX. LITERATURA CITADA

- Aristizabal, L.M. y Alvares L. 2006. Efectos del deterioro de la semilla sobre el vigor, crecimiento y producción del maíz (*Zea mays* L). Departamento de fitotecnia, Universidad de Caldas. pp. 17-24.
- Azcón, B. y Talón, M. 2008. Fundamentos de fisiología vegetal. 2da. Edición, McGRAW-HILL. pp 351-353.
- Barceló, C.J., Nicolás, R.G., Sabater, G.B., Sánchez, T.R. 2007. Fisiología vegetal. Ed. Pirámide. pp 325-327.
- Basavarajappa, B.S., H. S. Shetty and H. S. Prakash. 1991. Membrane deterioration and other biochemical changes associated with accelerated ageing of maize seeds. *Seed Sci. Technol* 19:279-286
- Bewley, J., and Black, M. 1994. *Seeds; physiology of development and germination*. Ed. Plenum press. New York and London.
- Camacho, M.F. 1994. Dormición de semillas, Ed. Trillas. México.
- CATIE (Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Enseñanza). 1996. Guía técnica para la producción de semilla forestal certificada y autorizada. Serie técnica manual No 20. Turrialba, Costa Rica
- CIAT (Centro internacional de agricultura tropical). 1981. Evaluación de la calidad de semillas de maíz; Cali, Colombia. 21 p.
- Coletto, M.J. 1994. Crecimiento y desarrollo de las especies frutales. 2ª edición. Agroguías mundi-prensa. p. 158.
- Connor, D.J y Loomis R.S. 2002. *Ecología de cultivos*. Ediciones mundi-prensa.
- Copeland L., O. and McDonald M., B. 1985. *Principles of seed science and technology*. Bed burges publishing company. Minneapolis, Minnesota, USA. p. 161-182

- Cruz, P.A., Gonzalez, H. V., Mendoza, C. M. y Ortega, D. M. 2003. Marcadores fisiológicos de la tolerancia al envejecimiento de semillas de maíz. Agrociencia, julio-agosto vol. 37. Colegio de postgraduados. Texcoco, México.
- Curtis, B. y Schnek, F. 2006. Invitación a la biología. Buenos aires: editorial médica panamericana. 768 p.
- De León, C.H. 2005. Estudio y clasificación de grupos germoplásmicos para la constitución de patrones heteróticos en maíz. Tesis de doctorado. UAAAN. Saltillo, Coahuila. p.19
- Delouche, J. C. (1976). Germinación, Deterioro y Vigor de semillas. Seed News, Mississippi State University
- Delouche, J.C. 2002. Germinación, deterioro y vigor de semillas. Revista Seed News. Noviembre/diciembre, V 6 No.6.
- Devlin, R.M. 1983. Fisiología vegetal. 4ta edición. Omega, SA. Barcelona. pp 353-397.
- Díaz, M. A. 2011. Evaluación de productos orgánicos para desecar estigmas en maíz después de la polinización. UAAAN. Saltillo, Coahuila, Mex. p. 59
- Elizarraras, L.S., Serratos, A., López, A.E., Román, M. 2009. La aplicación de ácidos húmicos sobre características productivas de *Clitoria ternata* L. en la región centro occidente de México. Avances en investigación agropecuaria, vol. 13. Num.13. Universidad de Colima, Mex. pp 11-16
- FOA,1985. Procesamiento de semillas de cereales y leguminosas de grano pp. 7-9.
- FAO, 2003. Agricultura orgánica, ambiente y seguridad alimentaria; editado por Scialabba, N y Hattam C., 280 pp, Colección FAO: Ambiente y Recursos Naturales N° 4
- Fernández, A.R. y Leiva, M.M. 2002. Ecología para la agricultura. Edición Mundiprensa.
- Fernández, H.G. y Johnston, B.M. 1986. Fisiología vegetal experimental. San José Costa Rica. Edición IICA.
- Ferruzzi, C. 2007. Manual de lombricultura. Edición Mundiprensa.

García, B.F. 2006. Introducción al funcionamiento de las plantas. Editorial Universidad Politécnica de Valencia.

Gómez, M.A. 2004. La agricultura orgánica en México y en el mundo. Conabio. Biodiversivistas 55:13-15. Disponible en:

<http://www.biodiversidad.gob.mx/Biodiversitas/Articulos/biodiv55art3.pdf>

González, S; García, C; Almendros G. 2010. Características estructurales de ácidos húmicos y su efecto en el cultivo de *Tagetes erecta* L. en un suelo afectado por sales. Sociedad mexicana de la ciencia del suelo, A.C. Chapingo, Mex. pp. 27-33.

Herrera, J., Alizaga, R., Guevara, E., Jiménez. V. 2006. Germinación y crecimiento de la planta. 1ra edición- san José, C.R: editorial Universidad de Costa Rica.

IICA. 1991. XIII Curso Corto Mejoramiento Genético del Maíz. Edición Prociandino. Quito, Ecuador. p 101.

ISTA (International Seed Testing Association). 1996. International rules for seed testing rules. Seed Sci. technol. 13 (2); 322. Holanda.

Kigel, J. & G. Galili. 1995. Seed development and germination. Ed. Marcel Dekker, NY. USA.

Lampkin, N. 2001. Agricultura ecológica. Ed. Mundi-prensa.

Mcsteen, P., Debbie, L., Chingcuanco and Joseph Colasanti. 2000. A floret by any other name control of meristem identity in maize.

<http://www.uoguelph.ca/~jcolasan/pdfs/McSteen%20et%20al.%20TIPS2000.pdf>.

Mendoza, M., Isabela. 2010. Evaluación de extractos orgánicos y proteína en plántula de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) tesis de licenciatura. UAAAN, Saltillo, Coahuila, Mexico. pp17-19.

Molina, M.J., J.A Estrada G., M. Livera M., y V.A. González H. (Eds). 1990. Análisis de la enseñanza, producción e investigación de semillas en México. SOMEFI. Chapingo. Mex.

Moreno, M.E. 1984. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Instituto de biología. UNAM. Mexico. p. 63.

Ndegwa, P. M., and S.A Thompson. 2000. Effects of C-to-N ratio vermicomposting of biosolids. *Bioresource technology* 75: 7-12.

Consultado en septiembre, 2011; Disponible en:

[www.bsyse.wsu.edu/ndegwa/resources/documents/research/Vermi\\_CN.pdf](http://www.bsyse.wsu.edu/ndegwa/resources/documents/research/Vermi_CN.pdf)

Novas, A. 2005. El hambre en el mundo y los alimentos transgénicos.

Pimienta, B., Muñoz, U., Ramírez, H., Méndez, M. 2006. Desarrollo vegetal. Universidad de Guadalajara. p.19.

Ramírez, M.R., Borodaneko, A; Ochoa A., Pérez, M., Barrera, G. y Núñez, P. 2007. Efecto del genotipo, ambiente y ácido húmico en el cultivo de anteras de trigo. *Revista fitotecnia mexicana*, abril- junio, vol.30. SOMEFI, A.C. Chapingo, Mex pp. 159-165.

Raven, P; Evert, R; Eichhorn, S. 1992. *Biología de las plantas*. Editorial reverte S.A. p. 487.

Rodríguez, F. *Lombricultura para pequeños emprendedores*. Editorial la quimera.

Rojas, G.M. 1993. *Fisiología vegetal aplicada*. Interamericana, McGRAW-HILL. Cuarta edición. pp. 181-193.

Rojas G. y H. Ramirez. 1993. *Control hormonal de desarrollo de las plantas*. 2da. Edición. Ed. Limusa. Mexico pp. 263

Román, P. R. 2000. "Efecto de iones y otros factores físicos sobre la germinación de semillas". *Journal of the Mexican Chemical Society*, num. Julio -septiembre, pp. 233-236.

Ruiz, T.N. y Lira, S.R. 2008. *Tecnología sustentable en semillas*.

SAGARPA, 2009. *Secretaría de energía: energía renovable para el desarrollo sustentable en México*.

Salgado, G., García,C., Almendros G. 2010. Características estructurales de ácidos húmicos y su efecto en el cultivo de *Tagetes Erecta* L. en un suelo afectado por sales. *Sociedad mexicana de la ciencia del suelo*. Chapingo México.

Schuldt, M. 2006. *Lombricultura, teoría y práctica*. Edición Mundi-prensa.

Schuldt, M., Christiansen, R., Scatturice, L., Mayo, J., & Mayo, J. (2007). Lombricultura. Desarrollo y adaptación a diferentes condiciones de temperie. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, VIII, pp. 1-10

Serrano, J.F. 2009. Agricultura ecológica. Ed. Mundi Prensa Pag-23.

Silva, G.M; Gómez, G.H; Zavala, G.F; Cuevas, H.B; Rojas, G.M. 2001. Efecto de cuatro fitoreguladores comerciales en el desarrollo y rendimiento del girasol. *Ciencias UANL*. Enero-marzo vol. IV. Monterey Mex. pp 69-75.

Sinha, R.K. Hahn, G. Singh, P.K.Suhane,R.K. and Anthonyreddy, A. (2011) Organic farming by vermiculture: producing safe, Nutritive and protective foods by earthworms. *American Journal of Experimental Agriculture*

Disponible: <http://www.sciencedomain.org/abstract.php?iid=70&id=2&aid=247>

Consultado el 20-10-2011.

Suarez, C.F. 1979. Conservación de suelos. Instituto interamericano de ciencias agrícolas, San José, Costa Rica. Editorial IICA.

### **Citas de internet**

<http://www.cimmyt.org/es/servicios-y-productos/datos-informacion-y-herramientas>

<http://www.biofix.com/farmgrdn/spanish/humicsp.pdf>

[http://www.agroforestalsanremo.com/humus\\_liq.php](http://www.agroforestalsanremo.com/humus_liq.php)

[http://www.biologia.edu.ar/plantas/reguladores vegetales 2005/Reguladores%20vegetales.htm](http://www.biologia.edu.ar/plantas/reguladores_vegetales_2005/Reguladores%20vegetales.htm)

<http://fosacperu.blogspot.com/2007/07/importancia-de-los-cidos-humicos-del-mo.html>

# APENDICE

Cuadro A1. Análisis de Varianza: Índice de emergencia primer conteo (IEPCONT)

FV	GL	SC	CM	F valor	Pr>F
REP	2	88.2	44.1	0.41	0.6704
TRAT	9	457.866667	50.8740741	0.47	0.8749
E. EXP	18	1941.13333	107.840741		
TOTAL	29	2487.2			

C.V. = 11.59000

Cuadro A2. Análisis de varianza: Índice de emergencia segundo conteo (IESCONT)

FV	GL	SC	CM	F valor	Pr>F
REP	2	9.8666667	4.93333335	0.0835005	0.9202
TRAT	9	266.833333	29.6481481	0.50181795	0.8543
E. EXP	18	1063.46667	59.0814815		
TOTAL	29	1340.16667			

C.V.= 8.020641

Cuadro A3. Análisis de varianza: Índice de emergencia tercer conteo (IETCONT)

FV	GL	SC	CM	F valor	Pr>F
REP	2	126.6	63.30000	0.74	0.4914
TRAT	9	417.2	46.35556	0.54	0.8257
E. EXP	18	1541.4	85.63333		
TOTAL	29	2085.2			

C.V.=9.993335

Cuadro A4. Análisis de varianza: Estado vegetativo V4 primer conteo [EV (V4)]

FV	GL	SC	CM	F valor	Pr>F
REP	2	0.11853427	0.05927	0.22	0.805
TRAT	9	5.31743231	0.59083	2.19	0.0751
E. EXP	18	4.8581124	0.26990		
TOTAL	29	10.294079			

C.V=14.50754

Cuadro A5. Análisis de varianza: Estado vegetativo V5 primer conteo [EV (V5)]

FV	GL	SC	CM	F valor	Pr>F
REP	2	67.4	33.70000	1.10	0.3529
TRAT	9	646.833333	71.87037	2.36	0.0582
E. EXP	18	549.266667	30.51481		
TOTAL	29	1263.5			

C.V=16.48962

Cuadro A6. Análisis de varianza: estado vegetativo V6 segundo conteo [EV (V6)]

FV	GL	SC	CM	F valor	Pr>F
REP	2	0.05582813	0.02791	0.08	0.9237
TRAT	9	2.00633546	0.22293	0.64	0.7521
E. EXP	18	6.3037204	0.35021		
TOTAL	29	8.36588399			

C.V=27.62866

Cuadro A7. Análisis de varianza: estado vegetativo V7 segundo conteo [EV (V7)]

FV	GL	SC	CM	F valor	Pr>F
REP	2	416.466667	208.23333	7.11	0.0053
TRAT	9	65.3333333	7.25926	0.25	0.9811
E. EXP	18	526.866667	29.27037		
TOTAL	29	1008.66667			

C.V=19.09486

Cuadro A8. Análisis de varianza: Estado vegetativo V8 segundo conteo [EV (V8)]

FV	GL	SC	CM	F valor	Pr>F
REP	2	340.866667	170.43333	11.51	0.0006
TRAT	9	336.033333	37.33704	2.52	0.0453
E. EXP	18	266.466667	14.80370		
TOTAL	29	943.366667			

C.V.=28.64187

Cuadro A9. Análisis de varianza: Número de mazorca (NMAZ)

FV	GL	SC	CM	F valor	Pr>F
REP	2	281.666667	140.83333	2.13	0.1473
TRAT	9	769.633333	85.51481	1.30	0.3046
E. EXP	18	1187.66667	65.98148		
TOTAL	29	2238.96667			

C.V.= 12.19044

Cuadro A10. Análisis de varianza: Rendimiento (REND)

FV	GL	SC	CM	F valor	Pr>F
REP	2	8.51880667	4.25940	9.60	0.0015
TRAT	9	5.38452	0.59828	1.35	0.2808
E. EXP	18	7.98566	0.44365		
TOTAL	29	21.8889867			

C.V. 16.01384