

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONOMICAS  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BASICAS



Disminución del tiempo de germinación de las semillas del melón con un tratamiento magnético.

Por:

**SERGIO ANDRES TORRES ARELLANES**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

Torreón, Coahuila, México  
Diciembre 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONOMICAS  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BASICAS

Disminución del tiempo de germinación de las semillas del melón con un tratamiento magnético.

Por:

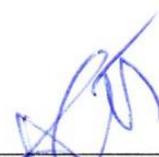
**SERGIO ANDRES TORRES ARELLANES**

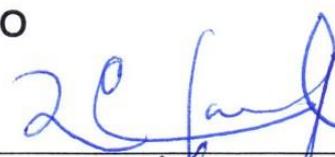
TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRONOMO**

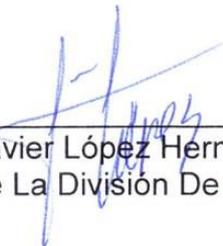
Aprobada por:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Anselmo González Torres  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
MCA. Rafael Ávila Cisneros  
Vocal

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Alfredo Ogaz  
Vocal

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Héctor Javier Martínez Agüero  
Vocal Suplente

  
\_\_\_\_\_  
M.E. Javier López Hernández  
Coordinador Interino De La División De Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México  
Diciembre 2018



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONOMICAS  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BASICAS

Disminución del tiempo de germinación de las semillas del melón con un tratamiento magnético.

Por:

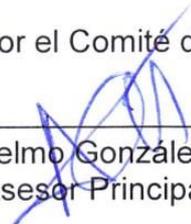
**SERGIO ANDRES TORRES ARELLANES**

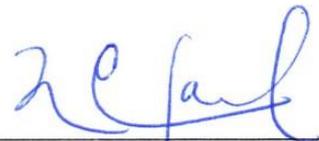
TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

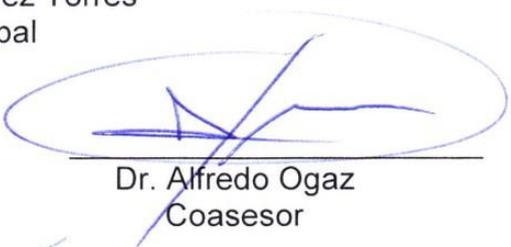
**INGENIERO AGRONOMO**

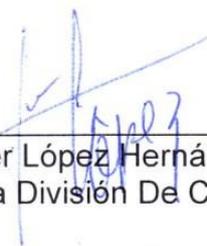
Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Anselmo González Torres  
Asesor Principal



\_\_\_\_\_  
MCA. Rafael Ávila Cisneros  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Alfredo Ogaz  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
M.E. Javier López Hernández  
Coordinador Interino De La División De Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México  
Diciembre 2018



## **AGRADECIMIENTOS**

A mi Alma Terra Mater por permitirme culminar mis estudios profesionales y darme sentido de pertenencia, estaré agradecido eternamente.

Al Dr. Anselmo Gonzales Torres, le agradezco por darme la oportunidad participar en este proyecto de investigación, por su tiempo y por el apoyo brindado durante la realización de este trabajo.

Dr. Héctor Javier Martínez Agüero, Dr. Alfredo Ogaz, Gracias por su valioso tiempo y por el apoyo brindado durante la realización de esta tesis.

## **DEDICATORIAS**

A mi madre

A mi hermana y a mi padre

A mi abuela

Todos aquellos familiares y amigos que no recordé al momento de escribir esto. Ustedes saben quiénes son.

## **RESUMEN**

El experimento se realizó en el laboratorio de suelos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna en Torreón, Coahuila bajo condiciones controladas. E inicio el día 11 de Octubre del 2016.

La semilla utilizada fue de melón chino de la marca Emerald.

Se utilizaron cajas Petri para la germinación de las semillas, a cada caja se le agrego papel filtro y 25 semillas que se regaron con agua destilada contenida en una pipeta , bajo luz natural y con una temperatura mínima y máxima de 18-25 °C.

El campo magnético estático se generó con imanes permanentes de anillo o toroidales de cerámica o ferrita.

Con este experimento se busca lograr la aceleración del proceso de germinación a través de la aplicación de campos magnéticos como lo reportado por Pietruszewski que en 1993 reporto un incremento en el crecimiento, vigor de la semilla y rendimiento de cultivo cuando las semillas han sido expuestas a campos magnéticos y esto coincide con los estudios de varios científicos.

En esta investigación se logró una aceleración en la germinación aplicando campos magnéticos de una intensidad de 38.5 mT en comparación con los datos expuestos por Castagnino en el 2008

### **Palabras claves:**

Aceleración de la germinación, Melón, *Cucumis melo* L., Semillas, Campos magnéticos

## INDICE GENERAL

<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b><i>i</i></b>
<b>DEDICATORIAS.....</b>	<b><i>ii</i></b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b><i>iii</i></b>
<b>Índice de cuadros .....</b>	<b><i>vi</i></b>
<b>Índice de figuras.....</b>	<b><i>vii</i></b>
<b>I.-INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1.-Objetivo.....	3
1.2.-Hipótesis.....	3
<b>II.-REVISION DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
2.1.-Origen del melón .....	4
2.2.-Producción mundial de melón.....	4
2.3.-Producción de melón en Estados Unidos.....	5
2.4.-Producción de melón en Centroamérica.....	5
2.5.-Producción de melón en México .....	6
2.6.-Importancia económica del melón en México .....	6
2.7.-Producción del melón en la Comarca Lagunera .....	7
2.8.-Descripción Taxonómica .....	8
2.9.-Morfología del melón .....	8
2.9.1.-Raíz.....	8
2.9.2.- Tallo .....	8
2.9.3.- Hoja .....	9
2.9.4.- Flor.....	9
2.9.5.- Fruto .....	10
2.9.6.- Semillas .....	10
<b>Cuadro 1.- Periodo de germinación.....</b>	<b>10</b>
2.10.- Requerimientos del clima.....	11
2.11.- Germinación.....	11
2.12.- Introducción al magnetismo .....	12
2.13.- La naturaleza del magnetismo.....	13
2.14.-Campos Magnéticos.....	14
2.15. Ferromagnetismo .....	14
2.16.-Teoría moderna del magnetismo.....	15

2.17.- Campo magnético terrestre.....	16
2.18.-Efectos del campo magnético en los seres vivos.....	16
2.19.- Influencia de los campos magnéticos en la germinación de semillas .....	17
<b>III.-MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>21</b>
Cuadro 2.- Imanes utilizados en el experimento con diámetros y espesor en mm, Br (campo magnético remanente) y Bm (campo magnético real) en mT...	22
Fig. 1. Medición del campo magnético real BM del iman de anillo cerámico o de ferrita .....	22
Cuadro 3.- Tratamientos aplicados a las semillas de melón.....	23
<b>IV.-RESULTADOS Y DISCUSION .....</b>	<b>23</b>
Figura 3.- Medias de semillas de melón germinadas por día. ....	25
<b>VI.-BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>27</b>

## Índice de cuadros

Cuadro 1. Periodo de germinación.....	10
Cuadro 2. Imanes utilizados en el experimento con diámetros y espesor en mm, Br (campo magnético remanente) y Bm (campo magnético real) en mT..	22
Cuadro 3. Tratamientos aplicados a las semillas de melón. ....	23

## Índice de figuras

Figura 1. Medición del campo magnético real BM del imán de anillo cerámico o de ferrita.....	22
Figura 2. Medias de semillas de melón germinadas.....	25
Figura 3.- Medias de semillas de melón germinadas por día.....	25

## I.-INTRODUCCIÓN

En México uno de los principales cultivos son las cucurbitáceas, como el melón (*Cucumis melo* L.), pepino (*Cucumis sativus* L.) y la sandía (*Citrullus lanatus*). En el norte de México el melón es uno de los cultivos más importantes debido a su importación o exportación, ha llegado a generar hasta 90 millones de dólares anuales (Espinoza, 1998).

El cultivo del melón (*Cucumis melo* L.) es de gran importancia económica para el país ya que genera empleos y divisas ya que su producción es destinada a la exportación y al mercado local, el país cuenta con una producción nacional de 561, 953 toneladas y una superficie cosechada de 19,561 hectáreas (FAO, 2013),

También es considerado de gran importancia en La Comarca Lagunera ya que se caracteriza por ser la principal región melonera del país en algunos meses del año, y las áreas sembradas que posee representan cerca de 20% de la superficie nacional (Ramírez et al., 2014).

Entre los municipios productores de melón se encuentra Matamoros, San Pedro, Torreón, Viesca, Gómez Palacio, Lerdo, Mapimí y Tlahualilo. Matamoros y Mapimí concentran 56% de la producción total de melón obtenida en la Comarca Lagunera para el periodo 2010-2012, la cual fue de 152,954 toneladas anuales (Ramírez et al., 2014).

Es necesario Obtener plántula antes de tiempo para el desarrollo de la planta, extendiendo así la maduración de frutas de melón en los mercados tempranos (Farooq, 2007).

Los agricultores para obtener buenas cosechas y elevados rendimientos deben ser capaces de realizar una adecuada selección de semillas. Una vez logrado el objetivo, el agrónomo debe darse a la tarea de utilizar las semillas lo más rápido posible para que esta no pierda su poder germinativo, pues es de conocimiento por todo el que practica esta labor, que no todas las semillas presentan el mismo poder germinativo, y que este puede durar horas días o meses. Se conoce por investigaciones realizadas que existen sustancias llamadas hormonas que aceleran 4 veces el poder germinativo, lo que permite elevar el número de semillas nacidas o germinadas, o sea la viabilidad (Fernández y del Carmen, 2005).

Con este experimento se busca lograr la aceleración del proceso de germinación a través de la aplicación de campos magnéticos que podría ser una alternativa de menor costo.

La influencia de los campos magnéticos en el comportamiento de los sistemas vivos ha sido estudiado por un largo tiempo pero los efectos en las plantas ha

sido estudiado solamente desde la década pasada. Sin embargo el mecanismo de acción de los campos magnéticos en las plantas no es muy conocido. Efectos benéficos de los campos magnéticos sobre diferentes cultivos y rendimientos han sido reportados (Carbonell et al., 2013).

Aladjajyan en el 2002 descubrió que la exposición a un campo magnético de 150 mT estimulo el desarrollo de los brotes y lleva a un incremento del porcentaje de germinación, peso y en la longitud de los brotes de las plantas de maíz.

### **1.1.-Objetivo**

Evaluar la influencia de los campos magnéticos en el tiempo de germinación para semillas de melón (*Cucumis melo* L.)

### **1.2.-Hipótesis**

El tratamiento con un campo magnético en las semillas de melón acelera el tiempo de germinación.

## **II.-REVISION DE LITERATURA**

### **2.1.-Origen del melón**

No existe un criterio homogéneo en lo referente al origen del melón. Para algunos botánicos cabe situarlo en el S.E. de África, mientras que para otros el melón procedería del continente asiático, siendo esta última hipótesis, al parecer, la menos verosímil, aunque en Asia existen varios centros secundarios (India, China, Afganistán) con una altísima variabilidad (Maroto, 2002).

Se ha supuesto que los antiguos egipcios ya conocían este cultivo, aunque no existe una total certeza. Posiblemente fue domesticado en Egipto y abisinia en torno al 2000 a. de C, llegando a extremo oriente en torno al 800 a. de C. los griegos, probablemente a través de las incursiones de Alejandro el Magno, tuvieron constatación de esta planta. Su introducción en Europa parece ser que tuvo lugar durante el imperio romano. A lo largo de la primera fase de la edad media desapareció el melón como cultivo en Europa, con excepción de la Península Ibérica, donde fue reintroducido por los árabes. Durante el siglo XV llegó a Francia desde Italia y fue llevado por Cristóbal Colón a América en uno de sus viajes (Maroto, 2002).

No está probado que los antiguos egipcios cultivaran el melón. Si el cultivo hubiera sido antiguo y acostumbrado en ese país, los griegos y los romanos lo hubieran conocido tempranamente. La mejor prueba encontrada por De Candolle (1967) de la existencia del melón entre los romanos es la representación exacta del fruto en el mosaico de frutas del Vaticano. Las especies fueron introducidas probablemente al mundo Greco-Romano en tiempos del Imperio, a principios de la era cristiana (De Candolle, 1967; citado por Cano et al., 2002)

AL comienzo de la Era Cristiana el melón ya era conocido y 300 años después de Cristo, se encontraba muy extendido por Italia. En el siglo XV había sido introducido en la mayoría de los países de Europa. Actualmente se siembra en países de todos los continentes, pero su producción se centraliza principalmente en las regiones de clima caluroso. Durante el siglo XVIII aparece el melón "Cantalupo"; a partir de ese momento, parece haber alcanzado todas las zonas que le son favorables en Francia (Marco, 1969 ; citado por Cano et al., 2002).

### **2.2.-Producción mundial de melón**

La producción de melón se encuentra ampliamente distribuida en el mundo dado que las condiciones agro-ecológicas requeridas para el desarrollo de este cultivo se satisfacen en numerosas regiones y/o países (Cano y Espinoza, 2002).

La producción de melón a nivel mundial en el año 2014 fue aproximadamente de 29, 626,335 toneladas, el mayor productor de melón en la Unión Europea fue España con una producción de 750,151 toneladas en el año 2014 y el mayor productor de melón en América fue Estados Unidos con una producción de 787,030 toneladas en el año 2014 (FAO, 2014).

En el año 2014 se cosecharon en el mundo 1,778,808 hectáreas, el país europeo con la mayor superficie cosechada fue Italia con 25,028 hectáreas, en América el país con mas superficie cosechada fue Estados Unidos con 29,400 hectáreas (FAO, 2014).

### **2.3.-Producción de melón en Estados Unidos**

La producción de melón cantaloupe en Estados Unidos promedio 41 mil hectáreas durante los años 1999-2001 (USDA, 2002; citado por cano et al., 2002).

Destacan en ese país los Estados de California, Arizona y Texas. Estos tres estados representan el 85% de la producción nacional. La cosecha inicia a principios de mayo en las regiones más cálidas de los Estados Unidos como lo son el Valle de Texas (Fuller y Hall, 1990; citados por Cano et al., 2002) región vecina del Norte de Tamaulipas, el Valle Imperial situado al Sur de California (Hartz et al., 1996; citados por Cano et al., 2002) y la región de Yuma ubicada al Suroeste del estado de Arizona en los límites con California y cerca de la frontera con México. La cosecha termina a finales de octubre o hasta que las primeras heladas invernales lo permiten (Hartz et al., 1996; citados por Cano et al., 2002).

La época de mayor intensidad en la cosecha se da durante los meses de mayo, junio y julio, disminuye en agosto y septiembre y repunta ligeramente en octubre y principios de noviembre. En el caso del melón amarillo (honeydew o valenciano) la superficie promedio fue de 10,500 hectáreas concentradas en los estados de California, Arizona y Texas (USDA, 2002; citado por Cano et al., 2002) y la época de cosecha es similar a la del melón cantaloupe.

### **2.4.-Producción de melón en Centroamérica**

Dentro de la región Centroamericana destacan por su importancia en la producción y exportación de melón Guatemala, Honduras y Costa Rica. Estos países han sido favorecidos por acuerdos comerciales con Estados Unidos. Uno de estos acuerdos es el conocido como "Iniciativa de la cuenca del Caribe" firmado en 1983 por el presidente Ronald Reagan y que ofreció a 27 países de América Central y de la Cuenca del Caribe libre acceso al mercado de los Estados Unidos (Brown y Suarez, 1991; citados por Cano et al., 2002).

Este acuerdo buscaba generar estabilidad política y crecimiento económico a través del impulso al comercio, la asistencia económica e incentivos fiscales para la inversión privada (Seale, 1992; citado por Cano et al., 2002). Antes del

acuerdo de la Cuenca del Caribe muchas de las principales frutas y hortalizas producidas en la región de Centroamérica y el Caribe fueron declaradas libres de arancel en el mercado de los Estados Unidos bajo las provisiones del "Sistema Generalizado de Preferencias" y del programa de "Nación más Favorecida". Estos programas impulsaron la producción y exportación de frutas y hortalizas en la región centroamericana y del caribe (rosa, 1995; citado por Cano et al., 2002).

En el año 2000 el área cosechada en Guatemala, Honduras y Costa Rica fue de 5 mil, 6 mil y 7500 hectáreas, respectivamente (FAO, citado por Cano et al., 2002). Más del 93% de las exportaciones de estos países se realizan durante el periodo diciembre-mayo, que es el mismo periodo en que se realizan las exportaciones mexicana, por lo que se da una competencia en el mercado de los Estados Unidos.

En el caso de Costa Rica la cosecha inicia en enero y termina en mayo. La producción se obtiene principalmente en la zonas de Carillo, Liberia y Nicoya de la región Chorotega (Pacífico Norte) y en menor proporción en las zonas de Parrita y Jicaral de la región Pacífico Central (Elizondo, 2001; citado por Cano et al., 2002). La exportación se dirige a Estados Unidos (85%) y Europa (15%) (Arroyo, 2000; citado por Cano et al., 2002).

### **2.5.-Producción de melón en México**

El porcentaje de área cosechada de melones en México entre el periodo de 1970-1994 fue de 26,800 hectáreas (ha), con porcentajes de rendimiento de 12.46 toneladas por hectárea con una producción total correspondiente a 336,667 toneladas métricas (tons). Durante 1970-1991, la producción incremento a un porcentaje anual de 5.4%. Después de 1991, la producción bajo significativamente. Los cambios en la producción a través del tiempo son explicados por cambios en la área cosechada y no por cambios en el rendimiento. los rendimientos del melón aumentaron anualmente con un porcentaje de solo 0.57%. La baja productividad del sector melonero mexicano es con frecuencia atribuida a la incremento de la incidencia de insectos y virus en áreas de producción seleccionadas así como también al limitado acceso al crédito público y privado por parte de los pequeños productores (Espinoza, 1998).

Al 31 de julio del 2017 en México se cosecharon 3,817 hectáreas de melón con una producción de 105,654 toneladas con un rendimiento de aproximadamente 27.681 toneladas por hectárea (SIAP, 2017).

### **2.6.-Importancia económica del melón en México**

En la República Mexicana, las principales cucurbitáceas son la calabaza (*Cucurbita spp*), melón (*Cucumis melo* L.), pepino (*Cucumis sativus* L.) y la sandía (*Citrullus lanatus* (thunb) Mansf.). uno de los de mayor importancia es el melón, tanto por la superficie dedicada a su cultivo como generador de divisas

(alrededor de 90 millones de dólares anuales) y de empleos en el área rural (Espinoza, 1998).

La producción de frutas y hortalizas mexicanas para exportación tiene sus orígenes en 1905, cuando se registran los primeros envíos por ferrocarril a los Estados Unidos. Sin embargo, es a partir de la Segunda Guerra Mundial cuando las exportaciones crecen en forma notable (Rex, 1969; citado por Cano et al., 2002).

Cerca del 35% de la producción Mexicana de melón es exportada. Estados Unidos es el mercado más importante, importando más del 96 de las exportaciones anuales de México. La temporada de exportación de México se extiende de diciembre hasta mayo con picos en abril y mayo (Espinoza, 1998).

### **2.7.-Producción del melón en la Comarca Lagunera**

Es considerado de gran importancia en La Comarca Lagunera ya que se caracteriza por ser la principal región melonera del país en algunos meses del año, y las áreas sembradas que posee representan cerca de 20% de la superficie nacional (Ramírez et al., 2014).

Ramírez (2014) citando al SIAP-Sagarpa (2013) dice que entre los municipios productores de melón se encuentra Matamoros, San Pedro, Torreón, Viesca, Gómez Palacio, Lerdo, Mapimí y Tlahualilo. Matamoros y Mapimí concentran 56% de la producción total de melón obtenida en la Comarca Lagunera para el periodo 2010-2012, la cual fue de 152,954 toneladas anuales. El 86% de la producción de melón se obtiene en áreas de riego por bombeo y 14% en riego por gravedad. Las regiones que producen bajo riego de gravedad dependen de las fechas de riego del algodón para obtener el agua proveniente de las presas de la región. La producción de melón en la Comarca Lagunera se obtiene de mayo a noviembre, y la de sandía de mayo a octubre. En junio, julio y agosto se presentan excesos de oferta ya que 70.0% y 79.4% de la producción de melón y sandía se obtiene en estos meses, esto provoca bajos precios a nivel del mayorista afectando la ganancia del productor.

La producción de melón en la Comarca Lagunera se obtiene de mayo a noviembre, y la de sandía de mayo a octubre. En junio, julio y agosto se presentan excesos de oferta ya que 70.0% y 79.4% de la producción de melón y sandía se obtiene en estos meses (Ramírez et al., 2014).

La producción de melón en la Región Lagunera en el 2016 fue de 133,794 toneladas en una superficie cosechada de 4,903 hectareas (SIAP-Sagarpa, 2016).

## 2.8.-Descripción Taxonómica

Según Fuller y Ritche (1967) y Boyhan et al. (1999), el melón (*Cucumis melo* L.), está comprendido de la familia de las cucurbitáceas con la siguiente clasificación taxonómica.

Reino	Vegetal
Phyllum	Tracheophyta
Clase	Angiosperma
Orden	Campanulales
Familia	Cucurbitacea
Genero	Cucumis
Especie	Melo

## 2.9.-Morfología del melón

### 2.9.1.-Raíz

Posee un sistema radicular muy abundante y ramificado, de crecimiento rápido, y del cual algunas de sus raíces puede alcanzar una profundidad de 1.20 m, aunque la mayoría de ellas se encuentran entre los primeros 30-40 cm de suelo (Maroto, 2002).

Cano et al., (2002) Citando a Marco (1969) y Hecht (1997) concluyeron que como ocurre en la mayoría de las cucurbitáceas, el melón presenta raíces abundantes y rastreras. Algunas raíces llegan a descender hasta un metro de profundidad y en ocasiones todavía mucho más, pero especialmente es entre los 30 a 40 centímetros del suelo donde la planta desarrolla unas raíces abundantes y de crecimiento rápido.

### 2.9.2.- Tallo

Sus tallos son herbáceos, recubiertos de formaciones pilosas, y su desarrollo puede ser rastrero o trepador, debido a la presencia de zarcillos (Maroto, 2002).

El melón es una planta sumamente polimorfa, con un tallo herbáceo que puede ser rastrero o trepador, gracias a sus zarcillos. El tallo es trepador y está cubierto de vellos blancos y empieza a ramificarse después de que se ha formado la quinta o sexta hoja (Marco, 1969; Valadez, 1994; Hecht, 1997; citados por Cano et al., 2002).

### **2.9.3.- Hoja**

Sus hojas, recubiertas de pelos de tacto áspero, poseen el limbo orbicular aovado, reniforme o pentagonal, dividido en 3-7 lóbulos y con los márgenes dentados (Maroto, 2002).

Las hojas exhiben tamaños y formas muy variables, pudiendo ser enteras, reniformes, pentagonales o previstas de 3 a 7 lóbulos. Tanto los tallos como las hojas pueden ser más o menos vellosos. El tamaño de las hojas varía de acuerdo a la variedad con un diámetro de 8 a 15 cm, son ásperas y cubiertas de vellos blancos, alternas, rediformes o codiformes, anchas, y con un largo peciolo; pueden mostrar formas tales como redondeadas, reniformes, acorazonadas, triangulares y pentagonales (Casseres, 1996; Marco, 1969; Guenkov, 1974; Zapata et al., 1989; citados por Cano et al., 2002).

### **2.9.4.- Flor**

Las flores son solitarias, de color amarillo, y por su sexo pueden ser masculinas, femeninas o hermafroditas. Las plantas de melon en relación con las flores que producen pueden ser monoicas, andromonoicas y ginomonoicas, aunque lo normal es que sean monoicas o andro-monoicas (Maroto, 2002).

El melón puede presentar tres tipos de flores: estaminadas (macho), pistiladas (hembras) y hermafroditas (flores que presenta al mismo tiempo los órganos masculinos y femeninos). De acuerdo a la presencia de estas flores en una planta, estas pueden ser: Monoicas. Es decir que la planta es portadora de flores estaminadas y pistiladas. Este es el caso de las antiguas variedades francesas "Cantalupo Obus", "Cantalupo de Argel" y "Sucrin de Tours". Andromonoicas. Caracterizada por el hecho de que la planta es portadora de flores estaminada y flores hermafroditas. A este grupo pertenece la mayoría de los híbridos de melón Cantaloupe actuales (Cano, 1994; Schultheis, 1998; citados por Cano et al., 2002).

Las plantas son generalmente andromonoicas, aunque hay ginomonoicas (flores pistiladas y hermafroditas en la misma planta) y trinomonoicas (los tres tipos de flores en la misma planta). A esta última categoría pertenece el híbrido Primo (Cano, 1994; citado por Cano et al., 2002).

Las flores macho aparecen antes que las hermafroditas y en grupo de tres a cinco flores en los de las guías primarias y nunca donde se encuentra una femenina o flor hermafrodita. Las flores pistiladas o hermafroditas aparecen solitarias en los nudos de las guías secundarias. Las flores pistiladas se distinguen de las estaminadas en el abultamiento en su base, que es donde se encuentra el ovario. Las plantas de melón producen más flores estaminadas que hermafroditas (Cano, 1994; Johnson, 1981; Parsons, 1983; Valadez, 1994; citados por Cano et al., 2002).

### 2.9.5.- Fruto

Científicamente se dice que el melón es una baya, prevista de abundante semilla, su forma puede ser redonda, agrandada y ovalada, aplanada por los polos y con dimensiones muy variables (Salvat, 1979; Leaña, 1978; citados por Cano et al., 2002).

El melón es poco nutritivo, pero tiene abundancia en materias azucaradas y mucilaginosas; posee propiedades refrescantes y facilita las secreciones (Tamaro, 1988; citado por Cano et al., 2002).

El melón es una planta cuyos frutos son consumidos principalmente en fresco, siendo también utilizado en la elaboración de dulces y, en su estadio de fruto joven, puede ser empleado en la preparación de encurtidos. En algunas ocasiones los frutos del melón son utilizados industrialmente en la elaboración de conservas, congelados y confitados.

En determinados países asiáticos se consumen sus semillas y de ellas puede extraerse un aceite apto para el consumo humano (Maroto, 2002).

### 2.9.6.- Semillas

Son muy numerosas, de tamaño regular, ovaladas, achatadas y no marginadas (Tiscornia, 1974; citado por Cano et al., 2002). Las semillas son ricas en aceite, con un endospermo escaso y sus cotiledones bien desarrollados (Anónimo, 1986; citado por Cano et al., 2002).

La germinación de tales cultivos es de tipo epigeo. Las semillas germinan con facilidad en la oscuridad. Estas salen a la superficie cinco u ocho días después de la siembra (Parsons, 2007).

Algunas variedades producen fruto sin semilla. En este caso, la planta fructifica sin polinización, como en el caso de la sandía y el melón (Parsons, 2007).

Para una adecuada germinación, la temperatura del suelo debe ser mayor de 15 °C (Parsons, 2007).

Con temperaturas menores a los 12 °C las semillas no germinan, para que esto ocurra es necesario más de 15 °C (Castagnino, 2008).

Periodo de germinación en relación a la temperatura (Castagnino, 2008).

Cuadro 1.- Periodo de germinación

Días necesarios para la germinación de semillas sembradas a 2 cm de profundidad			
Temperatura del suelo	del 20 °C	25 °C	30 °C
Nº de días	8	4	3

Aunque las cucurbitáceas no requieren de luz para germinar, se aconseja que los cultivos se establezcan en terrenos bien soleados, Una alta intensidad de luz estimula la fecundación de los flores, mientras que una baja intensidad de luz, la reduce (Parsons, 2007).

### **2.10.- Requerimientos del clima**

El melón es una hortaliza de clima cálido, por lo cual no tolera heladas. Para que exista una buena germinación de las semillas debe haber temperaturas mayores de 15 0C, siendo el rango óptimo de 24° a 30 °C; la temperatura ideal para el desarrollo debe oscilar en un rango de 18° a 30 °C, con máximas de 32 °C y mínimas de 10 °C (Valadez, 1989).

Cuando el fruto se encuentra en la etapa de maduración debe haber una relación de temperaturas durante el día y la noche, es decir, en el día deben registrarse temperaturas altas (>30° C) y días muy iluminados o largos para favorecer la tasa fotosintética, y por la noche deben presentarse temperaturas frescas (15.5° a 18 °C) para que disminuya la respiración de las plantas. Se recomienda combinar estas condiciones con las del suelo y las de riego, no debiendo regar cuando el fruto se encuentra en etapa de maduración para que el suelo se encuentre seco; estas condiciones favorecen la producción de frutos dulces (Valadez, 1989).

### **2.11.- Germinación**

Un evento esencial dentro de la biología de las semillas es la germinación, proceso en el que ocurren cambios fisiológicos en su interior cuando se rompen las barreras que permiten la difusión del agua y los gases respiratorios. En la mayoría de las semillas, la germinación termina con la emergencia de la radícula a través de las cubiertas seminales. Para que una semilla germine se requieren ciertas condiciones favorables de humedad, temperatura, luz y oxígeno; cuando una semilla viva no germina en condiciones favorables se considera que está en estado latente (Montes de Gómez, 1990; citado por Torres et al., 2008).

Aunque no se conocen completamente los procesos que ocurren durante la germinación de la semilla, se pueden resumir en los siguientes: absorción de agua, iniciación de la actividad enzimática con incremento de la velocidad de respiración, asimilación y translocación de las reservas alimenticias y alargamiento y división celular, dando lugar a la emergencia de la raíz y la plúmula (Hartman y Kester, 1988; citado por Torres et al., 2008).

## 2.12.- Introducción al magnetismo

Hace ya más de 2000 años que los griegos sabían que cierto mineral (llamado ahora magnetita) tenía la propiedad de atraer piezas de hierro, y existen referencias escritas del uso de imanes en la navegación de que datan del siglo doce (Tipler y Mosca, 2008).

Tippens en el 2001 menciona que los primeros fenómenos magnéticos observados se relacionaron con fragmentos de piedra de imán o magnetita (un óxido de hierro) encontrada cerca de la antigua ciudad de Magnesia hace aproximadamente 2000 años. Se observó que estos imanes naturales atraían pequeños trozos de hierro no magnetizado. Esta fuerza de atracción se conoce como magnetismo, y al objeto que ejerce una fuerza magnética se le llama imán.

En 1269, Pierre de Maricourt descubrió que si una aguja se deja libremente en distintas posiciones sobre un imán natural esférico, se orienta a lo largo de líneas que, rodeando el imán, pasan por puntos situados en extremos opuestos de la esfera. Estos puntos fueron llamados polos del imán. Posteriormente, muchos experimentadores observaron que todo imán, cualquiera que sea su forma, posee dos polos, llamados polo norte y polo sur, en donde la fuerza ejercida por el imán tiene su máxima intensidad. También se observó que los polos iguales de dos imanes se repelen entre si y los polos distintos se atraen mutuamente (Tipler y Mosca, 2008).

En 1600, Willian Gilbert descubrió que la Tierra es un imán natural con polos magnéticos próximos a los polos geográficos norte y sur. Como el polo norte de la aguja de una brújula apunta al polo sur de un imán, lo que llamamos polo norte de la Tierra es realmente un polo sur magnético (Tipler y Mosca, 2008).

Si una barra imantada se introduce en un recipiente que contenga limaduras de hierro y en seguida se retira, se aprecia que los minúsculos fragmento de hierro e adhieren más fuertemente a las áreas pequeñas cercanas a los extremos. Estas regiones donde parece concentrarse la fuerza del imán se llaman polos magnéticos (Tippens, 2001).

Cuando cualquier material magnético se suspende de un cordel, gira alrededor de un eje vertical. El extremo que apunta hacia el norte se llama el polo norte (N) del imán. Su opuesto, el extremo que ve al sur se llama polo sur, (S) del imán. La polarización del material magnético es lo que cuenta para su aprovechamiento como brújula para la navegación. La brújula consiste en una aguja ligera imantada que se apoya sobre un soporte con poca fricción (Tippen,2001).

Se puede demostrar fácilmente que los polos norte y sur del imán son diferentes. Cuando se acerca al imán suspendido por la cuerda otra barra imantada, los dos polos norte o los dos polos sur se repelen entre si, mientras

que el polo norte de uno y el polo sur de otro se atraen mutuamente. La ley de la fuerza magnética establece que: Polos magnéticos iguales se repelen y polos magnéticos diferentes se atraen (Tippens, 2001).

No existen polos aislados. No importa cuánta vez se rompa un imán por la mitad cada pieza resultante será un imán, con un polo norte y un polo sur. No se conoce una sola partícula que sea capaz de crear un campo magnético de manera similar a como un protón o un electrón pueden crear un campo eléctrico (Tippens, 2001).

La atracción que ejercen los imanes sobre el hierro no magnetizado y la fuerza de interacción que surgen entre los polos magnéticos actúan a través de todas las sustancias. En la industria, los materiales ferrosos que han sido desechados y se arrojan a la basura pueden ser separados para reutilizarse por medio de imanes (Tippens, 2001).

Aunque las cargas eléctricas y los polos magnéticos son semejantes en muchos aspectos, hay una diferencia importante: los polos magnéticos siempre se presentan por parejas. Si se rompe un imán por la mitad, aparecen polos iguales y opuestos a cada lado del punto de rotura; es decir, aparecen dos imanes, cada uno con un polo norte y un polo sur. A lo largo del tiempo se ha especulado mucho sobre la posible existencia de un polo magnético aislado, y más recientemente se ha realizado un considerable esfuerzo experimental a fin de localizar tal objeto. Hasta ahora no existe una evidencia concluyente sobre la existencia de un polo magnético aislado (Tipler y Mosca, 2008).

### **2.13.- La naturaleza del magnetismo**

Según la ley de Coulomb, cuando se tienen dos cargas eléctricas, sobre cada una de ellas actúa la fuerza ejercida por la otra. Cuando las cargas están en movimiento, las fuerzas son diferentes y se acostumbra atribuir esta diferencia a fuerzas magnéticas que aparecen entre cargas magnéticas en movimiento, además de las fuerzas electroestáticas que existen entre ellas. En esta interpretación, la fuerza total ejercida sobre una carga  $Q$  en un cierto tiempo y lugar puede dividirse en dos partes: una fuerza eléctrica que depende solamente del valor de  $Q$  y una fuerza magnética que depende de la velocidad de la carga como también del valor de  $Q$  (Beiser, 1978).

En realidad la interacción electromagnética es la única interacción simple que existe entre carga. La teoría de la relatividad proporciona el enlace entre las fuerzas magnéticas y eléctricas; así como la masa de un objeto moviéndose respecto a un observador es mayor que cuando se está en reposo, la fuerza eléctrica entre dos cargas aparece alterada para un observador cuando las cargas se mueven con respecto a él. El magnetismo no es tan diferente de la electricidad como lo es, por ejemplo, la gravitación. A pesar de la unidad de la interacción electromagnética es conveniente, sin embargo, para muchos

propósitos tratar los efectos eléctricos y magnéticos separadamente (Beiser, 1978).

### **2.14.-Campos Magnéticos**

Todo imán está rodeado por un espacio, en el cual se manifiestan sus efectos magnéticos. Dichas regiones se llaman campos magnéticos. Así como las líneas del campo eléctrico fueron útiles para describir los campos eléctricos, las líneas de campo magnético, llamadas líneas de flujo, son muy útiles para visualizar los campos magnéticos. La dirección de una línea de flujo en cualquier punto tiene la misma dirección de la fuerza magnética que actuaría sobre un polo norte imaginario aislado y colocado en ese punto. De acuerdo con esto, las líneas de flujo magnético salen del polo norte de un imán y entran en el polo sur. A diferencia de las líneas de campo eléctrico, las líneas de flujo magnético no tienen puntos iniciales o finales; forman espiras continuas que pasan a través de la barra metálica (Tippens, 2001).

Un campo magnético  $B$  existe donde quiera que una carga en movimiento sufra la acción de una fuerza magnética. Dirección de  $B$  en un determinado lugar es aquella a lo largo de la cual una carga puede moverse sin experimentar una fuerza magnética; en cualquier otra dirección la carga sufriría la acción de una fuerza magnética. La magnitud de  $B$  es numéricamente igual a la fuerza ejercida sobre una carga de 1 C moviéndose a 1 m/s perpendicularmente a  $B$  (Beiser, 1978).

La unidad del campo magnético es el tesla (T) donde

$$1 \text{ tesla} = 1 \text{ newton/ amperio-metro}$$

El tesla se denomina a veces weber/m<sup>2</sup>. El gauss, igual a  $10^{-4}$  T, es otra unidad de magnético que se utiliza también con frecuencia (Beiser, 1978).

### **2.15. Ferromagnetismo**

El campo magnético producido por una corriente se altera ante la presencia de cualquier clase de sustancia. Generalmente la variación, la cual puede ser un aumento o una disminución en  $B$ , es muy pequeña, pero en algunos casos  $B$  aumenta en cientos de veces. Las sustancias que producen el último efecto son denominadas ferromagnéticas; como ejemplos comunes de tales sustancias tenemos el hierro y las aleaciones de hierro. Un electroimán es un solenoide que contiene un núcleo ferromagnético para aumentar su campo magnético (Beiser, 1978).

El ferromagnetismo es una consecuencia de las propiedades magnéticas de los electrones que existen en todos los átomos. Puede pensarse que un electrón se comporta en algunos aspectos, como una esfera cargada girando, y por consiguiente, es magnéticamente equivalente a una pequeña espira de

corriente. En la mayoría de las sustancias los campos magnéticos de los electrones atómicos se cancelan unos con otros, pero en las sustancias ferromagnéticas la cancelación no es completa de manera que cada átomo posee un campo magnético propio. Los campos magnéticos atómicos se alinean entre sí en pequeños grupos denominados dominios, y en la presencia de un campo magnético externo producen un campo total  $B$  más intenso (Beiser, 1978).

El campo de un imán en forma de barra tiene la misma forma que el producido por un solenoide puesto que ambos campos son debidos a espiras paralelas de corriente (Beiser, 1978).

### **2.16.-Teoría moderna del magnetismo**

En general se acepta que el magnetismo de la materia es el resultado del movimiento de los electrones en los átomos de las sustancias. De ser así, el magnetismo es una propiedad de la carga en movimientos y está estrechamente relacionado con el fenómeno eléctrico. De acuerdo con la teoría clásica, los átomos individuales de una sustancia magnética son, en efecto, diminutos imanes con polos norte y sur (Tippens, 2001).

La polaridad magnética de los átomos se basa principalmente en el espín de los electrones y se debe, solo en parte, a sus movimientos orbitales alrededor del núcleo (Tippens, 2001).

Los átomos en un material magnético están agrupados en microscópicas regiones magnéticas conocida como dominios. Se piensa que todos los átomos dentro de un dominio están polarizados magnéticamente a lo largo de un eje cristalino. En un material no magnetizado estos dominios se orientan en direcciones al azar (Tippens, 2001).

Esta teoría del magnetismo es muy útil porque ofrece una explicación para gran número de los efectos magnéticos observados en la materia. Por ejemplo, una barra de hierro no magnetizada se puede transformar en un imán simplemente sosteniendo otro imán cerca de ella o en contacto con ella (Tippens, 2001).

El magnetismo inducido es, a menudo, solo temporal, y cuando se retira el campo, los dominios gradualmente se vuelven a desorientar. Si los dominios permanecen alineados en cierto grado después de que el campo se ha eliminado, se dice que el material está permanentemente magnetizado. La capacidad de retener el magnetismo se conoce como retentividad.

Otra propiedad de los materiales magnéticos que se explica fácilmente a la luz de la teoría del dominio es la saturación magnética. Tal parece que existe un límite para el grado de magnetización que experimenta un material. Una vez que se ha alcanzado dicho límite, ningún campo externo, por fuerte que sea,

puede incrementar la magnetización. Se piensa que todos los dominios ya se han alineado (Tippens, 2001).

### **2.17.- Campo magnético terrestre**

La tierra tiene un campo magnético que proviene de las corrientes eléctricas de su centro de hierro líquido. El campo es similar al producido por una espira de corriente centrada a algunos cientos de kilómetros del centro de la tierra cuyo plano está inclinado  $11^\circ$  con respecto al plano del ecuador. Los polos magnéticos terrestres son aquellos puntos sobre la superficie terrestre a través de los cuales pasa el eje magnético. La magnitud del campo magnético terrestre varía de un lugar a otro; un valor típico al nivel del mar es  $3 \times 10^{-5}$  T (Beiser, 1978).

### **2.18.-Efectos del campo magnético en los seres vivos**

En general, los sistemas vivos están siendo influenciados por el magnetismo de la Tierra. Los procesos de la vida suceden en un contexto electromagnético resultante de la de interacción conjunta entre el magnetismo vital y el campo electromagnético el cual es un componente global importante del medio exterior adecuado. Es evidente que, cuando se produce un proceso de interacción, cualquier tipo de modificación se suprimirá de alguna forma en el conjunto de procesos vitales. Los tratamientos magnéticos y electromagnéticos se están utilizando en la agricultura, como un método no invasivo, para mejorar la germinación de las semillas y aumentar cultivos y rendimientos. Las referencias resumen los efectos beneficiosos observados en plántulas tratadas magnéticamente bajo diferentes condiciones, que dependen de un tratamiento magnético específico aplicado como es el tiempo de exposición, fuerza del campo magnético, si es estacionario o alterna, frecuencia, etc (Martinez et al., 2008).

A través del proceso de evolución, el campo magnético de la tierra (CM, cerca de  $50 \mu\text{T}$ ) era un componente natural de ambiente para los organismos vivos. Objetos biológicos, volando en misiones interplanetarias a largo plazo, podrían experimentar campos magnéticos mas débiles, puesto que el campo magnético galáctico es sabido que es de  $0.1-1 \text{ nT}$ . Sin embargo, el rol de los campos magnéticos débiles y su influencia en el funcionamiento de los organismos biológicos aún no se entiende suficientemente y se estudia activamente (Belyavskaya, 2004).

Durante el proceso de evolución, todos los organismos vivos experimentaron la acción del campo magnético de la Tierra (geomagnético, GMF), que es un componente natural de su ambiente. Anteriormente, muchos científicos creían que los campos magnéticos permanentes no son biológicamente activos. Sin

embargo, los resultados obtenidos han revelado la alta sensibilidad de las plantas a campos magnéticos permanentes, en particular, en el rango de intensidad del nivel de GMF a muy bajos. El término "campo magnético débil (bajo)" (WMF) se refiere generalmente a las intensidades de 100 mT a 0.5 mT, mientras que "superweak" o "" condicionalmente cero ("Vacío magnético") está relacionado con los campos magnéticos superiores a 100 mT (Belyavskaya, 2004).

Namba et al., (1995) Indicaron que los campos magnéticos sí influyen en el crecimiento y la germinación de las plantas, y que la frecuencia del campo es un factor más importante en las tasas de germinación que la polaridad. Las tasas máximas de germinación, que fueron un 20% más altas que las tasas de control, se obtuvieron a alrededor de 10 Hz. Se demostró que un campo magnético alterno de 10 Hz tiene un efecto estadísticamente significativo en el crecimiento de la planta, medido por el área foliar. La diferencia en la tasa de crecimiento entre plantas tratadas y control disminuyó después de que se eliminó el campo.

### **2.19.- Influencia de los campos magnéticos en la germinación de semillas**

El campo magnético está presente en la naturaleza y afecta al reino vegetal y animal. El bioelectromagnetismo es el estudio de los efectos de los campos electromagnéticos sobre los sistemas biológicos y sus interacciones con los campos magnéticos naturales y artificiales. Estudios previos han determinado que la aplicación de campos magnéticos modifica la velocidad de germinación y el desarrollo de las plantas (Carbonell et al., 2013).

La influencia de campos magnéticos en el comportamiento de los sistemas vivos ha sido estudiado durante mucho tiempo pero los efectos en las plantas ha sido estudiado solo desde la década pasada (Carbonell et al., 2008).

Se detectó que la exposición a un campo magnético de 150 mT estimulo el desarrollo de los brotes y lleva a un incremento del porcentaje de germinación, peso y en la longitud de los brotes de las plantas de maíz (Aladjadjyan, 2002; citado por Carbonell et al., 2008).

Un pretratamiento con campo magnético tuvo un efecto positivo en las plántulas de pepino, tal como el crecimiento y el desarrollo de la plántula (Yinan et al., 2005; citado por Carbonell et al., 2008).

Numerosos experimentos con plántulas de diferentes especies colocadas en campos magnéticos débiles han demostrado que el crecimiento de sus raíces primarias se inhibe durante las primeras etapas de germinación en comparación con el testigo. La actividad proliferativa y la reproducción celular

en meristemas de raíces de plantas se reducen en el campo magnético débil (Belyavskaya, 2004).

El tiempo medio de germinación fue reducido en todos los tratamientos magnéticos aplicados. Las diferencias más significativas fueron obtenidas en los tiempos de exposición de 1 y 24 horas y la máxima reducción fue de 12%. Además, las plántulas de semillas tratadas magnéticamente crecieron más altas que las del testigo. La longitud total media más larga se obtuvo de plántulas expuestas a 125 y 250 mT durante 24 horas. Se supone que los campos magnéticos externos mejoran el vigor de la semilla al influir en los procesos bioquímicos al estimular la actividad de proteínas y enzimas. Numerosos estudios sugirieron que el campo magnético aumenta la absorción de iones y consecuentemente mejora el valor nutricional durante 24 horas (Flórez et al., 2014).

Los efectos de la exposición a un campo magnético en los sistemas vivos, particularmente en la germinación de semillas y el crecimiento de plantas, han sido objeto de muchos estudios. En general, el incremento del crecimiento debido a la exposición de un campo magnético parece ser que ha sido confirmado por muchos científicos.

Algunos han intentado determinar los efectos relacionados con la germinación de las semillas, tales como cambios en la actividad bioquímica, curvatura, magnetotropismo y tasa de germinación. Una inducción de la curvatura de la raíz primaria en plántulas de rábano en un campo magnético estático; las raíces respondieron trópicamente al campo magnético, con el tropismo que parece ser negativo se observó que estas raíces respondieron significativamente al polo sur del imán (Yano et al., 200; citado por Flórez et al., 2014).

La aplicación de dosis de campo magnético de 4 mT y 7 mT promovió las proporciones de germinación de las semillas de frijol y trigo (Cakmak et al., 2010; citado por Flórez et al., 2014). Las plantas de chicharon tratadas magnéticamente crecieron más altas y más pesadas que el testigo; las mayores diferencias se observaron en las semillas tratadas con dosis de 125 mT y 250 mT, durante 24 horas o permanentes (Carbonell et al., 2011; citado por Flórez et al., 2014).

Los efectos positivos en las características de las plantas tales como la tasa de germinación de la semilla, el desarrollo de brotes, la longitud y el peso de las plantas y el rendimiento son reportados por numerosos autores. El objetivo principal de este estudio es determinar los efectos del tratamiento magnético, además del campo geomagnético, sobre la germinación y el crecimiento inicial de las semillas de triticale. Magnetopriming de semillas secas de garbanzo se puede utilizar de manera efectiva como un tratamiento previo a la siembra para mitigar los efectos adversos de la salinidad en la germinación de la semilla y el

crecimiento temprano de las plántulas (Thomas et al., 2013; citado por Flórez et al., 2014).

Un efecto significativo del campo magnético estático no uniforme en el rendimiento de la semilla de tomate con respecto a la humanidad relativa, se observa durante la imbibición de la semilla en lugar de durante las etapas de desarrollo posteriores. El tratamiento de la siembra previa a la siembra en campo magnético se puede usar prácticamente para mejorar el crecimiento y el rendimiento en la variedad de guisante (Iqbal et al., 2013; citado por Flórez et al., 2014).

Los primeros estudios de aplicación de campos magnéticos a especies vegetales comenzaron con Savostin (1930) citado por Carbonell et al., (2013), que observó un incremento en la tasa de crecimiento de las plántulas procedentes de semillas de trigo tratadas con campos magnéticos estacionarios.

Posteriormente, Pittman (1963) citado por Carbonell et al., (2013) expuso semillas de cebada, lino, avena y centeno, durante 48 horas a un campo magnético estacionario de intensidad 254 mT durante 48 horas. Las semillas se orientaron unas con el eje longitudinal paralelo a las líneas de fuerza del campo magnético y otras perpendicularmente a ellas. Concluyó que la presencia del campo magnético y la orientación del eje longitudinal de las semillas respecto a las líneas de fuerza de dicho campo aumentaban la velocidad de germinación de las semillas.

Durante los años 60 y 70, muchos son los investigadores dedicados a aclarar los efectos producidos por los campos magnéticos en distintas especies vegetales; se destacan los trabajos desarrollados por: Mericle et al., (1964) citados por Carbonell et al., (2013) con cebada;

Pittman (1965) citado por Carbonell et al., (2013) con judías y maíz; Shultz et al., (1996) citados por Carbonell et al., (2013) con semillas de cebada, maíz, pepino, veza y rábano; Chao y Walker (1967) citados por Carbonell et al., (2013) estudiaron la germinación de semillas de manzana, albaricoque y melocotón ; Chauvasv (1967) citado por Carbonell et al., (2013) comprobó que cuando las semillas de trigo y maíz se orientaban en la dirección norte-sur del campo geomagnético las plántulas mejoraban su crecimiento;

Lebedev (1977) citado por Carbonell et al., (2013) expuso la cebada durante tres semanas a campos magnéticos estacionarios de 10 mT y comprobó un decrecimiento de hasta un 12% del peso fresco de los primeros brotes y de un 35 % de las raíces, así como de 19 y 48 % del peso seco respectivamente;

Gusta et al., citados por Carbonell et al., (2013) trataron semillas de trigo, avena y cebada a cinco intensidades de campo magnético de 0, 25, 50,100 y

150 mT, las semillas de trigo tratadas con 150 mT mostraron mayor velocidad de germinación, tras 48 horas, comparado con el control.

Los estudios continuaron durante las siguientes décadas, poniendo en evidencia el efecto positivo de los campos magnéticos estacionarios en la germinación y crecimiento de plantas. Pietruszewski (1993) citados por Carbonell et al., (2013), trabajando con campos magnéticos de pequeña intensidad (comprendidos entre 10 y 30 mT), estudio el efecto en las propiedades biofísicas en cosechas de trigo. Phirke et al., citados por Carbonell et al., (2013) estudiaron el efecto de la intensidad del campo magnético y tiempo de exposición en la producción de granos de soja, algodón y trigo.

De acuerdo con Shimazaki y Shikuoka (1986) citados por Torres et al., (2008), las semillas afectadas por campos magnéticos germinan con mayor intensidad. Jristova (1986) y Savelev (1988) citados por Torres et al., (2008), propusieron que el efecto biológico del tratamiento magnético en las semillas depende de varios factores, entre los que se mencionan el régimen del tratamiento y la humedad de las semillas a tratar.

Por otra parte, otros autores opinan que el efecto estimulador del campo magnético sobre los objetos biológicos puede atribuirse a un incremento de la actividad enzimática (Ghole, 1986; Osipova, 1990; citados por Torres et al., (2008) y al aumento de la eficiencia de los procesos relacionados con la división celular (Pittman, 1965; citado por Torres et al., (2008); sin embargo, otras opiniones sugieren que es debido a cambios producidos en la permeabilidad de las membranas y a la sensibilidad de los mecanismos de transporte a través de ellas (Newman, 1987; Osipova, 1990 citados por Torres et al., (2008).

Con relación a incrementos en la germinación, se han obtenido resultados positivos: en semillas de arroz (Martínez et al., 1999; citados por Torres et al., (2008) y cebada (Martínez et al., 2000; citados por Torres et al., (2008), trabajando con intensidades de 150 mT y tiempos de exposición de 1, 10, 20, 60 min, 24 h y exposición crónica; en semillas de tabaco (Aladjadjiyan y Ylieva, 2003; citados por Torres et al., (2008) y en maíz (Aladjadjiyan, 2002; citado por Torres et al., (2008), trabajando con campos de 150 mT; en bellotas de alcornoque (Celestino et al., 2000; citados por Torres et al., (2008); en semillas de mostaza, con incrementos en su producción (Edmiston, 1972; citado por Torres et al., (2008).

Igualmente, se han examinado otras variables fisiológicas para las etapas de crecimiento en distintos cultivos de interés agronómico y forestal (Pittman, 1963 y 1972; Pittman y Ormrod, 1971; Namba et al., 1995; citados por Torres et al., (2008), para el crecimiento en plantas de tomate (Dayal y Shing, 1986; citados por Torres et al., (2008) e incrementos en su producción (De Souza y Garci, 1999; De Souza et al., 2006; citados por Torres et al., (2008) y para el

algodón (Leelapriya et al., 2003; citados por Torres et al., (2008). Muraji et al., (1998) citados por Torres et al., (2008) hablan sobre el crecimiento radicular en el maíz.

Los efectos sobre frutos inmaduros de tomate han sido estudiados por Boe y Salunkhe (1963) citados por Torres et al., (2008). Los posibles efectos estimulantes de los campos magnéticos sobre el incremento de la germinación de semillas y el aumento de biomasa en plantas de diferentes especies han sido reportados desde hace varias décadas (Audus, 1960; citados por Torres et al., (2008).

Sin embargo, los mecanismos que producen esos efectos no se han precisado y Phirke et al., (1966) sugieren que, medidas como el incremento en longitud y peso de las plantas, podrían explicarse por cambios bioquímicos y alteraciones en la actividad enzimática. Por otra parte, Takimoto et al., (2001) citados por Torres et al., (2008) reportaron que la utilización de campos magnéticos de baja frecuencia en la germinación de semillas puede suprimir los efectos adversos generados por condiciones de altas temperaturas y humedades, pero dependiendo de la intensidad y frecuencia del campo magnético utilizado (Staselis y Duchovskis, 2004; citados por Torres et al., 2008).

Los estudios bioquímicos de semillas después de tratamientos magnéticos muestran un incremento en la actividad de  $\alpha$ -amilasa, lo que indica un incremento en la producción de la hormona vegetal giberelina y la actividad de la enzima hidrolítica fosfatasa ácida. La respuesta de semillas a campos magnéticos de intensidad variable demuestra la posibilidad de controles

Electromagnéticos en los procesos de crecimiento (Kalinin et al., 2005; citados por Torres et al., 2008).

Sin embargo, el elevado número de factores que intervienen en la interacción campo magnético-ser vivo dificulta el establecimiento de mecanismos de acción, por lo que deben tener mayor comprobación (Carbonell et al., 2005; citados por Torres et al., 2008).

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

El experimento se realizó en el laboratorio de suelos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna en Torreón, Coahuila bajo condiciones controladas. E inicio el día 11 de Octubre del 2016.

La semilla utilizada fue de melón chino de la marca Emerald.

Se utilizaron cajas Petri para la germinación de las semillas, a cada caja se le agrego papel filtro y 25 semillas que se regaron con agua destilada contenida en una pipeta, bajo luz natural y con una temperatura mínima y máxima de 18-25 °C.

El campo magnético estático se generó con imanes permanentes de anillo o toroidales de cerámica o ferrita; que se compraron en una empresa llamada Magnetika ubicada en la Cd. de Guadalajara México, con las dimensiones y el flujo de campo magnético como lo muestra el cuadro 2.

Cuadro 2.- Imanes utilizados en el experimento con diámetros y espesor en mm, Br (campo magnético remanente) y Bm (campo magnético real) en mT.

	Diámetro exterior	Diámetro interior	Espesor	Br max	Bm
Imán anillo cerámico o ferrita	87.75	32.4612	10.8	385	38.5

A dichos imanes se les realizaron las mediciones de campo magnético con un Gaussímetro marca F.W. Bell con sonda transversal modelo ETS 18-0404.



Fig. 1. Medición del campo magnético real BM del iman de anillo cerámico o de ferrita

Se expusieron las 25 semillas de melón colocadas en las cajas Petri con papel filtro humedecido con agua destilada a una intensidad de campo magnético de 38.5 mT así como distintos tiempos de exposición (1 hr, 24 hrs, exposición

crónica); como lo indica el cuadro 2. Las cajas Petri fueron etiquetadas y colocadas al azar.

Se establecieron cinco repeticiones por tratamiento en un diseño experimental completamente al azar.

Cuadro 3.- Tratamientos aplicados a las semillas de melón.

Repeticion	T1	T2	T3	T4
1	Testigo	38.5 mT/1 hora	38.5 mT/ 24 horas	38.5 mT/ crónico
2	Testigo	38.5 mT/1 hora	38.5 mT/ 24 horas	38.5 mT/ crónico
3	Testigo	38.5 mT/1 hora	38.5 mT/ 24 horas	38.5 mT/ crónico

Para cada tratamiento se contó el número de semillas germinadas. Las semillas se consideran germinadas cuando la radícula mide menos de 1 mm. El experimento duro 10 días y se llevaron a cabo los análisis estadísticos siendo estos un análisis de varianza y una comparación de medias (Tuckey) por cada día a partir del día que germino la primer semilla. Se utilizó el paquete estadístico SAS Static Analysis system versión 9.0. Con un nivel de confianza de 95% y la comparación de medias se hizo utilizando el test (Tuckey) con el mismo nivel de confianza.

#### IV.-RESULTADOS Y DISCUSION

En la presente investigación se evaluó el tiempo que tardo la semilla de melón en germinar bajo el efecto de un campo magnético estable generado por un iman permanente de anillo o toroidal de las dimensiones ya descritas y con una intensidad de campo magnético remanente (Br) de 385 mT y una intensidad de campo magnético real medida con un Gaussímetro de 38.5 mT a diferentes tiempos de exposición (1 hr., 24 hr., Crónico). Estos datos de tiempo de germinación revelaron que el campo magnético como tratamiento de semilla de melón mejora significativamente la germinación, disminuyendo el tiempo en que esta ocurre.

Diariamente durante el tiempo que duro el experimento (10 días) se realizó un análisis de varianza (ANVA) y una comparación de medias (Tukey) bajo un esquema de un diseño completamente al azar de 3 tratamientos y un testigo con 5 repeticiones analizados en el paquete estadístico SAS.

En el Día 1 (11 de Octubre del 2016 a las 8:00 am) se realizó la siembra de las 25 semillas de melón en las cajas Petri con papel filtro humedecido. Y a la hora (9:00am) se retiró los imanes de los tratamientos dos donde solo se expone por una hora a las semillas.

El Día 2 a la misma hora se realizó el conteo de las semillas germinadas y se procedió a analizar estadísticamente no encontrándose diferencias significativas entre las medias de los tratamientos. Y cumpliéndose las 24 horas de iniciado el experimento se retiró los imanes de los tratamientos tres donde se expone a las semillas al campo magnético por 24 horas.

En el Día 3 se encontró que el tratamiento 4 que es la exposición crónica al campo magnético, presento el mayor grado de germinación con 4.6 semillas germinadas comparadas con el tratamiento 2 y 3 con 2.6 y 2.8 semillas germinadas respectivamente no presentando diferencia significativa entre ellas pero si contra el testigo o tratamiento 1 (Sin campo magnético) con 1 semilla germinada.

En el Día 4, 5, 6, 7 el tratamiento 4 o exposición crónica al campo magnético siempre fue mejor significativamente en comparación con el tratamiento 3, 2, 1 (24 hr., 1 hr., 0hr) no presentando diferencias significativas entre ellos.

Para los Días 8, 9, 10 las cosas cambiaron siendo ahora las semillas expuestas solo por una hora al campo magnético (T2) las que significativamente germinaron más semillas alcanzando finalmente el día 10, 23 semillas germinadas que representan el 92%. Y las semillas expuestas al campo magnético crónico (T4) como segundo lugar alcanzando una media de semillas germinadas de 13 que representan el 52% y finalmente el testigo y el tratamiento con exposición a 24 hrs de campo magnético, no presentaron diferencias significativas entre ellos con 8.8 y 9.4 semillas germinadas respectivamente que representan el 35.2% y 37.6%.

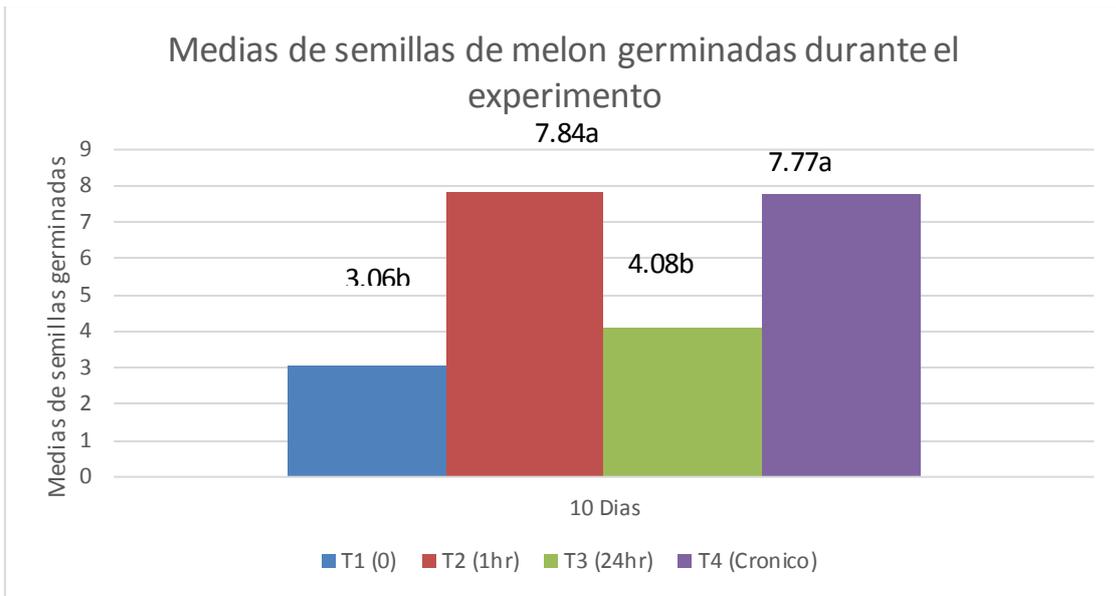


Figura 2.- Medias de semillas de melón germinadas.

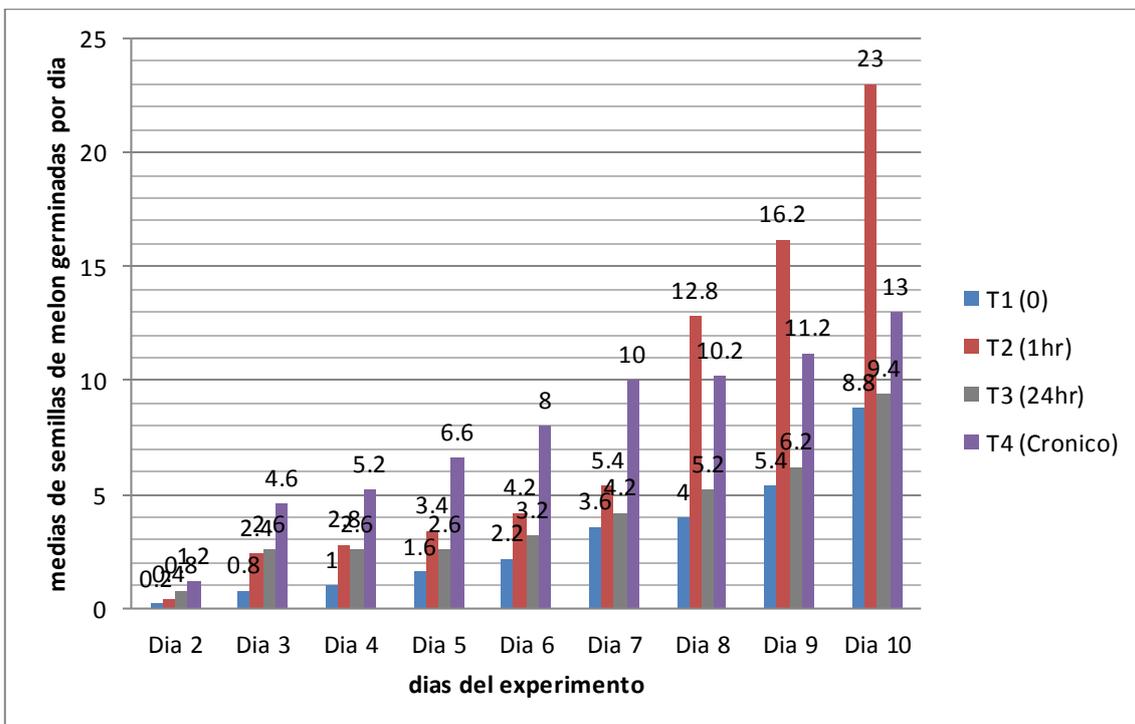


Figura 3.- Medias de semillas de melón germinadas por día.

Las gráficas 1 y 2 muestran el comportamiento de la germinación de las semillas de melón día con día y finalmente de los diez días que duro el experimento. Al analizar conjuntamente los resultados obtenidos, es evidente que la exposición de semillas de melón a un campo magnético estable o estacionario, aumenta el número de semillas germinadas y reduce el tiempo en que ocurre la germinación, esto nos muestra que el campo magnético tiene un efecto positivo en el proceso de germinación.

En otras investigaciones se han obtenido resultados similares, dependiendo de la intensidad del campo magnético, tiempo de exposición, del tipo de semillas y otras condiciones climáticas y de diseño del experimento. Carbonell (2000) reporto que las semillas de arroz magnéticamente tratadas germinan antes que las no tratadas. Las plántulas fueron mayores y más pesados que los controles cuando las semillas fueron expuestas permanentemente a 125 o 250 mT de campos estáticos (Flórez et al., 2004). Podlesni et al (2004) confirma el efecto positivo del tratamiento magnético sobre la germinación de frijol con 30 y 85 mT.

La germinación es acelerada después de la estimulación magnética de semillas de trigo con intensidades de campo magnético de 30, 45 y 60 mT (Pietruszeski et al., 2010). Semillas de soja expuestas antes de su siembra (pretratamiento o tratamiento en seco) a un campo magnético estacionario de 125, 250 ó 300 mT, durante 10 y 20 minutos y 1 y 24 horas, produjeron un aumento en su velocidad de germinación. (Carbonell P. M. G., 2013).

El tratamiento magnético de 100 y 200 mT por 5 y 20 min antes de la siembra en semillas de melón mejora el porcentaje de germinación, longitud de raiz, índices de vigor I y II, pesos fresco y seco de plántulas, área foliar, alfa amilasa, proteasa, catalasa, clorofila "a" y "b" hasta 14.6%, 36.4%, 22.8% 40.6%, 28.8%, 9.6%, 12.9%, 50.0%, 80.0%, 92.5%, 36.5%, 50.4% y 80.9%, respectivamente. (Iqbal M., 2016)

## VI.-BIBLIOGRAFIA

Anonimo. 1998. Memoria del curso HACCP. Instituto de procesadores de alimentos y la alianza internacional del HACCP. Junio 9-11. Mexico D.F.

Akoyunoglou, G., 1964. Effect of a magnetic field on carboxydimutase. *Nature* 4931, 452-454.

Aladjadjian, A. 2002. Study of the influence of magnetic field on some biological characteristics of *Zea mays*. *Central Europ. Agr.* 3(2), 89-94.

Aladjadjian, A. y T. Ylieva. 2003. Influence of stationary magnetic Feld on the early stages of development of tobacco seeds (*Nicotina tabacum* L). *Central Europ. Agr.* 4(2), 132-136.

Arroyo R., 2000. Perfil de melón. In: perfil de Producto Ayote, Chile Picante, Limón Mesina, Melón, Papaya, Sandía y Tomate. Consejo Nacional de Producción (CNP), Dirección de Mercadeo Agropecuario. San José, Costa Rica. p. 33-53.

Beiser A. 1978. TEORIA Y PROBLEMAS DE FISICA APLICADA, McGRAW-HILL DE MEXICO. México. P.190-194.

Audus, L.J. 1960. Magnetotropism: a new plant-growth response. *Nature* 185, 132-134.

Belyavskaya N.A., 2004. Biological effects due to weak magnetic field on plants. *Advances in Space Res.*, 34, 1566- 1574.

Boe, A.A. y D.K. Salunkhe. 1963. Effect of magnetic Fields on tomatoes ripening. *Nature* 199, 91-92.

Brown R. N. y N. R. Suarez. 1991. U.S. Markets for Caribbean Basin Fruits and Vegetables: Selected Characteristics for 17 Fresh and Frozen Imports, 1975-87. USDA-ERS. Washington DC. Statistical Bulletin Number 821.

Cakmak T. Dumlupinar R. Erdal S. 2010. Acceleration of germination and early growth of wheat and bean seedlings under various magnetic field and osmotic conditions. *Bioelectromagnetics* 2 (31): 120-129.

Cano R., P. 1994. Híbridos de melón en cama angosta. In: S. Flores A. (ed) Cuarto día del melonero. INIFAP-CIRNOC-CELALA. Matamoros, Coahuila.. Publicación especial No 47: 25-33.

Cano R., P y V. H. González V. 2002. Efecto de la distancia entre camas sobre el crecimiento, desarrollo, calidad de fruto y producción de Melón (*Cucumis melo* L.). CELALA-INIFAP-SAGARPA. Matamoros, Coahuila, México. Informe de investigación.

Carbonell M. V. Florez M. Martinez E. Maqueda R. Amaya J.M. 2011. Study of stationary magnetic fields on initial growth of pea (*Pisum sativum* L.) seeds. *Seed Science and Technology* 39: 673-679.

Carbonell, M.V., Martínez, E. and Amaya, J.M. (2000). Stimulation of germination in rice (*Oryza sativa*, L.) by a static magnetic field. *Electro-and Magnetobiology*, 19, 121-128.

Carbonell P. M.V., Ramírez M.E., Flórez G.M. 2013. Tratamiento magnético como técnica estimulante de la germinación de semillas de soja. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*, 12: 119-127.

Carbonell, M.V., E. Martínez y M. Flores. 2005. Influencia de campos magnéticos estacionarios de 125 mT en la germinación de semillas de girasol. *Revista Eidenar* 1(3), 34-39.

Casseres E. 1996. Producción de hortalizas. Editorial IICA-OEA. Lima, Perú. P.215.

Castagnino A. M., 2008. Manual de cultivos hortícolas innovadores. 1ª edición. Hemisferio Sur. Buenos aires, Argentina. P. 182.

Celestino, C., M. Picazo y M. Toribio. 2000. Influence of chronic exposure to an electromagnetic Field on germination and early growth of *Quercus suber* seeds: preliminary study. *Electro-magn. Biol. Med.* 19(1), 115-120.

Chausav, R.P. (1967). Effect of magnetic field and rotation of the Earth on seed germination and shoot growth. *Fizologiya Rast* 14, 540-543.

Dayal, S. y R.P. Shing. 1986. Effect of seed exposure to magnetic Field on the height of tomato plants. *Ind. J. Agr. Sci.* 56(6), 483-486.

De Souza, A. y D. Garci. 1999. Efecto del tratamiento magnético de semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) sobre la germinación y el crecimiento de las plántulas. *Investigación Agronómica de Protección Vegetal* 14(3), 437-444.

De Souza, A., D. Garci, L. Sueiro, <sup>3</sup>. Gilart, E. Porras y L. Licea. 2006. Pre-sowing magnetic treatments of tomato seeds increase the growth and yield of plants. *Bioelectromagnetics* 27, 247-257.

Edmiston, J. 1972. The effect of the Field of a permanent magnet on the germinations and growth of white mustard (*Brassica alba* L.) seeds. *Intl. J. Biometeor.* 16(1), 13-14.

Elizondo P., A. 2001. Melón. Consejo Nacional de Producción, Servicio de Información de Mercados. San José, Costa Rica. Boletín 1, Año 6. Pagina Web: [www.mercanet.cnp.go.cr](http://www.mercanet.cnp.go.cr)

Espinoza A., J.J. 1998. Mexico- U.S.- Caribbean nations melón trade: A simulation análisis of economic forces and government polices. PhD. Dissertation. Texas A&M University. P. 4

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1990-2000. Anuarios de Producción. Roma, Italia. Pagina Web: [www.fao.org](http://www.fao.org)

FAO. 2013. Cultivos [en línea]. Disponible en <http://faostat.fao.org/beta/en/#data/QC> (revisado el 19 de noviembre del 2016).

Farooq, M. B. (2007). Osmopriming im-proves the germination and early seedling growth of melons (*Cucumis melo* L.). *Pak. J. Agric. Sci.*, 44, 529-536.

Fernández R., del Carmen M. 2005 ACELERACIÓN DE GERMINACIÓN DE SEMILLAS CON PRODUCTOS QUÍMICOS Y NATURALES NO CONTAMINANTES DEL MEDIO AMBIENTE. Revista Cubana de Química, vol. XVII, núm. 3. p. 23 Universidad de Oriente Santiago de Cuba, Cuba.

Flórez, M., Carbonell, M.V. and Martínez, E. (2004). Early sprouting and first stages of growth of rice seeds exposed to a magnetic field. *Electromagnetic Biology and Medicine* 23, 167-176.

Florez M., Martinez E., Carbonell M.V., Alvarez J., Campos A. 2014. Germination and initial growth of triticale seeds under stationary magnetic treatment. Journal: JOURNAL OF ADVANCES IN AGRICULTRE. Vol 2. Madrid, España.

Fuller S. Y C. Hall, 1990. Economic Trends of the melon industry in Texas and the United States. The Texas Agricultural Experiment Station. College Station, TX. Bulletin #MP-1702.

Ghole, V.S. 1986. Effect of magnetic Field on ascorbic acid oxidase activity. I. *Z. Naturforsch.* 41c, 355-358.

Gubbels, G.H., 1982. Seedling growth and yield response of flax, buckwheat, sunflower and field pea after presowing magnetic treatment. *Can. J. Plant Sci.* 62, 61–64

Guenkov, G. 1974. Fundamentos de la horticultura Cubana. Instituto cubano del libro. La Habana, Cuba.

Gusta, L.V., Kirkland, K.J. and Austenson, H.M. 1978. Effects of brief magnetic exposure on cereal germination and seedling growth. *Canadian Journal of Plant Science*, 58: 79-86.

Hartz T., K. Mayberry y J. Valencia. 1997. *Cantaloupe Production in California*. Vegetable Research and Information Center. University of California. Division of Agriculture and Natural Resources. Vegetable Production Series. Publication 7218. Davis, California.

Hecht, D. 1997. Cultivo del melon, p. 1. In: *Seminario Internacional sobre: Produccion de hortalizas en diferentes condiciones ambientales*. Shefayim, Israel.

Iqbal M. Ahmad I. Hussain S. M> 2013. Optimization of pre-sowing magnetic field doses trough RSM in pea. *International Agrophysics*, 27 (3): 256-273.

Johnson, H. 1981. Plant characteristics, p.5. In: *Muskmelon production in California*. Division of Agricultural Sciences, University of California. Leaflet 2671.Ü

Jristova, M. 1986. Técnicas de irradiación en la agricultura y la industria alimenticia, pp. 87-113. En: *Memorias II Escuela para los problemas actuales de las ciencias nucleares*, La Habana, 1985 (Universidad de la Habana). Centro de información de la energía nuclear, Sección II: Aplicaciones de las técnicas nucleares a la economía nacional.

Kalinin L.G., I.L. Boshkova, G.I. Panchenko y S.G. KolomiÄchuk.2005. The influence of a low- and high-frequency electromagnetic Fields on seeds. *BioFsika* 50(2), 361-366.

Kavi, P.S., 1983. The effect of non-homogeneous gradient magnetic field susceptibility values in situ ragi seed material. *Mysore J. Agric. Sci.* 17, 121–123.

Leaño, F. 1978. Melon en: *Hortalizas de fruto ¿como?, ¿cuando?, ¿donde?* Manual del cultivo maduro. Traducción del suizo. Ed. DelVACCHI; Barcelona, España.

Lebedev, S. I., Baranskiy, P. I., Litvinenko, L.G. and Shiyan, L.T. (1977). Barley grwth in superweak magnetic field. *Electronic Treatment of Materials* 3, 71-73.

Leelapriya, T., K.S. Dhilip y P.V. Sanker Narayan. 2003. Effect of weak sinusoidal magnetic on germination and yield of cotton (*Gossypium ssp.*). *Electromagn. Biol. Med.* (2), 117-125.

Marco, M.H. 1969. El melon: Economía, producción y comercialización. Editorial Acribia. España. Pp. 42-45, 49-52, 53-64.

Maroto J. V. 2002. Horticultura herbácea especial. 5.<sup>a</sup> edición. Valencia, España: ediciones Mundi-Prensa pp. 496-532.

Martínez, E., V. Carbonell y C. Duarte. 1999. Efecto del tratamiento magnético en la germinación de arroz (*Oryza sativa*). Alimentaria 304, 95-98.

Martínez, E., M.V. Carbonell y J. Amaya. 2000. A static magnetic Field of 125 mT stimulates the initial growth stages of barley (*Hordeum vulgare* L.). Electromagn. Biol. Med. 19(3), 271-277.

Martinez E., Carbonell M.V., Florez M. 2008. Germination of tomato seeds (*Lycopersicon esculentum* L.) under magnetic field. Internation Agrophysics. Madrid, España.

Mericle R.P., Mericle L.W., Smith A.E., Campbell W.F., Montgomery D.J. 1964. Plant Growth Response. (Capitulo 9 del libro Biological Effects Of Magnetic Fields Plenum Press. New York, autor Barnothy M.F).

Muraji, M., T. Asai y W. Tatebe. 1998. Primary root growth of Zea mays seedlings grown in an alternating magnetic Field of different frequencies. Bioelectrochemistry and Bioenergetics 44(2), 271-273.

Namba, K., A. Sasao y S. Shibusawa. 1995. Effect of magnetic Field on germination and plant growth. Acta Hort. 399, 143-148.

Newman, E. 1987. Electromagnetic Fields and ionic reactions at membrane interfaces. Studia Biophysica 119(1-3), 13-15.

Osipova, L.D. 1990. Influencia de los campos magnéticos sobre los tejidos de callos de frutales (en ruso). Biull. Cent. Ord. Trud. Krasn. Zn. Genet. Lab. Im. Michurina 49, 22-25.

Parsons, D. B. 1983. Manual para la Educación Agropecuaria. Cucurbitáceas. Área de Producción Vegetal. S. E. P. Ed. Trillas. México. p. 16,23 y 48.

Parsons D. B. 2007. Manual para educación agropecuaria. Producción vegetal 18. Cucurbitaceas. Trillas. 3ra edición. Mexico DF.

Phirke, P.S., Kubde, A.B., and Umbakar, S.P. 1996. The influence of field on plant growth. Seed Science & Technology 21: 621-626.

Phirke, P.S., A.B. Kubde y S.P. Umbarkar. 1996. The influence of magnetic Field on plant growth. Seed Sci. Technol. 24, 375-392.

Pietruszewski, S. 1993. Effect of magnetic seed treatment on yields of wheat. *Seed and Technology* 21: 621-626.

Pietruszewski, S., 1996. Effects of magnetic biostimulation of wheat seeds on germination, yield and proteins. *Int. Agrophys.* 10 (1), 51–55.

Pietruszewski P and Kania K. 2010. Effect of magnetic field on germination and yield of wheat. *International Agrophysics*, 24: 297–302.

Pittman, U.J. 1963. Effects of magnetism of seedling growth of cereal plants. *Biomed. Sci. Instrument.* 1, 117-122.

Pittman, U.J., 1963. Magnetism and plant growth I. Effect on germination and early growth of cereal seeds. *Can. J. Plant Sci.* 43, 512–518

Pittman, U.J. 1965. Magnetism and plant growth. III. Effect on germination and early growth of corn and beans. *Can. J. Plant Sci.* 45, 549-555.

Pittman, U.J., Ormrod, D.P., 1970. Physiological and chemical features of magnetically treated winter wheat seedling. *Can. J. Plant Sci.* 50, 211–217.

Pittman, U.J. 1972. Biomagnetic responses in potatoes. *Can. J. Plant Sci.* 52, 727-733.

Pittman, U.J. y D.P. Ormrod. 1971. Biomagnetic responses in germinating malting barley. *Can. J. Plant Sci.* 51, 65-65.

Podlesni, J., Pietruszewski, S. and Podlesna, A. (2004). Efficiency of the magnetic treatment of broad bean seeds cultivated under experimental plot conditions. *International Agrophysics*, 18, 65-71.

Ramirez Barraza, B. A., Garcia Salazar, J. A., Mora Flores, J. S. 2014. Producción de melon y sandia en la comarca lagunera: un estudio de planeación para reducir la volatilidad de precios.

Rex, V.C. 1969. El Mercado de Frutas y Legumbres Mexicana en Estados Unidos Y Canada. Banco Nacional de Comercio Exterior. *Revista Comercio Exterior*, Vol. 19(4): 225:232. Mexico.

Rosa, S. 1995. U.S Imports of Horticultural Products From Caribbean Basin Initiative Countries Increase in 1994. In: *World Horticultural Trade & U.S. Export Opportunities*. USDA, Washington, D.C.

Sabori P., R. 1995 Efecto de la fertilización con K y P en producción y calidad del melon (*Cucumis melo* L.). In VI Congreso nacional de Horticultura, Sociedad Mexicana de Ciencias Horticolas A. C., Hermosillo Sonora p. 69

- Salvat, 1979. Diccionario Enciclopédico. Editores Barcelona, España.
- Savelev, B.A. 1988. Formas de determinar el efecto estimulador en semillas de trigo (en ruso). Nauki 2, 19-23.
- Savostin, P.W. (1930). Magnetic growth relations in plants. Planta 12 : 327.
- Schultheis, J. R. 1998. Muskmelons (Cantaloupes). North Carolina Cooperative Extension Service. NCSU. Leaflet Hil-8.
- Seale, J. 1992. Vegetables Trade in the Caribbean Basin Initiative. IN: Vegetables Markets in the Western Hemisphere. Lopez R. and L. Polopolus, eds. Iowa State University Press. Ames, IA.P.202-216.
- Shimazaki F. y H. Shizuoka. 1986. VerFahren zur Herstellung von Magnitisiertem. Patente P36138916.
- Shultz A. Smith P. Dycus A.M. 1996. Effects on early plant growth from nulled and directional magnetic field environments (abstract). In: Presented at 3<sup>rd</sup> Int. Biomagnetic Symp., Chicago, pp. 67-69.
- Siap. 2016. Avance de siembras y cosechas [en línea]. Disponible en [http://infosiap.siap.gob.mx/Agricola\\_siap/AvanceNacionalCultivo.do;jsessionid=2F29033AC995CAED075F6472540C331B](http://infosiap.siap.gob.mx/Agricola_siap/AvanceNacionalCultivo.do;jsessionid=2F29033AC995CAED075F6472540C331B) (revisado el 19 de noviembre del 2016).
- Staselis A. y P. Duchovskis. 2004. Impact of electromagnetic field on morphogenesis and physiological indices of tomato. Intl.Agrophysics 18(3), 277-283.
- Takimoto, K., H. Yaguchi y J. Miyakoshi. 2001. Extremely low Frequency magnetic fields suppress the reduction of germination rate of *Arabidopsis thaliana* seeds kept in saturated humidity. Biosci. Biotechnol. Biochem. 65(11), 252-255.
- Tamaro, D. 1974. Manual de horticultura. 7 ed. Ed. Gustavo Gili, Barcelona, España.
- Tamaro, D., 1988. Manual de horticultura. Ed. Gustavo Gili. Buenos Aires, Argentina. p 393, 404, 405.
- Thomas S. Anand A. Chinnusamy V. 2013. Magnetopriming circumvents the effect of salinity stress on germination in chickpea seeds. Acta Physiologiae Plantarum, 35 (12), 3401-3411.
- Tipler P.A. Mosca G. 2006. Física PARA LA CIENCIA Y TECNOLOGIA. 5<sup>a</sup> edición. Ed Reverte. España. P. 769.

Tippens P. E., 2001. FISICA CONCEPTOS Y APLICACIONES. Sexta Edicion. McGraw-Hill. Mexico. Pp. 641-643.

Tiscornia, J. R. 1974. Hortalizas de fruto Tomate, pepino, pimiento y otras. Editorial Albatros. Buenos Aires, Argentina

Torres C., Díaz J.E., Cabal P. A., Efecto de campos magnéticos en la germinación de semillas de arroz (*Oryza sativa* L.) y tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Agronomía Colombiana [en línea] 2008, 26 (Sin mes) : [Fecha de consulta: 30 de octubre de 2017] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180314732002>>

USDA (United States Department of Agriculture). National Agricultura Statistics Service (NASS), 2002. Vegetables, 2001 Summary. Washington, DC.

Valadez L., A. 1989. Producción de hortalizas. Ed. Limusa México. P-249.

Valadez L., A. 1994 Producción de hortalizas. Ed. Limusa México.

Yano A. Hidaka E. Fujiwara K. Iimoto M. 2001. induction of primary root curvature in radish seedlings in a static magnetic field. Bioelectromagnetics, 22: 194-199.

Yinan L., Yuan L., Youngqing Y., Chungyang L. 2005. Effect of seed pre-treatment by magnetic field on the sensitivity of cucumber (*Cucumis sativus*) seedlings to ultraviolet-B radiation. Environmental and Experimental Botany, 54, 286-294.

Zapata M., P. Cabrera, S. Bañon y P. Rooth. 1989. El Melon. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España.