



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA  
SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN  
PROGRAMA DE POSGRADO EN INGENIERÍA DE SISTEMAS  
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN INGENIERÍA DE SISTEMAS

**METODOLOGÍA SISTÉMICA PARA INCREMENTO DE  
PRODUCCIÓN DE JITOMATE (*Lycopersicon esculentum*)  
CON TRATAMIENTOS ELECTROMAGNÉTICOS.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA DE  
SISTEMAS**

**PRESENTA**

**JUAN JOSÉ CHÁVEZ ROMÁN**

**DIRECTORES DE TESIS  
Dra. Claudia Hernández Aguilar  
Dra. Rosalba Zepeda Bautista**

**MÉXICO D.F.**

**JUNIO 2011**



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

## ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México, D. F. siendo las 17:00 horas del día 30 del mes de Junio del 2011 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de E.S.I.M.E.-ZAC. para examinar la tesis titulada:

**“METODOLOGÍA SISTÉMICA PARA INCREMENTO DE PRODUCCIÓN DE JITOMATE (lycopersicon esculentum) CON TRATAMIENTO ELECTROMAGNÉTICOS.**

Presentada por el alumno:

**CHÁVEZ**

Apellido paterno

**ROMÁN**

Apellido materno

**JUAN JOSÉ**

Nombre(s)

Con registro: 

A	0	9	0	4	6	1
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de: **MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA DE SISTEMAS**

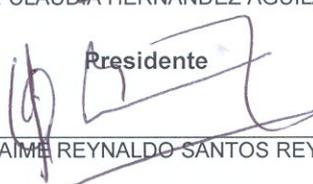
Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

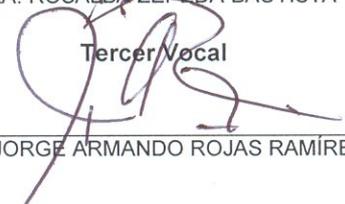
### LA COMISIÓN REVISORA

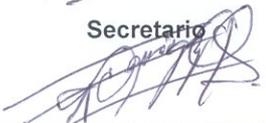
#### Directores de tesis

  
DRA. CLAUDIA HERNÁNDEZ AGUILAR

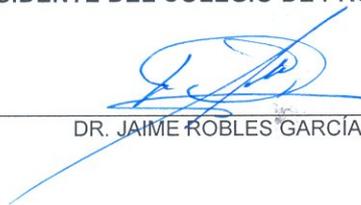
  
DRA. ROSALBA ZERÉDA BAUTISTA

  
DR. JAIME REYNALDO SANTOS REYES

  
DR. JORGE ARMANDO ROJAS RAMÍREZ

  
DR. ARTURO DOMÍNGUEZ PACHECO

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

  
DR. JAIME ROBLES GARCÍA





INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA  
SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN  
PROGRAMA DE POSGRADO EN INGENIERÍA DE SISTEMAS  
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN INGENIERÍA DE SISTEMAS

## CARTA SE CESIÓN DE DERECHOS

En la Cd. De México, Distrito Federal, el día 1 de Julio del 2011 el que suscribe Ing. Juan José Chávez Román alumno del programa de Maestría en Ingeniería de Sistemas con número de registro A090461, ADSCRITO a la sección de Posgrado e Investigación de la ESIME unidad Zacatenco, manifiesta que es autor intelectual del presente trabajo de tesis bajo la dirección de la Dra. Claudia Hernández Aguilar y la Dra. Rosalba Zepeda Bautista y cede los derechos del trabajo titulado: **METODOLOGÍA SISTÉMICA PARA INCREMENTO DE PRODUCCIÓN DE JITOMATE (*Lycopersicon esculentum*) CON TRATAMIENTOS ELECTROMAGNÉTICOS**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben de reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o directores del trabajo de tesis. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: [chavezrji@hotmail.com](mailto:chavezrji@hotmail.com). Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Ing. Juan José Chávez Román

---

## ÍNDICE

Índice general.....	i
Índice de figuras.....	iv
Índice de tablas.....	vi
Glosario de términos y definiciones.....	vii
Lista de acrónimos.....	ix
Resumen.....	1
Abstract.....	2

### INTRODUCCIÓN

i.1 Presentación del proyecto.....	3
i.2 Presentación del documento de tesis.....	6

### 1. MARCO CONTEXTUAL Y FUNDAMENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Contexto de la investigación.....	9
1.1.1 Contexto físico.....	9
1.1.2 Contexto histórico y cultural.....	12
1.1.2.1 Campo electromagnético.....	13
1.1.2.2 Historia de la sistémica.....	16
1.1.2.3 Contexto temporal en jitomate.....	18
1.1.2.3.1 Producción mundial.....	23
1.1.2.3.2 Superficie sembrada y rendimiento a nivel mundial.....	25
1.1.2.3.3 Importaciones.....	28
1.1.2.3.4 Exportaciones.....	31
1.1.2.3.5 Importancia del jitomate en territorio nacional.....	33
1.1.2.3.6 Producción nacional.....	37
1.1.2.3.7 Comercialización, canales de distribución y venta.....	43
1.1.2.3.8 Importancia social en la producción de jitomate.....	45
1.1.2.3.9 Fertilizantes en la actualidad.....	46
1.1.2.3.10FOODAF (fortalezas, oportunidades, objetivos, amenazas y focalización).....	50
1.2 Fundamento de la investigación.....	51
1.3 Justificación del proyecto de tesis.....	51
1.4 Objetivos de proyecto de tesis.....	52
1.4.1 Objetivo general.....	52
1.4.2 Objetivos específicos.....	52
1.5 Hipótesis.....	53
1.6 Tablas de congruencias.....	55

### 2. MARCO TEÓRICO Y METODOLÓGICO

2.1 Marco Teórico.....	57
2.1.1 Teoría general de sistemas.....	57
2.1.1.1 Pensamiento Sistémico.....	60
2.1.2 Agronomía.....	61

2.1.2.1	Ciencia agrícola.....	63
2.1.2.2	Diseño de experimentos.....	63
2.1.2.3	Jitomate.....	64
2.1.2.3.1	Composición.....	65
2.1.2.3.2	Fisiología y morfología de la semilla de jitomate.....	68
2.1.3	Estadística.....	69
2.1.4	Física.....	70
2.1.4.1	Teoría electromagnética.....	71
2.2	Marco Metodológico.....	74
2.2.1	Metodología Sistémica propuesta.....	75
2.2.1.1	Análisis.....	80
2.2.1.2	Diagnóstico.....	80
2.2.1.3	Diseño.....	81
2.2.1.4	Investigación experimental.....	81
<b>3.</b>	<b>APLICACIÓN METODOLOGÍA</b>	
3.1	Investigación experimental.....	83
3.1.1	Experiencia experimental 1.....	83
3.1.1.1	Introducción.....	83
3.1.1.1.1	Objetivo.....	83
3.1.1.1.2	Hipótesis.....	83
3.1.1.2	Materiales y métodos.....	84
3.1.1.3	Resultados obtenidos.....	90
3.1.2	Experiencia experimental 2.....	97
3.1.2.1	Introducción.....	97
3.1.2.1.1	Objetivo.....	97
3.1.2.1.2	Hipótesis.....	97
3.1.2.2	Materiales y métodos.....	98
3.1.2.3	Resultados obtenidos.....	105
3.2	Análisis de resultados.....	107
<b>4.</b>	<b>DISCUSIÓN GENERAL, CONCLUSIONES DEL PROYECTO DE TESIS Y TRABAJOS FUTUROS</b>	
4.1	Discusión general.....	110
4.2	Conclusiones del proyecto de tesis.....	111
4.3	Aportaciones de la investigación.....	113
4.4	Futuros trabajos.....	113
<b>5.</b>	<b>REFERENCIAS</b>	
5.1	Referencias bibliográficas.....	115
<b>6.</b>	<b>ANEXOS</b>	
	Anexo A.....	119

---

Anexo B.....	128
Anexo C.....	135

## Índice de figuras

Figura 1.1	Contexto Social (Elaboración propia, 2011).	10
Figura 1.2	Contexto Físico y temporal (Elaboración propia, 2011).	11
Figura 1.3	Estructura general del espectro electromagnético.	15
Figura 1.4	Jitomate del género <i>Lycopersicon esculentum</i> sembrado en invernaderos de la Universidad Autónoma de Chapingo.	20
Figura 1.5	Posibles rutas de propagación del tomate desde el siglo XVI (Esquinas- Alcázar, 1981).	22
Figura 1.6	Principales países productores de tomate. Fuente: <a href="http://faostat.fao.org">http://faostat.fao.org</a>	24
Figura 1.7	Producción y rendimiento mundial de tomate, 2000-2008. Fuente: (USDA 2009).	26
Figura 1.8	Consumo mundial de tomate, 2000-2005. Fuente: (FAOSTAT, 2005).	28
Figura 1.9	Principales países importadores de tomate. Fuente: <a href="http://faostat.fao.org">http://faostat.fao.org</a>	29
Figura 1.10	Importaciones de tomate de EUA de 1996. Fuente: Vegetables and Specialties, USDA, 1997	30
Figura 1.11	Principales Países exportadores de Tomate Fuente: <a href="http://faostat.fao.org">http://faostat.fao.org</a>	32
Figura 1.12	<i>Evolución de la pobreza por ingresos en las entidades federativas 1992-2008. Fuente: Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), 2009.</i>	35
Figura 1.13	<i>Consumo promedio de alimentos por habitante Fuente: AGROANÁLISIS, AC. con base en información de FAO/FAOSTAT, 2009.</i>	40
Figura 1.14	<i>Precio medio rural nacional de tomate rojo en pesos. Fuente: <a href="http://www.siacon.sagarpa.gob.mx">www.siacon.sagarpa.gob.mx</a></i>	42
Figura 1.15	<i>Canales de distribución. Fuente: sagarpa.</i>	45
Figura 2.1	<i>Clase de sistemas (Peón, 2009).</i>	59
Figura 2.2.	<i>Proceso de Agroecosistema</i>	62
Figura 2.3	<i>Jitomate Mexicano.</i>	64
Figura 2.4	<i>Micrografía de una semilla de jitomate.</i>	68
Figura 2.5	<i>Representación de semilla de jitomate.</i>	68
Figura 2.6	<i>Semilla de jitomate tratada.</i>	68
Figura 2.7	<i>Extracción de semilla de jitomate.</i>	68
Figura 2.8	<i>Proceso de investigación (Elaboración propia, 2011).</i>	75
Figura 2.9	<i>Metodología general que seguí para el desarrollo del proyecto de tesis (Elaboración propia, 2011).</i>	77
Figura 2.10	<i>Metodología para la realización de cada experimento (Elaboración propia, 2011).</i>	78
Figura 3.1	Semillas de jitomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> ).	85
Figura 3.2	Peso de las semillas de jitomate.	85
Figura 3.3	Humedecimiento de semillas de jitomate.	85
Figura 3.4	Dispositivo que se ocupó para la radiación de la semilla, así como su circuito eléctrico.	86
Figura 3.5	<i>Lavado y desinfección de semilleros.</i>	87
Figura 3.6	<i>Substrato, material orgánico.</i>	87
Figura 3.7	<i>Mineral de perlita.</i>	87
Figura 3.8	<i>Mezcla de substrato con mineral de perlita</i>	87
Figura 3.9	<i>Humedecimiento de mezcla.</i>	88
Figura 3.10	<i>Mezcla homogenizada de substrato con mineral perlita.</i>	88
Figura 3.11	<i>Llenado de semilleros con mezcla de substrato con mineral de perlita.</i>	88
Figura 3.12	<i>Siembra de semilla de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>) en semilleros</i>	89
Figura 3.13	<i>Apilamiento de semilleros ya sembrados con semilla de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>).</i>	90
Figura 3.14	<i>Plántulas con su respectivo número asignado al azar</i>	90
Figura 3.15	<i>Porcentajes de emergencia al último día de visita por tratamiento.</i>	92
Figura 3.16	<i>Porcentajes de emergencia al último día de visita por parcela.</i>	93
Figura 3.17	<i>Velocidad de germinación en los días de visita.</i>	94

<i>Figura 3.18</i>	<i>Corte de plántulas por parcela.</i>	95
<i>Figura 3.19</i>	<i>Peso de plántula verde por parcela.</i>	95
<i>Figura 3.20</i>	<i>Peso de masa seca por parcela.</i>	96
<i>Figura 3.21</i>	<i>Medición de pesos de plántulas por parcela con balanza digital.</i>	96
<i>Figura 3.22</i>	<i>Partes del elemento irradiador.</i>	99
<i>Figura 3.23</i>	<i>Elemento irradiador y diferentes tipos de transformadores utilizados en cada tratamiento.</i>	99
<i>Figura 3.24</i>	<i>Plántula de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>) de tres semanas después de la siembra.</i>	100
<i>Figura 3.25</i>	<i>Humedecimiento de las camas del invernadero.</i>	100
<i>Figura 3.26</i>	<i>Fumigación de las camas del invernadero</i>	101
<i>Figura 3.27</i>	<i>Número de parcela y su respectivo tipo de tratamiento.</i>	102
<i>Figura 3.28</i>	<i>Camas de siembra y su respectiva dirección de parcelas.</i>	102
<i>Figura 3.29</i>	<i>Número de plántulas por parcela y distancias de borde y plántula, así como entre plántulas.</i>	102
<i>Figura 3.30</i>	<i>Distancias entre plántulas.</i>	103
<i>Figura 3.31</i>	<i>Trasplante de plántulas de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>).</i>	103
<i>Figura 3.32</i>	<i>Plántulas de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>) de veinte días después del trasplante.</i>	104
<i>Figura 3.33</i>	<i>Plántulas de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>) con sus respectivas tutorías ya realizada.</i>	104
<i>Figura 3.34</i>	<i>Frutos de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>).</i>	105
<i>Figura 3.35</i>	<i>Total de producción de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>) por tratamiento.</i>	106
<i>Figura 3.36</i>	<i>Medición de peso de plántula seca con raíz.</i>	107

## Índice de Tablas

Tabla 1.1	Regiones del espectro electromagnético.	15
Tabla 1.2	Principales Países productores de tomate en toneladas. Fuente <a href="http://faostat.fao.org">http://faostat.fao.org</a>	24
Tabla 1.3	Principales Países importadores en toneladas de tomate. Fuente: <a href="http://faostat.fao.org">http://faostat.fao.org</a>	29
Tabla 1.4	Valor de las importaciones en miles de pesos de los diez principales países del mundo de los años 2003 a 2007. Fuente: <a href="http://faostat.fao.org">http://faostat.fao.org</a>	30
Tabla 1.5	Principales Países exportadores de tomate en toneladas del año 2003 a 2007. Fuente: <a href="http://faostat.fao.org">http://faostat.fao.org</a>	31
Tabla 1.6	Valor de las Exportaciones de tomate en miles de pesos de los años 2003 a 2007. Fuente: <a href="http://faostat.fao.org">http://faostat.fao.org</a>	32
Tabla 1.7	Producción de tomate. Fuente: <a href="http://www.siacon.sagarpa.gob.mx">www.siacon.sagarpa.gob.mx</a>	41
Tabla 1.8	Principales estados en México por producción de toneladas de tomate rojo. Fuente: <a href="http://www.siacon.sagarpa.gob.mx">www.siacon.sagarpa.gob.mx</a>	41
Tabla 1.9	Principales estados de México por valor de la producción de tomate rojo. Fuente: <a href="http://www.siacon.sagarpa.gob.mx">www.siacon.sagarpa.gob.mx</a>	42
Tabla 1.10	Principales estados en México por superficie cosechada de tomate rojo. Fuente: <a href="http://www.siacon.sagarpa.gob.mx">www.siacon.sagarpa.gob.mx</a>	42
Tabla 1.11	Tabla de congruencias (Elaboración propia, 2011).	55
Tabla 2.1	Valor nutricional del jitomate. Fuente: FAO(2008)	67
Tabla 2.2	Marco metodológico para el desarrollo del proyecto de tesis (inicio).	79
Tabla 3.1	Tratamientos y tiempos de exposición	86
Tabla 3.2	Diseño de Bloques Completos al azar.	89
Tabla 3.3	Total de plántulas emergidas.	91
Tabla 3.4	Plántulas emergidas al último día de visita.	91
Tabla 3.5	Tratamientos de la semillas y tipo de transformador utilizado.	98
Tabla 3.6	Diseño de bloques completos al azar.	101
Tabla 3.7	Total de producción de jitomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> ) por tratamiento.	106
Tabla 4.1	Resultados de porcentaje de emergencia por tratamiento al último día de visita.	111
Tabla 4.2	Resultados de porcentaje de emergencia por parcela al último día de visita.	111
Tabla 4.3	Resultados de peso masa verde.	112
Tabla 4.4.	Resultados de peso de masa seca.	112
Tabla 4.5	Mayor y menor producción de fruto.	112
Tabla 4.6	Mayor peso de masa seca de plántula	112

---

## Glosario de términos y definiciones

**Análisis:** Método de investigación reduccionista por el cual se desintegra un sistema complejo en sus componentes y se estudia por separado.

**Bioestimulación:** Acción y efecto de estimular de la vida.

**Agricultura:** Es el arte de cultivar la tierra; son los diferentes trabajos de tratamiento del suelo y cultivo de vegetales, normalmente con fines alimenticios.

**Aleatoriedad:** Es una campo de definición que, en matemáticas, se asocia a todo proceso cuyo resultado no es previsible más que en razón de intervención del azar. El resultado de todo suceso aleatorio no puede determinarse en ningún caso antes de que se produzca. Por consiguiente, los procesos aleatorios quedan englobados dentro del área del cálculo de probabilidad y, en un marco más amplio en el de la estadística.

**Azar:** Es una cualidad presente en diversos fenómenos que se caracteriza por no mostrar una causa, orden o finalidad aparente. Dependiendo del ámbito al que se aplique.

**Experimento:** Es un procedimiento mediante el cual se trata de comprobar (confirmar o verificar) una o varias hipótesis relacionadas con un determinado fenómeno, mediante la manipulación de la o las variables que presumiblemente son su causa.

**Germinación:** proceso en el cual el crecimiento emerge desde un estado de reposo. En un sentido mas general, la germinación puede implicar todo lo que se expande en un ser más grande a partir de una existencia pequeña o germen.

**Bobina:** Carrete sobre el que se enrolla hilo, alambre, etc. Parte de la que se efectúa la transformación de la corriente.

**Ciencia:** Conocimiento sistemático del mundo físico, conocimiento sistematizado, conocimiento adquirido por medio del estudio sistemático.  
Clase de la actividad humana orientada hacia la formulación, sistemática de las posibilidades de repetición hipotética y real de determinados fenómenos que, para sus fines se consideran idénticos.

**Diseño:** Es un proceso creativo que cuestiona los supuestos en los cuales se han estructurado las formas antiguas.

**Diseño experimental:** Es una prueba o serie de pruebas en las cuales existen cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso o sistema, de tal manera que sea posible observar e identificar las causas de los cambios que producen en la respuesta de salida.

---

**Radiación:** Consiste en la propagación de energía en forma de ondas electromagnéticas o partículas subatómicas a través del vacío o de un medio material. La radiación propagada en forma de ondas (rayos X, rayos UV, etc) se llama radiación electromagnética.

**Solenoides:** Un inductor o bobina es un componente pasivo de un circuito eléctrico, que debido al fenómeno de la autoinducción almacena energía en forma de campo magnético.

**Electromagnetismo:** Parte de la Física que estudia las acciones y reacciones de las corrientes eléctricas sobre los campos magnéticos.

**Genotipo:** Conjunto de los genes de un individuo, incluida su composición alélica.

**Holístico:** Relacionado con el holismo como teoría y con las ideas defendidas por el holismo. Que da énfasis a la relación funcional u orgánica entre las partes y los todos.

**Inducción Magnética:** vector que mide la densidad de flujo magnético en una sustancia. Su unidad en el sistema internacional es el tesla.

**Integral:** Completo, donde entra la composición del todo y es cuando se requiere considerar todas las partes internas que lo componen y las externas que tienen influencia en el sistema.

**Plántula:** Plantita de temprana edad.

**Productividad:** Eficiencia en el uso de los recursos de una organización, medida por el volumen de producción satisfactoria por empleado o por hora-hombre o por jornada-hombre, etc.

**Semilla:** Parte del fruto de los vegetales que contiene el germen de una nueva planta.

**Teoría general de sistemas:** Una disciplina relativamente nueva, que proporciona fundamento y apoyos teóricos al enfoque de sistemas teoría general de sistemas aplicados.

**Variabes:** Cada elemento que compone o existe dentro de los sistemas y subsistemas.

**Vigor de la semilla:** Conjunto de propiedades que garantizan el crecimiento de la semilla en un amplio rango de condiciones de campo.

---

## LISTA DE ACRÓNIMOS

**USDA:** Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

**FAO/FAOSTAT:** Organización de los Estados Unidos de Alimentación y Agricultura.

**SAGARPA:** Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

**INIFAP:** Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

**ISTA:** Asociación internacional de Pruebas de Semillas.

**CONEVAL:** Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social.

---

## RESUMEN

El jitomate mexicano por su sabor, calidad, aporte nutricional y épocas de cosecha que se tienen en las diversas regiones agrícolas de México, es un producto agrícola de mayor preferencia por los consumidores; además su relevancia que patente por las remesas de divisas que genera y conforman parte del producto interno bruto de México.

En este trabajo de tesis se plantea una metodología sistémica para el estudio de los efectos producidos en semillas de jitomate (*Lycopersicon esculentum*) bajo efectos biofísicos pre-siembra, en base a un análisis de los principales factores que afectan la producción de jitomate.

Para esto se contemplaron varias fases, fase 1.- Se determinan todos los elementos referentes al problema de estudio, se expone la problemática a solucionar, fase 2.- La segunda fase comprende la identificación de factores que intervendrán en el desarrollo de los ensayos experimentales, fase 3.- En esta fase Seleccionar las variables experimentales a analizar que ayuden a demostrar la hipótesis planteada, fase 4.- En la cuarta fase, seleccionar el tipo de ensayo experimental a emplear, determinar el tamaño de muestra, el número de replicas a emplear, fase 5.- Realizar el ensayo experimental, observando la evolución de los ensayos experimentales propuestos, fase 6.- Analizar todos los resultados obtenidos de los ensayos experimentales, fase 7.- Presentar las conclusiones en base al análisis de los resultados, se plantean recomendaciones y trabajos futuros.

---

## Abstract

The culture of tomato in our country has deep millenarian roots, in spite of the concerted efforts continues being a vulnerable culture the climatic changes, this situation causes that it is diminished the surface of sowing, causing practical speculative, intermediarismo in first stages of commercialization and that in many occasions means an honorable load for the economy farmer.

In this thesis work I consider like objective, a systemic methodology for the study of the effects produced in seeds of tomato under biophysic effects pre-sowing, on the basis of an analysis of the main factors that affect the tomato production.

For this several phases were contemplated, phase 1. - To determine all the referring elements to the study problem, exposes the problematic one to solve, phase 2. - In this second phase to select the factors that will take part in the development of the experimental tests, phase 3. - To select the experimental variables to analyze that they help to demonstrate the raised hypothesis, phase 4. - In the fourth phase, to select the type of experimental test to use, to determine the size of sample, I number of replicas to use, phase 5. - To realize the experimental test, observing the evolution of the proposed experimental tests, phase 6. - To analyze all the obtained results of the experimental tests, phase 7. - To present/display the conclusions on the basis of the analysis of the results, future recommendations and works consider.

---

## INTRODUCCIÓN

La introducción se ha dividido en dos secciones: i.1) La primera se presenta el proyecto, i.2) en la segunda se presenta un introducción del documento de tesis.

### **i.1 Presentación del proyecto**

En el ámbito mundial las aplicaciones de la biotecnología en la agricultura y el medio ambiente han sido más limitadas que las predicciones que se hicieron al respecto desde la década de los años setenta. Sin embargo, hay varias innovaciones que han traspasado el umbral del laboratorio y/o de la prueba piloto y que ya tienen un uso comercial de varios años que nos permiten evaluar su influencia, (Chávez et al., 2009). En este trabajo se presentan algunos elementos respecto a esta influencia, mismos que difieren de aquellos sucedidos en los países desarrollados.

El empleo de campo magnético aplicado a la agricultura ha tenido buena aceptación en diversas partes del mundo. La mayor parte de las investigaciones se han destinado con el objetivo de mejorar la calidad de la semilla por medio de la estimulación de sus respuestas fisiológicas, o la capacidad germinativa de aquellas semillas que por alguna razón no germinan, teniendo todas las condiciones mínimas necesarias para hacerlo (Labrada et al., 1997).

Los campos magnéticos superiores al campo magnético de la Tierra producen efectos sobre los organismos biológicos (Ueno, 1996). De acuerdo con Shimazaki y Shikuoka (1986), las semillas afectadas por campos magnéticos germinan con mayor intensidad. Jristova (1986) y Savelev (1988) 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) y al aumento de la eficiencia de los procesos relacionados con la división celular (Pittman, 1965); 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).

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 esta en estado latente (Montes de Gómez, 1990).

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

Con relación a incrementos en la germinación, se han obtenido resultados positivos: en semillas de arroz (Martínez *et al.*, 1999) y cebada (Martínez *et al.*, 2000), 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) y en maíz (Aladjadjiyan,2002), trabajando con campos de 150 mT; en bellotas de alcornoque (Celestino *et al.*, 2000); en semillas de mostaza, con incrementos en su producción (Edmiston, 1972). 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), para el crecimiento en plantas de tomate (Dayal y Shing,

---

1986) e incrementos en su producción (De Souza y Garci,1999; De Souza *et al.*,2006) y para el algodón (Leelapriya *et al.*, 2003). Muraji *et al.* (1998) hablan sobre el crecimiento radicular en el maíz.

Los efectos sobre frutos inmaduros de tomate han sido estudiados por Boe y Salunkhe (1963).

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).

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) 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).

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). 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).

Así pues la aplicación de campo magnético en la agricultura presenta la necesidad de conocer los valores de los parámetros de irradiación que puedan producir efectos de bio-estimulación benéficos para la velocidad de emergencia e incremento de producción para el establecimiento de plantas, ya que se ha demostrado que hay combinación de parámetros que inhiben y que estimulan el desarrollo y mejora de plantas, además se ha reportado que para algunas plantas

---

no hay efectos. Debemos de investigar porque es necesario ayudar al incremento de la producción de frutos que se consumen en el país. Así, en este trabajo se presentan los resultados de los estudios de los efectos producidos en semillas de jitomate (*Lycopersicon esculentum*) bajo tratamientos biofísicos pre-siembra.

## **i.2 Presentación del documento de tesis**

El presente documento de tesis está estructurado de la siguiente manera un apartado de introducción y seis capítulos que se integran para formar este proyecto.

En el capítulo uno se establece un marco contextual así como los fundamentos de la investigación; para desarrollar el marco contextual se analizan tanto el contexto físico en donde se puede observar las diferentes instituciones que apoyaron para concluir el proyecto, así también el contexto histórico y cultural, también se hizo un estudio de las exportaciones e importaciones del jitomate, su producción a nivel mundial y en territorio nacional, su comercialización y diferentes canales de venta que permiten resaltar la importancia de este producto no solo a nivel nacional sino a nivel internacional.

En el capítulo dos se realizó el marco teórico y metodológico, para la realización del primero se estudiaron algunos temas y conceptos de las diferentes áreas que se relacionan para el estudio de este proyecto, como de la agronomía, la física, teoría general de sistemas y estadística, en si se define toda la teoría básica que sustenta la investigación, la parte teórica que explica el fenómeno electromagnético, las leyes de Maxwell y el soporte biológico y agronómico necesario. En la realización del marco metodológico se propone una metodología sistémica para el desarrollo del proyecto, se analiza, diagnostica y se propone un diseño previamente a la realización de los experimentos.

---

En el capítulo tres se plantea las hipótesis, así como objetivos para cada experimento, después se aplica la metodología para la realización de los dos experimentos, a) aplicación de campo magnético a semillas de jitomate para estudiar los efectos producidos en la velocidad de emergencia y peso seco de plántula, b) aplicación de campo magnético a semillas de jitomate para estudiar la velocidad de emergencia, peso de fruto fresco y peso de fruto seco. Al finalizar los experimentos se obtienen los resultados experimentales y estos se analizan.

En el capítulo cuatro se lleva a cabo una discusión general se generan las conclusiones del proyecto de tesis basándonos en los objetivos planteados y se proponen algunos trabajos futuros.

En el quinto capítulo se incluyen incluyen las referencias bibliográficas.

En el sexto capítulo se incluyen los anexos que constan de los resultados experimentales encontrados en los diversos ensayos llevados en este trabajo de tesis.



# **CAPÍTULO 1**

## **MARCO CONTEXTUAL Y FUNDAMENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

---

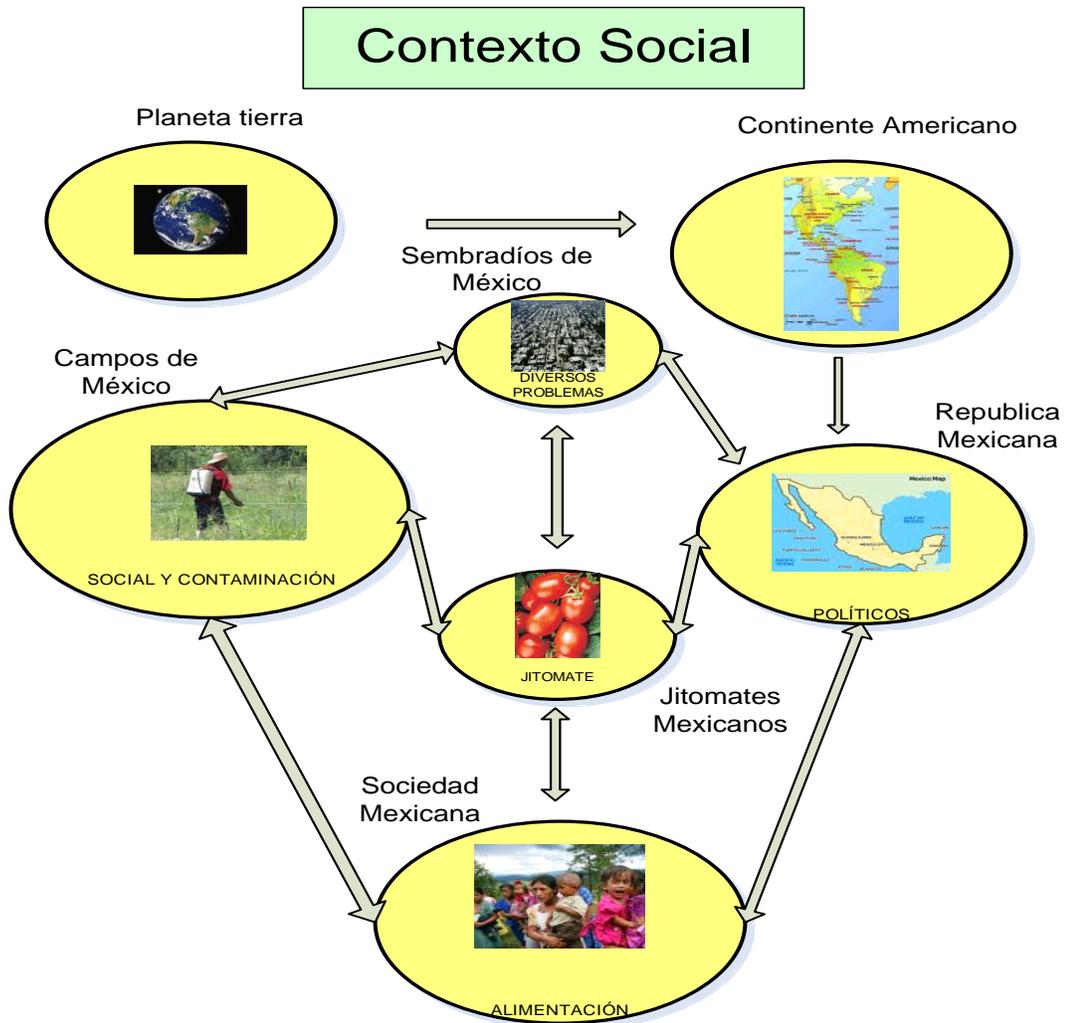
En este capítulo se establece el contexto de la investigación, contemplando el contexto físico, contexto histórico y cultural. Además se presenta el contexto temporal del jitomate, para pasar al fundamento de la investigación y la justificación del trabajo de tesis, así como el objetivo general y objetivos específicos de la investigación.

## **1.1 Contexto de la investigación**

El presente trabajo de investigación es desarrollado en virtud de las necesidades y carencias que se tienen en el sector agrícola en donde en la actualidad hay muy poca información y tecnología para mejorar la producción de jitomate utilizando métodos biofísicos pre-siembra.

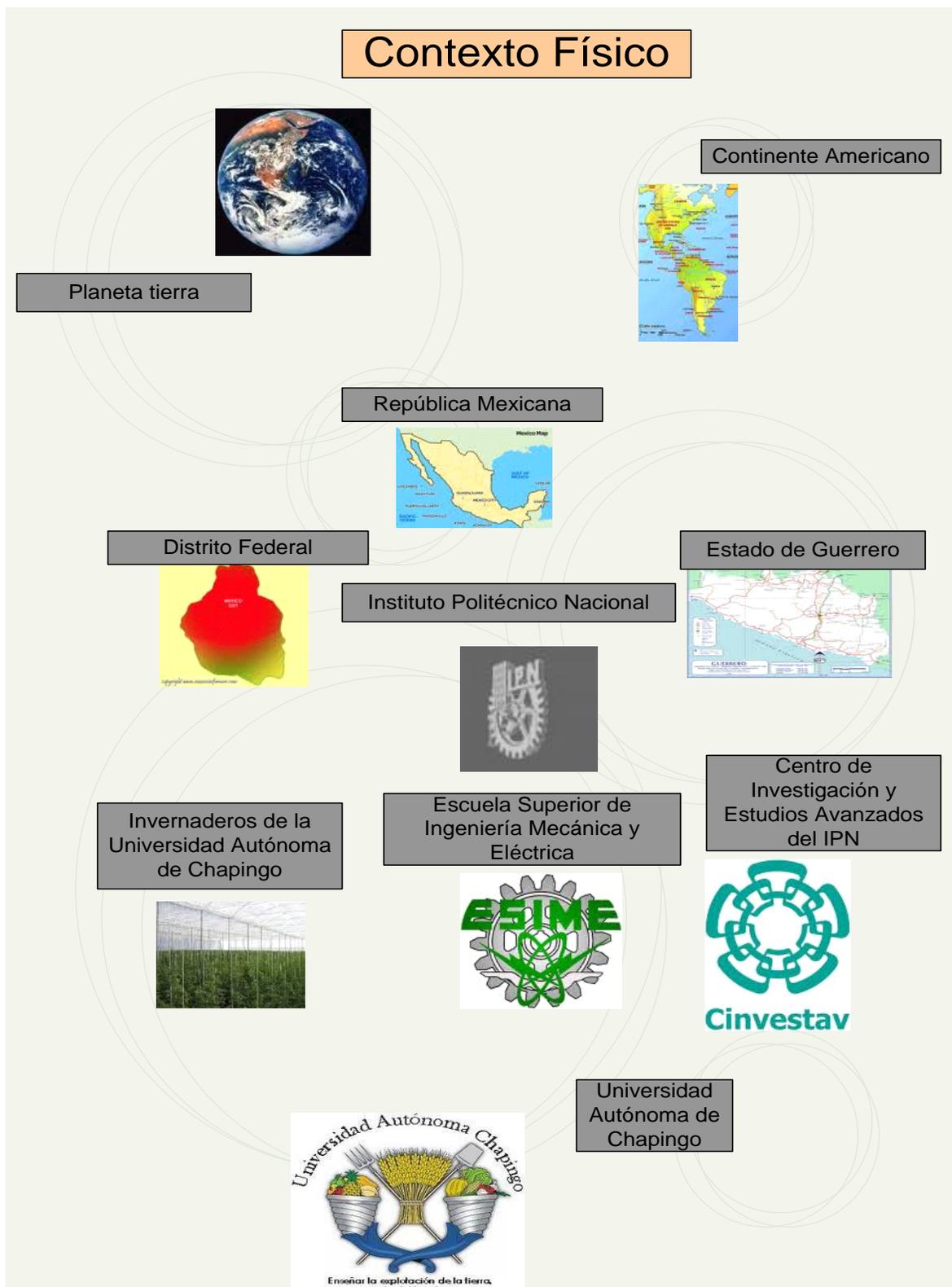
### **1.1.1 Contexto físico y social**

El contexto físico y social muestra una visión holística para entender el objeto de estudio, partiendo de una visión global para conocer las interrelaciones que tiene con otros sistemas y su impacto en diversos sectores. (Peón 2009). Iniciando con el planeta tierra, ubicamos el continente americano; posteriormente el territorio nacional, siendo este en donde se desarrolla el problema planteado considerando la problemática en la producción del jitomate, siendo la alimentación uno de los tantos problemas social, económicos y político que presenta el país, esto se muestra en la sig. Figura.



**Figura 1.1** Contexto Social (Elaboración propia, 2011).

A continuación mostrare el contexto físico en el cual se desarrollo el trabajo tesis. Se muestra al principio el planeta tierra siendo este nuestra referencia física, posteriormente el continente americano, donde ubicamos el continente Americano, posteriormente el territorio nacional, donde ubicamos el territorio nacional, posteriormente encontramos el distrito federal ubicando el área conurbana de la delegación Gustavo A. Madero en esta se encuentra la SEPI de ESIME ZACATENCO, contando con el apoyo del CINVESTAV y personal de chapingo (Edo. De México).



**Figura 1.2** Contexto Físico y temporal (Elaboración propia, 2011).

---

### 1.1.2 Contexto histórico y cultural

Los entes (seres vivos, cosas, ideas) se clasifican para ordenarlos y entenderlos. El ser humano al clasificar, ha obtenido uno de sus más grandes beneficios.

Millones de organismos están en la tierra. Para facilitar el estudio de esta gran variedad de seres vivos, los grupos grandes (como plantas y animales) deben dividirse en grupos más pequeños, esto se llama clasificación.

La primera categorización (taxonómica) de animales y plantas fueron descritas por Carl von Lineo (1729) quien desarrollo una nomenclatura binómica para clasificar y organizar a los animales y las plantas. A estos trabajos le siguieron las categorizaciones de especies que fue realizada por Jean Baptiste el primero en elevar la teoría de la descendencia a la altura de una teoría científica.

J. Lamarck (1809) propone su teoría de la evolución y expone su libro "*Filosofía Zoológica*". Según Lamarck, los órganos se adquieren o se pierden como consecuencia del uso o desuso, y los caracteres adquiridos por un ser vivo son heredados.

Charles Darwin (1859) postuló la teoría de la evolución teniendo un enorme impacto en el pensamiento europeo de la segunda mitad del siglo XIX. Los principales argumentos de su libro "El Origen de las especies", que se publicó en 1859 son:

1. Los tipos biológicos o especies no tienen una existencia fija ni estática sino que se encuentran en cambio constante.
2. La vida se manifiesta como una lucha constante por la existencia y la supervivencia.
3. La lucha por la supervivencia provoca que los organismos que menos se adaptan a un medio natural específico desaparezcan y permite que los mejores adaptados se reproduzcan, a este proceso se le llama "selección natural".

---

4. La selección natural, el desarrollo y la evolución requieren de un enorme período de tiempo, tan largo que en una vida humana no se pueden apreciar estos fenómenos.

5. Las variaciones genéticas que producen el incremento de probabilidades de supervivencia son azarosas y no son provocadas ni por Dios (como pensaban los religiosos) ni por la tendencia de los organismos a buscar la perfección (como proponía Lamarck).

El efecto de campos electromagnéticos en organismos vivos ha sido un área de estudio desde el siglo XVII, cuando experimentos con tratamientos eléctricos en Escocia sobre plantaciones de mirto, usando generadores electrostáticos, dieron como resultados mayor crecimiento y florecimiento en las plantas.

Posteriormente, tratamientos con campo magnético del orden de 6mT, realizados sobre diferentes variedades de plantas tales como habas, pepino y maíz dieron como resultado un aumento en el índice de crecimiento y una mayor producción.

En la actualidad, ensayos de germinación llevados a cabo en laboratorio, sometiendo semillas de varias plantas a un campo magnético variable, comprueban un aumento en la velocidad de germinación y el porcentaje de semillas germinadas. El cultivo de jitomate en nuestro país tiene profundas raíces milenarias, actualmente el papel de esta hortaliza sigue siendo fundamental en lo económico, porque representa para la economía campesina una fuente importante de ocupación de ingresos, así como una garantía de seguridad alimentaria, vía autoconsumo.

#### **1.1.2.1 Campo electromagnético**

El electromagnetismo fue descubierto de forma accidental en 1821 por el físico danés Hans Christian Oersted. El electromagnetismo se utiliza tanto en la conversión de energía mecánica en energía eléctrica (en generadores), como en sentido opuesto, en los motores eléctricos.

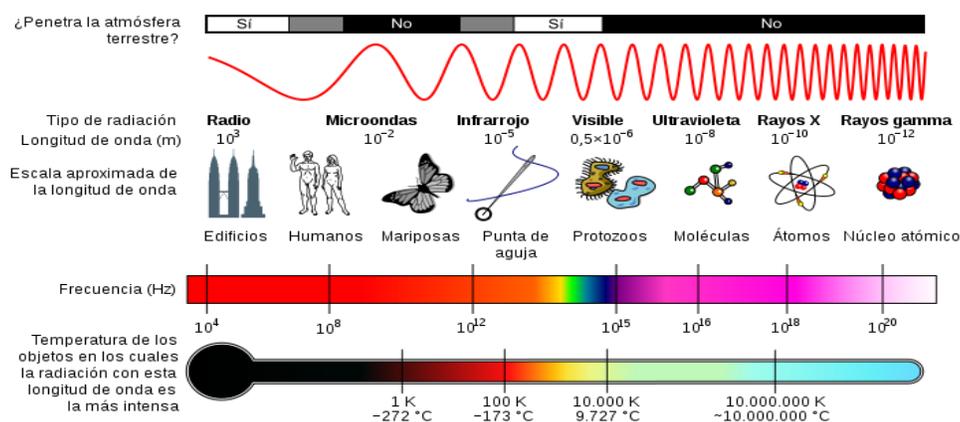
---

Cuando una corriente (sea alterna o continua) viaja por un conductor (cable), genera a su alrededor un efecto no visible llamado campo electromagnético.

El electromagnetismo es una rama de la Física que estudia y unifica los fenómenos eléctricos y magnéticos en una sola teoría, cuyos fundamentos fueron sentados por Michael Faraday y formulados por primera vez de modo completo por James Clerk Maxwell. La formulación consiste en cuatro ecuaciones diferenciales vectoriales que relacionan el campo eléctrico, el campo magnético y sus respectivas fuentes materiales (corriente eléctrica, polarización eléctrica y polarización magnética), conocidas como ecuaciones de Maxwell.

El electromagnetismo es una teoría de campos; es decir, las explicaciones y predicciones que provee se basan en magnitudes físicas vectoriales dependientes de la posición en el espacio y del tiempo. El electromagnetismo describe los fenómenos físicos macroscópicos en los cuales intervienen cargas eléctricas en reposo y en movimiento, usando para ello campos eléctricos y magnéticos y sus efectos sobre las sustancias sólidas, líquidas y gaseosas. Por ser una teoría macroscópica, es decir, aplicable sólo a un número muy grande de partículas y a distancias grandes respecto de las dimensiones de éstas, el Electromagnetismo no describe los fenómenos atómicos y moleculares, para los que es necesario usar la Mecánica Cuántica.

Las ondas electromagnéticas cubren una amplia gama de frecuencias o de longitudes de ondas y pueden clasificarse según su principal fuente de producción. La clasificación no tiene límites precisos.



**Figura 1.3** Estructura general del espectro electromagnético (Elaboración propia 2011).

**Tabla 1.1** Regiones del espectro electromagnético. (Elaboración propia 2011).

Banda	Longitud de onda (m)	Frecuencia (Hz)	Energía (J)
Rayos gamma	< 10 pm	> 30,0 EHz	> $20 \cdot 10^{-15}$ J
Rayos X	< 10 nm	> 30,0 PHz	> $20 \cdot 10^{-18}$ J
Ultravioleta extremo	< 200 nm	> 1,5 PHz	> $993 \cdot 10^{-21}$ J
Ultravioleta cercano	< 380 nm	> 789 THz	> $523 \cdot 10^{-21}$ J
Luz Visible	< 780 nm	> 384 THz	> $255 \cdot 10^{-21}$ J
Infrarrojo cercano	< 2,5 $\mu$ m	> 120 THz	> $79 \cdot 10^{-21}$ J
Infrarrojo medio	< 50 $\mu$ m	> 6,00 THz	> $4 \cdot 10^{-21}$ J
Infrarrojo lejano/submilimétrico	< 1 mm	> 300 GHz	> $200 \cdot 10^{-24}$ J
Microondas	< 30 cm	> 1 GHz	> $2 \cdot 10^{-24}$ J
Ultra Alta Frecuencia - Radio	< 1 m	> 300 MHz	> $19,8 \cdot 10^{-26}$ J
Muy Alta Frecuencia - Radio	< 10 m	> 30 MHz	> $19,8 \cdot 10^{-28}$ J
Onda Corta - Radio	< 180 m	> 1,7 MHz	> $11,22 \cdot 10^{-28}$ J
Onda Media - Radio	< 650 m	> 650 kHz	> $42,9 \cdot 10^{-29}$ J
Onda Larga - Radio	< 10 km	> 30 kHz	> $19,8 \cdot 10^{-30}$ J
Muy Baja Frecuencia - Radio	> 10 km	< 30 kHz	< $19,8 \cdot 10^{-30}$ J

---

### 1.1.2.2 Historia de la sistémica

La base del pensamiento sistémico consiste en reconocer la existencia de una serie de conceptos genéricos aplicables y aplicados en diversos estudios [Rosnay, 1975]. Nociones como la energía, flujos, ciclos, realimentación, sistema abierto, reservas, recursos de comunicación, catalizadores, interacciones mutuas, jerarquías, agentes de transformación, equilibrios y desequilibrios, estabilidad, evolución, etc., son aplicables a la idea genérica de sistema sin entrar en la disciplina concreta ni en el tipo del sistema considerado. La existencia de este vocabulario común en muchos campos parece responder a una aproximación común a los problemas que se encuentran dentro de una misma categoría: la complejidad organizada (Rosnay, 1975) (Weaver, en el capítulo de Marcos Conceptuales).

Si seguimos los consejos de algún sistemista entusiasta podríamos remontarnos muy atrás buscando precursores a la idea de sistema. Ludwig von Bertalanffy, considerado como el padre de la Teoría General de Sistemas que estudiaremos más adelante, menciona a Aristóteles como el primero que formuló el aserto sistémico fundamental: "el todo es más que la suma de las partes", y liga la noción de sistema al desarrollo de la filosofía europea desde sus más lejanos orígenes (Bertalanffy, 1975, p. 137). Sin embargo, no es necesario bucear tanto en las profundidades de la historia para trazar un esbozo muy aproximado de las corrientes de pensamiento que dieron lugar al enfoque sistémico. En general, se consideran cinco (Lilienfeld, de quien recogemos la idea considera también la dinámica de sistemas, pero desde nuestro punto de vista no es relevante en la formación del tipo de enfoque sistémico que nos interesa, por ser muy posterior a éste (Lilienfeld, 1984)):



**Filosofía biológica**, de Ludwig von Bertalanffy, cuyas ideas cristalizaron más tarde en la teoría General de Sistemas, representada por la Sociedad Internacional para la Investigación General de Sistemas.

**Cibernética**, de Norbert Wiener y Ross Ashby, que en sus orígenes se centraba en el estudio de los mecanismos de regulación en los organismos y en las máquinas.

**Teoría de la información y de las comunicaciones**, de Shannon, Weaver y Cherry que proporcionaron un lenguaje matemático para el manejo de la información y una base formal muy sólida para el estudio de problemas lingüísticos, matemáticos y teóricos relacionados con la transmisión de mensajes.

**Investigación operativa**, de E.C. Williams, originada en Inglaterra durante la II Guerra Mundial e institucionalizada por la Sociedad de Investigación Operativa Americana y la Sociedad de Investigación Operativa de Gran Bretaña.

**Teoría de juegos**, de Von Neumann y Morgenstern, que además se desarrolla paralelamente a la herramienta básica de los sistemistas: el ordenador.

El enfoque sistémico se confunde a menudo con alguna de estas teorías, principalmente con la Cibernética y con la Teoría General de Sistemas [Rosnay, 1975]. La principal diferencia con la Cibernética es que el enfoque sistémico es mucho más general y la engloba. Mientras la cibernética es la ciencia del control y la regulación, el enfoque sistémico se ocupa de las características invariantes que existen en los sistemas, aunque no cabe duda de que los conceptos cibernéticos son de primordial importancia para entender cierto tipo de sistemas. La diferencia con la Teoría General de Sistemas es quizá más sutil pero también importante. La T.G.S. (así nos referiremos a ella a partir de ahora) pretende establecer un

---

formalismo matemático para describir el conjunto de sistemas que existen en la naturaleza. El enfoque sistémico propone una forma de ver las cosas pero no una visión tan estricta con la de la T.G.S.

La visión sistémica de la realidad, es la aplicación al análisis de los diversos sistemas que conforman nuestro universo, se está configurando como ciencia, en los últimos años en un marco conceptual organizado de la mano de investigadores como Norbert Wiener, Ludwig V. Bertalanffy, Claude Shannon, W. R. Ashby, Von Newman, Peter Checkland, Anthony Stafford Beer, James Grier Miller entre otros. Las aportaciones de la cibernética, la teoría general de sistemas, la teoría de la información, y más recientemente la teoría del caos y el estudio de la complejidad, han integrado todas las disciplinas científicas creando nexos vinculantes entre las mismas, y haciéndonos entender que la realidad es un todo ligado de la que se extraen, mediante la perspectiva de análisis, conceptos de aplicación comunes interdisciplinarios que se enfrentan al estudio de los sistemas.

### **1.1.2.2 Contexto temporal del jitomate**

El origen del jitomate del género *Lycopersicon esculentum* es la región andina que hoy comparten Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile. En esta área crecen espontáneamente las diversas especies del género, también en esta zona muestra *L. esculentum* su mayor variación. En efecto se ha demostrado que los cultivares primitivos procedentes de muchas partes del mundo, respecto a su variabilidad aloenzímica, son muy uniformes. En las muestras de Hawái, el Pacífico sudoriental, Tailandia, la India y América central se ha encontrado el mismo zimatipo en el 95 por ciento de los casos. De esto no se puede concluir que los cultivares primitivos sean monomórficos, puesto que pueden encontrarse algunas variaciones interesantes en relación con características específicas, los genes de los que depende la fructificación a temperatura elevada, por ejemplo solamente se encontraron en algunos cultivares de Filipinas. Es sorprendente observar que los cultivares andinos muestran mayor variabilidad que los de México (Rick, 1976; Rick y Holle, 1990).

---

Todavía son muchos los aspectos pocos claros con respecto al origen y la domesticación del tomate cultivado. Sin embargo hay algunos puntos con un grado razonable de certeza (Rick, 1976, 1978):

- a) El tomate cultivado tuvo origen en el nuevo mundo. No era conocido en Europa ni en el resto del viejo mundo antes del descubrimiento de América.
- b) El tomate había alcanzado una fase avanzada de domesticación antes de su llegada a Europa y Asia. Había una variedad de tipos caracterizados por la forma, acostillado, tamaño y color de los frutos.
- c) El antepasado más probable del tomate cultivado es el tomate pequeño silvestre (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*). Crece espontáneamente en las regiones tropicales y subtropicales de América y se ha extendido a lo largo de los trópicos del viejo mundo.

El lugar donde se produjo la domesticación ha sido controvertido. Los nombres de *mala peruviana* o *pomi del Perú* dados al tomate por algunos botánicos del siglo XVI hicieron suponer a Candolle (1883) que la planta se había recibido del Perú, donde presumiblemente se habría domesticado. Sin embargo, estos nombres no parecen tener una base fundada. Hay motivos que inducen a creer que el origen de la domesticación de los jitomates esta en México.

- a) Mediante estudios electroforéticos de la variación de la aloenzimas se ha demostrado la existencia de analogías mucho mayores entre los cultivares (tanto europeos como primitivos) y los tomates pequeños silvestres de México y América central que entre los cultivares europeos y las plantas primitivas de la zona andina (Rick, 1978).
- b) A la llegada de los españoles a América el tomate está integrado a la cultura azteca y en la de otros pueblos del área de Mesoamérica. Lo cultivan, lo venden y lo consumen en una variedad de formas. Sin embargo, no ocurre ello en la región andina. En esta zona, a lo sumo hay un consumo incidental de formas no cultivadas.

- 
- c) Además, el tomate no tiene ningún nombre conocido en quechua, aymara o cualquier otro de los idiomas andinos, mientras que el nombre moderno tiene su origen en el de tomatl, en la lengua náhuatl de México.
  - d) Otro argumento es que en la cerámica y otros utensilios primitivos de la zona andina no se ha encontrado ninguna representación del tomate o partes de la planta. Ello resulta extraño en algunas culturas que sistemáticamente representaban las plantas que utilizaban.

No se dispone de restos arqueológicos antiguos del tomate en México. En las excavaciones del valle de Tehuacán se han encontrado coprolitos con vestigios de la utilización de *Physalis* como alimento, en el periodo 900 a.C. – 1540 d.C. (Callen, 1996). Si la hipótesis de que *Physalis* fue domesticado con anterioridad a *Lycopersicon* es correcta (Harlan, 1992), ello sugeriría una domesticación tardía.

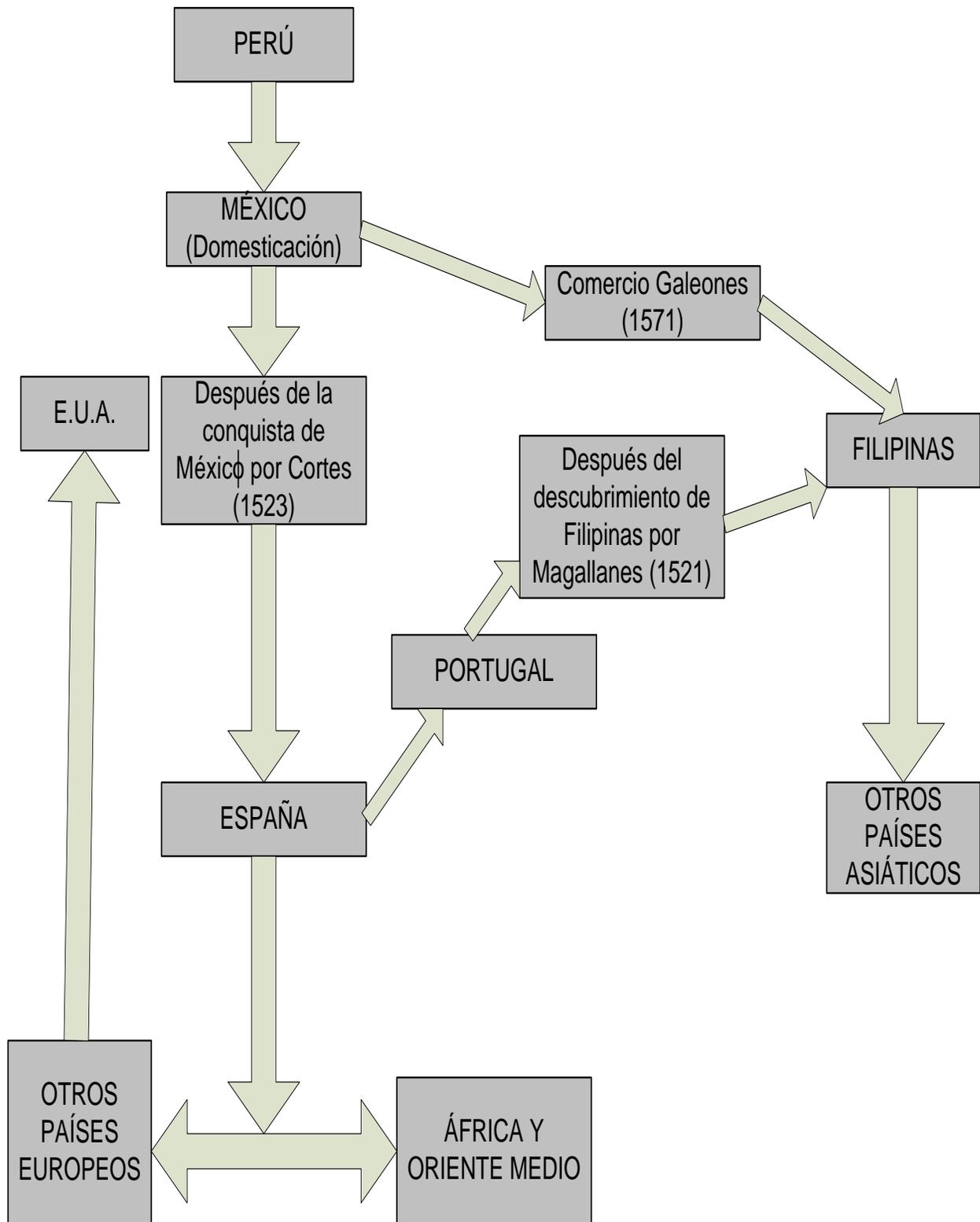
Sobre cómo se realizó la domesticación existen solo hipótesis razonables. En el sur de México el tomate se presenta como una mala hierba, siendo frecuente en los campos de maíz en barbecho y otros espacios modificados por el hombre. Es verosímil que esta mala hierba fuese la materia prima para la domesticación del tomate (Jenkins, 1948), posiblemente cuando ya otros cultivos como calabazas, chiles y maíz habían sido domesticados.



**Figura 1.4** Jitomate del genero *Lycopersicon esculentum* sembrado en invernaderos de la Universidad Autónoma de Chapingo.

---

Para explicar la escasa variabilidad del material cultivado en comparación con las otras especies del genero, en 1976 Rick ha indicado que la migración de los antepasados de las formas cultivadas desde la zona andina nativa hasta México estuvo acompañada probablemente de restricciones frecuentes en el tamaño de las poblaciones. También es probable que se hayan producido restricciones análogas durante el proceso de domesticación, luego durante la transferencia de los tomates a Europa. El paso a través de obstáculos, sin duda bajo la presión de la selección, habría tendido a reducir la variabilidad genética. La autogamia, inducida por la falta de polinización apropiada en las regiones no nativas, puede haber llevado a una fijación rápida de los genes, una reducción ulterior de la variabilidad genética y, por consiguiente, una uniformidad extremada. En el diagrama siguiente se muestra las posibles rutas de propagación del jitomate en el siglo XVI.



**Figura 1.5** Posibles rutas de propagación del tomate desde el siglo XVI (Esquinas-Alcázar, 1981).

---

### 1.1.2.2.1 Producción mundial

El tomate es la hortaliza de mayor consumo en el mundo y alcanza cifras tan importantes como los 25,5 kg/hab. por año en estados unidos o los 31,8 de España. Los países europeos son también importantes consumidores de este producto aunque a distancia de los anteriores citados, Francia 8,6 kg/h/año, Italia 13,8 kg/h/año, Irlanda 7,1 kg/h/año, Inglaterra 5,6 kg/h/año, Alemania 5,4 kg/h/año, Dinamarca 5,0 kg/h/año, Holanda 4,3 kg/h/año y Bélgica 3,5 kg/h/año.

Sin embargo hay una diferencia sustancialmente el consumo en esos dos principales países consumidores, y es que así como en España gran parte de ese consumo es en fresco, en Estados Unidos tiene gran importancia el consumo bajo distintas formas de conserva.

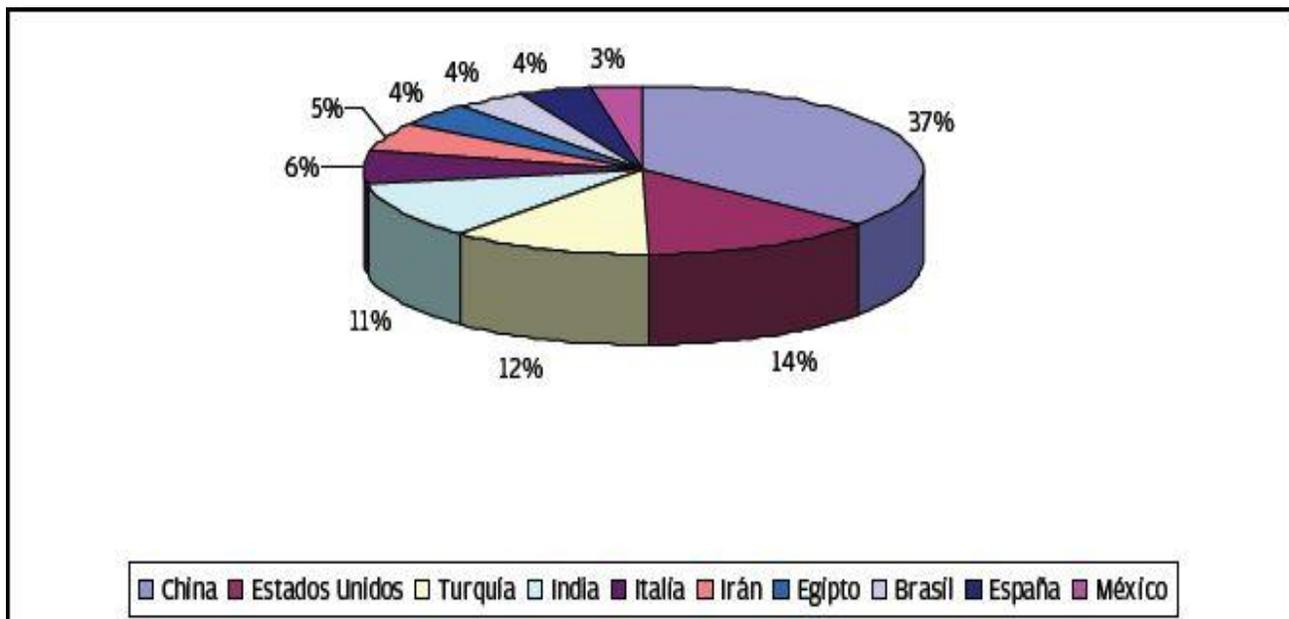
Los países europeos se parecen más en su consumo a España, aunque quizá pueda hacerse una distinción entre los países latinos (Francia, Portugal e Italia) en que las preferencias se inclinan por los tomates asurcados, aunque con la tendencia evolutiva clara en los últimos años hacia los tomates lisos, y los países restantes que muestran ampliamente una preferencia hacia este último tipo de tomate, que alcanza en el mercado precios muy superiores a los del tomate asurcado.

Las regiones templadas de los estados de California y Florida en los Estados Unidos de Norteamérica producen el 72% del tomate para consumo en fresco de los estados Unidos, y más del 90% del tomate para conserva. Por su proximidad geográfica, las regiones del norte de México se hallan en buenas condiciones para abastecer ese importante mercado.

**Tabla 1.2** Principales Países productores de tomate en toneladas. (Fuente <http://faostat.fao.org>)

Países	2004	2005	2006	2007	2008
China	30,143,929	31,618,462	32,519,315	33,596,881	33,811,702
Estados Unidos	12,854,480	10,982,790	12,257,172	14,185,180	12,575,900
Turquía	9,440,000	10,050,000	9,854,877	9,945,043	10,985,400
India	8,125,600	8,825,400	9,820,400	10,054,600	10,260,600
Italia	7,683,071	7,187,014	6,351,202	6,530,162	5,976,912
Irán	4,022,878	4,781,018	5,064,571	5,000,000	5,000,000
Egipto	7,640,818	7,600,000	8,576,070	8,639,024	4,204,039
Brasil	3,515,567	3,452,973	3,362,655	3,431,230	3,934,275
España	4,383,202	4,810,301	3,800,552	3,664,100	3,847,800
México	3,037,265	2,800,115	2,899,153	3,150,353	2,936,773

Como se observar en la gráfica China es el más grande productor de tomate, seguido de Estados Unidos de América y Turquía. México aparece en el lugar número diez.



**Figura 1.6** Principales países productores de tomate. (Fuente: <http://faostat.fao.org>)

---

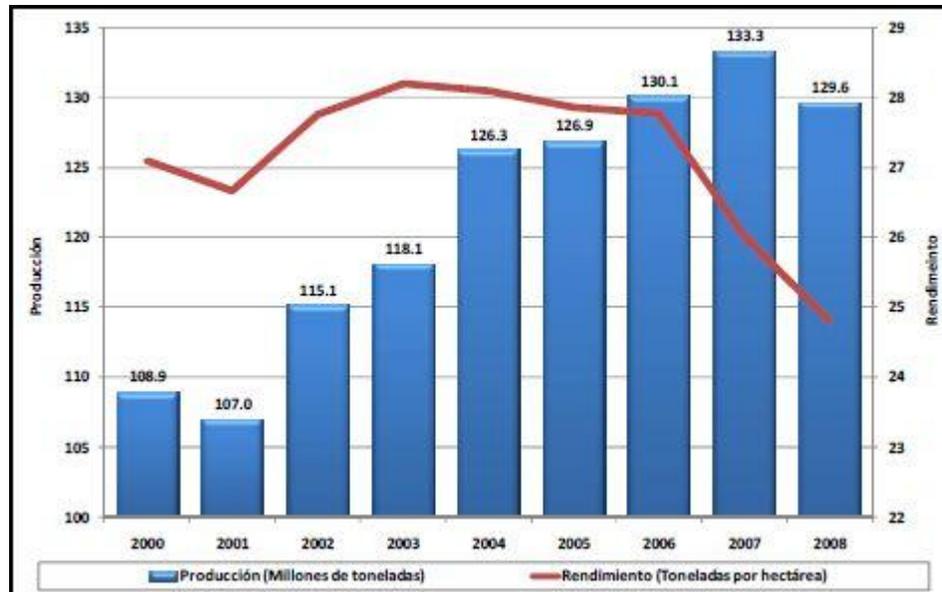
### **1.1.2.2 Superficie sembrada y rendimiento a nivel mundial**

En 2004 se sembraron en el mundo 4,5 millones de hectáreas de tomate que produjeron 124,5 millones de toneladas. El principal productor en el mundo es China con 30,1 millones de toneladas, y en segundo lugar se encuentra los Estados Unidos con 12,8 millones de toneladas.

En el ámbito mundial, la superficie cosechada de tomate en los últimos años se ha mantenido casi constante, habiendo esta sido de 2 millones 979 mil hectáreas en 1994, 3 millones 82 mil hectáreas en 1995, 3 millones 117 mil hectáreas en 1996, 3 millones 112 mil hectáreas en 1997 y 3 millones 115 mil hectáreas en 1998 (ASERCA, 1995 y 1998).

En el periodo entre 2000 y 2008 la producción mundial de tomate se incrementó a una tasa media anual de 2.2%. De esta forma en 2008 el nivel de producción de esta hortaliza se ubicó en 129.6 millones de toneladas. Esta evolución se explica por un crecimiento promedio anual de 3.3% en la superficie cosechada durante el citado periodo. Lo anterior, ante el aumento que ha reportado la superficie cosechada de países como Egipto, China, Turquía e India.

Sin embargo, el rendimiento promedio mundial en la producción de tomate presenta una tasa negativa de crecimiento anual promedio de 1.1%. Lo anterior, debido a la presencia de condiciones climatológicas adversas, tales como exceso de lluvias y/o calor excesivo en Egipto, Estados Unidos e Italia (USDA. 2009).



**Figura 1.7** Producción y rendimiento mundial de tomate, 2000-2008. (Fuente: USDA 2009).

En lo que respecta a la distribución de la producción mundial por países, destaca la participación de China, Estados Unidos, Turquía, India, Egipto e Italia, cuya producción en conjunto representa más del 60% del total global. México se ubica en el décimo lugar. Asimismo, entre los principales países que destacan por su favorable dinamismo en la producción se encuentran, Irán, China e India, cuya cosecha de tomate ha crecido a una tasa media anual de 5.8, 5.3 y 4.1%, respectivamente, durante el periodo 2000-2008.

Por otro lado, países como Egipto e Italia presentan tasas medias anuales que indican una contracción en la producción de 5.8 y 2.9%, respectivamente (FAO Statistic Division. 2010. FAOSTAT). En el caso específico de Italia, se espera que la producción de tomate continúe decreciendo en los próximos años, derivado de una reforma en los subsidios a la producción en dicho país.

Lo anterior, debido a que mediante esta reforma, que concluirá en 2012, el cultivo del tomate podría ser menos atractivo para los productores.

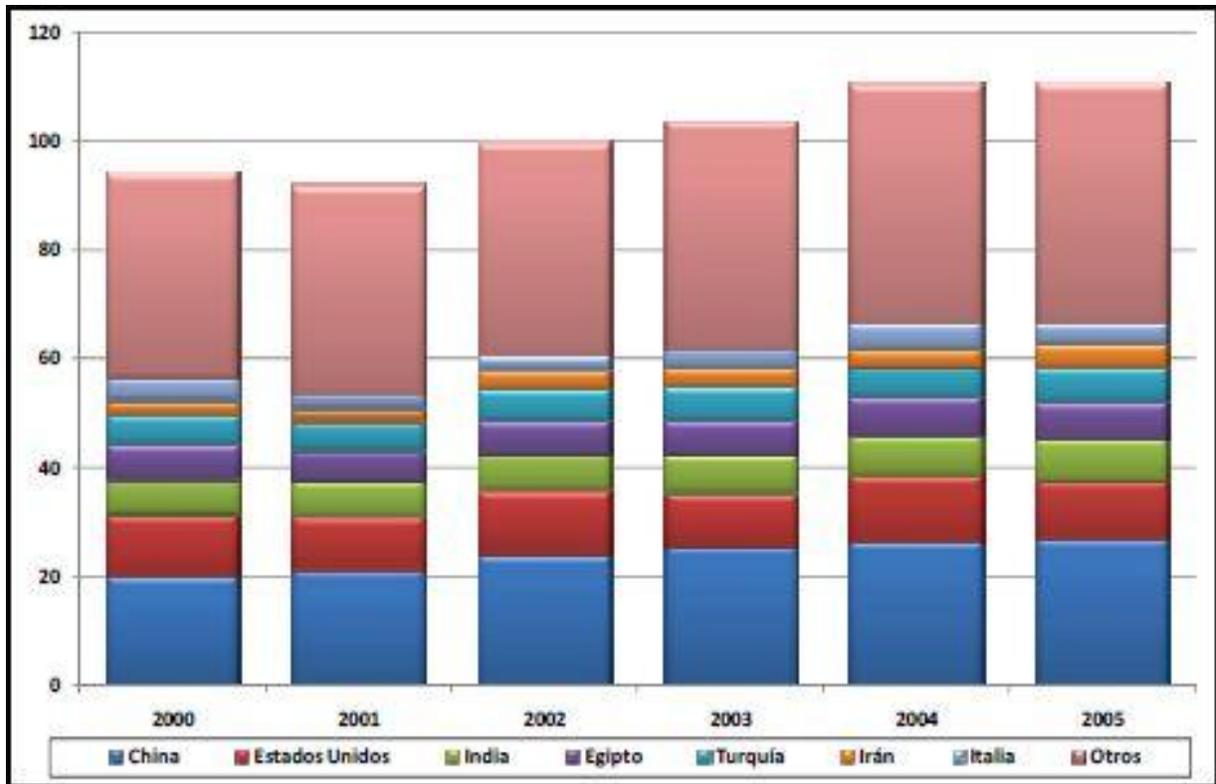
En contraste, se estima que la producción de tomate fresco en China, principal país productor de la hortaliza, alcance 39.5 millones de toneladas para el ciclo

---

2009/10, lo que representa un incremento anual de 2.0% y un nivel de cosecha récord para ese país. Lo anterior, se explica primordialmente por la buena rentabilidad de este cultivo en 2008 y por el crecimiento de la industria procesadora de tomate (USDA. 2009).

El consumo mundial de tomate creció a una tasa media anual de 3.2% entre 2000 y 2005, de forma que para el año 2005 la demanda total de tomate fue de 110.7 millones de toneladas. Al igual que en la producción, China ocupa el primer lugar en términos de consumo. En el citado país de oriente se concentra prácticamente una cuarta parte del consumo mundial de tomate. Asimismo, es importante resaltar el dinamismo que ha reportado este indicador en China, ya que el consumo doméstico creció a una tasa media anual de 6.0% durante el periodo 2000-2005. Es decir, la demanda de tomate en China se ha incrementado a un ritmo que prácticamente duplica el dinamismo del consumo mundial (FAOSTAT).

Otros países que destacan en términos de consumo de tomate son Estados Unidos, India, Egipto y Turquía, con participaciones respecto al consumo mundial de 10.9, 6.8, 6.2 y 5.7%, respectivamente. En tanto, en Italia se consume el 3.7% del total mundial y en Irán el 3.3%. En el resto del mundo se consume el 39.9% que complementa el total del consumo global.



**Figura 1.8** Consumo mundial de tomate, 2000-2005. (Fuente: FAOSTAT, 2005)

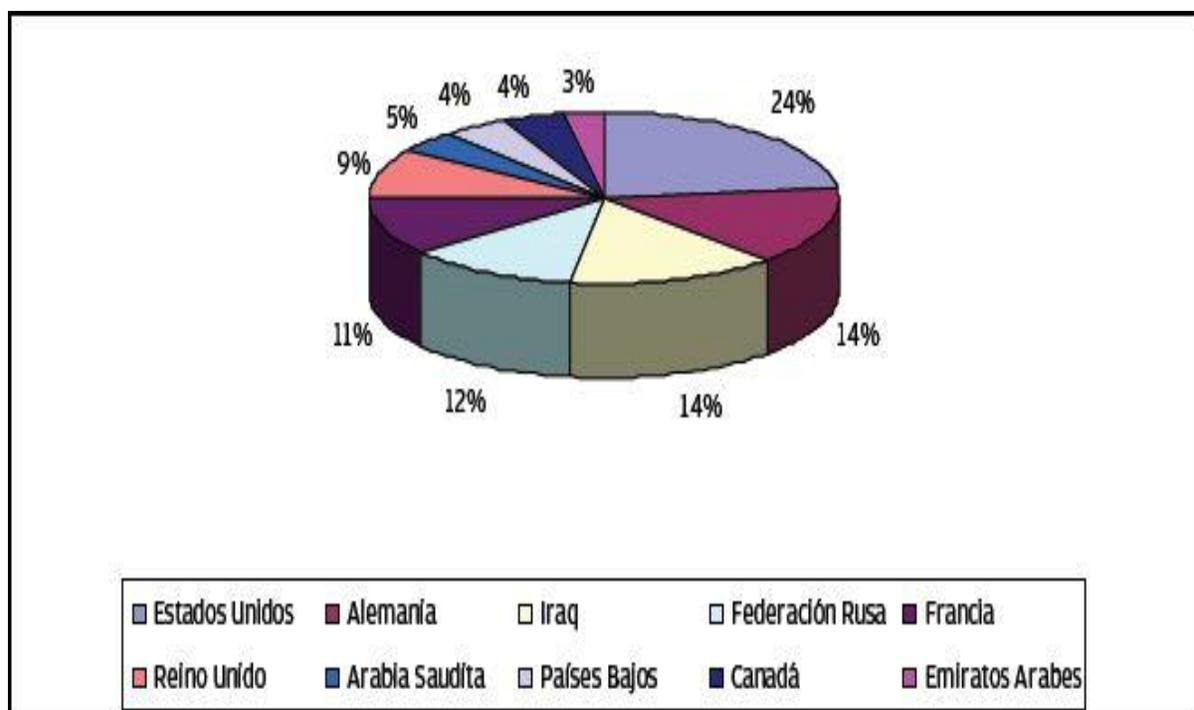
### 1.1.2.2.3 Importaciones

En economía, la importación es el transporte legítimo de bienes y servicios nacionales exportados por un país, pretendidos para el uso o consumo interno de otro país. Las importaciones pueden ser cualquier producto o servicio recibido dentro de la frontera de un Estado con propósitos comerciales. Las importaciones son generalmente llevadas a cabo bajo condiciones específicas.

Las importaciones permiten a los ciudadanos adquirir productos que en su país no se producen, o más baratos o de mayor calidad, beneficiándolos como consumidores. Al realizarse importaciones de productos más económicos, automáticamente se está librando dinero para que los ciudadanos ahorren, inviertan o gasten en nuevos productos, aumentando las herramientas para la producción y la riqueza de la población.

**Tabla 1.3 Principales Países importadores en toneladas de tomate.** (Fuente: <http://faostat.fao.org>)

Países	2003	2004	2005	2006	2007
Estados Unidos	939,257	931,972	951,787	992,337	1,070,808
Alemania	614,714	660,792	624,319	652,313	663,561
Irak	50,166	30,803	60,100	251,892	655,481
Federación Rusa	207,755	291,413	351,832	413,594	550,528
Francia	435,155	434,293	441,131	468,823	492,569
Reino Unido	334,684	386,443	417,236	442,434	419,643
Arabia Saudita	253,548	215,192	215,002	210,199	207,714
Países Bajos	226,318	174,787	148,687	247,772	200,379
Canadá	166,295	174,183	171,723	181,718	196,610
Emiratos Árabes	77,650	92,050	70,312	124,399	125,398



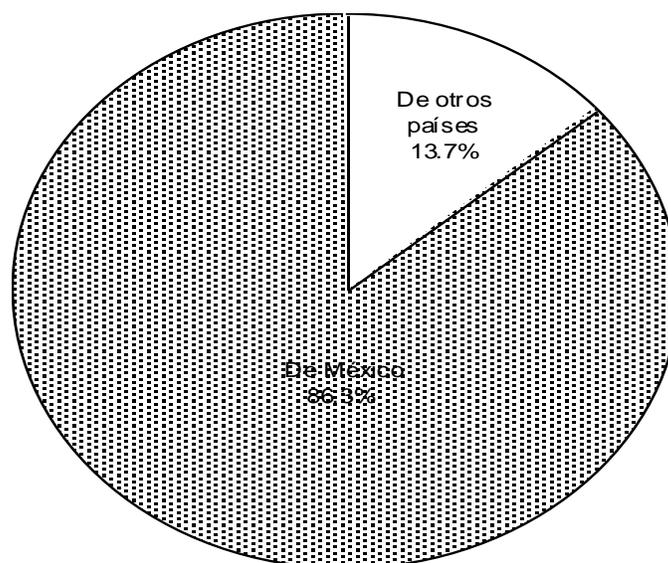
**Figura 1.9 Principales países importadores de tomate.** (Fuente: <http://faostat.fao.org>)

Como se observa en la gráfica Estados Unidos es el principal importador de tomate, seguido de Alemania e Irak. México no aparece.

**Tabla 1.4** Valor de las importaciones en miles de pesos de los diez principales países del mundo de los años 2003 a 2007. (Fuente: <http://faostat.fao.org>)

Países	2003	2004	2005	2006	2007
Alemania	811,217	794,181	925,335	978,529	1,228,665
Estados Unidos	1,116,618	1,126,683	1,075,119	1,233,405	1,220,498
Reino Unido	521,164	575,714	680,859	675,524	772,704
Francia	365,931	381,707	456,881	443,684	581,001
Federación Rusa	89,617	139,478	216,169	298,395	534,742
Países Bajos	234,604	208,607	195,497	289,614	356,255
Canadá	168,783	199,506	201,449	228,306	267,359
Suecia	94,160	107,656	131,563	140,199	170,675
Irak	8,660	8,584	20,647	61,870	129,418
Polonia	29,084	49,735	72,736	73,987	119,418

México es el principal proveedor de tomate a los Estados Unidos De América.



Total de importaciones 672.5 millones de dólares

**Figura 1.10** Importaciones de tomate de EUA de 1996. (Fuente: *Vegetables and Specialties, USDA, 1997*).

---

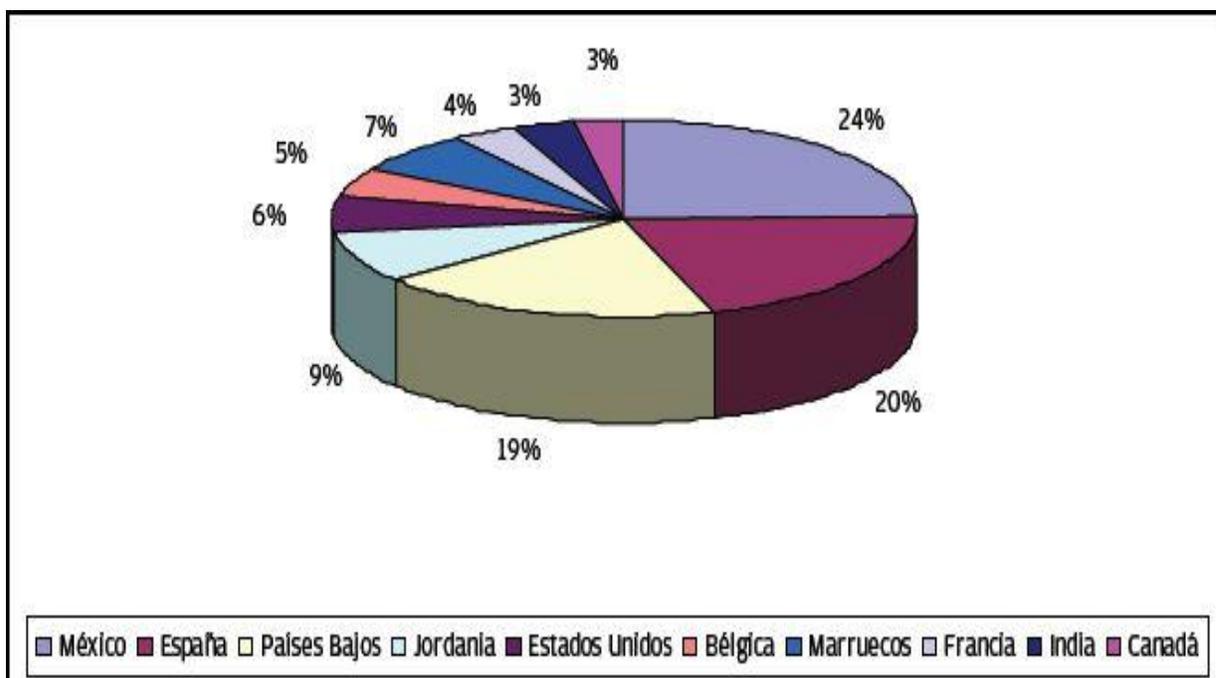
#### 1.1.2.3.4 Exportaciones

En economía, una exportación es cualquier bien o servicio enviado a otra parte del mundo, con propósitos comerciales. La exportación es el tráfico legítimo de bienes y/o servicios nacionales de un país pretendidos para su uso o consumo en el extranjero. Las exportaciones pueden ser cualquier producto enviado fuera de la frontera de un Estado. Las exportaciones son generalmente llevadas a cabo bajo condiciones específicas.

**Tabla 1.5** Principales Países exportadores de tomate en toneladas del año 2003 a 2007. (Fuente: <http://faostat.fao.org>).

Países	2003	2004	2005	2006	2007
México	903,384	895,126	900,767	1,031,503	1,072,646
España	946,511	1,023,028	923,907	987,260	880,630
Países Bajos	690,949	771,848	770,750	776,496	834,589
Jordania	186,517	237,859	285,169	304,529	386,968
Estados Unidos	180,712	212,279	188,173	144,184	245,315
Bélgica	202,041	204,503	200,209	200,002	203,328
Marruecos	179,804	107,365	166,570	192,353	297,593
Francia	94,972	96,706	113,314	120,647	166,978
India	11,328	7,427	11,743	33,593	134,845
Canadá	131,450	137,163	146,277	141,957	125,209

México es el principal exportador de tomate, sin ser el principal productor. Lo siguen España y los Países Bajos, con el 24%, el 20% y el 19% respectivamente.



**Figura 1.11** Principales Países exportadores de Tomate (Fuente: <http://faostat.fao.org>).

**Tabla 1.6** Valor de las Exportaciones de tomate en miles de pesos de los años 2003 a 2007. (Fuente: <http://faostat.fao.org>).

Países	2003	2004	2005	2006	2007
Países Bajos	1,014,367	969,001	1,144,135	1,241,687	1,527,534
México	868,454	909,388	983,018	1,104,221	1,219,875
España	875,177	971,948	1,040,955	995,498	1,170,556
Estados Unidos	192,361	233,858	226,405	172,625	311,067
Bélgica	275,736	222,361	263,166	264,641	297,015
Francia	103,959	115,037	160,573	164,410	271,331
Canadá	233,920	271,805	286,987	303,120	271,280
Italia	156,087	165,525	168,924	191,045	240,716
Siria	51,541	28,650	31,451	152,924	224,908
Turquía	88,110	109,593	145,773	139,045	210,915

---

### 1.1.2.3.5 Importancia del jitomate en territorio nacional

México cuenta con un territorio nacional de 198 millones de hectáreas de las cuales 145 millones se dedican a la actividad agropecuaria.

Cerca de 30 millones de hectáreas son tierras de cultivo y 115 millones son de agostadero. Además, los bosques y selvas cubren 45.5 millones de hectáreas<sup>1</sup>.

La agricultura en México es más que un sector productivo importante. Más allá de su baja participación en el PIB nacional, que es de apenas 4%<sup>2</sup>, las múltiples funciones de la agricultura en el desarrollo económico, social y ambiental determinan que su incidencia en el desarrollo sea mucho mayor de lo que ese indicador implicaría. Entre los argumentos que muestran la relevancia de la agricultura en el país pueden mencionarse lo siguiente:

- a) La agricultura es una actividad fundamental en el medio rural, en el cual habita todavía una parte altamente significativa de la población nacional. En las pequeñas localidades rurales dispersas (con población inferior a 2,500 personas) viven 24 millones de mexicanos, es decir, casi la cuarta parte de la población nacional. De las 199 mil localidades del país, 196 mil corresponden a esa dimensión. Sin embargo, la vida rural en México se extiende mucho más allá de esas pequeñas localidades. En ocasiones se considera un umbral de 15 mil habitantes ya que las localidades con población inferior a ese número presentan formas de vida característicamente rurales. Utilizando ese umbral la población rural resulta de más de 38 millones de personas (37% del total nacional). Lejos de ser marginal, el desarrollo rural (empleo, ingreso, articulaciones productivas, condiciones de vida) constituye una parte muy relevante del desarrollo nacional (*INEGI, Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2008*; y *CONAPO, 2008*).
- b) La población rural desarrolla crecientemente actividades diferentes a la agricultura, como el comercio local, la artesanía, la extracción de materiales, el ecoturismo, los servicios ambientales o el trabajo asalariado

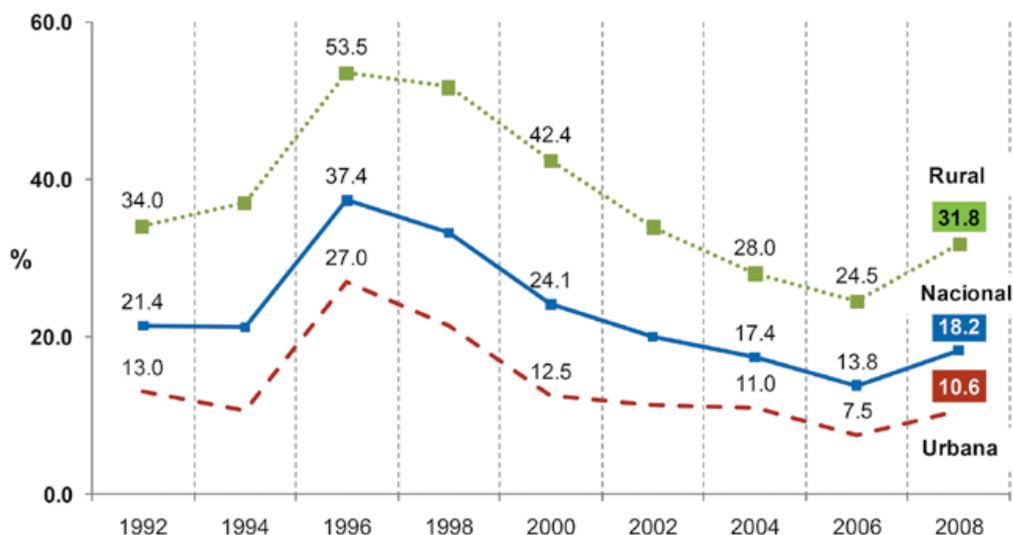
---

en diversas ocupaciones, entre otras. Sin embargo la agricultura sigue siendo predominante en el campo mexicano, sobre todo entre la población más pobre, donde representa 42% del ingreso familiar (SAGARPA, *El comportamiento del ingreso rural en México 1994-2004*). Asimismo, si bien las otras ocupaciones productivas son cada vez más importantes en el empleo y el ingreso de la población rural, no son excluyentes respecto de la agricultura. Entre ambas formas de actividad productiva existe una dinámica positiva, en la que el crecimiento de una favorece la expansión de la otra. El progreso agrícola demanda mayor cantidad de insumos, empleo directo y servicios; permite mayor capacidad de inversión de las familias rurales en otras actividades; y genera un mayor dinamismo de los mercados locales. Al mismo tiempo, el crecimiento en el ingreso no agrícola favorece las capacidades de inversión en agricultura, aumenta las posibilidades de actividades postcosecha, así como la integración vertical en actividades de almacenamiento y transporte de la producción y genera mayor demanda local para la producción sectorial. El progreso combinado de las actividades agrícolas y las no agrícolas en el medio rural favorece también una mejor articulación económica con el sistema de ciudades intermedias. Para el dinamismo económico y la generación de empleos, el papel del desarrollo agrícola y rural resulta esencial.

- c) La erradicación de la pobreza representa, sin duda, una prioridad nacional y en esa lucha el desarrollo agrícola y rural tiene un papel preponderante. Según los datos del Informe de Desarrollo Humano del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), 2% de la población mexicana vive con 1.25 dólares al día, 4.8% vive con 2 dólares al día y 17.6% se encuentra por debajo de la línea nacional de pobreza alimentaria. Asimismo, 3.4% de niños menores de 5 años sufren malnutrición y 5% de la población se encuentra en el rango de prevalencia de subalimentación (PNUD, *Informe del Desarrollo Humano 2007-2008*).

---

*Evolución de la Pobreza Alimentaria en México, 1992-2008* (porcentaje de personas).



**Figura 1.12** Evolución de la pobreza por ingresos en las entidades federativas 1992-2008. (Fuente: Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, CONEVAL, 2009).

d) A diferencia de lo que ocurre en otros países, donde el proceso de emigración ha ocasionado que el mayor número de personas pobres viva en las ciudades, en México todavía la mayor parte de la población pobre vive en el campo. En 2008, de los 19.5 millones de personas en pobreza alimentaria, 7.2 millones se ubicaban en las ciudades y 12.2 millones en las zonas rurales. Es decir, seis de cada diez habitantes en situación de pobreza alimentaria residen en el medio rural. Asimismo, la incidencia de la pobreza entre los habitantes del campo es mucho mayor que en las ciudades; mientras que en las áreas urbanas la pobreza alimentaria afecta a 10.6% de la población, en el campo ese porcentaje es tres veces mayor, 31.8% (CONEVAL, Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, julio 2009). El imperativo -ético, económico y político- de reducir la pobreza en el país implica la atención al desarrollo agrícola y rural.

e) El desarrollo rural también significa la incorporación de un importante potencial económico para el progreso del país. En gran medida, el

---

desarrollo de este sector implica la realización de un importante acervo de recursos productivos, el primero de ellos: la capacidad creadora y productiva de más de la cuarta parte de la población nacional. Las mejoras en los índices de nutrición, educación, salud, vivienda y acceso a servicios, así como el dinamismo económico del campo, constituyen estímulos a la realización del potencial productivo de la población rural, generando un círculo virtuoso de progreso y crecimiento productivo que puede mejorar significativamente las condiciones de vida en amplias zonas del país. El desarrollo rural, a su vez, incide positivamente sobre el potencial de desarrollo económico global, a través del crecimiento de la demanda interna, la mejor articulación interregional, el equilibrio social y la mayor cohesión e integración nacional.

- f) En la construcción de una mayor igualdad de oportunidades para el conjunto de la población resulta crucial favorecer la ampliación de las oportunidades para los hijos de las familias pobres que viven en el campo, permitiendo la sostenibilidad social y ambiental del medio rural, como parte del camino hacia la equidad, la seguridad y la paz social en el país.
- g) Una de las prioridades del desarrollo nacional de largo plazo es la sostenibilidad ambiental y la conservación de los recursos naturales.

En un mundo en donde los nuevos desafíos derivados del cambio climático se suman a los problemas seculares de agotamiento, contaminación y deterioro de los recursos naturales, México no se queda atrás para revertir estas tendencias. La preservación de los acuíferos, de los suelos, de la biodiversidad, de los bosques, de la densidad de vida marina y de aguas interiores, y los demás elementos de sostenibilidad ambiental constituyen una prioridad nacional en la que las orientaciones y modalidades del desarrollo agropecuario y rural juegan un papel fundamental.

- h) El desarrollo agrícola y rural juega también un papel muy relevante dentro de la estrategia para mejorar la inserción internacional del país. En las negociaciones comerciales internacionales el sector agroalimentario es considerado como altamente sensible en función de la multifuncionalidad de

---

la agricultura, es decir, su importante incidencia en la alimentación, el empleo, la conservación de los recursos naturales, el medio ambiente incluyendo el ritmo de calentamiento global y el cambio climático- el ordenamiento territorial, el ecoturismo, la preservación del paisaje rural y la conservación del patrimonio cultural.

- i) Finalmente, el medio rural también es depositario privilegiado de muchas de las raíces culturales mexicanas y de las expresiones más entrañables de la identidad nacional. En el México rural, campesino e indígena, y en la naturaleza del campo nacional toman cuerpo los rasgos y valores que definen su identidad, su geografía, su idiosincrasia, la historia compartida, y la cultura profunda que distingue al país dentro del mundo y lo caracteriza como parte del mundo (*Ramírez, H. Iniciativa de Ley de planeación para la inversión rural y la seguridad alimentaria. Senado de la República. México 2008*).

#### **1.1.2.3.6 Producción nacional**

En México durante 2008 se cosecharon 55,942 hectáreas de tomate. La superficie ha decrecido a una tasa media anual de 3.5% entre 2000 y 2008. Al respecto, destaca que tanto la superficie de riego, como la superficie de temporal se han contraído en el citado periodo.

Durante 2008 el rendimiento promedio nacional fue de 21.8 toneladas por hectárea en temporal. En contraste, el rendimiento nacional en condiciones de riego se ubica en 44.1 toneladas por hectárea. Al respecto, uno de los factores que ha propiciado que se tenga un mayor rendimiento, y a la vez ha permitido una reducción de la superficie cosechada, es la adopción de agricultura protegida, ya sea utilizando tecnología básica como malla sombra o invernaderos altamente tecnificados.

---

En este sentido, cabe mencionar que las casas de malla sombra son estructuras temporales que proveen un determinado control del ambiente, ya que se protege a las plantas de excesiva radiación solar y del viento. La malla sombra también se utiliza como barrera protectora de insectos vectores, tales como la mosquita blanca. Sin embargo, debido a que la malla sombra no provee protección significativa del frío y de la lluvia, los productores pueden ampliar la temporada de producción sólo de forma marginal. Por otro lado, un invernadero permite un control activo de los factores medioambientales tales como la luminosidad, temperatura del aire, humedad y niveles de dióxido de carbono. De esta forma se provee a la planta de las condiciones ideales que le permiten incrementar significativamente los rendimientos. En agricultura protegida existe una amplia gama de tecnologías que se pueden combinar dependiendo de las condiciones ambientales y de la capacidad financiera del productor (USDA. 2005).

Sobre este tema, es posible afirmar que México fue el último país de Norteamérica en adoptar tecnologías de agricultura protegida. Sin embargo, esta industria se ha desarrollado rápidamente, de forma que México ya cuenta con una mayor superficie de invernaderos que Estados Unidos y Canadá. Cabe señalar que la principal fortaleza de México radica en que las condiciones climatológicas permiten producir tomate durante el invierno. En este sentido, en las regiones que cuentan con clima templado seco y con buenas condiciones de radiación solar, la temporada de producción se puede extender durante todo el año, lo que potencialmente representa utilidades extraordinarias para los productores (Padilla Bernal, L. et al. 2010).

No obstante, los productores mexicanos de tomate enfrentan retos como mayores costos del capital, falta de infraestructura, falta de proveedores especializados de insumos, así como calidad inconsistente de la producción (USDA. 2005). En términos de tecnología y rendimientos de producción de tomate en condiciones de invernadero, México se encuentra rezagado con respecto a Estados Unidos y Canadá. Por citar un ejemplo, mientras que en México el rendimiento promedio en

---

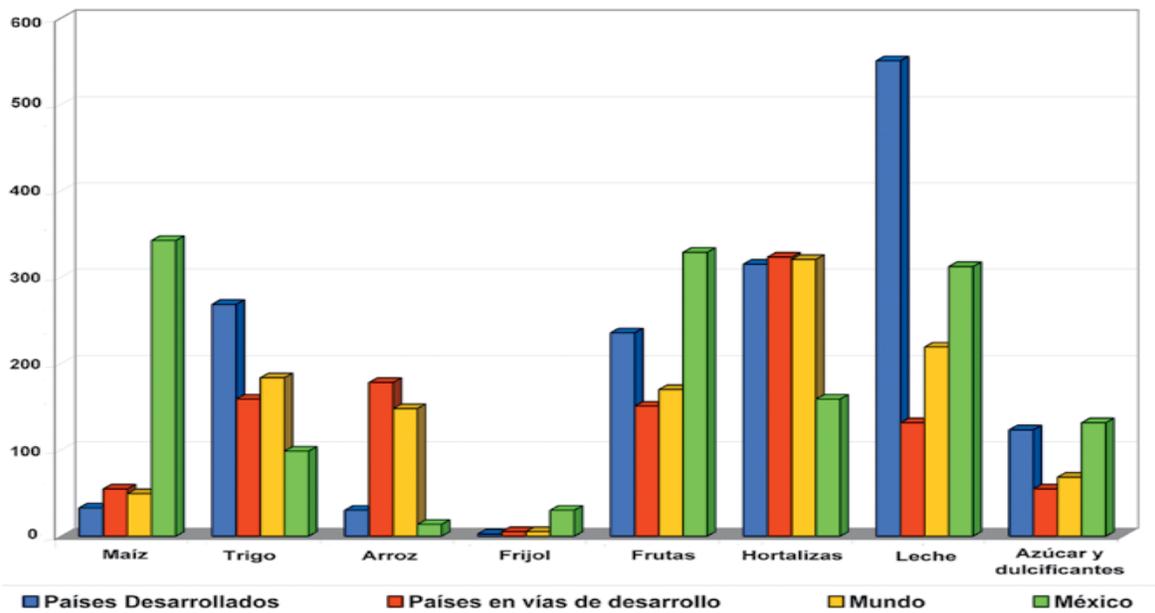
2006 fue de 130 toneladas de tomate por hectárea de invernadero, en Estados Unidos y Canadá los rendimientos superaban las 450 toneladas por hectárea. Los bajos rendimientos promedio en México se atribuyen principalmente al amplio rango de tecnologías utilizadas por los productores, mismas que abarcan desde un invernadero básico hasta invernaderos con tecnología de punta. Estos últimos generalmente cuentan con sistemas automatizados e hidroponía (Padilla Bernal, L. et al. 2010).

La producción de tomate bajo invernadero en México se ha convertido en un factor determinante en la producción total de la hortaliza. Así, se estima que en 2008/09 el área de invernadero destinada a la producción de tomate superó las 3,200 hectáreas.

Asimismo, se espera que citada superficie continúe creciendo en los próximos años. Aunque la mayor parte de la producción bajo invernadero se concentra en Sinaloa, Baja California y Jalisco, este tipo de producción también existe en estados como Colima, Estado de México, Hidalgo, Michoacán, Querétaro, San Luis Potosí, Sonora y Zacatecas.

Cabe resaltar que la mayor parte de la producción bajo invernadero que se genera en Sinaloa y Baja California se destina a la exportación, lo que obedece al hecho de que los precios en el mercado internacional tienden a ser significativamente más altos que los del mercado local (USDA. 2009). Una de las características de la producción de tomate fresco tanto en agricultura protegida como a cielo abierto, es la concentración, ya que pocas empresas participan con una importante proporción de la cosecha (Padilla Bernal, L. et al. 2010).

El consumo de frutas por habitante ha sido tradicionalmente elevado en México y durante la última década se ha incrementado aceleradamente. En la actualidad llega a 329 gramos por día, casi el doble del promedio mundial de 170 gramos diarios. En cambio, el consumo de hortalizas ha crecido lentamente y el nivel promedio en México es de solamente 159 gramos diarios, aproximadamente la mitad del promedio mundial de 320 gramos.



**Figura 1.13** Consumo promedio de alimentos por habitante (Fuente: AGROANÁLISIS, AC. con base en información de FAO/FAOSTAT, 2009).

Para tener una mejor visión acerca de la producción nacional del tomate rojo o jitomate se ha desglosado una serie de graficas las cuales cuentan con la información necesaria.

La siguiente tabla muestra la producción de tomate en toneladas por tipo del año 2004 a 2008.

**Tabla 1.7** Producción de tomate. (Fuente: [www.siacon.sagarpa.gob.mx](http://www.siacon.sagarpa.gob.mx)).

Tipos	2004	2005	2006	2007	2008
Cherry	54,592.17	59,106.90	44,479.80	36,017.08	34,846.54
Cherry (orgánico)	683.5	2,797.39	2,908.60	4,060.93	5,119.16
Rojo (jitomate orgánico)	3,800	350	18,118	6,007.50	22,800.99
Rojo Exportación	282,801.10	258,510.50	248,378.75	265,145.95	297,828.44
rojo (industrial)	26,100	200.00	35,466	15,272	27,572.18
Rojo (jitomate) bola	805,615.95	561,214.62	396,274.51	374,362.80	316,679.28
Jitomate invernadero exportación	10,639.76	25,729.80	36,038.6	42,306.30	54,196.10
Rojo (jitomate) invernadero	34,483.79	40,469.38	99,494.36	226,927.52	207,456.58
Rojo (jitomate) río grande	286,860.91	275,423.38	214,017.92	136,272.44	18,298.66
Rojo (jitomate) roma	1,923	544.70	3,517.20	3,978.50	2,829
Rojo (saladette)	783,505.58	1,008,869.67	994,737.85	1,315,051.75	1,273,964.72
Rojo (semilla)	1.40	2.45	4.94	10.28	3.00
Rojo (semilla) invernadero	0.00	2.75	0.00	0.00	0.00
Rojo (invernadero) malla sombra	0.00	0.00	0.00	0.00	1.61
Rojo (jitomate) sin clasificar	23,624.14	13,030	0.00	0.00	0.00
Verde	722,546.69	553,720.87	805,581.26	720,870.67	608,723.75
Verde (orgánico)	88.00	148.00	140.00	4,079	745.00

**Tabla 1.8** Principales estados en México por producción de toneladas de tomate rojo. (Fuente: [www.siacon.sagarpa.gob.mx](http://www.siacon.sagarpa.gob.mx)).

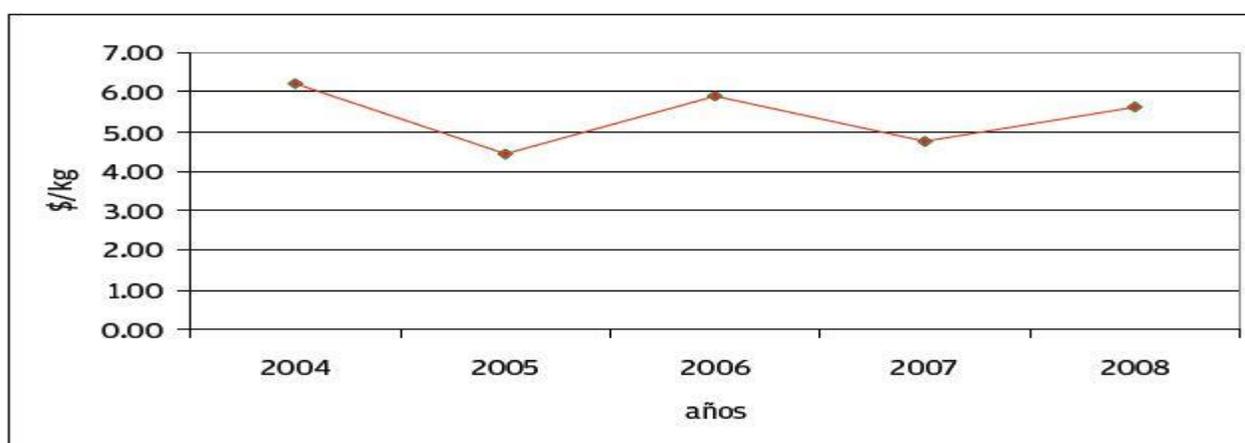
Estados	2004	2005	2006	2007	2008
Sinaloa	991,113.10	845,477.18	783,314.03	827,010.94	782,909.50
Baja California	294,076.06	262,457.52	216,000.04	196,388.03	206,257.11
Michoacán	162,476.07	150,730.08	134,177.84	224,897.88	175,702.64
San Luis Potosí	125,122.75	162,052.70	120,120	120,289.40	139,653
Jalisco	109,929.87	117,500.45	87,533.64	141,796.28	122,420.73
<b>Total</b>	<b>2,314,629.90</b>	<b>2,246,246.34</b>	<b>2,093,431.59</b>	<b>2,425,402.77</b>	<b>2,263,201.65</b>

**Tabla 1.9** Principales estados de México por valor de la producción de tomate rojo. (Fuente: [www.siacon.sagarpa.gob.mx](http://www.siacon.sagarpa.gob.mx)).

Estados	2004	2005	2006	2007	2008
Sinaloa	4,126,450	2,939,846,928.52	2,972,872,280	3,127,840,800	4,099,622,150
Baja California	4,328,221,879.88	1,575,856,130.13	1,995,815,394.94	1,145,874,361.22	1,090,450,230.49
San Luis Potosí	808,836,987.50	614,072,200	732,133,600	565,825,840	834,142,600
Jalisco	825,324,528	611,872,181	803,493,414	842,950,558.82	571,889,916.52
Michoacán	757,314,119.42	467,065,774.09	666,755,530.28	695,526,076.81	564,045,266.64
<b>Total</b>	<b>14,374,884,132.36</b>	<b>9,914,273,072.69</b>	<b>12,314,414,213.75</b>	<b>11,527,680,037.40</b>	<b>12,699,612,987.40</b>

**Tabla 1.10** Principales estados en México por superficie cosechada de tomate rojo. (Fuente: [www.siacon.sagarpa.gob.mx](http://www.siacon.sagarpa.gob.mx))

Estados	2004	2005	2006	2007	2008
Sinaloa	26,360	25,437.50	21,563	18,820	15,754
Michoacán	6,209.01	4,786.00	4,921.72	6,463.00	5,341.75
Baja California	6,204.05	5,664	4,844	3,318	3,635
San Luis Potosí	4,852	5,957	3,446	3,593.50	3,111.50
Jalisco	3,004.00	2,668.75	2,082.00	2,674.54	2,360.50
<b>Total</b>	<b>71,498.25</b>	<b>71,085.65</b>	<b>63,953.73</b>	<b>64,779.41</b>	<b>55,942.37</b>



**Figura 1.14** Precio medio rural nacional de tomate rojo en pesos. (Fuente: [www.siacon.sagarpa.gob.mx](http://www.siacon.sagarpa.gob.mx)).

En lo referente al destino de la producción, se estima que del total de la producción de tomate en México para 2009/10, cerca del 99% se canalice al

---

mercado para consumirse como hortaliza fresca, y sólo el 1% se destine a procesamiento (USDA. 2009).

Es importante reconocer que un factor importante de la producción es el conjunto de apoyos para el establecimiento de invernaderos. Al respecto, cada Entidad Federativa cuenta con su propio conjunto de incentivos económicos para fomentar esta actividad. Entre los apoyos gubernamentales también se encuentran talleres de capacitación, así como programas de certificación (USDA. 2009). A nivel federal, durante el periodo 2001-2008 se apoyó por parte de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) para el establecimiento de agricultura protegida en una superficie acumulada de 2,578 hectáreas. Entre los apoyos de SAGARPA para agricultura protegida se encuentra la modalidad de aportaciones directas en rubros como:

- Formulación de planes de negocio y gastos preoperativos
- Certificación y usos de esquemas de calidad de productos agroalimentarios
- Infraestructura y equipamiento (SAGARPA. 2009).

#### **1.1.2.3.7 Comercialización y canales de distribución**

La comercialización de tomate al igual que ocurre con otros productos agrarios, experimentan cambios en el tiempo. Ello es debido tanto al efecto de las modificaciones de las variables macroeconómicas que delimitan el contexto, como a modificaciones de procedencia interna, consecuencia, principalmente de la innovación tecnológica propia, entendida en sentido amplio.

La agroindustria es un factor fundamental para el desenvolvimiento de la agricultura mexicana. Dado que la mayor parte del valor y el volumen de la producción de bienes agrícolas se destina al mercado y que cada vez un número más grande de consumidores se concentra en las ciudades, estos bienes deben ser objeto de algún tipo de proceso que permita su consumo, lo cual implica la adición de valor para darles una nueva forma o contenido, o bien llevarlos al lugar

---

y en el tiempo que se requieren para hacerlos disponibles al consumidor. Si bien la agroindustria sigue refiriéndose a las actividades de transformación, realizadas en los sectores secundario y terciario, el concepto de los productos agroindustriales ha tenido algunas variaciones en los últimos años, principalmente en relación a los productos agroalimentarios que tradicionalmente se presentaban enlatados o empacados y que en la actualidad de manera creciente se asocian a procesos nuevos y que agregan mayor valor, para hacer llegar a los consumidores alimentos frescos o congelados, de muy alta calidad, diferenciados por atributos muy particulares, tales como su origen y su forma de producción, así como certificados en el cumplimiento de las más estrictas normas de inocuidad o de origen.

La demanda del tomate ha producido un cambio importante en la estructura productiva agrícola de alguna de las zonas de México que han pasado en pocos años, de producciones destinadas a mercados locales o nacionales, pero exigentes, a producciones para la exportación que tienen que cumplir ciertas normas. No sólo han tenido que variar sus técnicas de cultivo, sino que también han tenido que cambiar el material vegetal y la infraestructura de comercialización.

El establecimiento de unas normas de calidad, en el tomate, como en cualquier otro producto agrícola, tiene como objetivo fundamental el permitir al consumidor identificar exteriormente un lote, y, por tanto conseguir que esta identificación pueda mantenerse a lo largo del tiempo y del espacio, es decir a través de toda la red de distribución.

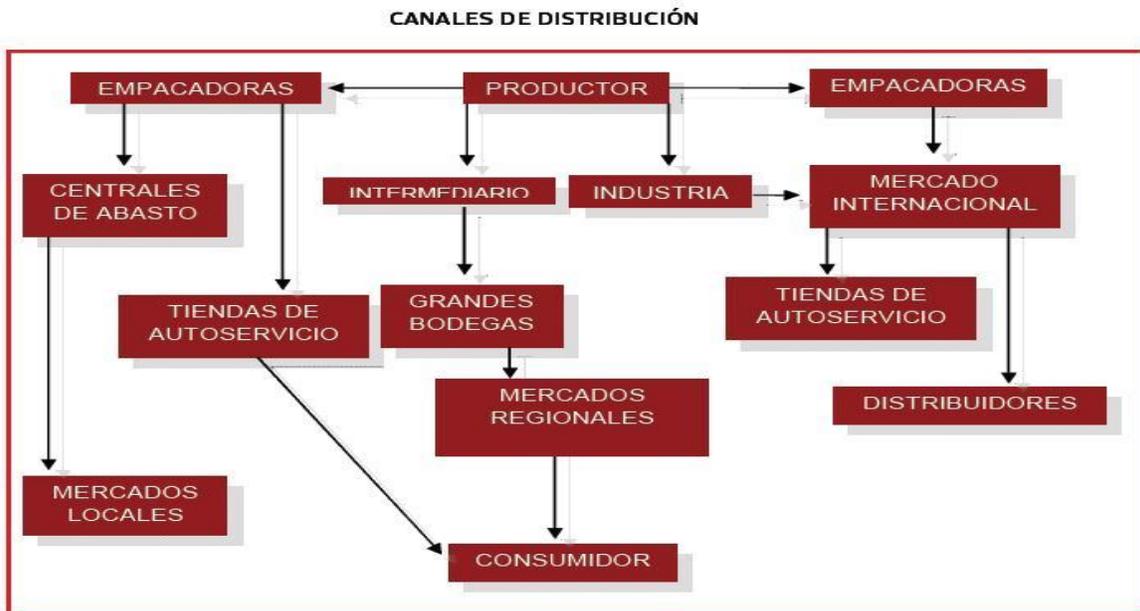
En general puede decirse que un tomate de calidad es aquel que se encuentra en un estado sano, limpio, entero, sin sabor ni olor extraño, que no sea no harinoso ni hueco, y que resista bien el transporte y la manipulación.

Tres aspectos que deben considerarse en relación con la calidad son la firmeza, el calibre y el agrietado.

---

Sin embargo, al crearse esta dependencia respecto a los mercados consumidores, debe seguirse también de cerca la evolución de los gustos y preferencias de esos mercados, cada día más exigentes; por tanto una vez creada esa infraestructura de comercialización, hay que agilizarla y adecuarla al máximo para que se pueda seguir el ritmo que imponen los consumidores.

En el siguiente diagrama se muestran los canales de distribución para el tomate rojo o jitomate.



**Figura 1.15** Canales de distribución. (Fuente: sagarpa).

#### 1.1.2.3.8 Importancia social en la producción de jitomate

En nuestro país el cultivo de jitomate tiene un fuerte arraigo; se considera que es tan antiguo, que en las culturas prehispánicas ya forma parte de la dieta alimenticia, esta hortaliza ha sustentado la alimentación popular desde épocas precolombinas, junto con el maíz, chile y frijol.

---

En la actualidad, la importancia del jitomate en la dieta alimentaria del pueblo mexicano sigue siendo fundamental, debido básicamente a sus cualidades nutritivas.

#### **1.1.2.3.9 Fertilizantes en la actualidad**

En el marco de la denominada agricultura sostenible la fertilización se concibe como la aplicación racional de fertilizantes dentro del respecto al medio ambiente.

En la etapa inicial, se recomienda una relación de N-P-K de 2-1-1.

En la etapa de floración, se recomienda una relación de N-P-K de 1-2-1

En la etapa de fructificación, se recomienda una relación N-P-K de 1-1-2.

Algunos de los fertilizantes más utilizados son: Fosfonitrato (33% N), sulfato de amonio (20.5% N), superfosfato de calcio triple (46% P), fosfato diamónico (18-46-00), nitrato de potasio (12-00-45), calcio, magnesio, hierro, zinc, boro, azufre, manganeso y molibdeno.

El potencial de Hidrógeno pH es el parámetro que determina la alcalinidad o acidez de agua y suelo, tomando como base el 7 (neutro) en una escala del 0 al 14, del cual dependerá la utilización de los fertilizantes ácidos o alcalinos para establecer su rango. Para el cultivo de jitomate, el rango óptimo de pH es de 6.5 a 7.0.

La conductividad eléctrica CE es el flujo de energía eléctrica que se presenta en el suelo, debido a la concentración de sales. La unidad de medición se da en mmhos/cm a 25°C. Mientras mayor sea el flujo, mayor será el contenido de sales y a mayor contenido de sales, mayor dificultad para la absorción de nutrientes.

Es necesario considerar que los fosfatos jamás se deberán mezclar con los otros fertilizantes, principalmente con los nitratos y los magnesios pues induce a la

---

solidificación de los mismos. Además de utilizar fertilizantes solubles para evitar taponamiento en el sistema de riego.

### **Carencias de nutrientes**

Nitrógeno: presenta hojas débiles y de color verde-amarillentas.

Magnesio: presenta hojas de colores entre blancos y amarillos con manchas marrones, y puede ser corregido pulverizando sulfato de magnesio.

Fósforo: se manifiesta más en las flores, las cuales se secan prematuramente, además de que tardan en formarse y abrirse. Se corrige abonando después de la floración con superfosfato de cal.

Potasio: se manifiesta en la forma y color de las hojas, las cuales se doblan por su borde, se quedan pequeñas y amarillean hasta tornarse grises. Si la falta de potasio persiste, estos síntomas progresan hasta que alcanzan la parte superior de la planta.

Manganeso: imagen de síntomas de su carencia.



### **Fertirrigación**

En los cultivos de tomate, el aporte de agua y gran parte de los nutrientes se realiza de forma generalizada mediante riego por goteo y va ser función del estado

---

fenológico de la planta, así como del ambiente en que ésta se desarrolla (tipo de suelo, condiciones climáticas, calidad del agua de riego, etc.).

El fósforo juega un papel relevante en las etapas de enraizamiento y floración, ya que es determinante sobre la formación de raíces y sobre el tamaño de las flores. En ocasiones se abusa de él, buscando un acortamiento de entrenudos en las épocas tempranas, en las que la planta tiende a ahilarse. Durante el invierno se tiene que aumentar el aporte de este elemento, así como de magnesio, para evitar fuertes carencias por enfriamiento del suelo.

El calcio es otro macroelemento fundamental en la nutrición del tomate para evitar la necrosis apical (blossom end rot), ocasionada normalmente por la carencia o bloqueo del calcio en terrenos salinos o por graves irregularidades en los riegos. Para que este elemento sea asimilado de forma más eficiente se recomienda aplicar mezclado con magnesio en una proporción de 2 partes de Ca y 1 de Mg.

Entre los microelementos de mayor importancia en la nutrición del tomate está el hierro, que juega un papel primordial en la coloración de los frutos y en menor medida, en cuanto a su empleo, se sitúan el manganeso, zinc, boro y molibdeno. Los fertilizantes de uso más extendidos son los abonos simples en forma de sólidos solubles (nitrato cálcico, nitrato potásico, nitrato amónico, fosfato monopotásico, fosfato monoamónico, sulfato potásico, sulfato magnésico) y en forma líquida (ácido fosfórico, ácido nítrico), debido a su bajo costo y a que permiten un fácil ajuste de la fórmula nutritiva; aunque existen en el mercado abonos complejos sólidos cristalinos y líquidos que se ajustan adecuadamente, solos o en combinación con los abonos simples, a los equilibrios requeridos en las distintas fases de desarrollo del cultivo.

El aporte de microelementos, que años atrás se había descuidado en gran medida, resulta vital para una nutrición adecuada, pudiendo encontrar en el mercado una amplia gama de sólidos y líquidos en forma mineral y de que latos,

---

cuando es necesario favorecer su estabilidad en el medio de cultivo y su absorción por la planta.

La clorosis férrica es característica de especies que crecen en suelos calizos. La deficiencia en hierro acorta el ciclo vital de las plantas, los rendimientos disminuyen y los frutos son de peor calidad. El quelato férrico es una de las mejores soluciones para combatir la clorosis férrica, pero tienen un elevado precio. Por ello, si se disminuyen las cantidades de quelato que se aplican, se reducirían costos y aumentarían los beneficios.

También se dispone de numerosos correctores de carencias, tanto de macro como de micronutrientes, que pueden aplicarse vía foliar o riego por goteo, tales como aminoácidos de uso preventivo y curativo, que ayudan a la planta en momentos críticos de su desarrollo o bajo condiciones ambientales desfavorables, al igual que por otros productos (ácidos húmicos y fúlvicos, correctores salinos, etc.), que mejoran las condiciones del medio y facilitan la asimilación de nutrientes por la planta.

Recomendaciones antes de instalar un cultivo de tomate:

- No abandonar residuos vegetales en lugares cercanos al cultivo.
- Aplicar vía riego por goteo un desinfectante de suelos antes del trasplante para eliminar hongos o la posibilidad de algunos nematodos.
- Desinfectar las herramientas con lejía o productos a base de compuestos de cobre.
- Formar adecuadamente a los operarios para evitar que sean vehículos de contaminación.
- Realizar un programa de buenas prácticas agrícolas para lograr el aseguramiento de la calidad del fruto.

---

## **Soluciones nutritivas**

Dentro de la Nutrición del cultivo de tomate se pueden adquirir soluciones balanceadas, las cuales se clasifican en soluciones de crecimiento, floración y fructificación o llenado de fruto. Esto nos permite disminuir costos, ya que los reactivos son difíciles de conseguir en el mercado.

## **Entutorado**

Es una práctica imprescindible para mantener la planta erguida y evitar que las hojas y, sobre todo, los frutos toquen el suelo, mejorando así la aireación general de la planta y favoreciendo el aprovechamiento de la radiación y la realización de las labores culturales (destallado, recolección, etc.). Todo ello repercutirá en la producción final, calidad del fruto y control de las enfermedades.

### **1.1.2.3.10 FOODAF (fortalezas, oportunidades, objetivos, amenazas y focalización) (Peón 2009).**

F: Fortalezas

O: Oportunidades

O: Objetivos: Interface entre el Diagnostico y el Diseño

D: Debilidades

A: Amenazas

F: Focalización: Vinculo entre Diseño y Acción

Se realiza el diagnostico FOODAF, enfocada a la producción de jitomate, con el fin de ubicar o localizar los factores que intervendrán en el sistema. Se toman elementos más importantes así como los menos importantes como resultado del empleo del FOODAF.

Al termino del diagnostico se obtienen una serie de objetivos definidos por algunos de los factores involucrados.

---

“Recordemos que la herramienta FOODAF solo es de apoyo, lo único que se pretende al hacer un análisis con esta herramienta es definir los objetivos y encontrar la función que le corresponde dentro del sistema.”

Resultado del análisis FOODAF, se muestra a continuación:

Objetivos de mayor relevancia en la producción de jitomate
Créditos para paquetes tecnológicos, producción de semilla certificada, equipamiento especializado de cosecha, equipamiento e infraestructura de acopio, almacenamiento y acondicionamiento, desarrollo gerencial de organizaciones y asistencia técnica.
Apoyos para la adquisición de equipo forrajero en áreas reconvertidas, programas de manejo integrado de plagas y enfermedades.
Apoyo para el cambio de cultivos de jitomate hacia especies mejoradas.
Otorgamientos de garantías liquidas y gastos de operación a organizaciones para la comercialización.
Desarrollo de campañas para la promoción al consumo de jitomate.

Con todos los elementos anteriores podemos visualizar los problemas que afectan la producción de jitomate, una vez ubicados los objetivos, es posible realizar un plan de trabajo a mediano y largo plazo, que permita dar solución a las necesidades que enfrentan los productores día con día.

## 1.2 Fundamento de la investigación

En esta apartado se revisara la teoría de las diferentes áreas del conocimiento que servirán como apoyo para fundamentar y desarrollar este proyecto de tesis.

## 1.3 Justificación del proyecto de tesis

Analizando la situación actual del jitomate, podemos decir que por medio de la aplicación de los métodos para su producción, los cuales son: El método tradicional y el no tradicional; estos ocasionan una serie de problemas, y por lo tanto no son suficientes para mejorar la producción de este; en el método tradicional no existe gran impacto ambiental pero por lo contrario si hay grandes pérdidas de producción por plagas, virus, nematodos, etc., que si ocasionan un

---

impacto negativo en lo económico, por otro lado en el método no tradicional en donde se ocupan diferentes agroquímicos si existe un gran impacto negativo en lo ambiental ya que se contaminan principalmente plantas, suelos, ambiente y además en algunas ocasiones son tóxicos para el ser humano ocasionando serios problemas en la salud.

Se sabe que el incremento de la producción de jitomate trae consigo una serie de problemas en los diferentes sectores: económicos, políticos, sociales, culturales, educativo, tecnológico, ambientales, etc.

Por medio de la metodología que se desarrolla en este trabajo de investigación para la aplicación de métodos biofísicos presiembra aplicados a la semilla de jitomate se pretende ayudar a reducir impactos negativos en los diferentes sectores económicos, políticos, sociales, culturales, educativos, tecnológicos, ambientales, etc.

## **1.4 Objetivos de proyecto de tesis**

### **1.4.1 Objetivo general**

Diseñar una metodología sistémica que permita el estudio de los efectos producidos por la irradiación de campos electromagnéticos generados por bobinas como fuente de estímulo bio-físico aplicados a semillas de jitomate.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Realizar una revisión de la literatura para conocer el estado del arte, fundamentar la investigación y definir todos los elementos que a emplear en este proyecto de tesis.
- Recopilar información referente a los efectos producidos por la aplicación de campos electromagnéticos a diferentes semillas y plantas.
- Plantear una metodología a seguir para llevar a cabo los experimentos de irradiación electromagnética aplicados a semillas de jitomate.

- 
- Investigar los efectos que produce la aplicación de campo electromagnético en diferentes intensidades y tiempos a la velocidad de emergencia de plántulas de jitomate.
  - Investigar los efectos que produce la aplicación de campo electromagnético en diferentes intensidades y tiempos en la producción de fruto de jitomate.

### **1.5 Hipótesis**

En el siguiente proyecto de investigación se pretende demostrar la siguiente hipótesis:

Que el efecto de irradiación de campo electromagnético (bio-estimulación) aplicado a la semilla de jitomate en diferentes valores de intensidades y tiempos de irradiación mejorará el vigor de la semilla, calidad fisiológica, acumulación de materia seca y producción de fruto.

En lo cual se analizarán las siguientes variables en las plántulas de jitomate.

- Velocidad de emergencia
- Número de plántulas emergidas
- Altura del tallo
- Diámetro de tallo
- Peso seco de la biomasa
- Peso fresco de la biomasa
- Peso de fruto

Mediante esta capítulo se permite dar un marco físico contextual para ubicar en donde se desarrolla este proyecto de tesis, mencionar el contexto histórico del jitomate para saber su pasado y sus raíces, también se desarrolló la historia de la sistémica para saber los aportes que se han hecho. Se investigaron las importaciones y exportaciones de jitomate a nivel mundial y nacional para saber estadísticamente que países y estados ocupan los primeros lugares. Se desarrolló el FOODAF enfocada a la producción de jitomate, con el fin de

---

ubicar o localizar los factores que intervendrán en el sistema. Además se realizó un diagnóstico de los dos métodos de siembra, estos motivando a pasar a la justificación del problema y establecer los objetivos general y específicos y plantear la hipótesis.

**Tabla 1.11** Tabla de congruencias. (Elaboración propia, 2011).

<b>Problema de Investigación</b>		
Radiación de semilla de jitomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> ) para evaluar la velocidad de emergencia y producción de fruto.		
<b>Justificación</b>		
Existen diferentes tipos de problemas para la producción de jitomate en los principales sectores como: económicos, sociales, culturales, ecológicos, políticos, etc. Por medio de la metodología que se desarrolla en este trabajo de investigación para la aplicación de métodos biofísicos presiembra aplicados a la semilla de jitomate se pretende ayudar a reducir impactos negativos en los diferentes sectores antes mencionados económicos, políticos, sociales, culturales, educativos, tecnológicos, ambientales, etc.		
<b>Objetivo General</b>		
Diseñar una metodología sistémica que permita el estudio de los efectos producidos por la irradiación de campos electromagnéticos generados por bobinas como fuente de estímulo bio-físico aplicados a semillas de jitomate.		
<b>Objetivo específico 1</b>	<b>Objetivo específico 2</b>	<b>Objetivo específico 3</b>
Realizar una revisión de la literatura para conocer el estado del arte, fundamentar la investigación y definir todos los elementos que a emplear en este proyecto de tesis.	Recopilar información referente a los efectos producidos por la aplicación de campos electromagnéticos a diferentes semillas y plantas.	Plantear una metodología a seguir para llevar a cabo los experimentos de irradiación electromagnética aplicados a semillas de jitomate.
<b>Objetivo específico 4</b>	<b>Objetivo específico 5</b>	<b>Objetivo específico 6</b>
Investigar los efectos que produce la aplicación de campo electromagnético en diferentes intensidades y tiempos a la velocidad de emergencia de plántulas de jitomate.	Investigar los efectos que produce la aplicación de campo electromagnético en diferentes intensidades y tiempos en la producción de fruto de jitomate.	Determinar las mejores intensidades de radiación así como los mejores tiempos.
<b>Hipótesis</b>		
Que el efecto de irradiación de campo electromagnético (bio-estimulación) aplicado a la semilla de jitomate en diferentes valores de intensidades y tiempos de irradiación mejorará el vigor de la semilla, calidad fisiológica, acumulación de materia seca y producción de fruto.		
<b>Características de la Investigación</b> - El tipo de investigación empleada en este proceso de Investigación es: de campo, Documental y Experimental.		



# **CAPÍTULO 2**

## **Marco teórico y Metodológico**

---

## **2 MARCO TEÓRICO Y METODOLÓGICO**

Previamente establecido el contexto así como su fundamento de investigación que nos permitieron establecer la justificación del proyecto de tesis y los objetivos generales y específicos; el presente capítulo tratará del marco metodológico (como se realizará) y el marco teórico de distintas disciplinas.

### **2.1 Marco Teórico**

Al realizar una investigación sistémica transdisciplinaria es necesario tener una visión holística y a la vez integrar los conocimientos de las diferentes áreas, de esta manera se realiza el marco teórico de las distintas disciplinas que se relacionan en el proyecto de tesis.

#### **2.1.1 Teoría general de sistemas**

Un sistema es una reunión o conjunto de elementos relacionados entre sí con un propósito, un sistema es un agregado de entidades, viviente o no viviente o ambas, los sistemas se componen de otros sistemas a los que llamamos subsistemas, en la mayoría de los casos, podemos pensar en sistemas más grandes o súper ordinales, los cuales comprenden otros sistemas y que se les denomina sistema total o integral.

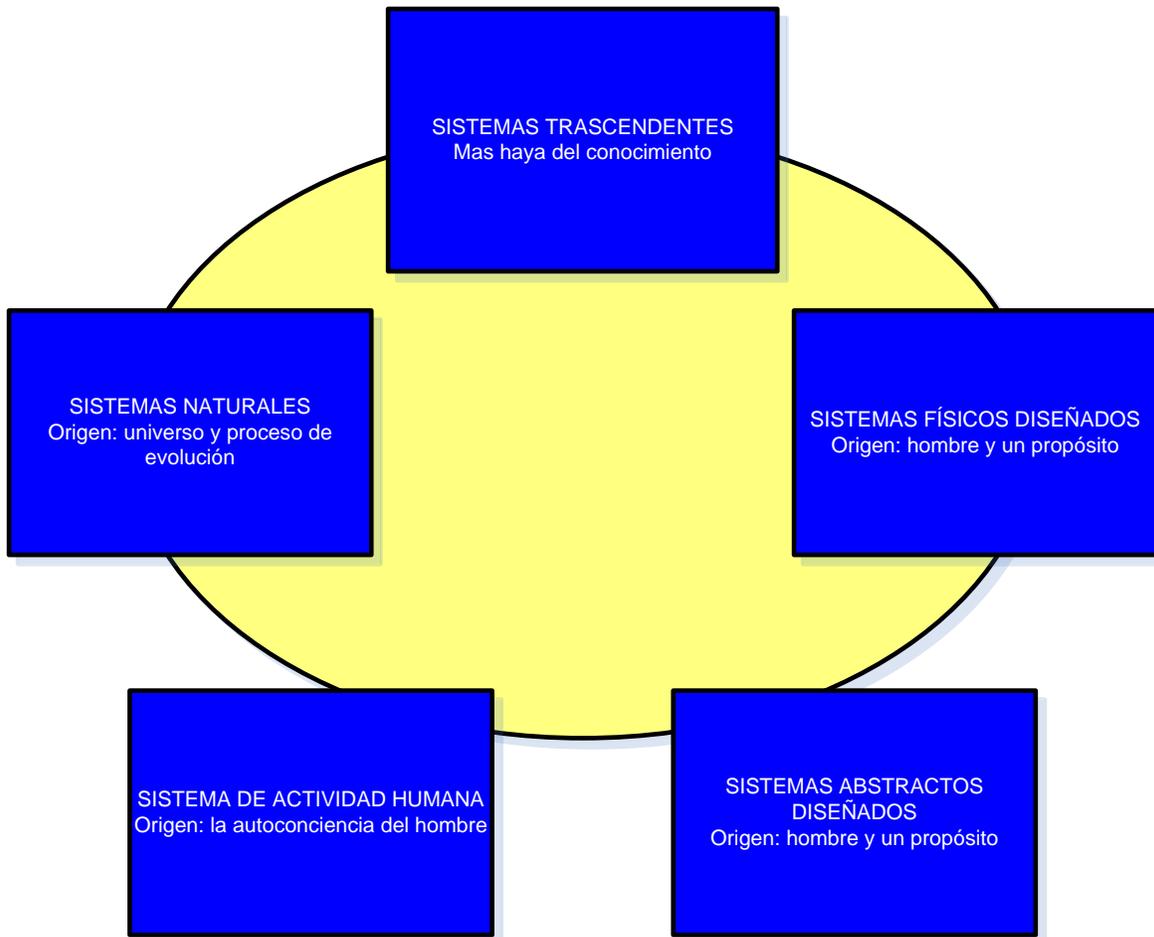
La teoría general de los sistemas afirma que las propiedades de los sistemas no pueden suscribirse significativamente en términos de sus elementos separados, esto ocurre cuando se estudian globalmente involucrando todas las interdependencias de sus elementos o sus partes (Checkland, P.B. 1995, Systems Thinking, System Practice).

Esta teoría se fundamenta en tres premisas básicas:

- 
- Los sistemas existentes dentro de sistemas; esto quiere decir que las moléculas existen dentro de las células, las células dentro de los tejidos, los tejidos dentro de los órganos, los órganos dentro de los organismos y así sucesivamente.
  - Los sistemas son abiertos; esta premisa es consecuencia de la anterior. Cada sistema que se examine excepto el mayor o el menor, reciben y descargan información en otros sistemas que son contiguos, esto significa que están caracterizados por un proceso de intercambio infinito con el ambiente, que está constituido por los otros sistemas.
  - Las funciones de un sistema dependen de su estructura: para todos los sistemas biológicos y mecánicos esta es una afirmación intuitiva.

Checkland ha propuesto cuatro clases de sistemas necesarias para describir el "todo" del mundo real, estos son:

- A) Sistemas naturales.
- B) Sistemas físicos diseñados.
- C) Sistemas abstractos diseñados.
- D) Sistemas de actividad humana.



**Figura 2.1** Clase de sistemas. (Peón, 2009).

- a) Sistemas naturales.- son aquellos cuyos orígenes se encuentran en el “origen del universo”, y el autor argumenta que son el resultado de las fuerzas y procesos que caracterizan a este universo; por ejemplo, los sistemas vivientes que se observan en la tierra.
  
- b) Sistemas físicos diseñados.- son los que están diseñados como el resultado de algún propósito humano y que existen para servir a un propósito; por ejemplo, un sistema de aire acondicionado.

- 
- c) Sistemas abstractos diseñados.- estos sistemas representan el “producto consciente” ordenado de la mente humana; por ejemplo, las matemáticas, poemas, filosofía, entre otros.
  - d) Sistema de actividad humana.- estos son sistemas menos tangibles que los sistemas naturales y diseñados. Checkland (1995), argumenta que en el mundo se puede observar claramente innumerables grupos de actividades humanas más o menos ordenadas, como resultado de algún propósito o misión fundamental.

### **2.1.1.1 Pensamiento Sistémico**

Antes de plantear los elementos conceptuales es necesario tener una visión holística, del objeto de estudio, bajo un pensamiento sistémico para dar solución al problema planteado. El pensamiento sistémico es la actitud del ser humano, que se basa en la percepción del mundo real en términos de totalidades para su análisis, comprensión y acción, a diferencia del planteamiento del método científico, que solo percibe partes de este y de manera inconexa (Peón 2009).

El pensamiento sistémico es integrador, tanto en el análisis de las situaciones como en las conclusiones que nacen a partir de allí, proponiendo soluciones en las cuales se tienen que considerar diversos elementos y relaciones que conforman la estructura de lo que se define como “sistema”, así como también de todo aquello que conforma el entorno del sistema definido. La base filosófica que sustenta esta posición es el holismo (del griego holos = entero) (Peón 2009).

Bajo la perspectiva del enfoque de sistemas la realidad que concibe el observador que aplica esta disciplina se establece por una relación muy estrecha entre el y el objeto observado, de manera que su “realidad” es producto de un proceso de construcción entre el y el objeto observado, en un espacio tiempo determinados, constituyéndose dicha realidad en algo que ya no es externo al observador y común para todos, como lo plantea el enfoque tradicional, sino que esa realidad se

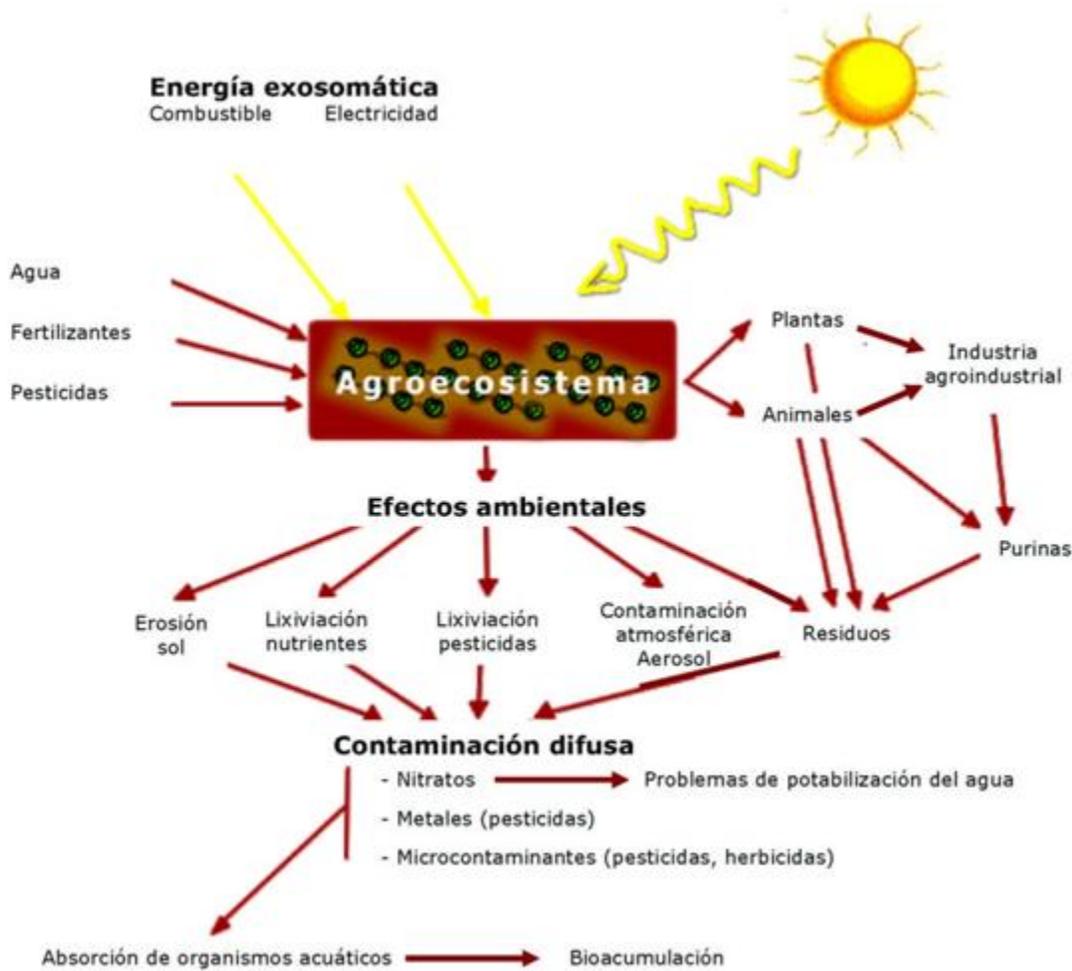
---

convierte en algo personal y particular, distinguiéndose claramente entre lo que es el mundo real y la realidad que cada observador concibe para sí.

### **2.1.2. Agronomía**

El término “agronomía” proviene del latín “ager” que significa “campo” y del griego “nomos” que significa “ley”. Denominada también como Ingeniería Agronómica.

Su estudio está basado en los factores físicos, químicos, biológicos, económicos y sociales que influyen o afectan al proceso productivo. Su objeto de estudio es el fenómeno complejo o proceso social del agroecosistema, entendiendo éste como el modelo específico de intervención del hombre en la naturaleza, con fines de producción de alimentos y materia prima.



**Figura 2.2** Proceso de Agroecosistema.

La agronomía constituye la parte verdaderamente científica de la agricultura, y tiene por objeto estudiar los principios fundamentales de la producción agrícola.

La agronomía comprende dos grandes ramas:

1. Biología agrícola.- la biología agrícola, tomada en su mas amplia expresión, comprende una serie de ciencias y técnicas, como la botánica, zoología, genética y microbiología agrícola, etc.
2. Mesología agrícola.- la mesología agrícola está integrada por la agrología, la meteorología y la climatología agrícolas. por la agrología conocemos el suelo donde se asientan y viven las plantas con todos los demás factores en los que el hombre es capaz de intervenir y modificar oportunamente

---

mediante enmiendas, abonados, labores, selecciones, etc. Por la meteorología agrícola conocemos los distintos medios en que se desarrollan las plantas y que el hombre solo puede modificar en determinados casos y bajo ciertas condiciones: cultivos de invernadero, bajo estufas, hidropónicos, etc.

### **2.1.2.1 Ciencia agrícola**

Ciencia agrícola que se ocupa de los métodos de acondicionamiento del suelo y la producción de cosechas. Los agrónomos estudian la vida de las plantas y los suelos, y su compleja interrelación, e intentan desarrollar técnicas capaces de incrementar el rendimiento de los cultivos, mejorar su calidad y aumentar la eficiencia y rentabilidad de la producción, preservando a la vez la fertilidad del suelo. La investigación agronómica ha dado lugar al desarrollo de importantes variedades nuevas de plantas resistentes a las enfermedades y a prácticas como la reproducción selectiva de plantas y el uso de fertilizantes químicos.

### **2.1.2.2 Diseño de experimentos**

El diseño de un experimento es la secuencia completa de pasos tomados de antemano para asegurar que los datos apropiados se obtendrán de modo que permitan un análisis objetivo que conduzca a deducciones válidas con respecto al problema establecido.

### **Principios básicos del diseño de experimentos**

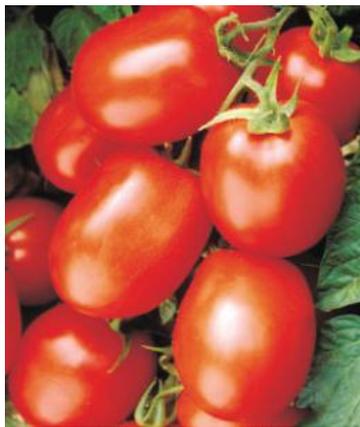
1. **Reproducción.** Proporciona una estimación del error experimental. Permite obtener una estimación más precisa del efecto medio de cualquier factor.
2. **Aleatorización.** Asignación al azar de tratamiento a las unidades experimentales. Una suposición frecuente en los modelos estadísticos de diseño de experimentos es que las observaciones o los errores en ellas están distribuidos independientemente. La aleatorización hace válida esta suposición.

- 
3. **Control Local.** Cantidad de balanceo, bloqueo y agrupamiento de las unidades experimentales que se emplean en el diseño estadístico adaptado.

### 2.1.2.3 Jitomate

La palabra jitomate deriva del vocablo Náhuatl “jitomatl” y, debido a que la cultura Náhuatl es una de las más influyentes e importantes en la idiosincrasia del pueblo de México. El cultivo del jitomate (conocido como tomate rojo en algunas de las regiones de México), es originario de América y su cultivo se ha practicado desde tiempos prehispánicos por las manos laboriosas de nuestros productores agrícolas.

Esta hortaliza representa una de las múltiples aportaciones alimenticias, culturales y económicas que México ha hecho al mundo y, como tal, se ha establecido como uno de los productos agrícolas de exportación por excelencia.



**Figura 2.3** *Jitomate Mexicano.*

El jitomate mexicano por su sabor, calidad, aporte nutricional y épocas de cosecha que se tienen en las diversas regiones agrícolas de México, es el producto agrícola de mayor preferencia por los consumidores; además su relevancia que patente por las remesas de divisas que genera y conforman parte del producto interno bruto de México.

---

Es una de las hortalizas que ha recibido mayor atención por parte de las empresas mejoradoras de variedades e instituciones de investigación; la rentabilidad de este cultivo es de los niveles mayores en el ámbito agropecuario. El desarrollo de tecnología agrícola para lograr producciones cada vez mayores y de calidad superior ha llegado al punto de tener sistemas productivos intensivos.

El conocimiento del hombre, subyace en el uso de invernaderos, soluciones nutritivas adecuadas, variedades mejoradas, control de plagas y enfermedades la. Sostenibilidad de los sistemas agrícolas ha sido, es y será el reto importante a alcanzar en los últimos años, y estos sistemas de producción por muy desarrollados que parezcan, no escapan a las exigencias cada vez mayores de obtener cantidades de alimentos, de forma inocua y sin agredir al ambiente.

#### **2.1.2.3.1 Composición**

##### **Características morfológicas**

##### **Botánica**

##### **Planta.**

Perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual. Puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta. Existen variedades de crecimiento limitado (determinadas) y otras de crecimiento ilimitado (indeterminadas).

##### **Sistema radicular.**

Raíz principal (corta y débil), raíces secundarias (numerosas y potentes) y raíces adventicias. Seccionando transversalmente la raíz principal y de fuera hacia dentro encontramos: epidermis, donde se ubican los pelos absorbentes especializados en tomar agua y nutrientes, cortex y cilindro central, donde se sitúa el xilema (conjunto de vasos especializados en el transporte de los nutrientes).

---

### **Tallo principal.**

Eje con un grosor que oscila entre 2-4 cm en su base, sobre el que se van desarrollando hojas, tallos secundarios (ramificación simpoidal) e inflorescencias. Su estructura, de fuera hacia dentro, consta de: epidermis, de la que parten hacia el exterior los pelos glandulares, corteza o cortex, cuyas células más externas son fotosintéticas y las más internas son colenquimáticas, cilindro vascular y tejido medular. En la parte distal se encuentra el meristemo apical, donde se inician los nuevos primordios foliares y florales.

### **Hoja.**

Compuesta e imparipinnada, con foliolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alternativa sobre el tallo. El mesófilo o tejido parenquimático está recubierto por una epidermis superior e inferior, ambas sin cloroplastos.

La epidermis inferior presenta un alto número de estomas. Dentro del parénquima, la zona superior o zona en empalizada, es rica en cloroplastos. Los haces vasculares son prominentes, sobre todo en el envés, y constan de un nervio principal.

### **Flor.**

Es perfecta, regular e hipogina y consta de 5 o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo y dispuestos de forma helicoidal a intervalos de  $135^\circ$ , de igual número de estambres soldados que se alternan con los pétalos y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo, y de un ovario bi o plurilocular. Las flores se agrupan en inflorescencias de tipo racemoso (dicasio), generalmente en número de 3 a 10 en variedades comerciales de tomate calibre M y G; es frecuente que el eje principal de la inflorescencia se ramifique por debajo de la primera flor formada dando lugar a una inflorescencia compuesta, de forma que se han descrito algunas con más de 300 flores. La primera flor se forma en la yema

---

---

apical y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera, alrededor del eje principal.

La flor se une al eje floral por medio de un pedicelo articulado que contiene la zona de abscisión, que se distingue por un engrosamiento con un pequeño surco originado por una reducción del espesor del cortex. Las inflorescencias se desarrollan cada 2-3 hojas en las axilas.

### **Fruto.**

Baya bi o plurilocular que puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos y 600 gramos. Está constituido por el pericarpo, el tejido placentario y las semillas. El fruto puede recolectarse separándolo por la zona de abscisión del pedicelo, como ocurre en las variedades industriales, en las que es indeseable la presencia de parte del pecíolo, o bien puede separarse por la zona peduncular de unión al fruto.

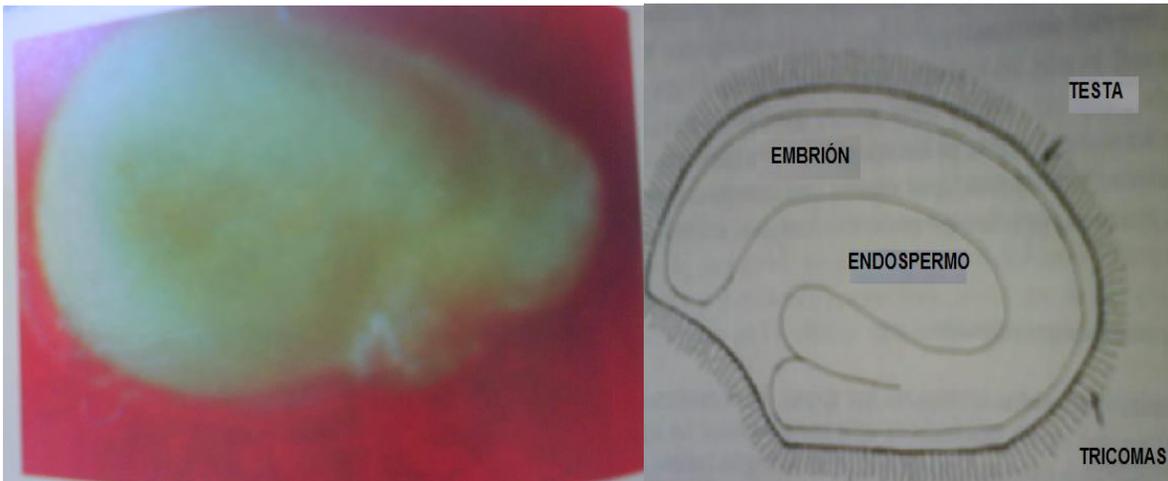
**Tabla 2.1** Valor nutricional del jitomate. (Fuente: FAO, 2008).

Valor nutricional del tomate por 100 g de sustancia comestible	
Residuos (%)	6
Materia seca (g)	6.2
Energía (Kcal.)	20
Proteínas (g)	1.2
Fibra (g)	0.7
Calcio (mg)	7
Hierro (mg)	0.6
Caroteno (mg)	0.5
Tiamina (mg)	0.06
Riboflavina (mg)	0.04
Niacina (mg)	0.6
Vitamina C (mg)	23
Valor Nutritivo Medio (VNM)	2.39
VNM por 100 g de materia seca	38.5

---

### 2.1.2.3.2 Fisiología y morfología de la semilla de jitomate

La semilla del jitomate tiene forma lenticular con unas dimensiones aproximadas de 5 x 4 x 2 mm y está constituida por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal. El embrión, cuyo desarrollo dará lugar a la planta adulta, está constituido, a su vez, por la yema apical, dos cotiledones, el hipocótilo y la radícula. El endospermo contiene los elementos nutritivos necesarios para el desarrollo inicial del embrión. La testa o cubierta seminal está constituida por un tejido duro e impermeable, recubierto de pelos, que envuelve y protege el embrión y el endospermo.



**Figura 2.4** Micrografía de una semilla de jitomate. **Figura 2.5** Representación de semilla de jitomate.



**Figura 2.6** Semilla de jitomate tratada.

**Figura 2.7** Extracción de semilla de jitomate.

---

En la germinación pueden distinguirse tres etapas. En la primera, que dura unas 12 h., se produce una rápida absorción de agua por la semilla. Le sigue un periodo de reposo de unas 40 h., durante el cual no se observa ningún cambio en la anatomía ni en la actividad metabólica de la semilla. Posteriormente, la semilla comienza a absorber agua de nuevo, iniciándose la etapa de crecimiento asociada con la emergencia de la radícula (Bewley y Black, 1982).

La germinación depende de la variedad, de las condiciones de almacenamiento de las semillas y de las condiciones ambientales. La germinación está, al menos en parte bajo control genético (Whittington y Fierlinger, 1972) y es más rápida en las semillas más pequeñas el almacenamiento de las semillas en unas condiciones normales de temperatura y humedad afecta poco a su viabilidad, pero para almacenamientos prolongados se aconseja una humedad del 5.5 %, por debajo de la cual se produce un descenso en la viabilidad (Nutile, 1964).

Los tratamientos térmicos fungicidas o desinfectantes para el control de patógenos en las semillas pueden disminuir la capacidad de germinación cuando no se efectúan correctamente, pero en condiciones adecuadas no afectan prácticamente a la viabilidad (Rees, 1970).

La temperatura óptima para la germinación se encuentra entre los 20 y los 25°C (Mobayen, 1980).

### **2.1.3 Estadística**

La estadística es una ciencia referente a la recolección, análisis e interpretación de datos, ya sea para ayudar en la resolución de la toma de decisiones o para explicar condiciones regulares o irregulares de algún fenómeno o estudio aplicado, de ocurrencia en forma aleatoria o condicional. Sin embargo estadística es más que eso, en otras palabras es el vehículo que permite llevar a cabo el proceso relacionado con la investigación científica.

También se denominan estadísticas (en plural) a los datos estadísticos.

La estadística se divide en dos grandes áreas:

- 
- La estadística descriptiva, se dedica a los métodos de recolección, descripción, visualización y resumen de datos originados a partir de los fenómenos de estudio. Los datos pueden ser resumidos numéricamente o gráficamente. Ejemplos básicos de parámetros estadísticos son: la media y la desviación estándar. Algunos ejemplos gráficos son: histograma, pirámide poblacional, clústers, entre otros.
  - La estadística inferencial, se dedica a la generación de los modelos, inferencias y predicciones asociadas a los fenómenos en cuestión teniendo en cuenta la aleatoriedad de las observaciones. Se usa para modelar patrones en los datos y extraer inferencias acerca de la población bajo estudio. Estas inferencias pueden tomar la forma de respuestas a preguntas si/no (prueba de hipótesis), estimaciones de características numéricas (estimación), pronósticos de futuras observaciones, descripciones de asociación (correlación) o modelamiento de relaciones entre variables (análisis de regresión). Otras técnicas de modelamiento incluyen anova, series de tiempo y minería de datos.

Ambas ramas (descriptiva e inferencial) comprenden la estadística aplicada. Hay también una disciplina llamada estadística matemática, a la que se refiere a las bases teóricas de la materia. La palabra «estadísticas» también se refiere al resultado de aplicar un algoritmo estadístico a un conjunto de datos, como en estadísticas económicas, estadísticas criminales, entre otros.

#### **2.1.4 Física**

La física es una ciencia natural que estudia las propiedades del espacio, el tiempo, la materia y la energía, así como sus interacciones.

La física es significativa e influyente, no sólo debido a que los avances en la comprensión a menudo se han traducido en nuevas tecnologías, sino también a que las nuevas ideas en la física a menudo resuenan con las demás ciencias, las matemáticas y la filosofía.

---

La física no es sólo una ciencia teórica; es también una ciencia experimental. Como toda ciencia, busca que sus conclusiones puedan ser verificables mediante experimentos y que la teoría pueda realizar predicciones de experimentos futuros. Dada la amplitud del campo de estudio de la física, así como su desarrollo histórico en relación a otras ciencias, se la puede considerar la ciencia fundamental o central, ya que incluye dentro de su campo de estudio a la química, la biología y la electrónica, además de explicar sus fenómenos.

La física, en su intento de describir los fenómenos naturales con exactitud y veracidad, ha llegado a límites impensables: el conocimiento actual abarca la descripción de partículas fundamentales microscópicas, el nacimiento de las estrellas en el universo e incluso conocer con una gran probabilidad lo que aconteció en los primeros instantes del nacimiento de nuestro universo, por citar unos pocos campos.

Esta tarea comenzó hace más de dos mil años con los primeros trabajos de filósofos griegos como Demócrito, Epicuro o Aristóteles, y fue continuada después por científicos como Galileo Galilei, Isaac Newton, James Clerk Maxwell, Albert Einstein, Niels Bohr, Werner Heisenberg, Paul Dirac y Richard Feynman, entre muchos otros.

#### **2.1.4.1 Teoría electromagnética**

La ley de Faraday indica que la electricidad y el magnetismo tienen una relación fundamental. La introducción de la corriente de desplazamiento, por parte de James Clerk Maxwell, amplía esta relación y conduce a un conjunto completo y consistente de leyes de electricidad y magnetismo. Esas leyes se conocen como las ecuaciones de Maxwell. Los experimentos individuales que condujeron a su establecimiento nunca dieron una indicación de la amplitud de sus implicaciones. La predicción más dramática de las ecuaciones de Maxwell es la existencia de ondas electromagnéticas que se propagan por el espacio a una velocidad predecible, la velocidad de la luz. El darse cuenta de que la luz es una forma de

---

radiación electromagnética ha conducido a una compresión completa de todas propiedades de esta.

## Ecuaciones de James Clerk Maxwell

### 1.- LEY DE GAUSS PARA **E** (campo eléctrico)

$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = \frac{q}{\epsilon_0}$$

Donde  $q$  es la carga neta encerrada por la superficie sobre la que se integra (superficie gaussiana), esta ecuación se puede expresar en su forma diferencial de la siguiente manera:

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

Donde  $\rho$  es densidad volumétrica de carga eléctrica de la superficie gaussiana.

Estas ecuaciones establecen que el flujo eléctrico total a través de cualquier superficie cerrada es igual a la carga neta encerrada por la superficie dividida por  $\epsilon_0$ . Lo que implica con un análisis posterior que las líneas de campo eléctrico se originan en cargas positivas y terminan en cargas negativas (Existen fuentes y sumideros).

### 2.- LEY DE GAUSS PARA **B** (campo magnético)

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = 0$$

esto implica a:

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

Esto implica que el flujo magnético a través de una superficie cerrada es cero, es

---

decir, el número de líneas de campo magnético que entran a la superficie es igual al número de ellas que salen. Esto significa que en la naturaleza NO existen monopolos magnéticos, sólo existen dipolos magnéticos.

### 3.- LEY DE FARADAY (Inducción Electromagnética)

La Ley de Faraday explica cómo un flujo campo magnético variable en el tiempo puede inducir en un circuito una corriente eléctrica cuya f.e.m. viene dada por:

$$\mathcal{E} = - \frac{d\phi_B}{dt}$$

En su forma integral se puede expresar como:

$$\int \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = - \frac{d\phi_B}{dt}$$

Y en su forma diferencial:

$$\nabla \times \mathbf{E} = - \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$

Establece que el rotacional del campo eléctrico inducido por un campo magnético variable es igual a menos la derivada parcial del campo magnético con respecto al tiempo.

### 4.- LEY GENERALIZADA DE AMPERE - MAXWELL

Establece la relación entre los campos eléctrico y magnético, con corrientes eléctricas. Establece finalmente la relación simétrica de la inducción, es decir, la forma como un campo eléctrico variable puede generar un campo magnético y como consecuencia, una corriente eléctrica en un circuito. En su forma integral se expresa como:

---

---

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 \iint \mathbf{J}_c \cdot d\mathbf{s} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d}{dt} \iint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s}$$

En el segundo elemento de esta igualdad, el primer factor representa la corriente de conducción, mientras que el segundo factor representa la corriente de desplazamiento. Esto nos indica que toda variación de Flujo eléctrico implica una corriente de desplazamiento.  $\mathbf{J}_c$  representa aquí la densidad de corriente de conducción.

Luego de algunas reducciones, se puede expresar esta ley en su forma diferencial:

$$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J}_c + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}$$

donde  $\mathbf{D}$  representa el desplazamiento eléctrico y  $\mathbf{H}$  la intensidad del campo magnético.

## 2.2 Marco Metodológico

En nuestro mundo actual todo parece tan cotidiano, tan común. Sólo cuando salimos de ciertos círculos sociales, ciudades, regiones, nos damos cuenta que no vivimos en el mismo mundo, que somos contemporáneos de algo que parece de un poco hasta un mucho diferente. Y entonces la reflexión aparece, y tal vez el asombro. Y notamos que es impresionante que algo tan diverso, múltiple, heterogéneo, al mismo tiempo este unido con algo que les es común, compartido, omnipresente. El mundo hoy es más complejo que nunca, tal vez. ¿Cómo entenderlo? Por eso esto exige la consideración de procesos metodológicos mas profundos con un enfoque sistémico transdisciplinario para plantear mejores soluciones a problemas y lograr un progreso de la sociedad.

---

En el presente trabajo de investigación se realizó: investigación de campo, investigación documental e investigación experimental.

Las distintas investigaciones que realicé me han concientizado hacia el trabajo por una actividad transdisciplinaria durante la investigación.



**Figura 2.8** Proceso de investigación (Elaboración propia, 2011).

## 2.2.2 Metodología Sistémica propuesta

### Metodología Sistémica

Es el relativo a la consideración del conocimiento, desarrollo, la aplicación, el estudio del método o métodos mediante los cuales abordar los problemas en los que la presencia de sistemas es dominante. En realidad, la metodología sistémica pretende aportar instrumentos con los que estudiar aquellos problemas que resultan de las interacciones que se producen en el seno de un sistema

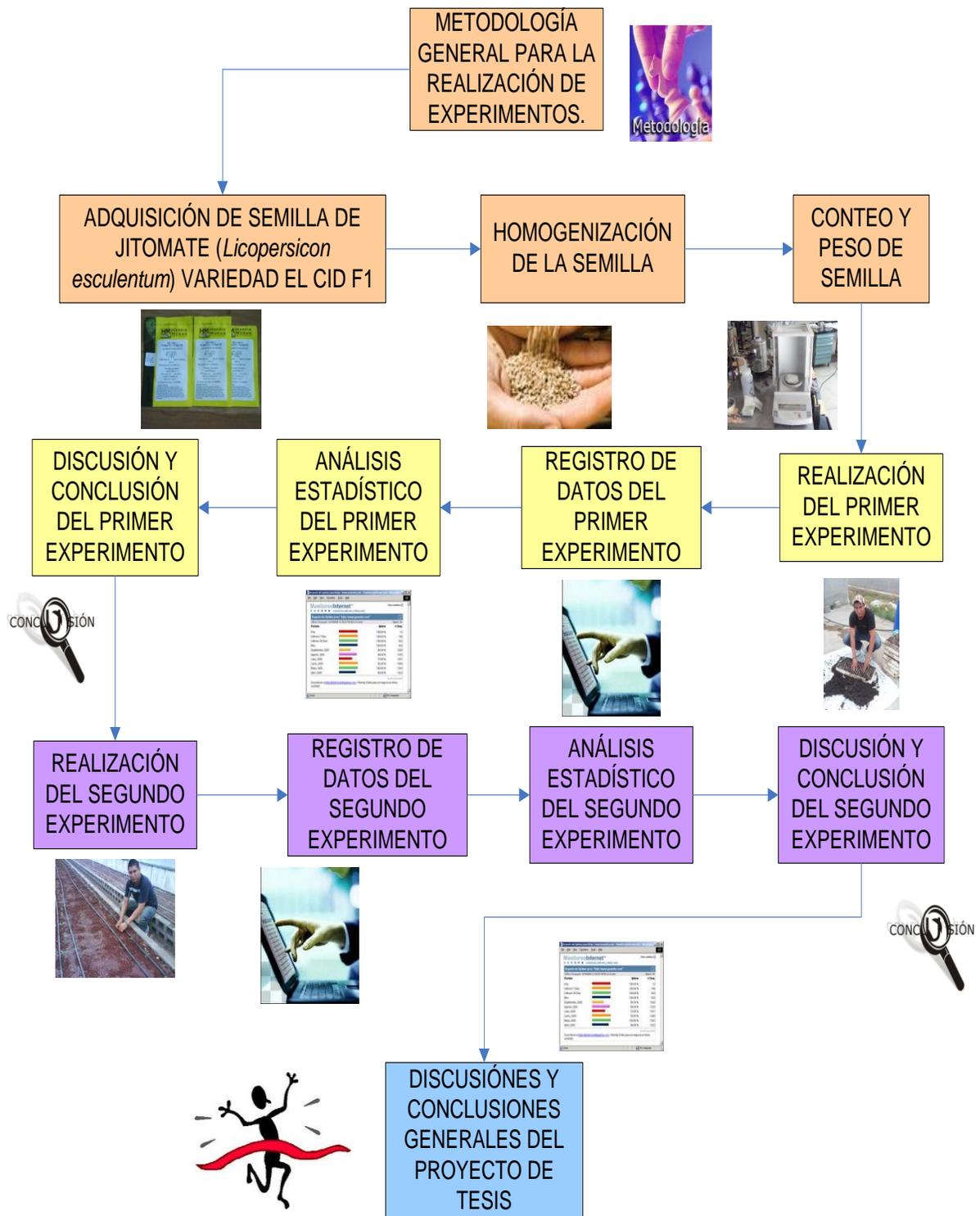
En el presente trabajo de tesis se llevaron a cabo dos experimentos, el primero lo nombré evaluación de prueba de vigor y el segundo evaluación de calidad

---

fisiológica y producción de jitomate. Los pasos de la metodología general que se siguieron son:

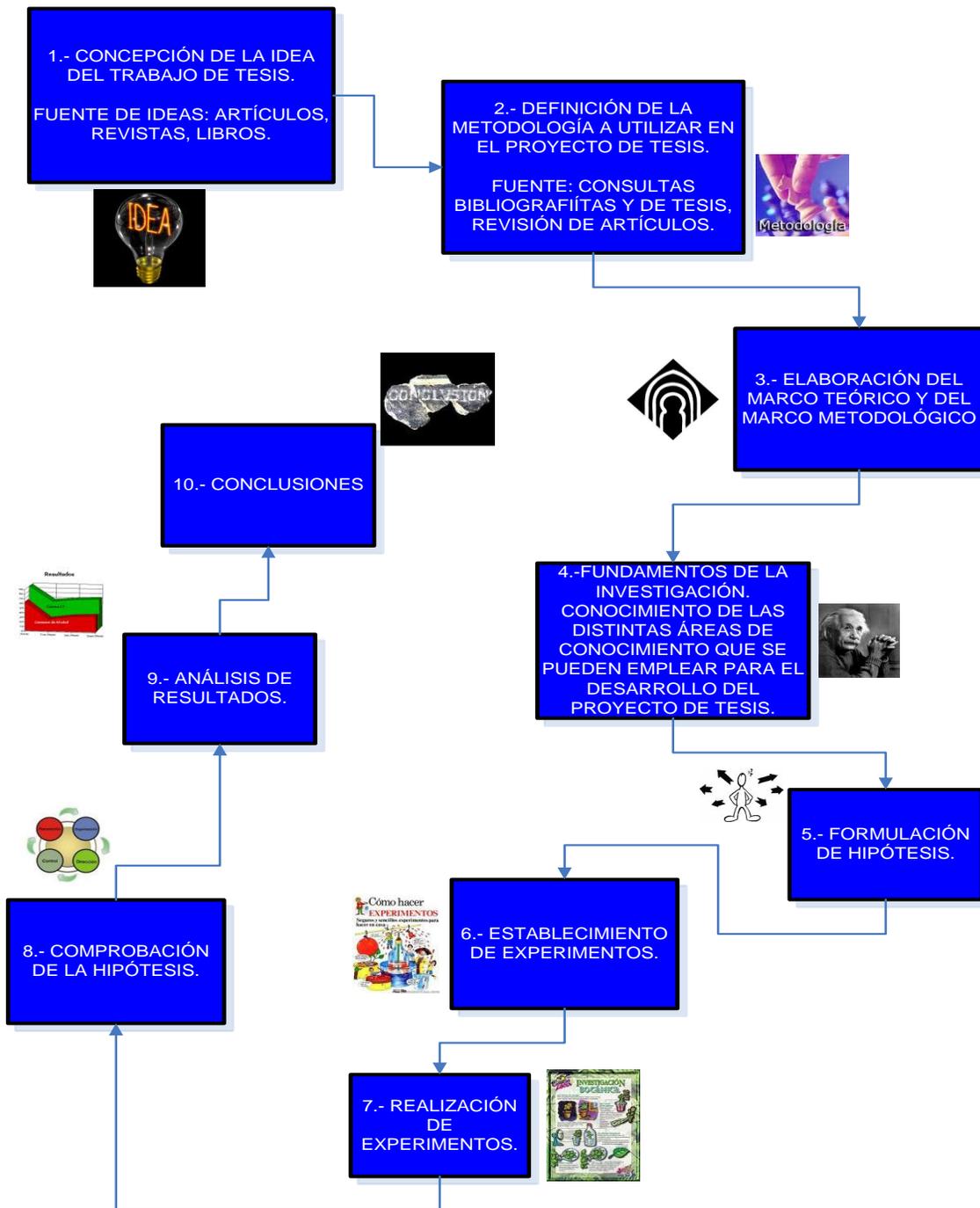
- Adquisición de la semilla de jitomate (*Lycopersicon esculentum*) variedad El CID F1.
- Homogenización de la semilla.
- Peso y conteo de la semilla.
- Realización de primer experimento.
- Registro de datos del primer experimento.
- Análisis estadístico para el primer experimento.
- Discusión y conclusiones para el primer experimento.
- Realización del segundo experimento.
- Registro de datos para el segundo experimento.
- Análisis estadístico para el segundo experimento.
- Discusión y conclusiones para el segundo experimento.
- Discusiones y conclusiones generales del proyecto de tesis.

En la siguiente figura se muestra la metodología general que seguí para el desarrollo del proyecto de tesis.



**Figura 2.9** Metodología general que seguí para el desarrollo del proyecto de tesis. (Elaboración propia, 2011).

En la siguiente figura se muestra más a detalle la metodología que se llevó a cabo para la realización de cada experimento.



**Figura 2.10** Metodología para la realización de cada experimento. (Elaboración propia, 2011).

<b>ACTIVIDAD</b> <b>¿Qué hacer?</b>	<b>TECNICA</b> <b>¿Cómo hacer?</b>	<b>HERRAMIENTAS</b> <b>¿Con que hacer?</b>	<b>META</b> <b>¿Qué obtener?</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Definir la propuesta de la investigación.</li> <li>Investigar y seleccionar la metodología a seguir.</li> <li>Aplicar la metodología propuesta para el desarrollo del trabajo de investigación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Búsqueda y recopilación de información.</li> <li>Aplicar técnicas para recopilar y clasificar la información.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Búsqueda de información en libros, artículos científicos.</li> <li>Memorias de congresos.</li> <li>Consulta de internet.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definición y justificación del tema de tesis.</li> <li>Visión del entorno del objeto de estudio.</li> <li>Metodología para llevar a cabo el proyecto de tesis.</li> <li>Aplicación de distintas áreas del conocimiento para desarrollar el trabajo de tesis.</li> <li>Objetivos.</li> </ul>

**Tabla 2.2** Marco metodológico para el desarrollo del proyecto de tesis (inicio).

<b>ACTIVIDAD</b> <b>¿Qué hacer?</b>	<b>TECNICA</b> <b>¿Cómo hacer?</b>	<b>HERRAMIENTAS</b> <b>¿Con que hacer?</b>	<b>META</b> <b>¿Qué obtener?</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Definir el marco teórico para fundamentar la investigación.</li> <li>Revisión de la literatura.</li> <li>Analizar la información recopilada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Búsqueda de información en distintas áreas del conocimiento para fundamentar la investigación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Procesador de palabras Word.</li> <li>Revisión de artículos científicos, libros, revistas y consulta en internet.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Términos principales a utilizar.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Analizar la situación actual del jitomate.</li> <li>Definición de los objetivos y planteamiento de la hipótesis.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Búsqueda de datos actuales referentes a la producción de jitomate en revistas, libros, periódicos e internet.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Procesador de palabras.</li> <li>Consulta en internet.</li> <li>Realización de gráficos.</li> <li>Revisión de notas periodísticas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Objetivo general y objetivos particulares.</li> <li>Justificación del trabajo de tesis.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollar el diseño experimental y aplicar el tratamiento a las semillas.</li> <li>Establecimiento de los experimentos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicación del método científico.</li> <li>Revisión de diseños experimentales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Búsqueda de los elementos necesarios para la realización de los experimentos.</li> <li>Revisión bibliográfica especializada en el diseño de experimentos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Metodología a emplear para los ensayos experimentales.</li> <li>Métodos biofísicos a emplear.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicación de la metodología</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Observación diaria del</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollo de la fuente de</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Base de datos con información suficiente para</li> </ul>

sistémica propuesta.	<ul style="list-style-type: none"> <li>experimento.</li> <li>Consulta en artículos de pruebas similares realizadas anteriormente.</li> </ul>	irradiación de campo magnético. <ul style="list-style-type: none"> <li>Selección de los genotipos a emplear.</li> <li>Seguimiento diario de la evolución experimental.</li> </ul>	analizar estadísticamente.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Valoración de objetivos, planteamiento de futuros trabajos, conclusiones de trabajo de tesis.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis de resultados obtenidos, conclusiones de los resultados obtenidos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Procesador de palabras Word.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar variables no consideradas que permitan mejorar la producción de semillas.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Redacción del documento de tesis.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Técnicas de redacción.</li> <li>Edición de documentos, diseño y diagramas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Procesador de palabras Word, gráficos en Visio 2003.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Documento de tesis.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Presentación del examen de grado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Técnicas de presentación.</li> <li>Técnicas de redacción y ortografía.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diapositivas en power point.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Obtención del grado de maestría en ciencias.</li> </ul>

### 2.2.1.1 Análisis

Analizar significa establecer categorías, ordenar, manipular y resumir los datos,” (Kerlinger, 1982). En esta etapa del proceso de investigación se procede a racionalizar los datos colectados a fin de explicar e interpretar las posibles relaciones que expresan las variables estudiadas.

### 2.2.1.2 Diagnóstico

(Altuve y Rivas, 1998) Asegura que el diseño de una investigación, “es una estrategia general que adopta el investigador como forma de abordar un problema determinado, que permite identificar los pasos que deben seguir para efectuar su estudio”.

---

### **2.2.1.3 Diseño**

El diccionario de la Investigación Científica de Tamayo dice que diseño, “Es la estructura a seguir en una investigación ejerciendo el control de la misma a fin de encontrar resultados confiables y su relación con los interrogantes surgidos de la hipótesis”, una vez que se precisó el planteamiento del problema, se definió el alcance inicial de la investigación y se formularon las hipótesis, el investigador debe visualizar la manera práctica y concreta de responder a las preguntas de investigación, además de cubrir los objetivos fijados. Esto implica seleccionar o desarrollar uno o más diseños de investigación y aplicarlos al contexto particular de su estudio. El término diseño se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea.

### **2.2.1.4 Investigación experimental**

Un experimento es un estudio (investigación) en el que al menos una variable es manipulada y las unidades son aleatoriamente asignadas a los distintos niveles o categorías de las variables manipuladas (Pedhazur, 1991).



# **CAPÍTULO 3**

## **Aplicación de la Metodología**

---

## **3.1 Investigación experimental**

### **3.1.1 Experiencia experimental 1**

El primer experimento que se realizó fue el de velocidad de emergencia para jitomate (*Lycopersicon esculentum*), radiando previamente la semilla humedecida y no humedecida con una bobina y variando el tiempo de exposición de la semilla a la radiación.

También se midieron las variables peso de masa verde y peso de masa seca de la plántula de jitomate (*Lycopersicon esculentum*).

#### **3.1.1.1 Introducción**

Los métodos químicos, son frecuentemente utilizados para tratamientos de semillas, con diferentes propósitos, el problema es que dañan al ambiente, o pueden afectar la salud humana. Actualmente con la propuesta del uso racional de tierra, se ha dado gran importancia a la aplicación de métodos físicos, los cuales son ecológicos (Podlesney et al 2001); y actúan modificando el curso de algunos procesos fisiológicos de las semillas (Bhatnagar, 1978).

En el capítulo presente se pretende determinar si el tratamiento bio-físico pre- siembra mejora el vigor inicial de la semilla de jitomate (*Lycopersicon esculentum*) a través de exposición de la semilla a campo electromagnético.

##### **3.1.1.1.1 Objetivo**

En la presente experiencia experimental se tiene como objetivo investigar los efectos electromagnéticos pre siembra en la velocidad de emergencia, peso verde y seco de las plántulas de jitomate (*Lycopersicon esculentum*) producidos por la radiación electromagnética emitida de una bobina.

##### **3.1.1.1.2 Hipótesis**

El campo electromagnético aplicado a semilla de jitomate (*Lycopersicon esculentum*) como método biofísico pre siembra, puede mejorar el vigor de la

---

plántula a determinado tiempo de exposición a una intensidad de inducción electromagnética.

### **Diseño experimental**

El diseño experimental llevado a cabo fue el diseño de bloques completos al azar (DBCA). Este diseño consiste en el agrupamiento de las unidades experimentales en bloques, después se determina la distribución de los tratamientos en cada bloque, cada bloque debe de contener todos los tratamientos contemplados.

Por último se asigna al azar las unidades experimentales dentro de cada bloque, puesto que es natural que un investigador tenga preferencia por uno de los tratamientos que está comparando, se ha establecido de manera casi universal, el proceso conocido aleatorización, que consiste en la asignación al azar de los tratamientos a las unidades experimentales.

#### **3.1.1.2 Materiales y métodos**

El presente trabajo de investigación se llevo a cabo mediante tres fases:

1. Investigación documental, esta se realizó en las instalaciones de la ESIME-Zacatenco, así como en la biblioteca del CINVESTAV Zacatenco.
2. Investigación experimental, esta se realizó en los laboratorios de Física del CINVESTAV Zacatenco.
3. Investigación de campo, esta se realizo en los invernaderos de la universidad Autónoma de Chapingo.

#### **Material biológico empleado**

El material biológico que se empleó fue un genotipo de tomate rojo (*Lycopersicon esculentum*) variedad EL CID F1 (híbrido) importado del país de Canadá.



**Figura 3.1** Semillas de jitomate (*Lycopersicon esculentum*).

### **Tratamiento de la semilla de Jitomate (*Lycopersicon esculentum*)**

Primeramente se contaron las semillas de cada paquete y se hicieron divisiones de 30 semillas y se colocaron en un sobre, se realizaron 10 tratamientos y dos controles. Cada tratamiento y control tiene 4 repeticiones, por lo tanto se llenaron 48 paquetes cada uno con 30 semillas, dando un total 1440 semillas.

Después se humedecieron los tratamientos T6, T7, T8, T9, T10 y C2 con sus respectivas repeticiones con 3/10 ml de agua potable, esto se llevo a cabo con una jeringa normal (ver figura 3.3).

Las semillas humedecidas y no humedecidas se radiaron con una bobina (se muestra en la figura 3.4) a distintos tiempos de exposición, en la tabla 3.1 se resumen los tratamientos y los distintos tiempos de exposición.

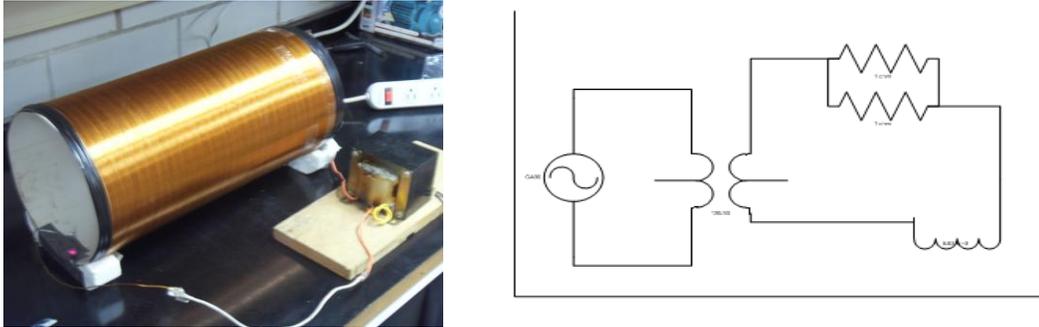


**Figura 3.2** Peso de las semillas de jitomate.



**Figura 3.3** Humedecimiento de semillas de jitomate.

Para realizar el tratamiento a las semillas de jitomate se ocupó una bobina de 6.63 mH, con corriente de 5 A y dimensiones de 30 cm de largo y de diámetro 15.7 cm con intensidad de campo electromagnético al centro del solenoide de 800 mT a esta se le conectaron dos resistencias de 1 ohms en paralelo y un transformador de relación 120:30 v. conectada como se muestra en la figura 3.4.



**Figura 3.4** Dispositivo que se ocupó para la radiación de la semilla, así como su circuito eléctrico.

**Tabla 3.1** Tratamientos y tiempos de exposición.

	30 seg.	1 min.	2 min.	4 min.	8 min.	
H1	T1	T2	T3	T4	T5	C1
H2	T6	T7	T8	T9	T10	C2

T<sub>i</sub>,..., T<sub>10</sub> = Tratamiento i.

H1 = % humedad de semilla en condición normal.

H2 = Incremento de humedad 3/10 ml. de agua potable.

C1 = Control 1.

C2 = Control 2.

La radiación de la semilla se realizó el día 19 de Mayo de 2011. Al haber transcurrido 24 horas después de irradiar la semilla se desinfectaron los semilleros para eliminar hongos, bacterias, virus y parásitos y se procedió a realizar las mezclas de los diferentes compuestos para la siembra.

La desinfección se hizo con cloro, por cada 20 litros de agua potable se agregó 1 litro de cloro.

En total se ocuparon 40 litros de agua y 2 litros de cloro, esta mezcla se hizo en un tambo con un volumen de 100 litros, los semilleros se sumergieron en la mezcla y después se lavaron con agua potable para después colocarlos a la intemperie para que se secan por completo, ocupando un total de 8 semilleros.



**Figura 3.5** Lavado y desinfección de semilleros.

Después se realizó la mezcla de sustrato con material mineral de perlita expandida, por cada cubeta de 20 litros llena de material de sustrato, se agregó la mitad de perlita.

Ocupando un total de 3 cubetas de sustrato y una y media de perlita.



**Figura 3.6** Substrato, material orgánico.



**Figura 3.7** Mineral de perlita.



**Figura 3.8** Mezcla de sustrato con mineral de perlita.

---

Se realizó la mezcla y se le fue agregando agua con una regadera manual, hasta que la mezcla estuviera muy bien revuelta y humedecida.



**Figura 3.9** Humedecimiento de mezcla.



**Figura 3.10** Mezcla homogenizada de sustrato con mineral perlita.

Se continuó con el llenado de los semilleros.



**Figura 3.11** Llenado de semilleros con mezcla de sustrato con mineral de perlita.

Después de haber llenado los semilleros con la mezcla se inició con la siembra de semilla de jitomate ya tratada, quedando el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) de la siguiente manera.

**Tabla 3.2** Diseño de Bloques Completos al azar.

No. De Tratamiento	Tratamiento	Repeticiones			
		I	II	III	IV
1	T0-H1 CONTROL1	2	14	26	38
2	T1-H1	7	18	28	42
3	T2-H1	1	22	32	46
4	T3-H1	10	19	27	43
5	T4-H1	8	23	34	39
6	T5-H1	3	17	31	47
7	T02-H2 CONTROL2	11	24	35	44
8	T6-H2	9	20	33	40
9	T7-H2	5	13	30	48
10	T8-H2	12	16	36	45
11	T9-H2	6	21	29	41
12	T10-H2	4	15	25	37
		1-12	13-24	25-36	37-48

Al tener el DBCA se continuó con la siembra de la semilla, guiándonos por la numeración de cada repetición, así primeramente se sembró de la repetición I, la número 1, después la número 2, y así sucesivamente hasta pasar a la repetición II e iniciando con la número 13, después la 14 y así sucesivamente hasta finalizar con todas las repeticiones.

La siembra se llevó a cabo el día 20 de Mayo de 2010, sembrando 25 semillas por cada tratamiento.



**Figura 3.12** Siembra de semilla de jitomate (*Lycopersicon esculentum*) en semilleros.



**Figura 3.13** Apilamiento de semilleros ya sembrados con semilla de jitomate (*Lycopersicon esculentum*).

Al terminar de realizar la siembra, se apilaron los semilleros uno sobre otro y se llevaron a un invernadero donde en su interior había una temperatura de 36 °C, ahí se envolvieron los semilleros con un plástico durante tres días.

Después de los tres días se sacaron los semilleros del plástico y se pusieron en una estructura metálica, para poderlos regar y observar el número de plántulas emergidas por cada tratamiento así como documentar algún cambio ocurrido en estos.



**Figura 3.14** Plántulas con su respectivo número asignado al azar.

### 3.1.1.3 Resultados obtenidos

La última fecha de visita y conteo de plántulas emergidas fue el día 9 de Junio de 2010, teniendo como resultado lo siguiente.

**Tabla 3.3** Total de plántulas emergidas.

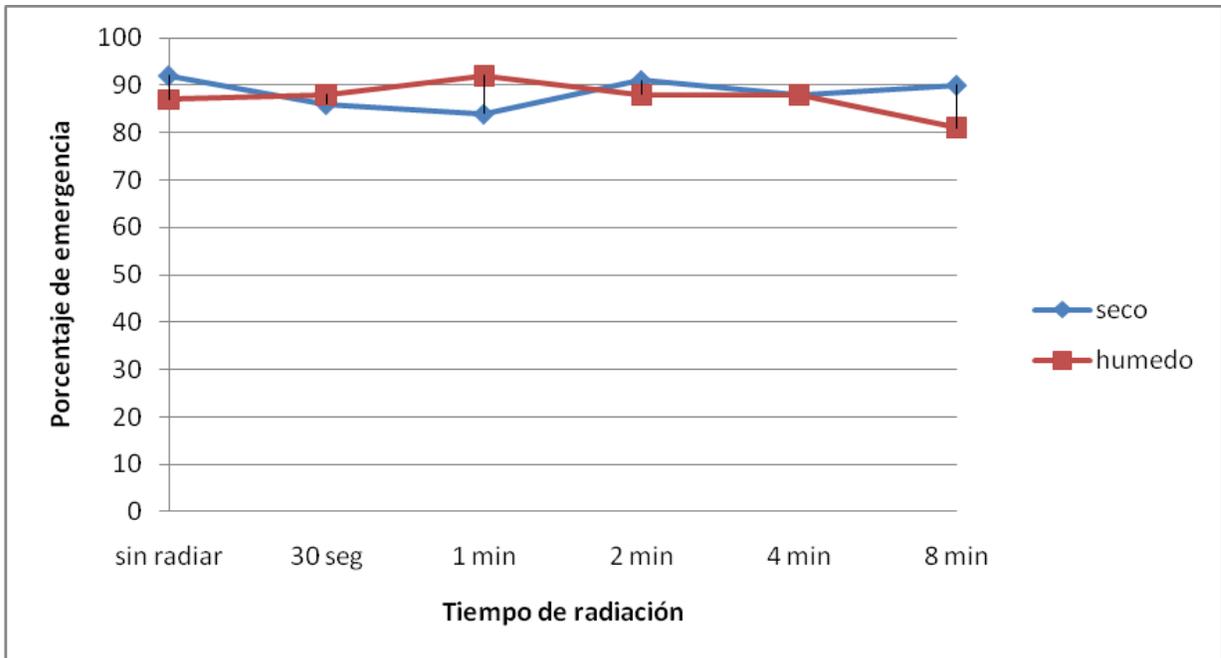
No. De Tratamiento	Tratamiento	Repeticiones				Total de Plántulas emergidas el 9/06/10
		I	II	III	IV	
1	T0-H1 CONTROL1	2	14	26	38	92
2	T1-H1	7	18	28	42	86
3	T2-H1	1	22	32	46	84
4	T3-H1	10	19	27	43	91
5	T4-H1	8	23	34	39	88
6	T5-H1	3	17	31	47	90
7	T02-H2 CONTROL2	11	24	35	44	87
8	T6-H2	9	20	33	40	88
9	T7-H2	5	13	30	48	92
10	T8-H2	12	16	36	45	88
11	T9-H2	6	21	29	41	88
12	T10-H2	4	15	25	37	81
		1-12	13-24	25-36	37-48	Total =1055

Con los datos obtenidos en la última visita se pudo sacar la gráfica de porcentaje de emergencia y sus respectivos tiempos por tratamiento.

**Tabla 3.4** Plántulas emergidas al último día de visita.

	Sin radiar	30 seg	1 min	2 min	4 min	8 min
Seco	92	86	84	91	88	90
Húmedo	87	88	92	88	88	81

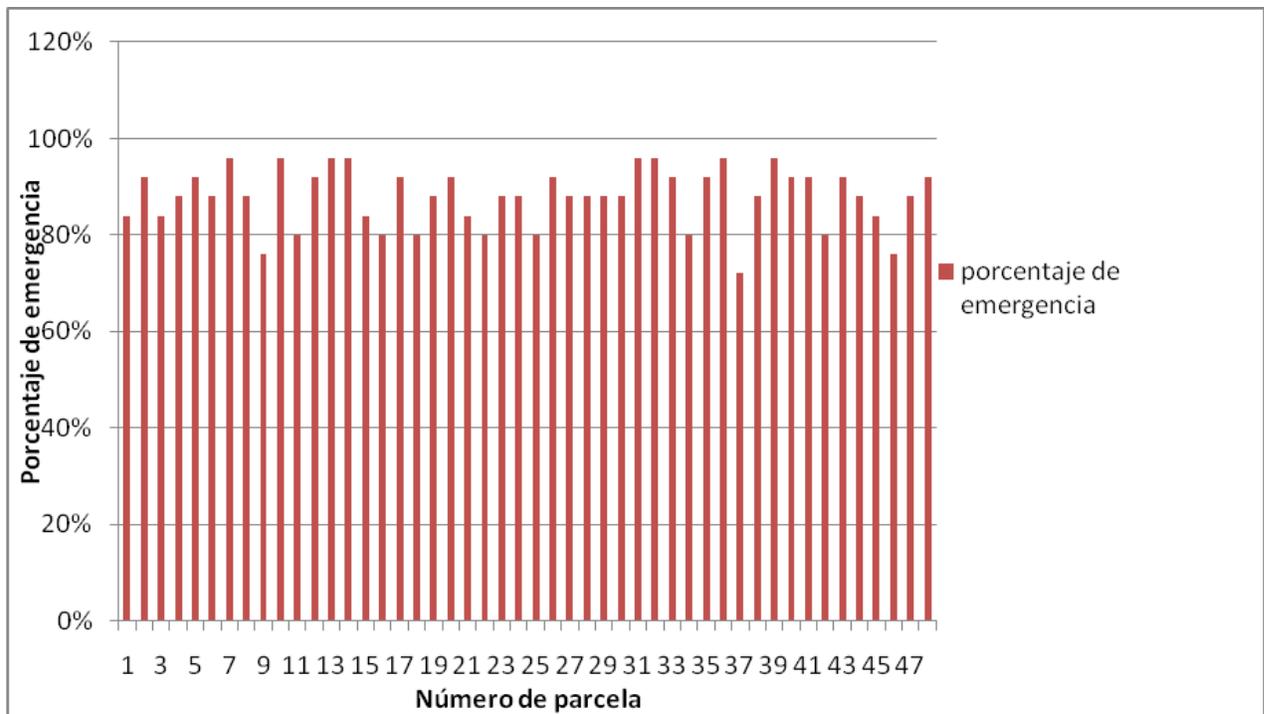
En la siguiente gráfica se puede observar que los mejores tiempos de irradiación son el control seco (sin radiar) con un porcentaje de emergencia de 92, igual que el de 1 minuto húmedo.



**Figura 3.15** Porcentajes de emergencia al último día de visita por tratamiento.

En la siguiente gráfica mostraré los mejores porcentajes de emergencia del último día de visita por cada número de parcela, ya que en la gráfica anterior se hizo por tratamiento.

En esta gráfica se puede observar que el mejor porcentaje de emergencia lo tuvieron las parcelas número 7,10,13,14,31,32,36,39 con un porcentaje de emergencia de 96%, y la parcela 37 obtuvo el menor porcentaje de emergencia con 72%.



**Figura 3.16** Porcentajes de emergencia al último día de visita por parcela.

Copeland y McDonald (1995) señalan que la velocidad de emergencia es uno de los primeros conceptos de vigor, y que los lotes de semilla con similar información con frecuencia varían en su tasa de germinación y crecimiento. Citan a Maguire, quien sugirió la siguiente fórmula para obtener la velocidad de germinación.

$$X = \frac{\text{número de plantas normales}}{\text{días al primer conteo}} + \dots + \frac{\text{número de plantas normales}}{\text{días al conteo final}}$$

La velocidad de germinación la realicé por cada día de visita.

$$1^{\circ} \text{ visita 24 de Mayo de 2010} \quad X_1 = \frac{693}{4} = 173.25$$

$$2^{\circ} \text{ visita 26 de Mayo de 2010} \quad X_2 = \frac{797}{6} = 132.83$$

$$3^{\circ} \text{ visita 29 de Mayo de 2010} \quad X_3 = \frac{908}{9} = 100.88$$

$$4^{\circ} \text{ visita 31 de Mayo de 2010} \quad X_4 = \frac{929}{11} = 84.45$$

---

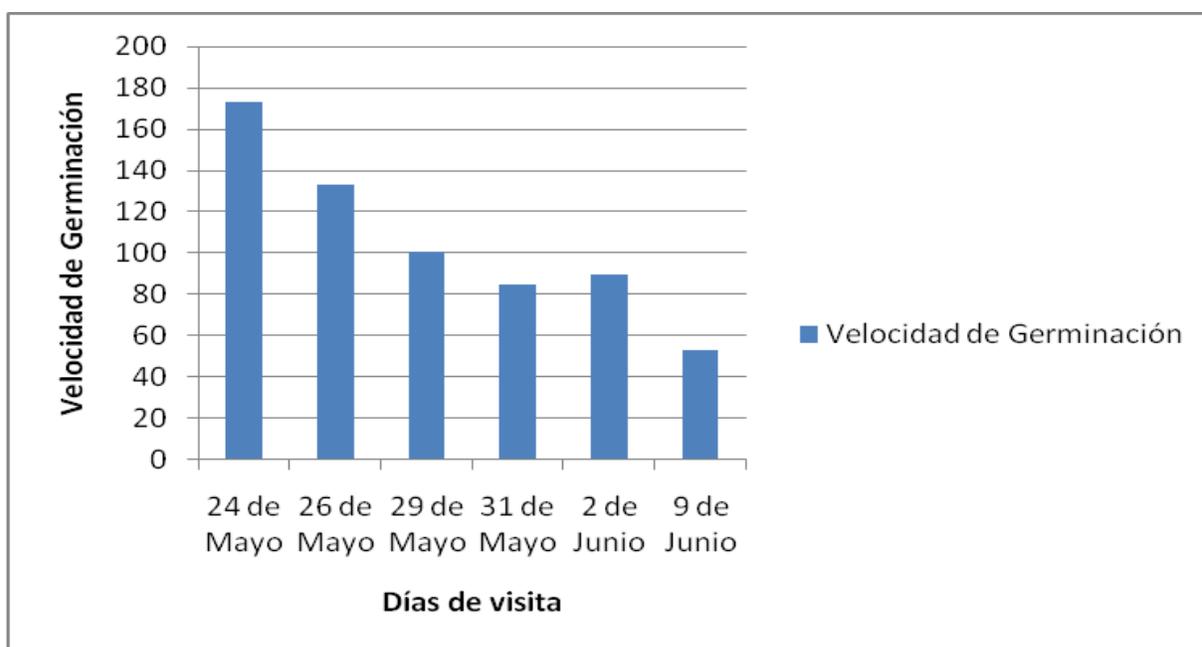
5º visita 2 de Junio de 2010  $X_5 = \frac{1166}{13} = 89.69$

6º visita 9 de Junio de 2010  $X_6 = \frac{1055}{20} = 52.75$

Entonces la velocidad total es:

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 = 633.85$$

En la siguiente tabla se puede resumir los días de visita que se hicieron así como la velocidad de germinación respectivamente.



**Figura 3.17** Velocidad de germinación en los días de visita.

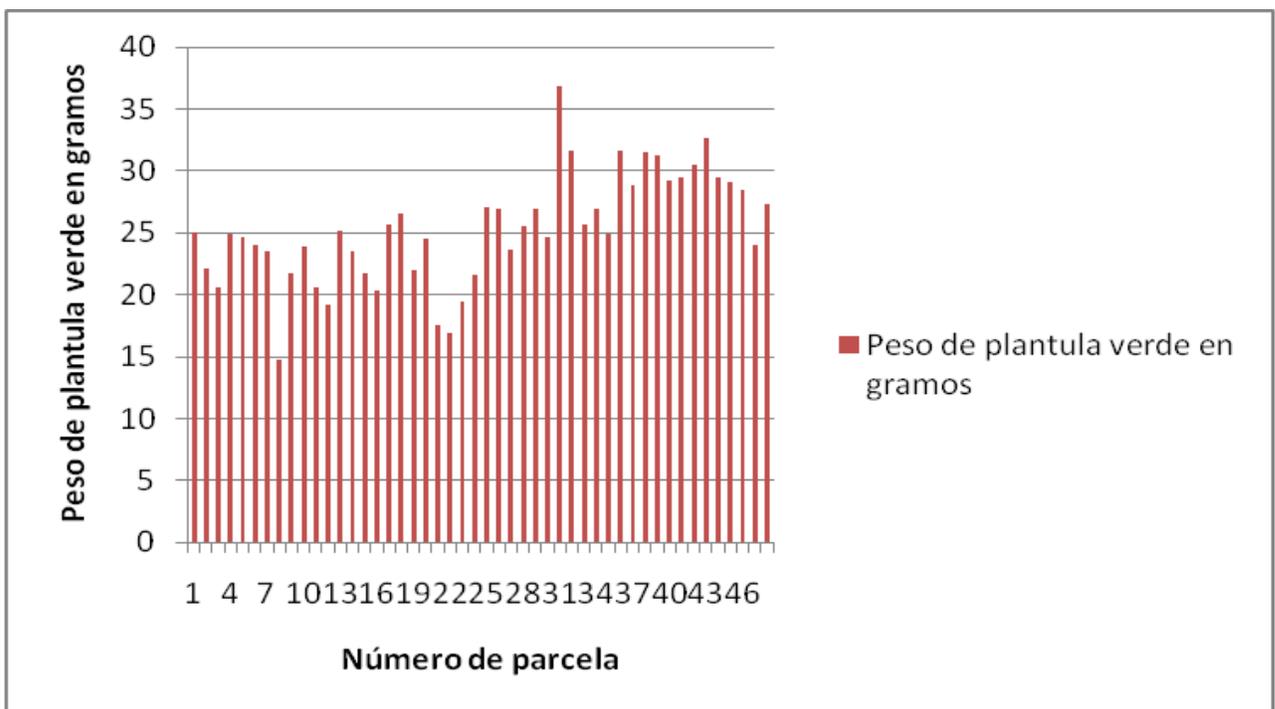
Después de obtener la velocidad de emergencia y el porcentaje de emergencia se cortaron las plántulas desde la base para obtener los pesos por parcela de plántulas verdes.



**Figura 3.18** Corte de plántulas por parcela.

Quedando de la siguiente manera.

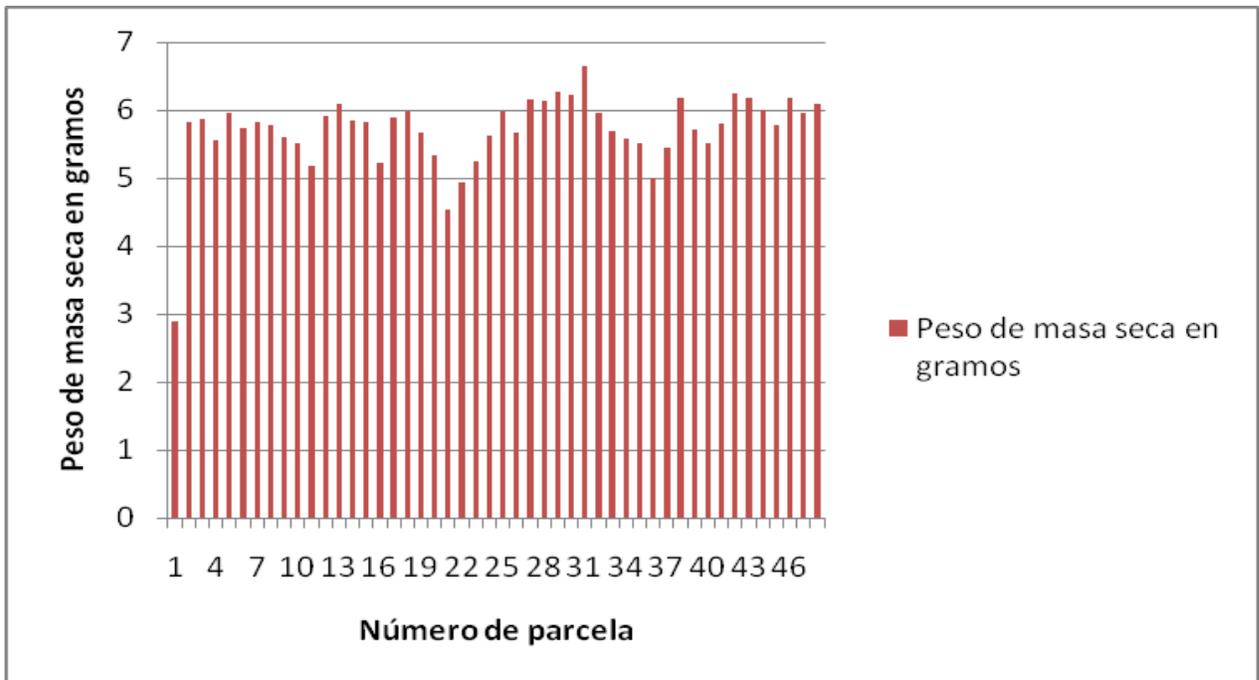
El mayor peso lo obtuvo la parcela 31 con un peso de 36.86 gramos, mientras que el menor peso lo ocupó la parcela 8 con un peso de 14.81 gramos.



**Figura 3.19** Peso de plántula verde por parcela.

Después de realizar el peso verde de plántulas por parcela se continuó con el secado de las plántulas para poder medir el peso de masa seca por parcela, quedando de la siguiente manera.

El mayor peso lo obtuvo la parcela 31 con un peso de 6.64 gramos, mientras que el menor peso lo ocupó la parcela 1 con 2.89 gramos.



**Figura 3.20** *Peso de masa seca por parcela.*

Para la medición de los pesos secos y verdes se ocupó una báscula marca Scout, con número de serie SC2020, con una capacidad 200 x 0.01 gramos y un peso máximo 200 gramos.



**Figura 3.21** *Medición de pesos de plántulas por parcela con bascula digital.*

---

### **3.1.2 Experiencia experimental 2**

En esta experiencia experimental se evaluó el peso de frutos de cada tratamiento para determinar cuál es el mejor.

En el capítulo pasado se evaluó la velocidad de emergencia teniendo como mejores tratamientos los tiempos 1 minuto húmedo y control seco, ahora en este capítulo se investigará que pasa con el peso de fruto de jitomate con dos tiempos de exposición, el de 1 minuto húmedo y el de 2 minutos húmedo, a diferentes intensidades de tensión.

#### **3.1.2.1 Introducción**

Diversos estudios que se han realizado utilizando campo electromagnético, han dado como resultando que determinados valores producen efectos estimulantes en las respuestas de las semillas tratadas. Es importante desarrollar investigación para conocer las magnitudes y tiempos adecuados para cada cultivo, y contribuir en la solución de problemas de producción de fruto en el sector agrícola.

En el presente capítulo se pretende determinar si el tratamiento bio-físico pre- siembra mejora la producción de jitomate (*Lycopersicon esculentum*) a través de exposición de la semilla a campo electromagnético.

##### **3.1.2.1.1 Objetivo**

En esta segunda experiencia experimental se tiene por objetivo investigar los cambios que ocurren en el fruto de jitomate, irradiando previamente la semilla sembrada a distintos tiempos de exposición y diferentes intensidades de tensión, así también investigar el peso de masa seca de plántulas.

##### **3.1.2.1.2 Hipótesis**

El campo electromagnético aplicado a la semilla de jitomate (*Lycopersicon esculentum*) ocupado como método biofísico pre siembra, puede aumentar la producción de fruto a determinado tiempo de exposición e intensidad de inducción electromagnética.

---

### 3.1.2.2 Materiales y métodos

En esta experiencia experimental se ocupó el mismo material biológico que en capítulo pasado, el material biológico que se empleó fue un genotipo de tomate rojo (*Lycopersicon esculentum*) variedad EL CID F1 (híbrido) importado del país de Canadá.

#### Tratamiento de la semilla de Jitomate (*Lycopersicon esculentum*)

Para la realización de este experimento primeramente se dividieron 50 semillas de cada tratamiento en bolsas de celofán, teniendo 11 tratamientos dando un total de 550 semillas de jitomate.

Después de realizar los paquetes de 50 semillas, estos se humedecieron con 3/10 ml. de agua potable para iniciar la irradiación de cada tratamiento. En la siguiente tabla se muestran los diferentes tratamientos así como las intensidades corriente y tensión y los tiempos a los que se expusieron a la irradiación electromagnética.

**Tabla 3.5** Tratamientos de la semillas y tipo de transformador utilizado.

	Tipo de Transformador	Tiempo de exposición		
		1Minuto	2 Minutos	
B1	5 A – 127:32 V	T1	T2	C = T0
B2= 450 mT	3 A – 127:32 V	T3	T4	
B3 = 560 mT	5 A – 127:24 V	T5	T6	
B4	2 A – 127:12 V	T7	T8	
B5	1 A – 127:12 V	T9	T10	

Bi = Intensidad i.

Ti = Tratamiento i.

C = control.

Para la realización de los tratamientos se ocupó un elemento irradiador de campo magnético alterno, que consiste en un devanado laminado de acero de forma cilíndrica con ranuras elípticas que miden 5.2 centímetros de diámetro dentro de la bobina, cada bobina está formada de 300 vueltas de alambre de cobre del número 12.



**Figura 3.22** Partes del elemento irradiador.

Al elemento irradiador se le conecta un transformador. Dependiendo del número de tratamiento es el tipo de transformador que se ocupa, ocupándose en total 5 transformadores de diferentes intensidades de corriente y tensión.



**Figura 3.23** Elemento irradiador y diferentes tipos de transformadores utilizados en cada tratamiento.

La radiación se llevó a cabo el día 15 de Junio de 2010 en las aulas del CINVESTAV Zacatenco, al transcurrir 24 horas después de irradiar las semillas se dirigió a los campos de la Universidad Autónoma de Chapingo para realizar la investigación de campo.

Una vez preparadas las semillas ya irradiadas, se prosiguió con la desinfección de los semilleros, realización de las mezclas de material orgánico y sembrado de la semilla, estos puntos son los mismos que se mencionan en el capítulo anterior.

---

Para la siembra de jitomate se irradiaron 50 semillas por tratamiento excepto el control que no se irradió y se sembraron 48 semillas de jitomate por tratamiento por algún error de conteo.

Al transcurrir 3 semanas después de la siembra, la plántula se observa como en la siguiente figura y lista para ser trasplantada en las camas de tezontle.



**Figura 3.24** Plántula de jitomate (*Lycopersicon esculentum*) de tres semanas después de la siembra.

Para el trasplante de las plántulas primeramente se tuvo que limpiar el terreno, quitar el zacate y otras hierbas, picar las camas de tezontle para que este no estuviera apelmazado y por último fumigar el espacio donde se sembraría para matar hongos, virus y parásitos que afectan el cultivo de jitomate.



**Figura 3.25** Humedecimiento de las camas del invernadero.



**Figura 3.26** Fumigación de las camas del invernadero.

Después de preparar el terreno para la siembra, se prosiguió con el trasplante de los semilleros hacia las camas de tezontle, respetando un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) que se realizó previamente y quedando de la siguiente manera.

**Tabla 3.6** Diseño de bloques completos al azar.

Tratamiento	Repetición			
	R1	R1	R3	R4
T0	1	16	26	39
T1	2	15	29	40
T2	3	22	33	34
T3	4	14	24	44
T4	5	19	28	42
T5	6	21	32	43
T6	7	13	25	35
T7	8	18	31	37
T8	9	20	27	41
T9	10	17	30	36
T10	11	12	23	38

Las camas miden 23 metros de largo y 1.15 metros de ancho, por lo consiguiente se realizo el arreglo de las camas de la siguiente manera.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T10	T6	T3	T1
30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
T9	T1	T4	T8	T0	T6	T3	T10	T2	T5	T8	T4	T7	T9	T0
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	
T7	T5	T2	T2	T6	T9	T7	T10	T0	T1	T8	T4	T5	T3	

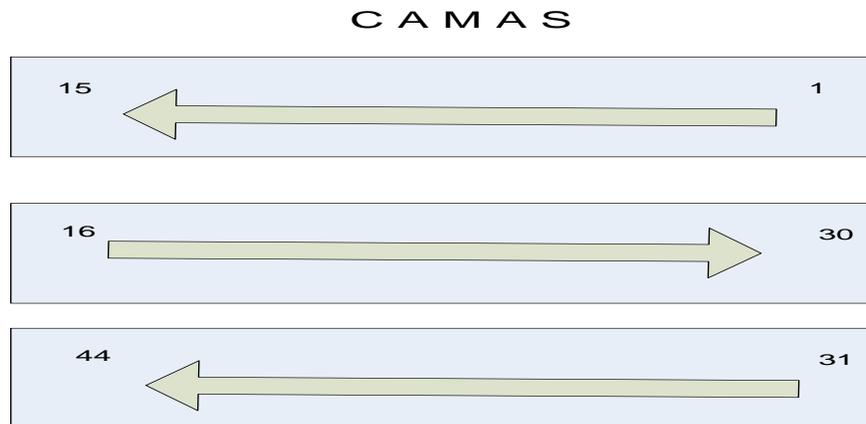
**Figura 3.27** Número de parcela y su respectivo tipo de tratamiento.

1
Tn

1 = No. Parcela.

Tn = No. Tratamiento

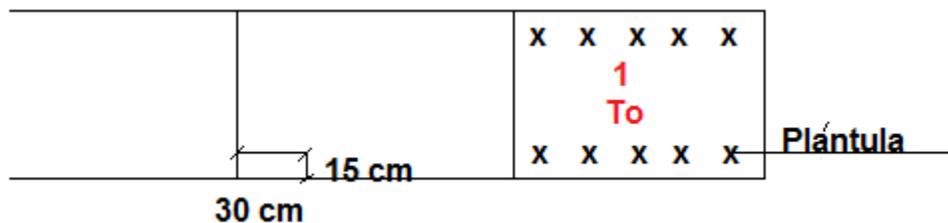
Quedando las camas de la siguiente manera:



**Figura 3.28** Camas de siembra y su respectiva dirección de parcelas.

Se trasplantaron 10 plántulas por parcela con distancias entre plántulas de 30 cm., y con distancias entre plántula con el borde de la cama de 15 cm.

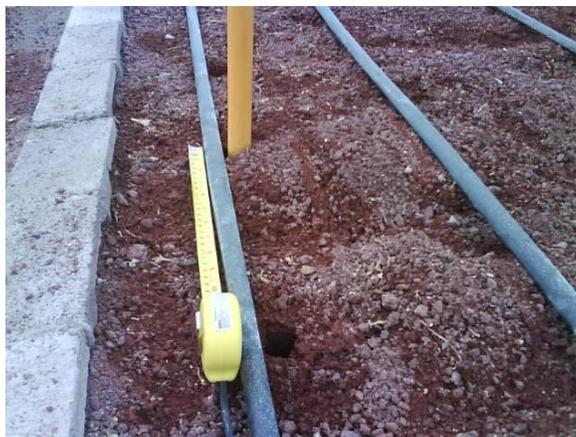
La división de cada parcela se hizo con rafia negra.



**Figura 3.29** Número de plántulas por parcela y distancias de borde y plántula, así como entre plántulas.

---

En la siguiente figura se muestra como se realizaron las mediciones para el trasplante.



**Figura 3.30** Distancias entre plántulas.

Ya realizadas las mediciones y el terreno en perfectas condiciones se prosiguió con el trasplante de las plántulas de jitomate.



**Figura 3.31** Trasplante de plántulas de jitomate (*Lycopersicon esculentum*).

El riego de las plántulas ya sembradas en las camas de tezontle se hizo mediante la técnica de goteo.

Las visitas se realizaron semanalmente en los dos primeros meses después del trasplante, para verificar que las plantas estuvieran en perfectas condiciones.

A los veinte días después del trasplante la planta de jitomate se ve como en la siguiente figura, en esta visita la planta se sujetó con una rafia del inicio del tallo hasta un alambre que cruza el invernadero, este le servirá de sostén a la planta para que no caiga por el peso de la planta y el fruto.



**Figura 3.32** Plántulas de jitomate (*Lycopersicon esculentum*) de veinte días después del trasplante.

En cada visita se observó que no hubiera malezas en las camas de tezontle y si es que las había se quitaron, también se contaron las plantas de jitomate para verificar que estuvieran completas.

En las siguientes visitas ya que las plantas están mas grandes se realizó el corte de brotes así como el corte de racimos sobrantes que no queríamos, se determinó por tiempo y espacio del invernadero que se dejarían únicamente tres racimos por planta. En la siguiente figura se muestra la planta más grande y con las tutorías ya realizadas.



**Figura 3.33** Plántulas de jitomate (*Lycopersicon esculentum*) con sus respectivas tutorías ya realizada.

A los tres meses después de la siembra las plantas de jitomate empezaron a producir la flor y después el fruto como se muestra en la siguiente figura.



**Figura 3.34** Frutos de jitomate (*Lycopersicon esculentum*).

### **3.1.2.3 Resultados obtenidos**

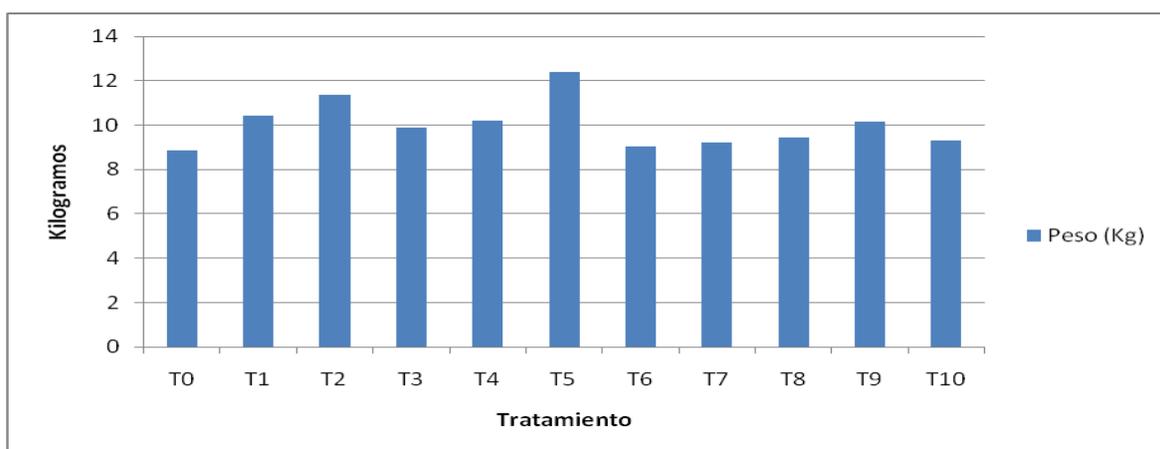
El corte de jitomate se hizo durante un mes puesto que no todo el fruto se madura en el mismo periodo de tiempo, para medir el peso de fruto de las plántulas se tomó al azar dos plantas de cada parcela y únicamente a estas se les llevó el control del peso de producción de fruto. Cada vez que se realizaba el corte de jitomate maduro se pesaba y se llevaba un informe del peso de fruto de cada planta, para después ver a que tratamiento correspondía.

Los resultados obtenidos para evaluar la producción de jitomate por tratamiento quedo de la siguiente manera, teniendo mayor producción el tratamiento 5 con 12.3982 kilogramos y el de menor producción fue el control T0 con 8.8802 kilogramos.

**Tabla 3.7** Total de producción de jitomate (*Lycopersicon esculentum*) por tratamiento.

Tratamiento	Producción (Kg)
T0	8.8802
T1	10.4164
T2	11.3849
T3	9.8992
T4	10.1819
T5	12.3982
T6	9.01887
T7	9.19721
T8	9.42073
T9	10.1572
T10	9.2868

En la siguiente gráfica se muestra el tratamiento que mejor producción dio es el tratamiento 5 y el de menor producción fue el control T0.



**Figura 3.35** Total de producción de jitomate (*Lycopersicon esculentum*) por tratamiento.

---

Para realizar el peso de planta seca con raíz se ocupó una báscula marca Global con capacidad de 5 kg. a 30kg. con número de serie KF-C12REF-3103.

Concluyendo que:

El tratamiento T5, planta 1, repetición 1, obtuvo el mayor peso con 0.73 kilogramos.



**Figura 3.36** Medición de peso de plántula seca con raíz.

### 3.2 Análisis de resultados

Analizando los resultados podemos observar que en el primer experimento los mejores tiempos de irradiación por tratamiento son el control seco (sin radiar) con un porcentaje de emergencia de 92, igual que el de 1 minuto húmedo puesto que en estos dos tratamientos hubo mejor porcentaje de emergencia que en los demás.

Ahora analizando el porcentaje de emergencia por parcela podemos observar que el mejor porcentaje lo tuvieron las parcelas número 7,10,13,14,31,32,36,39 con un porcentaje de emergencia de 96%, y la parcela 37 obtuvo el menor porcentaje de emergencia con 72%.

La velocidad de germinación fue disminuyendo conforme pasaba el tiempo, por lo consiguiente hubo mayor velocidad de germinación en el primer día de visita con

---

173.25 y menor velocidad de germinación en el último día de visita con 52.75, en promedio la velocidad de germinación fue de 633.85.

El mayor peso de plántula verde lo ocupó la parcela 31 con un peso de 36.86 gramos, mientras que el menor lo obtuvo la parcela 8 con un peso de 14.81 gramos.

El mayor peso de plántula seca lo ocupó la parcela 31 con un peso de 6.64 gramos, mientras que el menor peso lo ocupó la parcela 1 con 2.89 gramos.

Para el segundo experimento se obtuvo mayor peso en producción de jitomate en el tratamiento 5 con 12.3982 kilogramos y el de menor peso en producción de jitomate fue el control con 8.8802 kilogramos.

El mayor peso de plántula seca con raíz lo ocupó el tratamiento 5, planta 1, repetición 1 con 0.73 kilogramos.



# **CAPÍTULO 4**

## **DISCUSIÓN GENERAL, CONCLUSIONES DEL PROYECTO DE TESIS Y TRABAJOS FUTUROS**

---

## 4.1 Discusión general

- **Primer experimento**

En los resultados obtenidos en estas experiencias experimentales muestran que hay un incremento en el vigor de la semilla al irradiarla con campos electromagnéticos para determinada intensidad y tiempo de exposición, también existe un aumento de peso seco de plántula así como de peso verde con respecto al control.

El efecto producido también depende del tipo de de semilla que se utiliza.

- **Segundo experimento**

Para la producción de fruto se concluyó que si hay un incremento en producción en las semillas previamente irradiadas con campo magnético respecto al control, en el peso de plántula seca también existe un aumento en comparación con el control.

Alexander M.P. y S.D. Doijode, 1995 reportaron un incremento significativo en el porcentaje de germinación con respecto a las muestras de control del 161.48 % en semillas de arroz, para la cebolla estos mismos investigadores reportan un incremento en emergencia de 127.3% y en germinación del 36.6% con respecto al control, esto empleando electromagnetos. Kato, 1988 mostró que a 500 mT se estimula el crecimiento de las raíces.

Algunos investigadores del Prairie Agricultural Institute evaluaron las semillas tratadas magnéticamente y reportaron poco o nulo efecto magnético (Gusta et al, 1977).

Levedev et al, 1975 sugiere que el tratamiento magnético de semillas quizás afecta la permeabilidad de las membranas celulares. Es sabido que el campo magnético produce cambios fisiológicos, bioquímicos y físicos en las estructuras celulares (Wadas, 1992 y Pietruszewski, 2007).

---

## 4.2 Conclusiones del proyecto de tesis

En este trabajo de tesis se cumplieron los objetivos planteados al principio, se revisó la literatura, se recopiló información referente al tema de tesis, se planteó una metodología a seguir para llevar a cabo los dos experimentos, se investigaron los efectos que produce la aplicación de campo electromagnético a distintas intensidades y tiempos de exposición y para concluir se presentaron los resultados obtenidos para discutirlos.

En la siguientes tablas se muestran los mejores resultados obtenidos así como sus características.

### a) Primer experimento

**Tabla 4.1** Resultados de porcentaje de emergencia por tratamiento al último día de visita.

Porcentaje de emergencia por tratamiento al último día de visita	Tipo de tratamiento	Descripción de tratamiento.
92%	T7-H2	1 min. Húmedo
92%	C1	Control 1, seco

**Tabla 4.2** Resultados de porcentaje de emergencia por parcela al último día de visita.

Porcentaje de emergencia por parcela al último día de visita.	No. De parcela	Tipo de tratamiento	Descripción de tratamiento
96 %	7	T1-H1	30 seg. Seco
	10	T3-H1	2 min. Seco
	13	T7-H2	1 min. Húmedo
	14	T0-H1	Control 1 Seco
	31	T5-H1	8 min. Seco
	32	T2-H1	1 min. Seco
	36	T8-H2	2 min. Húmedo
72 %	39	T4-H1	4 min. Seco
	37	T10-H2	8 min. Húmedo

**Tabla 4.3** Resultados de peso masa verde.

No. De parcela	Tratamiento	Descripción de tratamiento	Peso de masa verde (gramos)
31	T5-H1	8 min. Seco	36.86
8	T4-H1	4 min. seco	14.81

**Tabla 4.4** Resultados de peso de masa seca.

No. De parcela	Tratamiento	Descripción de tratamiento	Peso de masa verde (gramos)
31	T5-H1	8 min. Seco	6.64
1	T2-H1	1 min. seco	2.89

**b) Segundo experimento**

**Tabla 4.5** Mayor y menor producción de fruto.

tratamiento	Descripción de tratamiento	Peso de fruto (kilogramos)
T5	1 min. Húmedo 5A-127-24 v. 560 mT.	12.3982
T0	Control húmedo	8.802

**Tabla 4.6** Mayor peso de masa seca de planta.

tratamiento	Descripción de tratamiento	Peso de masa seca (kilogramos)
T5	1 min. Húmedo 5A-127-24 v. 560 mT. Planta 1, repetición 1.	0.73

---

## **En conclusión**

El tratamiento electromagnético produce efectos de bioestimulación benéficos para ciertas intensidades y tiempos de exposición en el vigor de plántula, así como para el peso de masa fresca y seca de plántula.

El tratamiento magnético ocupado en esta trabajo de tesis produce mejoras en la producción de fruto en todos los tiempos de exposición así como en las intensidades empleadas.

Se comprueba así la hipótesis establecida al inicio del trabajo de tesis.

## **4.3 Aportaciones de la investigación**

Demostrar que el tratamiento de electromagnetismo ocupado como un método de bioestimulación presiembra aplicado a la semilla de jitomate (*Lycopersicon esculentum*) proporciona ventajas en el sector agrícola como las siguientes:

- Menor costo por tratamiento
- Mayor producción de fruto
- Fácil manejo del tratamiento
- Menor contaminación
- Beneficios al sector agrícola

## **4.4 Futuros trabajos**

En esta línea de investigación hay un amplio camino a seguir, es necesario investigar más y realizar distintos experimentos integrando diferentes especialistas de distintas áreas de investigación para obtener mejores resultados, se sugiere que en futuras investigaciones se estudie:

- Un prototipo irradiador de campo electromagnético de baja y alta intensidad automatizado para poder irradiar desde pequeñas semillas hasta grandes cantidades de esta.
- Un prototipo irradiador de campo electromagnético para el agua que se usa para el riego de plantas.
- Comparar los nutrientes producidos por plántulas tratadas con métodos biofísicos presiembra contra los frutos cosechados de plántulas no tratadas.
- Medir los nutrientes de los frutos cosechados con estos tipos de tratamientos y compararlos con los controles.



# **CAPÍTULO 5**

## **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

---

## 5.1 Referencias bibliográficas

**GUSTAVO ALMAGUER VARGAS, E. 2008.** Manual para el horticultor del bajío michoacano.

**MARTÍNEZ PLANAS. 1974.** Agricultura práctica.

**R. RODRIGUEZ, J.M. TABARES, J.A. MEDINA, 2ª Edición, 2001.** Cultivo moderno del tomate.

**HUMBETO ROGRIGUEZ FUENTES, SERGIO MUÑOS LOPEZ, EFRAIN ALCORTA GARCÍA, 2006.** El tomate rojo sistema hidropónico.

**FISHBANE, GASIOROWICZ, THORNTON, volumen II, 1994.** Física para ciencias e ingeniería.

**J.L. DE LA LOMA, 2º edición 1966.** Experimentación Agrícola.

**ALBERT, A. 1999.** Aplicaciones de la biotecnología en el mundo actual. Vida rural nº 79. pp. 29-31.

**ALCALDE, E. 2000. Compa CB.** Un maíz mejorado genéticamente resistente a plagas. Vida Rural nº 108. pp. 48-49.

**BARAHONA, E. 1999.** Comercialización en España de organismos transgénicos. Vida Rural nº 79. pp. 38-40.

**BARAHONA, E. 2000.** El protocolo de la Bioseguridad. Vida Rural nº 108. pp. 42-44.

**BIOPLANET. 2000.** Conceptos básicos en Biotecnología.

---

**CRIADO, J.M. 1999.** El desarrollo futuro de la biotecnología en la agricultura. Vida Rural nº 79. pp. 32-33.

**CUBERO, J.I. 1999.** Introducción a la mejora genética vegetal. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

**DE LA SOTA, D & BAS F. 1999.** Agrosebiot'98, debate sobre la biotecnología en la agricultura. Vida Rural nº 79. pp. 34-36.

**GARCÍA, F. 1999.** Aplicación de la ingeniería genética a la mejora de plantas cultivadas. Vida Rural nº 82. pp. 74-75.

**GARCÍA, F. 2000.** La ingeniería genética y el futuro del mundo en desarrollo. Vida Rural nº 108. pp. 46-47.

**GUERRA, J.M. 1996.** Ingeniería genética en horticultura. Información Técnica 42/96. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. 29 pgs.

**HEAD, G. 1999.** Insect Resistance management with maize and cotton varieties genetically protected against Lepidoptera. Congreso Nacional de Entomología Aplicada. VII Jornadas Científicas de la S.E.E.A. Congresos y Jornadas 53/99.

**Consejería de Agricultura y Pesca.** Junta de Andalucía. pp. 68-74.

**JAMES, C. 2000.** Revisión global de los cultivos modificados genéticamente. Vida Rural nº 108. pp. 37-40.

**MERINO, A. 1999.** Incertidumbres y opiniones enfrentadas ante la biotecnología. Vida Rural nº 79. pp. 41-44.

---

**MONSANTO ESPAÑA, S.A. 2000.** Biotecnología.

**NOVARTIS INTERNATIONAL AG. 1998.** La biotecnología. Ed. Novartis International AG. Basilea. Suiza. 42 pp.

**NOVILLO, C; SOTO, J. & COSTA, J. 1999.** Resultados con variedades de algodón protegidas genéticamente contra las orugas de las cápsulas, en España.

**Congreso Nacional de Entomología Aplicada.** VII Jornadas Científicas de la S.E.E.A. Congresos y Jornadas 53/99. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. pp. 114.

**NOVILLO, C & COSTA, J. 2000.** Continuar mejorando el algodón. Vida Rural nº 108. pp. 50-52.

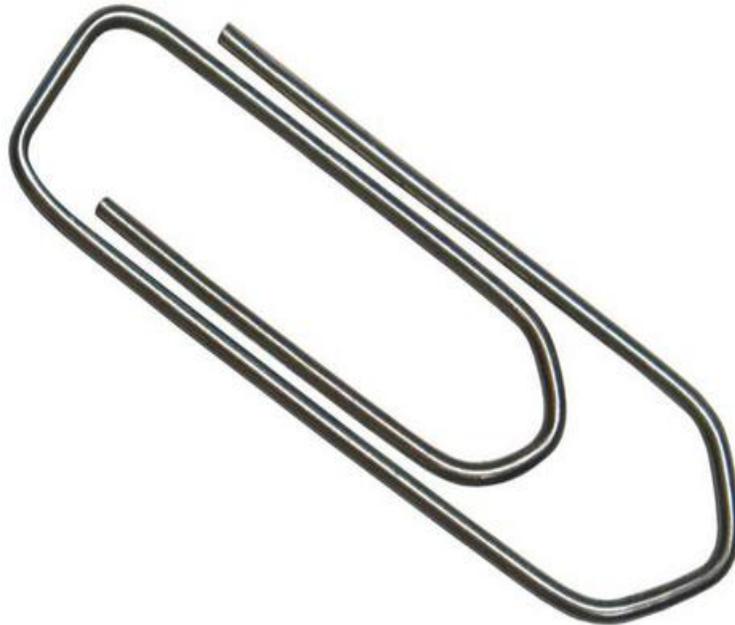
**NOVILLO, C. 2000.** Biotecnología para la protección de cultivos y producción integrada. I Jornadas sobre Producción Integrada. Ed. Asociación de Estudiantes de Agronomía AGRO. Universidad de Almería. pp. 62-66.

#### **REFERENCIAS EN INTERNET**

<http://faostat.fao.org>

<http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome>

[http://www.fao.org/index\\_es.htm](http://www.fao.org/index_es.htm)



# **CAPÍTULO 6**

## **ANEXOS**

---

**ANEXO A**

**UTILIZACION DEL SOFTWARE ZAS VERSIÓN 9 PARA DETERMINAR  
MEJORES PORCENTAJES DE EMERGENCIA**

JITOMATE CALIDAD FISIOLÓGICA 11  
13:37 Thursday, June 10, 2010

Obs	PARCELA	REP	TRAT	HUMEDAD	RADIA	PE
1	1	1	3	H1	T2-H1	84
2	2	1	1	H1	T0-H1	92
3	3	1	6	H1	T5-H1	84
4	4	1	12	H2	T10-H2	88
5	5	1	9	H2	T7-H2	92
6	6	1	11	H2	T9-H2	88
7	7	1	2	H1	T1-H1	96
8	8	1	5	H1	T4-H1	88
9	9	1	8	H2	T6-H2	76
10	10	1	4	H1	T3H1	96
11	11	1	7	H2	T02-H2	80
12	12	1	10	H2	T8-H2	92
13	13	2	9	H2	T7-H2	96
14	14	2	1	H1	T0-H1	96
15	15	2	12	H2	T10-H2	84
16	16	2	10	H2	T8-H2	80
17	17	2	6	H1	T5-H1	92
18	18	2	2	H1	T1-H1	80
19	19	2	4	H1	T3H1	88
20	20	2	8	H2	T6-H2	92
21	21	2	11	H2	T9-H2	84
22	22	2	3	H1	T2-H1	80
23	23	2	5	H1	T4-H1	88
24	24	2	7	H2	T02-H2	88
25	25	3	12	H2	T10-H2	80
26	26	3	1	H1	T0-H1	92
27	27	3	4	H1	T3H1	88
28	28	3	2	H1	T1-H1	88
29	29	3	11	H2	T9-H2	88
30	30	3	9	H2	T7-H2	88
31	31	3	6	H1	T5-H1	96
32	32	3	3	H1	T2-H1	96
33	33	3	8	H2	T6-H2	92
34	34	3	5	H1	T4-H1	80
35	35	3	7	H2	T02-H2	92
36	36	3	10	H2	T8-H2	96
37	37	4	12	H2	T10-H2	72
38	38	4	1	H1	T0-H1	88
39	39	4	5	H1	T4-H1	96
40	40	4	8	H2	T6-H2	92
41	41	4	11	H2	T9-H2	92
42	42	4	2	H1	T1-H1	80
43	43	4	4	H1	T3H1	92
44	44	4	7	H2	T02-H2	88
45	45	4	10	H2	T8-H2	84
46	46	4	3	H1	T2-H1	76
47	47	4	6	H1	T5-H1	88
48	48	4	9	H2	T7-H2	92

JITOMATE CALIDAD FISIOLÓGICA 12  
 13:37 Thursday, June 10, 2010

Procedimiento GLM

Información del nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
REP	4	1 2 3 4
TRAT	12	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

Número de observaciones 48

JITOMATE CALIDAD FISIOLÓGICA 13  
 13:37 Thursday, June 10, 2010

Procedimiento GLM

Variable dependiente: PE

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	14	519.333333	37.095238	0.97	0.4982
Error	33	1256.333333	38.070707		
Total correcto	47	1775.666667			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	PE Media
0.292472	7.018176	6.170146	87.91667

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	3	59.6666667	19.8888889	0.52	0.6699
TRAT	11	459.6666667	41.7878788	1.10	0.3932

Procedimiento GLM  
 Medias de cuadrados mínimos

TRAT	PE LSMEAN
1	92.000000
2	86.000000
3	84.000000
4	91.000000
5	88.000000
6	90.000000
7	87.000000
8	88.000000
9	92.000000
10	88.000000
11	88.000000
12	81.000000

Procedimiento GLM

t Tests (LSD) para PE

NOTA: Este test controla el índice de error comparisonwise de tipo I, no el índice de error experimentwise.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	33
Error de cuadrado medio	38.07071
Valor crítico de t	2.03452
Diferencia menos significativa	8.8765

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

t Agrupamiento	Media	N	TRAT
A	92.000	4	1
A	92.000	4	9
A	91.000	4	4
A	90.000	4	6
B	88.000	4	11
B	88.000	4	10
B	88.000	4	5
B	88.000	4	8
B	87.000	4	7
B	86.000	4	2
B	84.000	4	3
B	81.000	4	12

Obs	PARCELA	REP	TRAT	HUMEDAD	RADIA	PE
1	1	1	3	H1	T2-H1	84
2	2	1	1	H1	T0-H1	92
3	3	1	6	H1	T5-H1	84
4	7	1	2	H1	T1-H1	96
5	8	1	5	H1	T4-H1	88
6	10	1	4	H1	T3H1	96
7	14	2	1	H1	T0-H1	96
8	17	2	6	H1	T5-H1	92
9	18	2	2	H1	T1-H1	80
10	19	2	4	H1	T3H1	88
11	22	2	3	H1	T2-H1	80
12	23	2	5	H1	T4-H1	88
13	26	3	1	H1	T0-H1	92
14	27	3	4	H1	T3H1	88
15	28	3	2	H1	T1-H1	88
16	31	3	6	H1	T5-H1	96
17	32	3	3	H1	T2-H1	96
18	34	3	5	H1	T4-H1	80
19	38	4	1	H1	T0-H1	88
20	39	4	5	H1	T4-H1	96
21	42	4	2	H1	T1-H1	80
22	43	4	4	H1	T3H1	92
23	46	4	3	H1	T2-H1	76
24	47	4	6	H1	T5-H1	88
25	4	1	12	H2	T10-H2	88
26	5	1	9	H2	T7-H2	92
27	6	1	11	H2	T9-H2	88
28	9	1	8	H2	T6-H2	76
29	11	1	7	H2	T02-H2	80
30	12	1	10	H2	T8-H2	92
31	13	2	9	H2	T7-H2	96
32	15	2	12	H2	T10-H2	84
33	16	2	10	H2	T8-H2	80
34	20	2	8	H2	T6-H2	92
35	21	2	11	H2	T9-H2	84
36	24	2	7	H2	T02-H2	88
37	25	3	12	H2	T10-H2	80
38	29	3	11	H2	T9-H2	88
39	30	3	9	H2	T7-H2	88
40	33	3	8	H2	T6-H2	92
41	35	3	7	H2	T02-H2	92
42	36	3	10	H2	T8-H2	96
43	37	4	12	H2	T10-H2	72
44	40	4	8	H2	T6-H2	92
45	41	4	11	H2	T9-H2	92
46	44	4	7	H2	T02-H2	88
47	45	4	10	H2	T8-H2	84
48	48	4	9	H2	T7-H2	92

----- HUMEDAD=H1 -----

Procedimiento GLM

Información del nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
REP	4	1 2 3 4
TRAT	6	1 2 3 4 5 6

Número de observaciones 24

----- HUMEDAD=H1 -----

Procedimiento GLM

Variable dependiente: PE

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	245.3333333	30.6666667	0.73	0.6632
Error	15	628.6666667	41.9111111		
Total correcto	23	874.0000000			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	PE Media
0.280702	7.315118	6.473879	88.50000

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	3	55.3333333	18.4444444	0.44	0.7277
TRAT	5	190.0000000	38.0000000	0.91	0.5023

----- HUMEDAD=H1 -----

Procedimiento GLM  
 Medias de cuadrados mínimos

TRAT	PE LSMEAN
1	92.0000000
2	86.0000000
3	84.0000000
4	91.0000000
5	88.0000000
6	90.0000000

----- HUMEDAD=H1 -----

Procedimiento GLM

t Tests (LSD) para PE

NOTA: Este test controla el índice de error comparisonwise de tipo I, no el índice de error experimentwise.

Alfa 0.05  
Error de grados de libertad 15  
Error de cuadrado medio 41.91111  
Valor crítico de t 2.13145  
Diferencia menos significativa 9.7572

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

t Agrupamiento	Media	N	TRAT
A	92.000	4	1
A			
A	91.000	4	4
A			
A	90.000	4	6
A			
A	88.000	4	5
A			
A	86.000	4	2
A			
A	84.000	4	3

----- HUMEDAD=H2 -----

Procedimiento GLM

Información del nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
REP	4	1 2 3 4
TRAT	6	7 8 9 10 11 12

Número de observaciones 24

----- HUMEDAD=H2 -----

Procedimiento GLM

Variable dependiente: PE

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	290.6666667	36.3333333	0.92	0.5293
Error	15	594.6666667	39.6444444		
Total correcto	23	885.3333333			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	PE Media
0.328313	7.209599	6.296383	87.33333

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	3	37.3333333	12.4444444	0.31	0.8151
TRAT	5	253.3333333	50.6666667	1.28	0.3240

----- HUMEDAD=H2 -----

Procedimiento GLM  
 Medias de cuadrados mínimos

TRAT	PE LSMEAN
7	87.0000000
8	88.0000000
9	92.0000000
10	88.0000000
11	88.0000000
12	81.0000000

----- HUMEDAD=H2 -----

Procedimiento GLM

t Tests (LSD) para PE

NOTA: Este test controla el índice de error comparisonwise de tipo I, no el índice de error experimentwise.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	15
Error de cuadrado medio	39.64444
Valor crítico de t	2.13145
Diferencia menos significativa	9.4897

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

t Agrupamiento	Media	N	TRAT
A	92.000	4	9
A			
B A	88.000	4	8
B A			
B A	88.000	4	11
B A			
B A	88.000	4	10
B A			
B A	87.000	4	7
B			
B	81.000	4	12

---

---

## ANEXO B

### TABLAS PARA EL PRIMER EXPERIMENTO

	Sin radiar	30 seg	1 min	2 min	4 min	8 min
Seco	92	86	84	91	88	90
Húmedo	87	88	92	88	88	81

Tratamiento	Plántulas emergidas	Porcentaje de emergencia
1	21	84%
2	23	92%
3	21	84%
4	22	88%
5	23	92%
6	22	88%
7	24	96%
8	22	88%
9	19	76%
10	24	96%
11	20	80%
12	23	92%
13	24	96%
14	24	96%
15	21	84%
16	20	80%
17	23	92%
18	20	80%
19	22	88%
20	23	92%
21	21	84%
22	20	80%
23	22	88%
24	22	88%
25	20	80%
26	23	92%
27	22	88%

28	22	88%
29	22	88%
30	22	88%
31	24	96%
32	24	96%
33	23	92%
34	20	80%
35	23	92%
36	24	96%
37	18	72%
38	22	88%
39	24	96%
40	23	92%
41	23	92%
42	20	80%
43	23	92%
44	22	88%
45	21	84%
46	19	76%
47	22	88%
48	23	92%

Parcela	Peso de plántula verde en gramos
1	25
2	22.07
3	20.54
4	24.96
5	24.69
6	24
7	23.5
8	14.81
9	21.73
10	23.93
11	20.63

---

---

12	19.23
13	25.18
14	23.49
15	21.67
16	20.34
17	25.64
18	26.62
19	22.04
20	24.48
21	17.49
22	16.85
23	19.45
24	21.6
25	27.09
26	26.97
27	23.7
28	25.55
29	27
30	24.68
31	36.86
32	31.61
33	25.65
34	26.95
35	24.97
36	31.58
37	28.86
38	31.56
39	31.3
40	29.23
41	29.48
42	30.47
43	32.65
44	29.45
45	29.08
46	28.51
47	23.96
48	27.28

---

---

Parcela	Peso de masa seca en gramos
1	2.89
2	5.82
3	5.87
4	5.55
5	5.96
6	5.74
7	5.83
8	5.77
9	5.61
10	5.52
11	5.19
12	5.91
13	6.09
14	5.85
15	5.82
16	5.23
17	5.89
18	5.97
19	5.67
20	5.33
21	4.54
22	4.93
23	5.24
24	5.62
25	5.98
26	5.68
27	6.15
28	6.13
29	6.26
30	6.22
31	6.64
32	5.96
33	5.69
34	5.57
35	5.52
36	5
37	5.44
38	6.17
39	5.71

40	5.51
41	5.81
42	6.24
43	6.17
44	6.01
45	5.78
46	6.17
47	5.95
48	6.1

Día de visita	Velocidad de Germinación
24 de Mayo	173.25
26 de Mayo	132.83
29 de Mayo	100.88
31 de Mayo	84.45
2 de Junio	89.69
9 de Junio	52.75

Tratamiento	Días de visita a la siembra					
	24 de mayo	26 de mayo	29 de mayo	31 de mayo	2 de junio	9 de junio
1	19	20	21	21	21	21
2	19	19	19	19	19	23
3	17	19	21	20	19	21
4	23	23	23	23	22	22
5	21	22	23	23	23	23
6	21	22	22	22	22	22
7	10	11	16	16	23	24
8	11	11	18	19	20	22
9	11	11	13	14	16	19
10	10	11	16	16	22	24
11	10	11	15	17	17	20
12	10	10	13	21	23	23
13	18	20	21	22	23	24



---

velocidad de  
emergencia

173.25 132.8333 100.8889 84.45455 89.6923 52.75 633.869

## ANEXO C

### TABLAS PARA EL SEGUNDO EXPERIMENTO

Transformador	Tiempo	Tratamiento	Repetición	Planta 1 (Kg)	Planta 2 (KG)	Total (KG)
sin radiar	control	T0	1	1.24159	1.86927	8.88025
			2	0.90404	1.01955	
			3	0.42984	0.39063	
			4	1.64368	1.38165	
5A-32 v.	1 min.	T1	1	1.50985	1.07584	10.4164
			2	2.18479	1.31311	
			3	1.75888	0.59789	
			4	1.36808	0.60792	
5A-32 v.	2 min.	T2	1	2.24568	1.90571	11.3849
			2	1.30827	1.94818	
			3	0.54636	2.00356	
			4	0.23068	1.19649	
3A-32 V.	1 min.	T3	1	2.47259	1.19783	9.89923
			2	1.43181	1.28454	
			3	0.73152	0.87164	
			4	1.02965	0.87965	
3A-32 V.	2 min.	T4	1	1.71286	1.48353	10.1819
			2	1.0882	1.07102	
			3	1.63054	0.4697	
			4	1.74963	0.9764	
5A-24 V.	1 min.	T5	1	1.83045	1.86114	12.3982
			2	1.56668	1.10511	
			3	1.41366	1.83794	
			4	1.30741	1.4758	
5A-24 V.	2 min.	T6	1	1.02308	0.4707	9.01887
			2	1.53013	1.56023	
			3	1.50044	1.02764	
			4	0.53364	1.37301	
2A-12 V.	1 min.	T7	1	1.35036	1.2179	9.19721
			2	0.77377	1.30491	
			3	0.24635	2.10241	
			4	1.09574	1.10577	
2A-12 V.	2 min.	T8	1	1.2762	1.84485	9.42073
			2	0.719	1.18319	
			3	1.25317	0.64227	
			4	1.23979	1.26226	
1A-12 V.	1 min.	T9	1	0.92717	1.2375	10.1572
			2	0.28352	1.29106	

		3	1.93626	2.18974	
		4	1.14087	1.15861	
		1	2.02978	1.36993	
2 min.	T10	2	1.11717	1.33789	9.28685
		3	0.73906	0.99906	
		4	1.09119	0.60277	

Tratamiento	Peso (Kg)
T0	8.8802
T1	10.4164
T2	11.3849
T3	9.8992
T4	10.1819
T5	12.3982
T6	9.01887
T7	9.19721
T8	9.42073
T9	10.1572
T10	9.2868

Transformador	Tiempo	Tratamiento	Repetición	Planta 1 (Kg)	Planta 2 (KG)
sin radiar	control	T0	1	0.49	0.4
			2	0.37	0.42
			3	0.58	0.53
			4	0.52	0.51
5A-32 v.	1 min.	T1	1	0.55	0.52
			2	0.38	0.34
			3	0.48	0.41
			4	0.61	0.6
	2 min.	T2	1	0.52	0.54
			2	0.51	0.48
			3	0.43	0.42
			4	0.37	0.51
3A-32 V.	1 min.	T3	1	0.5	0.46
			2	0.47	0.5
			3	0.63	0.49
			4	0.34	0.51

			1	0.47	0.48
	2 min.	T4	2	0.55	0.5
			3	0.5	0.44
			4	0.31	0.42
			1	0.73	0.27
	1 min.	T5	2	0.41	0.62
			3	0.36	0.41
5A-24 V.			4	0.53	0.44
	2 min.	T6	1	0.54	0.45
			2	0.63	0.46
			3	0.52	0.41
			4	0.46	0.52
	1 min.	T7	1	0.49	0.52
			2	0.45	0.44
2A-12 V.			3	0.32	0.515
			4	0.53	0.43
	2 min.	T8	1	0.63	0.43
			2	0.44	0.71
			3	0.46	0.37
			4	0.49	0.7
	1 min.	T9	1	0.5	0.52
			2	0.4	0.36
1A-12 V.			3	0.65	0.51
			4	0.47	0.62
	2 min.	T10	1	0.66	0.52
			2	0.55	0.57
			3	0.51	0.49
			4	0.53	0.44