



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO.

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS.

**“DETERMINACIÓN DE MESÓFILOS AEROBIOS,
COLIFORMES TOTALES Y COLIFORMES FECALES EN EL
CULTIVO DE CILANTRO (*Coriandrum sativum* L.),
PRODUCIDO EN TRES MUNICIPIOS DEL ESTADO DE
MÉXICO.”**

T E S I S

**QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO INDUSTRIAL**

PRESENTA

GERARDO DANIEL DE JESÚS HERNÁNDEZ

Modalidad: Tesis Individual

ASESORES

**DRA. ANA TARÍN GUTIÉRREZ IBÁÑEZ
DR. JESÚS RICARDO SÁNCHEZ PALE**

**CAMPUS UNIVERSITARIO EL CERRILLO PIEDRAS BLANCAS,
OCTUBRE DE 2016, TOLUCA, EDO DE MÉXICO.**



El presente trabajo fue financiado a través del proyecto “CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE TRES HORTALIZAS PRODUCIDAS EN EL ESTADO DE MÉXICO”, con clave 3791/2014/CID.

ÍNDICE

ÍNDICE.....	i
ÍNDICE DE CUADROS.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iii
ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRAC.....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	4
2.1. Objetivo General.....	4
2.2. Objetivos Específicos.....	4
III. HIPÓTESIS.....	4
IV. JUSTIFICACIÓN.....	5
V. REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
5.1. El cultivo de cilantro: origen y distribución.....	6
5.2. Clasificación taxonómica.....	7
5.3. Generalidades del cultivo.....	7
5.4. Producción internacional.....	10
5.5. Producción de cilantro y el entorno nacional.....	12
5.6. Producción estatal.....	13
5.7. Inocuidad alimentaria.....	14
5.7.1. Peligros en los alimentos.....	14
5.7.1.1. Tipos de peligro.....	14

5.7.2. Riesgos en la inocuidad.....	16
5.7.3. Enfermedades transmitidas por alimentos (ETA).....	17
5.7.4. Buenas Prácticas Agrícolas (BPA).....	17
5.7.5. Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)	18
5.8. Métodos más utilizados para el análisis microbiológico de los alimentos.....	18
5.8.1. Microorganismos Mesófilos Aerobios	20
5.8.2. Cuenta de Coliformes.....	20
5.9. Organismos relacionados con la inocuidad agroalimentaria.....	21
5.10. Enfermedades gastrointestinales causadas por la contaminación microbiológica a partir del consumo de hortalizas	27
VI. MATERIALES Y MÉTODOS	29
6.1. Obtención del material	29
6.2. Ubicación geográfica de los municipios muestreados	30
6.3. Tamaño y recolección de muestras	30
6.4. Análisis microbiológico de las muestras.....	31
6.4.1. Siembra y determinación de bacterias Mesófilas Aerobias	32
6.4.2. Siembra y determinación de Coliformes Totales y Fecales	32
VII. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	34
VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
IX. CONCLUSIONES	45
X. RECOMENDACIONES	45
XI. BIBLIOGRAFÍA	46

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Distritos productores de cilantro en el Estado de México.	13
Cuadro 2. Ubicación geográfica de los municipios de estudio.....	30
Cuadro 3. Análisis de varianza multivariado (MANOVA) con valores de <i>P</i> para Mesófilos Aerobios, Coliformes Totales y Fecales del cultivo de cilantro, por efecto del municipio y localidad	36
Cuadro 4. Resultados de Mesófilos Aerobios por colecta por municipio y localidad....	36
Cuadro 5. Resultados de Coliformes Totales por colecta por municipio y localidad.....	39
Cuadro 6. Resultados de Coliformes Fecales por colecta por municipio y localidad	40
Cuadro 7. Resultados del Análisis de agua por municipio	43
Cuadro 8. Resultados del Análisis de suelo por municipio	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales países productores del cultivo de cilantro.....	10
Figura 2. Principales países importadores del cultivo de cilantro.....	11
Figura 3. Estados productores del cultivo de cilantro en México.....	12
Figura 4. Mapa de distribución geográfica de las localidades del Estado de México donde se realizaron las investigaciones	29
Figura 5. a) Mesófilos Aerobios, b) Coliformes Totales, c) Coliformes Fecales.	35

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Promedio de Mesófilos Aerobios por Municipio.....	37
Gráfica 2. Promedio de Coliformes Totales por Municipio	39
Gráfica 3. Promedio de Coliformes Fecales por Municipio	41

**“DETERMINACIÓN DE MESÓFILOS AEROBIOS, COLIFORMES
TOTALES Y COLIFORMES FECALES EN EL CULTIVO DE
CILANTRO (*Coriandrum sativum* L.) PRODUCIDO EN TRES
MUNICIPIOS DEL ESTADO DE MÉXICO”**

Gerardo Daniel de Jesús Hernández, Ingeniero Agrónomo Industrial. Universidad
Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias Agrícolas.

Asesores: Dra. Ana Tarín Gutiérrez Ibáñez, Dr. Jesús Ricardo Sánchez Pale.

Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias Agrícolas
Campus Universitario El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, México.
Código Postal 50200. Tel. (722) 2-96-55-29 ext. 192.

Correos: gera27_dejesus@hotmail.com, atarini@uaemex.mx, jrsanchezp@uaemex.mx

Resumen. El objetivo de la presente investigación fue determinar la contaminación de origen microbiológico del cultivo de cilantro (*Coriandrum sativum* L.) que se produce en tres municipios del Estado de México, durante los ciclos de producción 2014-2015, con el fin de conocer los posibles riesgos a la salud y así aplicar estrategias de prevención previo a su consumo. Se realizó un análisis microbiológico de muestras de cilantro, para determinar los microorganismos patógenos presentes en el cultivo que afectan la calidad del producto, provocando enfermedades gastrointestinales a los consumidores. Así mismo, se analizó el suelo y el agua de riego para determinar la principal fuente de contaminación.

Para la determinación de microorganismos patógenos presentes en las muestras se utilizaron las metodologías marcadas en las Normas Oficiales Mexicanas NOM-092-SSA1-1994, NOM-109-SSA1-1994, NOM-110-SSA1-1994 y NOM-113-SSA1-1994.

Los resultados obtenidos indicaron la presencia de microorganismos patógenos, que afectan la calidad microbiológica del producto, para los Mesófilos Aerobios, estos se encuentran dentro de los parámetros permitidos por la NOM-092-SSA1-1994. Similarmente los análisis realizados para determinar Coliformes Totales y Fecales, indicaron un nivel elevado de microorganismos de Coliformes Totales, sin embargo, se encontró la presencia de Coliformes Fecales estos no sobrepasan los límites establecidos por la NOM-113-SSA1-1994; estos microorganismos indican la presencia de materia fecal en el alimento o bien una mala realización de prácticas inadecuadas de higiene, ambas pueden ser responsables de ocasionar enfermedades gastrointestinales en el consumidor, si el producto se consume sin recibir algún tratamiento como puede ser el lavado y desinfectado. Los resultados de las muestras de suelo y agua arrojan la presencia de Coliformes Fecales y elevadas cantidades de Mesófilos Aerobios.

Palabras clave: cilantro, microorganismos, Mesófilos Aerobios, Coliformes Totales y Coliformes Fecales.

**“DETERMINATION OF AEROBIC MESOPHILIC, TOTAL AND
FECAL COLIFORMS IN CORIANDER (*Coriandrum sativum* L.),
PRODUCED IN THE STATE OF MEXICO”**

Gerardo Daniel de Jesús Hernández, Industrial Agronomist Engineer. Autonomous University of the State of Mexico State. Faculty of Agricultural Sciences.

Advisors: Dra. Ana Tarín Gutiérrez Ibáñez, Dr. Jesús Ricardo Sánchez Pale.

Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias Agrícolas
Campus Universitario El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, México.

Zip code 50200. Tel. (722) 2-96-55-29 ext. 192.

Correos: gera27_dejesus@hotmail.com, atarini@uaemex.mx, jrsanchezp@uaemex.mx

Abstract. The objective of this research was to determine the microbiological quality of coriander (*Coriandrum sativum* L.) produced in 3 municipalities of the State of Mexico during the production cycle 2014-2015, to know the possible risks for health and to apply strategies of prevention before its consumption. A microbiological analysis of coriander samples was conducted to determine the pathogenic microorganisms present in the crop that impact on product quality, causing gastrointestinal diseases to consumers. Likewise, the soil and water for agricultural use were analyzed to determine the main source of contamination.

For the determination of pathogenic microorganisms present in coriander crop samples, methodologies marked in the Mexican Official Standards_NOM-092-SSA1-1994, NOM-109-SSA1-1994, NOM-110-SSA1-1994 and NOM-113-SSA1-1994 were used. The results obtained in the

current study indicate the presence of pathogenic microorganisms that affect the product microbiological quality. For Aerobic Mesophilic the results were within the parameters allowed by the NOM-092-SSA1-1994. While the analyzes performed to determine Total and Fecal Coliforms, the level of Total Coliform microorganisms also were within the limits set by NOM-113-SSA1-1994, however, the presence of Fecal Coliform were found, these do not exceed the limits established by the standard, these microorganisms indicate the presence of fecal matter in food and inadequate hygiene practices, these are responsible for causing gastrointestinal illness in the consumers when the product is consumed without receiving any treatment such as washing and disinfection. The results obtained from the samples of soil and water generate the presence of Fecal Coliform and a countless number of Aerobic Mesophilic bacteria.

Keywords. Coriander, microorganisms, Aerobic Mesophilic, Total and Fecal Coliforms.

I. INTRODUCCIÓN

El cilantro o culandro (*Coriandrum sativum* L.), es integrante de la familia de las Apiáceas antes Umbelliferae, es una especie herbácea de crecimiento rápido el nombre genérico proviene de la palabra griega *koris*, chinche, es una especie cultivada como hierba medicinal, aromática y de condimento, de mayor consumo, ya sea por el aprovechamiento que se le da a las hojas frescas o deshidratadas, por la utilización de sus semillas, las cuales son usadas para la extracción de aceites, es reconocida por sus propiedades culinarias y uso industrial en diversos países del mundo (Ordoñez, 2010).

En México el cilantro se consume en fresco y es utilizado para dar un sabor especial a la comida y por ello representa un riesgo a la salud del consumidor, por lo que han crecido las exigencias de garantizar un producto inocuo para los consumidores. Para estas exigencias los productores han optado por nuevas tecnologías como las denominadas Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), estas acciones tratan de garantizar la calidad del producto, sobre todo que se pueda consumir sin presentar ningún riesgo al consumidor (Camelo, 2003).

La aplicación de los programas de inocuidad de alimentos constituyen pasos importantes para reducir los posibles riesgos de contaminación en los productos hortofrutícolas a lo largo de la cadena de producción, distribución y almacenamiento, garantizando que el producto sea inocuo y que no presente riesgos a la salud (Siller *et al.*, 2002).

México ocupa el cuarto lugar mundial como productor del cultivo de cilantro, a nivel nacional los principales estados productores son Puebla con 22 033,14 Toneladas (t), Baja California 9 893,42 t, Zacatecas 4 258,50 t, Aguascalientes 2 101,20 t, Sonora 1 957,50 t y Jalisco con 1 633,66 t. El Estado de México cuenta con una producción aproximada de 954,92 Toneladas anualmente, los principales Distritos productores de cilantro son: Texcoco y Toluca (SAGARPA/SIAP, 2014).

Las enfermedades transmitidas por los alimentos (ETA) de origen vegetal son cada vez más comunes. En México y Estados Unidos, la incidencia de enfermedades es frecuentemente asociada al consumo de frutas y verduras frescas, tanto de origen doméstico como de importación. La contaminación de los vegetales proviene principalmente de los utensilios para pelarlos y cortarlos, el agua de riego y la tierra de cultivo (Brandl & Mandrell, 2002).

En los últimos 18 años, tanto en México como a nivel internacional se han producido epidemias que se relacionan al consumo de hortalizas frescas. Algunos de los frutos cosechados en México han sido involucrados con brotes epidémicos asociados a bacterias, principalmente *Escherichia coli*, *Salmonella* y *Shigella* como sus agentes causales. En Estados Unidos estas bacterias se han asociado con enfermedades tales como la gastroenteritis producida por el consumo de hortalizas provenientes de México (Campbell *et al.*, 2001).

En agosto de 2013, la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos de América (E.U.A.) informo sobre un brote por la posible contaminación involucrando a una mezcla de ensaladas con los parásitos como *Listeria*, *E. coli*, *Salmonella* y *Shigella*, mencionando que las autoridades de México, representada por la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) y el Servicio Nacional de Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), están colaborando con la FDA en la investigación de este brote (SENASICA, 2014).

Los productores del Estado de México están obligados a cumplir con las medidas internacionales de inocuidad en sus productos agroalimentarios, ya que la exportación de estos es primordial para la venta de la producción (FAO, 2008).

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General:

Determinar la contaminación de origen microbiológico del cultivo de cilantro (*Coriandrum sativum* L.) que se produce en tres municipios del Estado de México (Calimaya, Tenango del Valle y Toluca).

2.2. Objetivos Específicos:

Para cumplir con el objetivo general se establecieron los siguientes objetivos específicos.

- Cuantificar la presencia de UFC/mL de Mesófilos Aerobios, Coliformes Totales y Coliformes Fecales presentes en el cultivo de cilantro.
- Cuantificar la presencia de UFC/mL de Mesófilos Aerobios, Coliformes Totales y Coliformes Fecales presentes en muestras de suelo y el agua de las parcelas cultivadas.

III. HIPÓTESIS

La producción del cultivo de cilantro (*Coriandrum sativum* L.), sembrado a cielo abierto en tres municipios del Estado de México, se espera que se encuentre dentro de los Límites Máximos Permitidos (LMP) de Mesófilos Aerobios, Coliformes Totales y Coliformes Fecales establecidos por la Norma Oficial Mexicana NOM-093-SSA1-1994.

IV. JUSTIFICACIÓN

La producción del cultivo de cilantro ha aumentado en los últimos años y con ello la demanda a nivel estatal, nacional y mundial, México es uno de los principales países exportadores de este producto a Estados Unidos, por lo que es indispensable que el producto esté libre de cualquier contaminante microbiológico que pueda afectar la salud del consumidor con el fin de lograr que los canales de comercialización permanezcan abiertos a la exportación del producto, dado que las actuales exigencias comerciales de inocuidad de los alimentos son muy estrictas limitando la participación de pequeños productores que no cumplen con los estándares de calidad exigidos en el mercado. La importancia de esta investigación radicó en determinar los patógenos que puedan ocasionar enfermedades a los consumidores a partir del consumo de hortalizas frescas, se determinó si los contaminantes de origen microbiológico (Mesófilos Aerobios, Coliformes Totales y Coliformes Fecales) presentes en el cilantro que se produce en el Estado de México cumplen con lo establecido por la Norma Oficial Mexicana NOM-093-SSA1-1994 y la NOM-113-SSA1-1994 respecto a los Límites Máximos Permisibles (LMP) de UFC/mL.

V. REVISIÓN DE LITERATURA

5.1. El cultivo de cilantro: origen y distribución

El cilantro es un cultivo aromático y oleaginoso cuyo origen se ubica en el continente asiático en las regiones del centro y norte de la india, centro y sur de Rusia y regiones Orientales de Afganistán y Pakistán. Actualmente esta planta se cultiva en la mayoría de las regiones templadas del mundo, al continente americano fue llevado por los portugueses y españoles en los viajes de conquista y colonización esta especie formaba parte de la culinaria de los países europeos (Cabrera & Salazar, 2004).

Se considera que a nivel internacional las hortalizas junto con las frutas ocupan en nuestros días un lugar muy importante dentro de los productos agropecuarios, lo cual nos indica el enorme valor que representa no solo en el comercio, sino también en el sistema alimentario (Martínez, 2010).

La producción de hortalizas en el mundo desde 1980 a 2006, creció de 324 millones a 881 millones de Toneladas (t), lo que representa una tasa promedio anual de 4,1 %. Este importante crecimiento se debe principalmente al aumento de la producción de China, que creció a un ritmo del 8,6 % anual; la producción de este país representa casi el 50,0 % de la producción mundial (Ferratto & Mondino, 2008).

Su sabor es fuerte, su aroma es penetrante y agradable. Esta hierba aromática es sumamente versátil de la que se aprovechan sus hojas, frutos, raíces y semillas. Se utiliza ampliamente en la cocina mediterránea, oriental, caribeña, italiana, latinoamericana, entre

otras. Lo usan para realzar el sabor de guisos, salsas, sopas, aderezos de ensaladas, carnes y pescados (Orendain, 2012).

En la actualidad el cultivo de cilantro es una de las hortalizas de menor tiempo para completar su periodo vegetativo. Por su pericibilidad, la comercialización es rápida, se constituye como un cultivo rentable y de fácil manejo. En los últimos años el cultivo de cilantro ha cobrado gran importancia tanto en el aspecto culinario y el uso industrial en diversos países del mundo (Hernán & Isshiki, 2001).

5.2. Clasificación taxonómica

- **Reino:** Plantae.
- **División:** Magnoliophyta.
- **Clase:** Magnoliopsida.
- **Orden:** Apiales.
- **Familia:** Apiaceae (Umbelliferae).
- **Género:** *Coriandrum*.
- **Especie:** *sativum*.
- **Nombre científico:** *Coriandrum sativum*.

Fuente: Cabrera & Salazar (2004).

5.3. Generalidades del cultivo

Es una planta herbácea, de tallos erectos, lisos, cilíndricos y ramificados en la parte superior, alcanza una altura de 40 a 60 cm. El sistema radicular es frágil al principio pero una vez establecido provee un buen anclaje y una buena capacidad para la absorción de

agua y nutrientes para la planta. Las hojas inferiores son pecioladas, pinnadas, con segmentos ovales en forma de cuña; las superiores son casi dentadas bi-tripinnadas con segmentos agudos. Las flores son pequeñas, blancas o ligeramente rosadas, dispuestas en umbelas terminales. El fruto es un diaquenio globoso con diez costillas primarias longitudinales y ocho secundarias, constituidas por mericarpios fuertemente unidos de color amarillo marrón; tienen un sabor suave agradable o fuerte picante, contiene dos semillas, una por cada aquenio (Muñoz, 2002).

A nivel mundial se estima que se cultivan anualmente 550,000 hectáreas de las que se obtienen aproximadamente 600,000 toneladas de frutos de coriandro. Los países que destacan a nivel mundial en la producción de cilantro son Ucrania, Rusia y la India, en menor proporción esta Marruecos, Argentina, México y Rumania (Ordoñez, 2010).

El cilantro (*Coriandrum sativum* L.), es la especie hortícola cultivada por sus hojas y semillas, es un cultivo rentable, tiene un alto potencial de rendimiento se necesitan de 20 a 25 kg de semilla de buena calidad por una hectárea (Ha), para obtener una producción 8 000 kg/Ha con un rendimiento de 7,3 a 10,0 kg/m² dependiendo de la experiencia y tecnología del productor (Morales *et al.*, 2011).

En términos generales las necesidades para el desarrollo y producción del cultivo de cilantro son: temperaturas óptimas del suelo que van desde los 10°C a 24°C, le perjudican los climas demasiado fríos, la distancia entre plantas es de 15 a 20 cm, se siembra preferentemente a principios de la primavera aunque puede ser sembrado todo el año. El cilantro se produce mejor en suelos húmedos con buen drenaje (Muñoz, 2002).

Suele florecer a los 40 o 50 días de nacido, las semillas se maduran a los 80 o 100 días de la siembra. Prefiere las condiciones cálidas (sobre los 20°C pero puede prosperar en climas más frescos, puede soportar las heladas ligeras). La planta prefiere alta intensidad lumínica para crecer. Los días largos y cálidos favorecen la germinación temprana. La siembra debe hacerse directa pues el cilantro no se repone bien al trasplante, en cuanto al riego se ha demostrado que la producción de hojas o de semillas es mayor cuando se utiliza riego moderado, sin embargo éste no afecta considerablemente su productividad. Para el control de malezas las opiáceas tienen una baja capacidad de competencia, le restan al cultivo nutrientes del suelo, espacio, agua y luz, por eso es muy importante que el cultivo se encuentre libre de maleza la mayor parte de su crecimiento (Cabrera & Salazar, 2004).

Es un cultivo que requiere poco tiempo para completar su ciclo vegetativo, utiliza pocas cantidades de nitrógeno, fósforo y potasio, además tiene una gran capacidad de adaptación a los suelos incluso a los más secos, pero prefiere los suelos permeables con un pH próximo a 7 (neutro), bien drenados, profundos, frescos y sueltos. No tolera los suelos arcillosos, fríos y las humedades excesivas tampoco le son en absoluto beneficiosas (Smith, 2007).

El consumo de cilantro a nivel mundial ha ido aumentando en los últimos años, se usa principalmente para consumo en fresco o como condimento, también es usado en la medicina cuando hay debilidad estomacal o de las vías digestivas. Por otra parte en la industria de alimentos se usa para dar sabor a las confituras, licores, a los alimentos enlatados, además es ampliamente usado en la elaboración de embutidos, también lo usan por sus efectos bactericidas y/o fungicidas o para la extracción de aceites (Muñoz, 2002).

Actualmente se considera que el cultivo de cilantro es una de las especies de mayores implicaciones económicas con un buen rendimiento, tiene un precio considerado a nivel internacional. Se calcula que las especias mueven alrededor de US \$ 6,000 millones en el mercado mundial y que el sector está creciendo entre un 5,0 y 6,0 % por año. Por lo que es necesario que el producto sea de buena calidad pero sobre todo que se encuentre libre de microorganismos que afecten la salud del consumidor con la finalidad de que el sector siga creciendo (Ordoñez, 2010).

5.4. Producción internacional

La producción de cilantro en los últimos años fue de la siguiente manera: Rusia fue el principal productor de cilantro en el mundo, con una participación de 22,0%, le sigue India con 20,0%; Marruecos 18,0%; México ocupa el cuarto lugar con un 15,0%, le siguen los países de Rumania con 10,0%, Argentina 8,0%, Irán 5,0% y Pakistán con 2,0% (Figura 1).

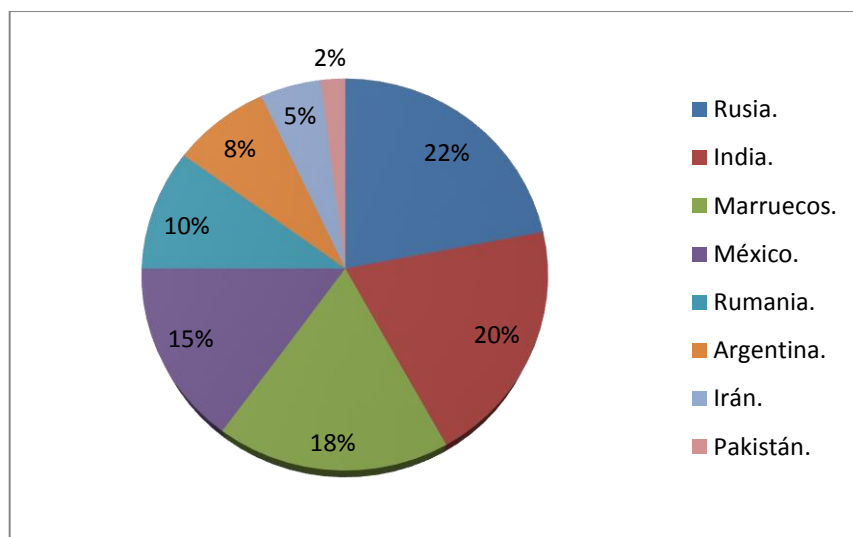


Figura 1. Principales países productores del cultivo de cilantro

Fuente: SAGARPA/SENASICA (2014).

En cuanto a las importaciones, Alemania ocupa el primer sitio con 35,0 % a nivel mundial, Estados Unidos tiene el segundo lugar con 30,0 % le sigue Sri Lanka con 20,0 % y Japón con un 15,0 % de la producción mundial (Figura 2).

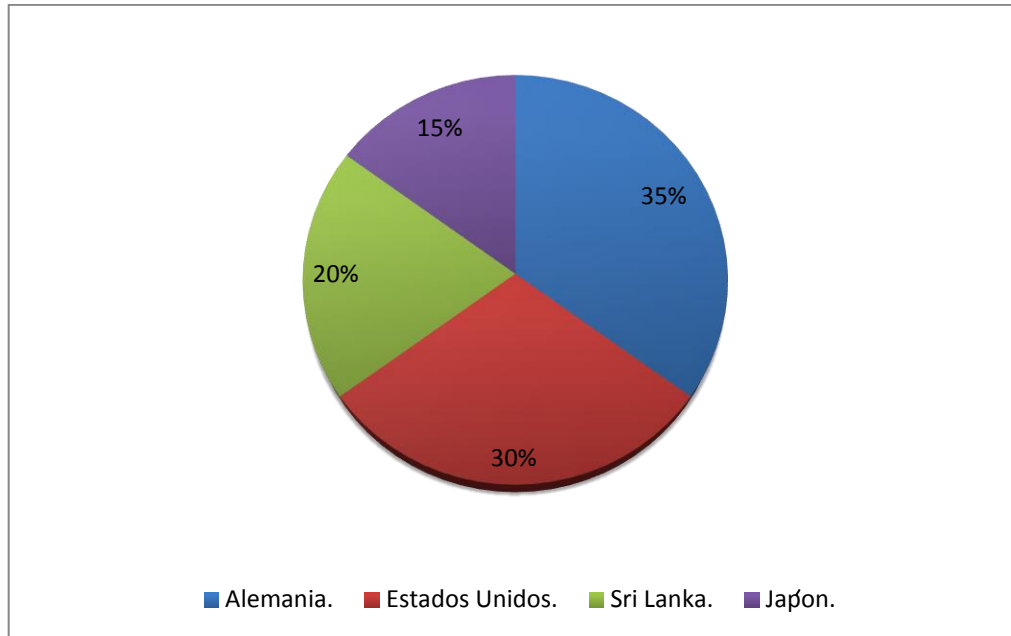


Figura 2. Principales países importadores del cultivo de cilantro

Fuente: SAGARPA/SENASICA (2014).

En la figura 1 y 2, se observa que Rusia y la India son los principales productores del cultivo de cilantro, México solo produce el 15,0% de cilantro a nivel mundial y es considerado como exportador de este cultivo teniendo como principal mercado a los Estados Unidos (E.U.), por lo cual es de gran importancia mejorar la calidad e inocuidad del cilantro durante toda la cadena de producción para que esto permita incrementar el mercado de exportación. Por otra parte Alemania y E.U. ocupan los primeros lugares como países importadores de este cultivo.

5.5. Producción de cilantro y el entorno nacional

Durante 2014, se produjeron en toda la República Mexicana 53 322,87 Toneladas de cilantro, siendo el principal productor el Estado de Puebla, cuya producción representó el 45,0% del total nacional, el segundo lugar lo obtuvo, Baja California con 15,0%, siguen en la lista los Estados de Zacatecas, Aguascalientes, Sonora, Jalisco y México con 12,0%, 10,0%, 8,0%, 6,0%, y 4,0% respectivamente. Las zonas productoras del cilantro de mayor importancia a lo largo del territorio nacional se encuentran en la zona central, occidente y la zona noroeste. Como se muestra en la Figura 3.



Figura 3. Estados productores del cultivo de cilantro en México

Fuente: SAGARPA/SIAP (2014).

En la República Mexicana se produce cilantro durante todo el año, sin embargo durante los primeros meses (Primavera), es cuando se genera la máxima producción nacional, siendo el estado de Puebla el mayor productor y es quien abastece al mercado nacional y la mitad del norteamericano (SAGARPA/SIAP, 2014).

5.6. Producción estatal

Según datos de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), el Estado de México no es considerado dentro de los principales productores del cultivo de cilantro, sin embargo produce aproximadamente 954,92 Toneladas de cilantro anualmente, gran parte de esta producción va a parar a los mercados locales y muy poco a los norteamericanos (SAGARPA/SIAP, 2014).

Los principales Distritos productores de cilantro en el Estado de México se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Distritos productores de cilantro en el Estado de México.

Distrito	Producción por Distrito (Toneladas).
Texcoco	518,22 t
Toluca	436,70 t
Producción Total	954,92 t

Fuente: SAGARPA/SIAP (2014).

5.7. Inocuidad alimentaria

La inocuidad alimentaria es un tema que día a día cobra mayor importancia tanto en el ámbito nacional como internacional. La disponibilidad de alimentos de buena calidad sanitaria es un reclamo universal y su demanda es mayor conforme la población adquiere conciencia de la importancia que tiene para la salud, el consumo de alimentos contaminados con cualquier tipo de patógeno o sustancias tóxicas. La inocuidad alimentaria se puede entender como la implementación de medidas para reducir los riesgos tanto biológicos como químicos, con la finalidad de proteger a los consumidores de peligros involuntarios (Avendaño *et al.*, 2006).

5.7.1. Peligros en los alimentos

Son los agentes biológicos, químicos o físicos que pueden causar efectos nocivos para la salud del consumidor como consecuencia de su ingesta y pueden estar presentes en un determinado alimento o grupos de alimentos (FAO. 2005)

5.7.1.1. Tipos de peligro

a) Peligros biológicos

Los peligros biológicos son microorganismos patógenos como: bacterias, hongos, parásitos y virus, estos pueden ocasionar enfermedades a los humanos. Algunos patógenos microbiológicos asociados con las frutas y hortalizas frescas son: *Salmonella*, *Shigella*, *Escherichia coli* y *Listeria monocytogenes*, estos patógenos están relacionados al entorno agrícola o agua contaminada, mientras que otros pueden proceder de los trabajadores y

sucede cuando la persona que manipula los frutos no procura una higiene adecuada (FAO/OMS, 2007).

Las frutas y hortalizas no solo deben ser atractivas en cuanto a su apariencia, frescura, presentación o el valor nutritivo, sino también su consumo no debe poner en riesgo la salud. El consumidor no tiene forma de detectar la presencia de sustancias o microorganismos nocivos para la salud, y depende de la responsabilidad y seriedad de todos los integrantes de la cadena de producción y distribución, necesariamente debemos de confiar en ellos, además de las precauciones que normalmente se deben tomar como: lavar, pelar y/o cocinar al producto antes de consumirlo (Camacho, 2003).

b) Peligros químicos

Los peligro químicos son las sustancias potencialmente tóxicas presentes en un alimento, y que al entrar al organismo ya sea ingerido, inhalado o por vía cutánea sea un riesgo para la salud provocando intoxicaciones crónicas de tipo acumulativo o cancerígeno, diversas reacciones alérgicas e incluso la muerte. Existen peligros químicos naturales como son las toxinas que producen los hongos y que principalmente se llegan a desarrollar en los cereales y frutos secos. Los metales pesados como el plomo, arsénico, mercurio y cadmio, se pueden encontrar en terrenos de cultivo y el agua de riego; así como los agentes de limpieza utilizados en el proceso productivo, aceites y lubricantes utilizados en la máquina o equipo de cosecha y/o empaque, plaguicidas, antibióticos o las hormonas aplicadas también se consideran peligros químicos (Doyle *et al.*, 2001).

c) Peligros físicos

Los peligros físicos son cualquier partícula o materiales extraños potencialmente dañinos que pueden estar presentes en los alimentos de manera anormal capaces de ocasionar un daño real e irreversible al consumidor. Las partículas que se encuentran con mayor frecuencia son: astillas de vidrio, grapas, pedazos de madera, piedras, tornillos entre otros; que de alguna forma llegan al producto, estos pueden ser llevados por los trabajadores, pueden provenir del equipo o material de empaque poniendo en riesgo la salud del consumidor (Insua, 2006).

5.7.2. Riesgos en la inocuidad

Estos riesgos, son la evaluación de los posibles efectos perjudiciales para la salud pública, se derivan por la presencia de aditivos, contaminantes, residuos, toxinas y organismos patógenos presentes en los productos alimenticios. En pocas palabras es la probabilidad de que un agente contaminante presente en un alimento cause daño a la salud humana (FAO, 2005).

Los principales factores que influyen en los riesgos de inocuidad en la producción de alimentos son:

- Materia prima infestada o de procedencia desconocida.
- Almacenamiento inadecuado de materia prima y producto terminado.
- Malos hábitos de higiene de los trabajadores.
- Malas condiciones de las instalaciones físicas de la empresa.
- Equipos inadecuados, deficientes y falta de mantenimiento.
- Instalaciones sanitarias inadecuadas o deficientes.

-
- Mal manejo de residuos sólidos y líquidos.
 - Mal manejo de control de plagas.
 - Falta de capacitación (Osuna *et al.*, 2011).

5.7.3. Enfermedades transmitidas por alimentos (ETA)

Son aquellas enfermedades que causan malestares principalmente en el tracto digestivo, acompañado con dolores abdominales, mareos, diarrea y vómito. Estas enfermedades son causadas por la ingesta de alimentos que contienen cantidades considerables de agentes patógenos (hongos, bacterias, virus y parásitos) o productos tóxicos (venenos) nocivos para la salud del consumidor. Las enfermedades pueden atacar a una persona a uno o dos miembros de la familia, e incluso a un gran número de clientes. Los síntomas pueden ser ligeros con una duración de pocas horas al día, semanas e incluso meses (Martínez, 2004).

5.7.4. Buenas Prácticas Agrícolas (BPA)

Estas prácticas constituyen un conjunto de principios, normas y recomendaciones técnicas (fitosanitarias), se aplican en las diversas etapas de producción agrícola para garantizar alimentos sanos, inocuos y de buena calidad, de acuerdo con las normas internacionales, las BPA se orientan sobre todo al control de los peligros microbianos, químicos y físicos, que pueden surgir en cualquier etapa de la producción (Díaz, 2008).

Las BPA inician desde la selección del terreno y sus alrededores, la calidad del agua de riego, la aplicación de plaguicidas, la higiene del trabajador, las instalaciones sanitarias entre otras. También se encarga de la cosecha, selección, almacenamiento, durante el

empaque y transporte del producto, con el fin de reducir los peligros de contaminación biológica, física y química (SAGARPA/SENASICA, 2010).

5.7.5. Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)

Son los principios básicos o las prácticas generales de higiene en la manipulación, preparación, elaboración, envasado y almacenamiento de alimentos para el consumo humano con el objetivo de garantizar que estos se fabriquen en condiciones sanitarias adecuadas, con el fin de disminuir los riesgos durante las etapas de producción. En muchos países estas prácticas de manufactura constituyen reglamentaciones obligatorias que deben ser cumplidas (Riveros & Baquero, 2004).

Estas prácticas son aplicables a establecimientos donde se distribuyen alimentos; a los equipos, utensilios y al personal manipulador de alimentos; a todas las actividades de fabricación, a los productos utilizados como materias primas e insumos en fabricación de alimentos para garantizar su inocuidad, también se les conoce como Buenas Prácticas de Elaboración (BPE) o Buenas Prácticas de Fabricación (BPF) (Díaz & Uría, 2009).

5.8. Métodos más utilizados para el análisis microbiológico de los alimentos

Los principales métodos utilizados para identificar y contar la presencia de microorganismos son:

1.- Recuento en placa: es el método más utilizado para la determinación del número de células viables o unidades formadoras de colonias (U.F.C.) en un alimento.

2.- Método del número más probable: es un cálculo estadístico del número de células viables. Se basa en determinar la presencia o ausencia de un determinado tipo de microorganismo.

3.- Técnicas de reducción de colorantes: para el cálculo del número de células viables con capacidad reductora. Está basado en el uso de colorantes que pasan por un proceso de reducción.

4.- Recuento microscópico directo: tanto para células viables como para las no viables y se prepara en portaobjetos, se tiñen con un colorante adecuado y se cuentan las células. Estos métodos se emplean para identificar microorganismos presentes en los alimentos (Rugama & Castillo, 2010).

El método más utilizado para el conteo de microorganismos presentes en un alimento es el recuento en placa. Una ventaja importante de esta técnica es que mide el número de células viables, se requiere por lo general 24 horas para que se formen colonias visibles. Esta técnica no detecta a todos los microorganismos presentes pero si a los más significativos para la calidad del alimento, por ejemplo los Mesófilos Aerobios, estas bacterias son un indicador general de la población que puede estar presente en una determinada muestra (Tortora *et al.*, 2007).

Esta técnica se basa en contar las unidades formadoras de colonias (UFC) presentes en un gramo o mililitro de muestra, se considera que cada colonia que se desarrolla en el medio de cultivo de elección después de un cierto tiempo de incubación a la temperatura adecuada, proviene de un microorganismo o de un agregado de ellos, de la muestra bajo estudio; ese microorganismo o microorganismos son capaces de formar colonias (Camacho *et al.*, 2009).

Las bacterias son organismos unicelulares capaces de reproducirse por sí mismo por bipartición (mitosis), cuya velocidad de crecimiento depende de las condiciones del medio en que se encuentre. Estas condiciones son: temperatura, acidez, oxígeno y nutrientes; son de interés sanitario debido a que se encuentran en el medio y su presencia en alimentos es frecuente (Martínez, 2004).

5.8.1. Microorganismos Mesófilos Aerobios

Son todas las bacterias, mohos y levaduras capaces de desarrollarse a 30 °C, pero pueden hacerlo en rangos muy amplios de temperaturas inferiores y mayores a los 30° C. Todas las bacterias patogénicas de origen alimenticio son mesófilas. Esta determinación nos indica el grado de contaminación de una muestra y las condiciones que han favorecido o reducido la carga microbiana. También es un indicador de calidad sanitaria del alimento, se utiliza para monitorear la implementación de BPA y BPM. Se lleva a cabo a partir de diluciones decimales de la muestra, que se inoculan en placas vertidas en Agar Cuenta Estándar. Las placas se inoculan en condiciones de aerobiosis a una temperatura de 35 °C durante 24 a 48 h. Es importante aplicar las reglas indicadas en la NOM-092-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Método para la Cuenta de Bacterias Aerobias en Placa (Moreno *et al.*, 2000).

5.8.2. Cuenta de Coliformes

La definición generalmente aceptada para el término “Coliformes” describe a estos microorganismos como bacilos Gram negativos, no esporulados, aerobios o anaerobios facultativos que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas, aunque algunos

pueden ser fermentadores tardíos o no fermentadores. La mayoría de estos microorganismos pueden encontrarse en la flora normal del tracto digestivo del hombre y de los animales, por lo cual son expulsados especialmente en las heces, por ejemplo *E. coli*. Los coliformes son el grupo más ampliamente utilizado en la microbiología de los alimentos como indicador de prácticas higiénicas inadecuadas. Estas bacterias pueden vivir en otros ambientes, se distingue entre Coliformes Totales y Coliformes Fecales. Su determinación se basa generalmente en la capacidad de fermentar la lactosa. La demostración y cuenta de microorganismos pueden realizarse mediante el empleo de medios de cultivos líquidos o sólidos con características selectivas o diferenciales. Para la cuenta en placa se usa el medio Agar-Rojo-Violeta-Bilis-Lactosa (RVBA), en temperaturas y tiempos diferentes para estos microorganismos. Para la determinación de Coliformes Totales la temperatura usada fue de $35 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 24 horas y para Coliformes Fecales de $45 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 48 horas respectivamente, el ácido producido por la fermentación de la lactosa ocasiona el vire del indicador rojo neutro y la precipitación de las sales biliares por lo que las colonias son color rojo oscuro y generalmente están rodeadas de un halo de sales biliares precipitadas de color rojo claro o rosa (Camacho *et al.*, 2009).

5.9. Organismos relacionados con la inocuidad agroalimentaria

a) *Escherichia coli*

Es la bacteria más constantemente encontrada en las materias fecales del hombre, así como de muchas especies animales. Su nicho ecológico natural es el intestino delgado y grueso, forma parte de la flora intestinal, se encuentra en calidad de saprobio sin causar daño.

Muchas cepas de *E. coli* son inofensivas, producen sustancias que son útiles al hospedero como son las colicinas, que tienen efecto inhibitorio sobre otras cepas potencialmente patógenas; sin embargo, algunas cepas son patógenas y provocan enfermedades gastrointestinales graves (Romero, 2007).

E. coli es la especie predominante de la flora anaeróbica facultativa del colon humano y de los animales de sangre caliente. Las infecciones producidas por cepas de *E. coli* patógenas han sido objeto de gran cantidad de investigaciones, que hoy en día continúan. Estos síndromes clínicos pueden resultar de la infección por cepas patógenas como la infección de vías urinarias, sepsis, meningitis y enfermedades diarreicas graves. *E. coli* es un bacilo corto Gram negativo con una sola cadena espiral de ADN, móvil, aerobio y anaerobio facultativo, con flagelos peritricos. La mayoría forma fimbrias y pilis, muchas cepas producen una pequeña microcápsula, muy pocas elaboran macrocápsulas y no fabrican esporas (Bell & Kyriakides, 2000).

Estas bacterias son fermentadoras de la lactosa con mayor o menor rapidez y lo hacen con la producción de ácido y gas. *E. coli* por su especificidad está considerado como un buen indicador de contaminación fecal, vive poco tiempo en el ambiente por lo que su presencia en los alimentos indica que la contaminación es reciente (Forsythe, 2003).

En años más recientes *E. coli* ha sido reconocida como patógeno específico en enfermedades intestinales. Se conocen varios tipos de *E. coli* enterovirulentos relacionados con enfermedades de origen alimentario, se agrupan en cuatro importantes categorías basadas sobre distintas virulencias, las diferentes interacciones con la mucosa intestinal, los variados síndromes clínicos y diferencias en la epidemiología, estas son:

-
- ***Escherichia coli* enteropatógeno (EPEC)**. Esta cepa se manifiesta en el organismo con una diarrea acuosa, hay dolor abdominal, náuseas, vómito y fiebre ligera, ataca principalmente a los niños (Anderson, 2005).
 - ***Escherichia coli* enteroinvasivo (EIEC)**. Esta cepa se manifiesta con diarreas intensivas, escalofríos, fiebre, dolor de cabeza y calambres abdominales, afecta principalmente a niños y adultos (Anderson, 2005).
 - ***Escherichia coli* enterotoxigénico (ETEC)**. Esta cepa produce la denominada diarrea del viajero y es la causa principal de casos de diarrea en niños. Se manifiesta con diarreas acuosas acompañada de dolor abdominal, náuseas con o sin vómito y es común la deshidratación (Anderson, 2005).
 - ***Escherichia coli* entehemorrágico (EHEC)**. Conocida también como *E.coli* 0157:H7 está considerado como el patógeno más importante, es de origen bovino y se difunde a través de la leche, huevos y alimentos como carne picada de bovino, cordero y cerdo. Esta bacteria es relacionada con casos de colitis hemorrágica (Anderson, 2005).

b) *Salmonella*

Este género es de la familia Enterobacteriaceae. La mayoría de sus miembros se encuentra en el tracto intestinal del hombre y los animales como bacterias patógenas o comensales. Son bacilos Gram negativos, anaerobios facultativos no esporulados. Los síntomas clínicos son: dolor abdominal, diarrea, fiebre moderada y escalofríos; a veces hay vómitos, dolor de cabeza y malestar en general. El género *salmonella* son microorganismos

quimioorganotrofos con pocos requerimientos nutricionales por lo que pueden crecer en medios de cultivo relativamente simples, tienen capacidad para metabolizar nutrientes por las vías metabólicas respiratorias y fermentativa (Doyle *et al.*, 2001).

Entre las especies de mayor importancia se encuentra *Salmonella typhi* y *Salmonella paratyphi*, actúan en su mayoría originando efectos patógenos al hombre como:

- 1.- Infecciones con carácter entérico, tipo fiebre tifoidea o paratifoideas que puede originar en casos más graves septicemias y localizaciones en vísceras.
- 2.- Infecciones gastrointestinales, tipo gastroenteritis o enterocolitis (Molina *et al.*, 2010).

c) *Shigella*

Las especies del genero *Shigella* son bacterias muy contagiosas que atacan el tracto intestinal y pertenece a la familia Enterobacteriaceae, es un bacilo no esporulado, son Gram negativos. Existen cuatro especies del genero *Shigella* agrupadas serológicamente: *S. dysenteriae* (grupo A), *S. flexneri* (grupo B), *S. boydii* (grupo C) y *S. sonnei* (grupo D), en el aspecto genético son casi idénticas a *E. coli* (Doyle *et al.*, 2001).

Se transmiten por contacto directo con materia fecal de personas infectadas, con frecuencia *Shigella* origina brotes en las guarderías infantiles. Los síntomas principales de las shigelosis son:

- Diarrea ligera o grave tanto acuosa como hemorrágica
- A veces también ocurren vómitos y espasmos abdominales

-
- Fiebres y náuseas (Forsythe, 2003).

El medio principal de transmisión de la *shigella* es de persona a persona, por la vía fecal-oral. La mayoría de los casos de shigelosis son ocasionados por la ingestión de comida o agua contaminada con materia fecal, en el caso de los alimentos el factor principal de contaminación es la poca higiene personal de los manipuladores de alimentos. Este patógeno se puede propagar por varias vías que incluyen la comida, los dedos de las manos, las heces fecales y las moscas, estas bacterias se transmiten de la materia fecal a los alimentos (Molina *et al.*, 2010).

d) *Listeria monocitogenes*

El género *listeria* comprende numerosas especies como: *Listeria monocytogenes* L. *innocua*, *L. ivanovii*, *L. welshimeri*, y *L. seeligeri*. En el género *Listeria* solo son consideradas virulentas las especies *L. monocytogenes* y *L. ivanovii*. Solamente la especie *L. monocytogenes* representa una preocupación de salud pública (Doyle *et al.*, 2001).

Las listerias son bacterias Gram positivas, es un anaerobio facultativo no esporulados y móviles con flagelos de forma bacilar, que crecen entre los 0° y 42°C. Son más resistentes al calor que las salmonelas, estas se destruyen por pasteurización. *L. monocytogenes* es una bacteria que se desarrolla en una gran diversidad de hábitats entre los que se incluyen el suelo, el ensilado, las aguas residuales, los ambientes donde se elaboran los alimentos, las carnes crudas, las heces de las personas y animales, es responsable de las infecciones oportunistas que afectan preferentemente a individuos cuyo sistema inmune es débil, como mujeres gestantes, recién nacidos y ancianos (Forsythe, 2003).

La listeriosis transmitida por alimentos es una enfermedad relativamente poco común pero grave con tasas de letalidad altas (20,0-30,0%), comparadas con las de otros microorganismos patógenos transmitidos por alimentos, como las bacterias del genero *Salmonella*. La bacteria se transmite por alimentos cocidos que se contaminan luego del proceso térmico y por alimentos crudos. La listeriosis es considerada una infección oportunista; es decir se presenta en individuos vulnerables (niños, mujeres embarazadas, adultos mayores, personas con enfermedades como el VIH/SIDA, y las afecciones crónicas), este patógeno está ampliamente extendido en el ambiente y en los alimentos (FAO/OMS, 2004).

Los síntomas de la listeriosis son:

- Meningitis, encefalitis y septicemia.
- Cuando las mujeres gestantes se infectan en el segundo o tercer trimestre puede ocasionar abortos y partos prematuros (FAO/OMS, 2004).

La listeriosis se agrupa en dos categorías:

- 1.-** La listeriosis invasiva: se refiere a la infección inicial del tejido intestinal, esta se caracteriza por tener una tasa de letalidad alta.
- 2.-** La listeriosis no invasiva es conocida como gastroenteritis febril por listerias y sus síntomas son diarrea, fiebre, cefalea y mialgia, tras un periodo incubación corto (FAO/OMS, 2004).

5.10. Enfermedades gastrointestinales causadas por la contaminación microbiológica a partir del consumo de hortalizas

Las enfermedades transmitidas por el consumo de alimentos (ETA) constituyen un importante problema de salud a nivel mundial. Estas enfermedades se producen por el consumo de agua o alimentos contaminados con microorganismos, parásitos o bien por las sustancias tóxicas que ellos producen. Para prevenirlas existen controles en todos los países que garantizan los mejores niveles de seguridad, higiene y calidad a lo largo de la cadena de producción. A pesar de estos controles aún se siguen produciendo brotes de ETA. Según estudios publicados por los centros para el control y prevención de enfermedades de Estados Unidos, a fines de 2010 alrededor de 48 millones de personas se enfermaron de las cuales 128 000 son hospitalizados y 3 000 mueren cada año en ese país debido a las ETA (CISAN, 2012).

Las enfermedades gastrointestinales son uno de los principales problemas de salud pública en México. Se transmiten ya sea por vía fecal-oral, o bien por el consumo de agua y alimentos contaminados. Estas enfermedades son una de las primeras causas de consulta médica y también una de las causas de muerte en México y en el mundo. Por ello, se les considera un problema de salud pública a nivel mundial, afectando a personas de cualquier edad y condición social, aunque los grupos más vulnerables son los niños y los ancianos (Hernández *et al.*, 2011). A nivel mundial las infecciones gastrointestinales siguen siendo una de las causas más importantes de morbilidad y mortalidad entre los lactantes y niños. Se ha estimado que en Asia, África y Latinoamérica, dependiendo de factores socioeconómicos y nutricionales, la probabilidad de que un niño muera antes de los 5 años por estas causas puede llegar a 50,0%. Las enfermedades gastrointestinales infecciosas

son causadas por bacterias principalmente *Escherichia coli*, *Salmonella* y *Shigella*, parásitos, hongos y virus, a partir del consumo de alimentos y agua contaminados. Las ETA constituyen una preocupación de salud pública mundial más allá de las fronteras nacionales, pues los costes son inmensos para la salud humana y sobre todo grandes pérdidas económicas (Jay, 2002).

Según la agencia Española de seguridad alimentaria y nutrición, el número de brotes de intoxicaciones alimentarias se ha mantenido en el mismo nivel que en años anteriores:

- La *salmonella* ha sido la causa más recurrente de estos brotes por el consumo de alimentos contaminados.
- Se han incrementado desde el 2007 los casos notificados de *E. coli* enterohemorrágico en los seres humanos, siendo los niños de corta edad y los adultos mayores los más afectados. Recientemente en Alemania, en mayo del 2011, cientos de personas han enfermado seriamente por causas de este microorganismo.
- En Estados Unidos en el 2009, las enfermedades gastrointestinales relacionadas con el consumo de alimentos aumentaron ligeramente con relación al 2008.

La causa principal de infección es la ingesta de alimentos crudos o poco cocinados y el agua contaminada. Los organismos que más destacan son *E. coli*, *Salmonella* y *Shigella* como sus agentes causales (García *et al.*, 2012). Anualmente se enferman millones de personas a causa de alimentos contaminados, son una causa importante de morbilidad, mortalidad y carga socio económica a nivel mundial (FAO, 2005.) Según la OMS (2012), las enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) fue la segunda causa de defunción en niños menores de 5 años a nivel mundial.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se llevó a cabo en parcelas comerciales de cilantro del Estado de México y en las instalaciones del Laboratorio de Calidad de los Productos Agropecuarios, Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México, ubicada en la carretera Toluca-Ixtlahuaca Km. 14.5 Unidad El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México.

6.1. Obtención del material vegetativo

Para llevar a cabo este trabajo de investigación se realizaron 6 colectas compuestas de 12 muestras cada una, 10 fueron de cilantro, una muestra más del suelo y otra del agua de riego. Los municipios de colecta fueron Calimaya, Tenango del Valle y Toluca (Figura 4).

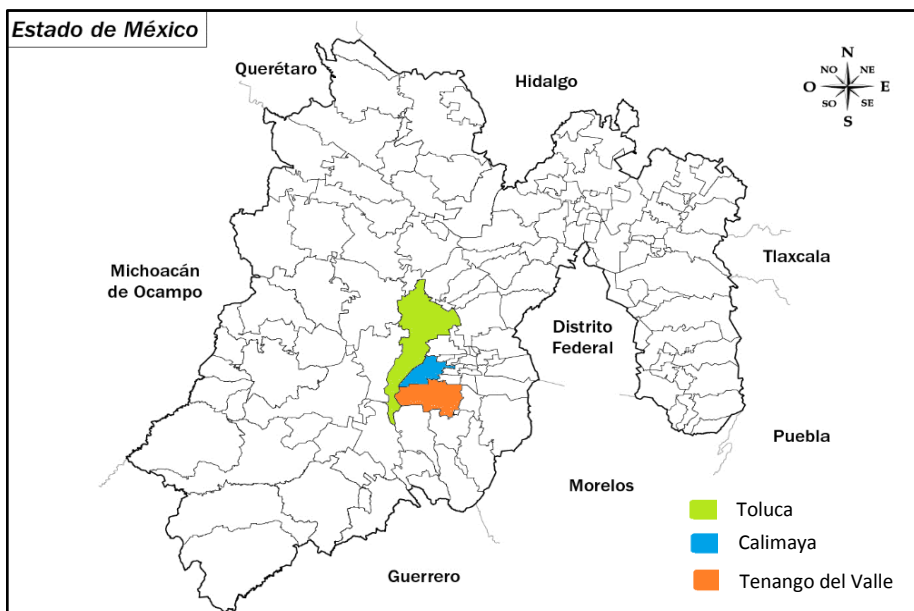


Figura 4. Mapa de distribución geográfica de las localidades del Estado de México donde se realizaron las investigaciones.

Fuente: Propia del proyecto

6.2. Ubicación geográfica de los municipios muestreados

Características geográficas de los municipios donde se realizaron los muestreos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Ubicación geográfica de los municipios de estudio

Municipio	Altitud	Latitud Norte	Longitud Oeste
Calimaya	4,578 msnm.	19° 10' 25''	99° 37' 02''
Tenango del Valle	2,605 msnm	18°39'7'' y 19°8'29''	99°31'37'' y 99°45'
Toluca.	2,600 msnm.	18°59'2'' y 19°27'9''	99°31'43'' y 99°46'5''

Fuente: Propia del proyecto

6.3. Tamaño y recolección de la muestra

Para el cálculo del tamaño de la muestra se hizo un recorrido previo a las dos parcelas que se muestrearon por cada municipio, la superficie de estas fue de 5,000 m². Se realizó un muestreo en forma de zig zag, esto para tratar de cubrir toda la superficie de siembra, recolectando 10 muestras de cilantro por parcela, también se tomó una muestra compuesta de suelo de cada una de las parcelas usando la técnica 5 de oro, esta muestra se obtuvo de distintos puntos tratando de cubrir toda la superficie; y una más del agua de riego. El muestreo se realizó cuando el cultivo de cilantro estaba por terminar su fase de crecimiento fisiológico, presentando una coloración verde y aroma fuerte que lo caracterizan.

Para las muestras del cilantro, se extrajo la planta con todo y raíz. Todas las muestras se colocaron en bolsas plásticas rotuladas con el nombre del municipio y el número de muestra, se transportaron en condiciones de refrigeración utilizando para este caso una

hielera, al Laboratorio de Calidad de los Productos Agropecuarios de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM) para su análisis.

Todo el material se recolecto de acuerdo a lo señalado por la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-109-SSA1-1994 Bienes y servicios. “Generalidades para la toma, recolección, manejo y transporte de muestras de alimentos para su análisis microbiológico”. Esta norma menciona que la obtención de las muestras debe realizarse de manera rápida pero cuidadosa, se debe evitar la contaminación cruzada al momento de la recolección y durante todo el transporte.

6.4. Análisis microbiológico de las muestras

Para la preparación de las muestras se utilizó la metodología marcada por la Norma Oficial Mexicana NOM-110-SSA1-1994 Bienes y servicios. “Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico”, se basa en la preparación de diluciones primarias, la cual tiene por objeto obtener una distribución lo más uniforme posible de los microorganismos contenidos en las muestras destinadas para el análisis.

Para poder llevar acabó las diluciones correspondientes se utilizaron tubos de ensaye previamente lavados y esterilizados. Cada tubo de ensaye se llenó con 9 mL de agua peptonada (solución de peptona al 0,1 % + NaCl al 0,85 %), los cuales se esterilizaron a una temperatura de 121°C durante 30 minutos.

Para la homogenización, se licuaron 10 g de muestra de cilantro en 90 mL de agua peptonada de cada una de las muestras, se extrajeron 10 mL para la solución madre y se realizaron las siguientes diluciones: 10^0 (solución madre), 10^{-1} con 9 mL de agua

peptonada y 1 mL de la dilución 10^0 , y la dilución 10^{-2} con 9 mL de agua peptonada y 1 mL de la dilución 10^{-1} .

6.4.1. Siembra y determinación de bacterias Mesófilas Aerobias

Para la siembra de bacterias Mesófilas Aerobias, se utilizó Agar para Cuenta Estándar, cada una de las muestras y sus diluciones correspondientes se sembraron por duplicado. Esta determinación se realizó siguiendo los lineamientos de la Norma Mexicana NOM-092-SSA1-1994 de Bienes y Servicios. “Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa”.

El conteo se realizó por el método de cuenta total en placa después de ser incubadas por 48 ± 1 hora, a una temperatura de incubación de 35 ± 2 °C. Con ayuda del contador de colonias, para obtener el conteo total de los Mesófilos Aerobios presentes en cada una de las muestras de cilantro, suelo y agua. Para el conteo de estos microorganismos, la norma marca que se deben contar todas aquellas cajas que se encuentren en el intervalo de 25 y 250 UFC/mL.

6.4.2. Siembra y determinación de Coliformes Totales y Fecales

Para la siembra de bacterias Coliformes Totales y Fecales, se utilizó el medio Agar Rojo Violeta Bilis Lactosa (RBVA). Cada una de las muestras se sembró por duplicado, mismas que fueron incubadas a temperaturas y tiempos diferentes, con el fin de detectar los diferentes microorganismos. Para los Coliformes Totales la temperatura fue de 35 ± 2 °C durante 24 horas y para Coliformes Fecales de 45 ± 2 °C durante 48 horas respectivamente. La determinación del número total de Coliformes Totales se realizó

siguiendo la Norma Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994, Bienes y Servicios. “Método para la cuenta de microorganismos Coliformes Totales en placa”. Esta norma es de observancia obligatoria en el territorio nacional.

Las muestras de agua recolectadas de cada municipio se sembraron de forma directa y por duplicado en cajas Petri, es decir se tomó 1 mL de la muestra para determinar los microorganismos de estudio. Para la muestra de suelo se tomó 1 gr de suelo en 9 mL de agua peptonada para realizar las diluciones correspondientes, para su posterior siembra.

Los resultados de los análisis microbiológicos del cultivo de cilantro, del agua de riego y el suelo, son el resultado del conteo de microorganismos patógenos presentes en las cajas Petri sembradas mediante el método (Recuento en Placa). El fundamento de esta técnica consiste en contar las colonias que se desarrollan en el medio de elección después de un cierto tiempo y temperatura de incubación, presuponiendo que cada colonia proviene de un microorganismo de la muestra bajo estudio.

Los resultados se reportan en Unidades Formadoras de Colonias por mililitro (UFC/mL) tal como lo establecen las Normas Oficiales Mexicanas: NOM-092-SSA1-1994 Bienes y Servicios. “Método para la cuenta de bacterias Aerobias en Placa” y la NOM-113-SSA1-1994 Bienes y Servicios. “Método para la cuenta de microorganismos Coliformes Totales en Placa”.

VII. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para encontrar el efecto por localidad sobre las variables microbiológicas se aplicó un ANOVA, y para evaluar el efecto entre los dos factores: municipio y localidad sobre las variables se aplicó un MANOVA, en tanto para la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey. Todas las pruebas se realizaron con un nivel de confianza del 95,0%. Se usó el paquete estadístico Stat Graphics Versión 5.0 plus.

Los resultados obtenidos por microorganismos analizados (Mesófilos Aerobios, Coliformes Totales y Fecales) se presentan mediante cuadros, en estos se observa la cantidad de UFC/mL presentes en el cilantro, también se muestra el promedio de cada parcela y por municipio estudiado. Las gráficas nos indican el Límite Máximo Permisible (LMP) establecido por la Norma Oficial Mexicana NOM-093-SSA1-1994. Esta norma establece que para Mesófilos Aerobios el LMP debe ser menor o igual a 150,000 UFC/mL, en tanto para los Coliformes Fecales el LMP no debe de exceder de 100 UFC/mL.

También se analizó una muestra compuesta del suelo y el agua de riego, por cada municipio. La determinación de la Cuenta Total en Placa de UFC/mL de las muestras de agua y suelo, ofrece información importante sobre el grado de contaminación de microorganismos patógenos presentes en el cultivo.

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todos los análisis microbiológicos realizados durante este trabajo de investigación, contaron con una muestra testigo. La Figura 5 muestra las UFC/mL de microorganismos de estudio; los resultados obtenidos de los testigos demostraron que no existió contaminación durante el proceso, esto indica que los análisis realizados fueron hechos correctamente con las medidas de seguridad e higiene correspondiente de acuerdo a lo indicado en la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-110-SSA1-1994.

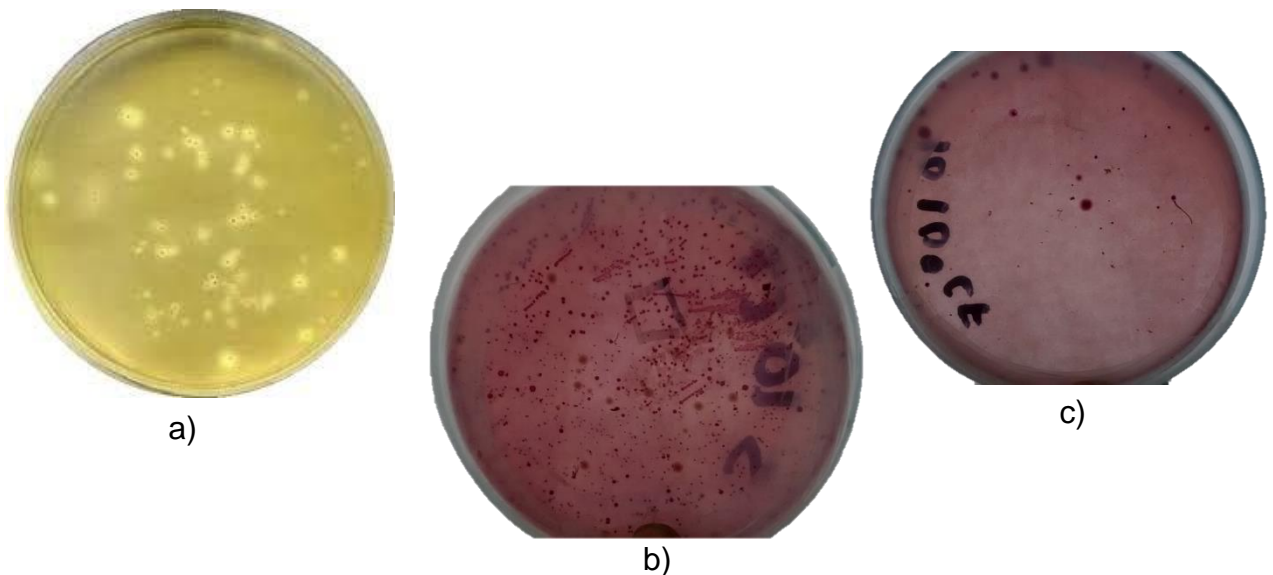


Figura 5. a) Mesófilos Aerobios, b) Coliformes Totales, c) Coliformes Fecales.

Se realizaron los análisis microbiológicos correspondientes en el cultivo de cilantro, suelo y agua, los resultados obtenidos de cada uno de ellos se reporta en UFC/mL de Mesófilos Aerobios, Coliformes Totales y Coliformes Fecales presentes en las muestras sembradas en placa.

Los resultados se obtuvieron con un MANOVA a un nivel de confianza del 95,0% para evaluar el efecto de los factores: municipio y localidad (Cuadro 3).

Cuadro 3. Análisis de varianza multivariado (MANOVA) con valores de *P* para Mesófilos Aerobios, Coliformes Totales y Fecales del cultivo de cilantro, por efecto del municipio y localidad

Valores de <i>P</i> (<0,05)			
Microorganismos	MA	CT	CF
Municipio	0,1526 N.S	0,0219 +	0,6902 N.S
Localidad	0,0007 ++	0,9248 N.S	0,4322 N.S
Municipio x Localidad	0,0532 +	0,0309 +	0,1076 N.S

P < 0,05: Indica diferencias significativas

M.A: Mesófilos Aerobios

C.T: Coliformes Totales

C.F: Coliformes Fecales

+: Significativo

++: Altamente significativo

N.S: No Significativo

Se encontró efecto por el factor localidad sobre Mesófilos Aerobios, en Coliformes Totales por efecto del municipio y en esta misma variable por la interacción de ambos factores (*P*<0,05).

En el cuadro 4 y el gráfico 1 se observan los resultados obtenidos del total de los microorganismos Mesófilos Aerobios de las parcelas muestreadas.

Cuadro 4. Resultados de Mesófilos Aerobios por colecta por municipio y localidad

Mesófilos Aerobios						
Municipio	Localidad	Promedio por localidad	Promedio por municipio	D.S	<i>P</i> (<0,05)	Diferencia Sig.
		(UFC/mL)				
Calimaya	1	1 363,4 ^a	17 001,7	1 147,2	0,0283	+
	2	32 639,9 ^b		41 468,3		
Tenango del Valle	1	10 964,9	12 286,2	8 550,1	0,5365	N.S
	2	13 607,8		10 137,8		
Toluca	1	15 276,6 ^a	23 585,4	6 194,5	0,0000	++
	2	31 894,3 ^b		7 077,3		

D.S: Desviación Estándar

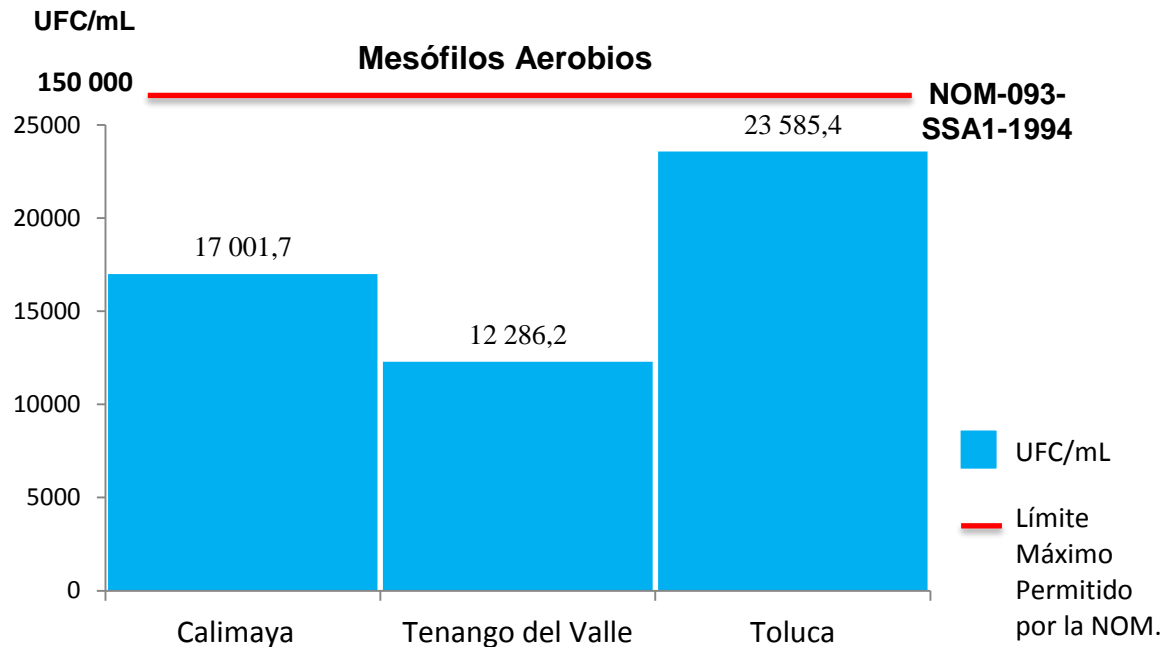
+: Significativo

++: Altamente significativo

N.S: No Significativo

^{a, b}: medias con literales diferentes en la misma columna son estadísticamente diferentes (*P*< 0,05)

En el cuadro 4 se corrobora que el factor localidad tiene efecto sobre la variable de Mesófilos Aerobios en los municipios de Calimaya y Toluca.



Gráfica 1. Promedio de Mesófilos Aerobios por municipio

Como se observa en la gráfica (1), los resultados de Mesófilos Aerobios de las muestras de cilantro recolectadas para esta investigación cumplen con los límites establecidos por la Norma Oficial Mexicana NOM-093-SSA1-1994, Bienes y Servicios. En esta norma se mencionan las especificaciones sanitarias y las especificaciones microbiológicas en los alimentos.

Las muestras analizadas no sobrepasan el Límite Máximo Permisible establecido que son 150,000 UFC/mL de Mesófilos Aerobios, por lo que el cilantro aparentemente no representa un riesgo para el consumidor.

Todos los municipios en donde se llevaron a cabo las investigación se encuentran dentro de lo establecido por la norma, sin embargo, Toluca es el que mayor contaminación presenta, esto se debe a diversos factores como la manipulación del cultivo de cilantro sin haber tenido el cuidado necesario durante el proceso de producción, por algún objeto, persona e incluso por la presencia de animales, mientras que Tenango del Valle presenta una cantidad menor de estos microorganismos. Aunque la urbanidad de Toluca podría ser el principal factor de contaminación.

Los resultados obtenidos coinciden con lo reportado por Gil *et al.* (2010) que reporta la presencia de microorganismos como Mesófilos Aerobios en diversas frutas y hortalizas en los mercados de Venezuela, sugiere tomar acciones correctivas que minimicen los riesgos de contaminación microbiológica durante el proceso de producción.

Otro estudio realizado por Ocaña *et al.* (2014) reporta la presencia de Mesófilos Aerobios en el cultivo de jitomate que se produce en el Estado de México, y menciona que para la disminución de los problemas sanitarios relacionados con los frutos, está en la educación de los manipuladores y tener personal encargado del control sanitario.

En tanto para los microorganismos Coliformes Totales presentes en las muestras de cilantro (Cuadro 5). Se observa el resultado que se obtuvo de estos por efecto de localidad y municipio así como su diferencia significativa.

Cuadro 5. Resultados de Coliformes Totales por colecta por municipio

Coliformes Totales						
Municipio	Localidad	Promedio por localidad	Promedio por municipio	D.S	P(<0,05)	Diferencia Significativa
		(UFC/mL)				
Calimaya	1	31,9 ^a	997,8 ^a	36,24	0,0001	++
	2	1 963,6 ^b		1 168,67		
Tenango del Valle	1	6 261,5	4 382,3 ^b	7 201,43	0,1806	N.S
	2	2 502,9		4 576,43		
Toluca	1	822,7	1 878,6 ^{ab}	1 862,92	0,1115	N.S
	2	2 934,4		3 528,8		

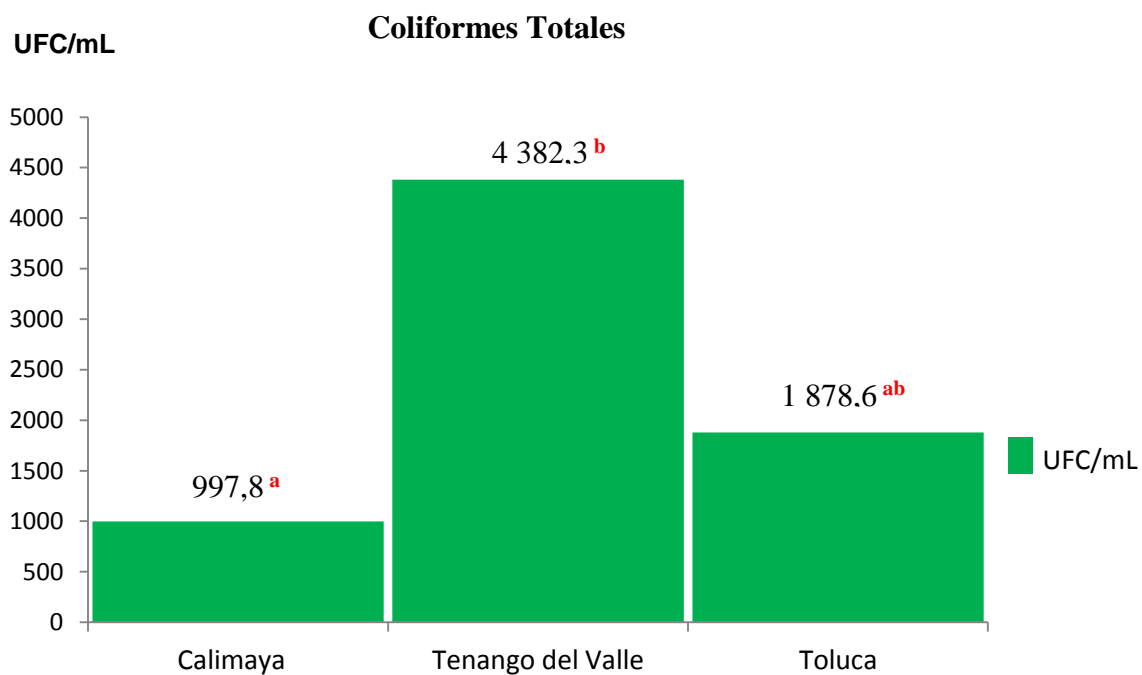
D.S: Desviación Estándar

+: Significativo

++: Altamente significativo

N.S: No Significativo

^{a, b}: medias con literales diferentes en la misma columna son estadísticamente diferentes (P< 0,05)



Gráfica 2. Promedio de Coliformes Totales por municipio

Esta gráfica nos muestra que Tenango del Valle es el municipio que presentó la mayor cantidad de UFC/mL de Coliformes Totales, mientras que Calimaya presentó la menor cantidad de colonias de estos microorganismos.

La Norma Oficial Mexicana no considera a estos microorganismos y por lo tanto no marca un límite, sin embargo son de gran ayuda para evaluar la calidad higiénica y sanitaria, porque son grupos indicadores de malas prácticas tanto agrícolas como higiénicas, por lo que la investigación de estos microorganismos son de gran importancia y que resulta conveniente incluirlos dentro de las Normas Oficiales Mexicanas.

Los resultados obtenidos de Coliformes Fecales se muestran en el cuadro 6.

Cuadro 6. Resultados de Coliformes Fecales por colecta por municipio

Coliformes Fecales						
Municipio	Localidad	Promedio por localidad	Promedio por municipio	D.S	P(<0,05)	Diferencia Significativa
		(UFC/mL)				
Calimaya	1	3,8 ^a	38,8	4,47	0,0121	+
	2	73,8 ^b		79,25		
Tenango del Valle	1	40,9 ^a	20,9	49,33	0,0199	+
	2	1,0 ^b		1,86		
Toluca	1	114,2 ^a	57,9	317,17	0,2753	N.S
	2	1,4 ^b		3,14		

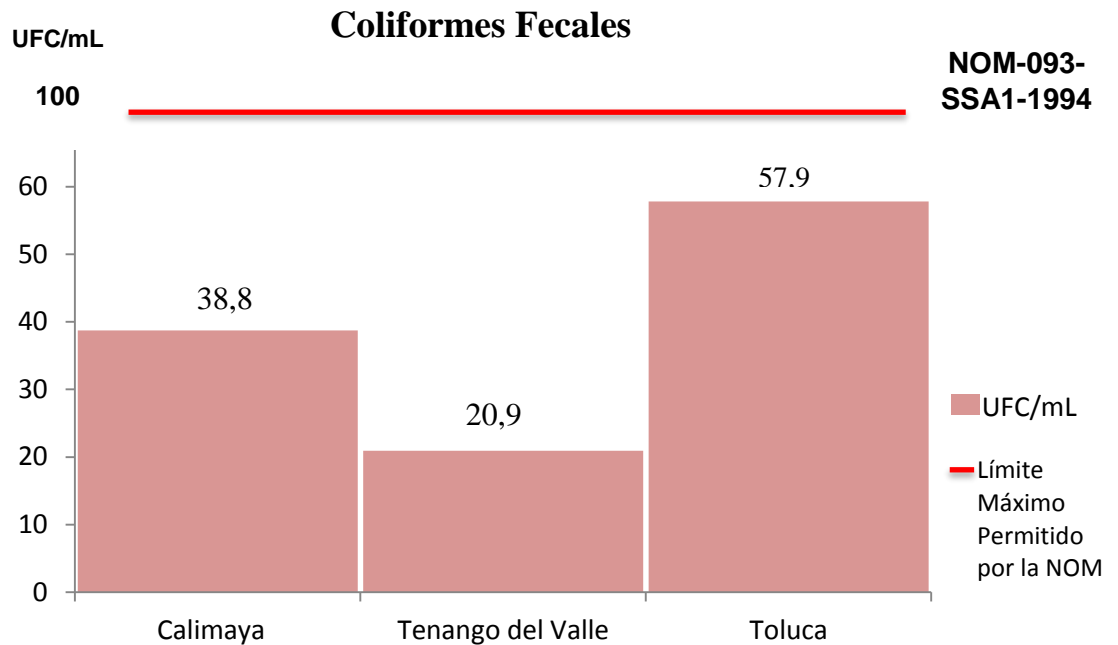
D.S: Desviación Estándar

+: Significativo

++: Altamente significativo

N.S: No Significativo

^{a, b}: medias con literales diferentes en la misma columna son estadísticamente diferentes (P< 0,05)



Gráfica 3. Promedio de Coliformes Fecales por municipio

La gráfica 3, nos indica el grado de contaminación por materia fecal presente en el cultivo de cilantro, el municipio más contaminado fue Toluca, lo cual es un indicativo de las malas prácticas de higiene por parte de los productores de esta zona.

Los resultados obtenidos de Coliformes Fecales de las muestras de cilantro no sobrepasan los Límites Máximos Permitidos por la NOM-093-SSA1-1994. Esta norma establece que para los microorganismos de esta clase el límite es de 100 UFC/mL. También se puede observar que todos los municipios tienen presencia de Coliformes Fecales lo que nos indica que debemos de tener precaución y tomar las medidas necesarias si el producto se consume en fresco.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Rivera *et al.* (2009), que reporta la presencia de Coliformes Fecales en diferentes hortalizas que se expenden en los mercados de la ciudad de Cajamarca, Perú. Menciona que es uno de los principales riesgos de brotes por enfermedad y se pueden evitar minimizando el contacto del producto hortícola con materia fecal.

Otro estudio realizado por Castro *et al.* (2006), el cual reporta la presencia de Coliformes Fecales en diferentes hortalizas que se usan para ensaladas en Pachuca, Hidalgo. Esto representa un riesgo para la salud pública y señala la necesidad de realizar un control sanitario estricto y constante sobre las hortalizas que consume nuestra población.

Al encontrar la presencia de estos microorganismos nos indica el grado de contaminación por materia fecal en el cultivo. Esto es un foco alarmante y muestra la mala aplicación de prácticas agrícolas, pero sobre todo de las malas prácticas higiénicas.

Por otra parte este grupo de microorganismos se consideran peligrosos para la salud del consumidor, dentro de este grupo se encuentran bacterias tales como *E. coli*, *Salmonella*, *Shigella* y *Listeria*, estas tienen serotipos de gran importancia porque se relacionan con las enfermedades gastrointestinales más frecuentes.

Análisis de agua

Los resultados obtenidos del análisis de agua que se utiliza para las labores agrícolas de cada uno de los municipios se muestran en el cuadro 7.

Cuadro 7. Resultados del análisis de agua por municipio

Municipio	Mesófilos Aerobios	Coliformes Totales	Coliformes Fecales
	UFC/mL		
Calimaya	12,149	1,093	22
Tenango del Valle	35,496	12,008	41
Toluca	4,132	2,245	28

Los resultados de las muestras de agua, nos sirvieron para determinar si es la fuente de contaminación del cilantro por los microorganismos de interés, además ofrecen información sobre el grado de contaminación que tienen los insumos del cultivo.

En el cuadro 7 se observa que el Municipio de Tenango del Valle es el que presenta mayor cantidad de microorganismos patógenos debido a que la fuente de riego proviene de un bordo de agua estancada.

La contaminación del cultivo de cilantro no se le atribuye al agua de riego, existiendo otros factores de contaminación: el mal manejo por parte del productor y trabajador, la aplicación de abonos orgánicos, la presencia de animales entre otros.

Análisis del suelo

En las muestras de suelo, se encontró la presencia de microorganismos Mesófilos Aerobios en elevadas cantidades de UFC/mL, esto se considera como algo común por la cantidad de materia orgánica presente, también se encontraron Coliformes Totales en bajas cantidades, sin embargo, se detectaron Coliformes Fecales (Cuadro 8), al encontrar estos microorganismos habla sobre las malas prácticas agrícolas por parte de los productores y son una muestra clara de que el alimento está contaminado por materia fecal, esto puede ser la principal vía de contaminación hacia el cultivo y que al ser consumido puede traer consecuencias a la salud.

Cuadro 8. Resultados del Análisis de suelo por municipio

Municipio	Mesófilos Aerobios	Coliformes Totales	Coliformes Fecales
Calimaya	10,703	1,872	45
Tenango del Valle	22,372	8,630	32
Toluca	32,194	11,135	85

En el cuadro 8 se observa que el municipio menos contaminado es Calimaya y que Toluca tiene una mayor cantidad de UFC/mL de Coliformes Totales y Fecales. Esto habla sobre la necesidad de realizar una capacitación técnica tanto para el productor y los trabajadores de esta zona, con el fin de garantizar un producto inocuo.

IX. CONCLUSIONES

Los 3 municipios muestreados (Calimaya, Tenango del Valle y Toluca), presentan microorganismos de interés (Mesófilos Aerobios, Coliformes Totales y Fecales), los resultados obtenidos de las muestras analizadas no sobrepasan los Límites Máximos Permitidos (LMP) que establecen las normas mexicanas, pero demuestran la existencia de problemas de contaminación. Los productores del Estado de México deben optar por nuevas tecnologías y aplicar las Buenas Prácticas Agrícolas y de Manufactura así como las medidas necesarias de higiene, así como el concepto HACCAP (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control) con el fin de garantizar un producto inocuo para competir por los mercados nacionales así como los extranjeros.

X. RECOMENDACIONES

Una de las recomendaciones primordiales es tener conocimiento sobre el manejo del cultivo y lo que implica, así como optar por nuevas tecnologías y la aplicación de las BPA y BPM, con el fin de reducir los peligros microbiológicos causantes del deterioro del alimento, mismos que afectan la calidad y sobre todo a la salud del consumidor. Por otra parte, es recomendable tener los conocimientos necesarios de las prácticas de higiene que comienza desde la elección del terreno, el agua para el riego, los trabajadores que manipulan el alimento, el material utilizado para la manipulación, así como de las instalaciones adecuadas. Realizar un análisis más preciso utilizando pruebas bioquímicas y moleculares, estas pruebas se emplean para identificar de forma clara y precisa la presencia o ausencia de bacterias entéricas o no entéricas de mayor interés, que causan enfermedades con la finalidad de garantizar productos inocuos y de buena calidad.

XI. BIBLIOGRAFÍA

Anderson, Ma. R. 2005. Enfermedades de origen alimentario. Su prevención. Diaz de Santos, S. A. España. 41- 48 p.

Avendaño, B., Rindermann, R., Lugo, S. y Mungaray, A. 2006. La Inocuidad Alimentaria en México. "Las hortalizas frescas de exportación". Universidad Autónoma de Baja California. Baja California, México. 4-16 p.

Bell, C. & Kyriakides, A. 2000. *E. Coli*. Una aproximación práctica al microorganismo y su control en los alimentos. ed. Acribia, S.A. Zaragoza, España. 1-12 p.

Brandl, M. & Mandrell, R. 2002. Fitness of *Salmonella enterica* Thompson in the cilantro phyllosphere. [En línea] consultado en: <http://aem.asm.org/content/68/7/3614.short>, el 15 de Enero de 2015.

Cabrera, F. A. & Salazar, E. I. 2004. Producción de Hortalizas de Clima Cálido. Universidad Nacional de Colombia. (1ª Ed.), Colombia. 291-309 p.

Camacho, A. 2003. Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas. FAO. Balcare / Argentina. 106-115 p.

Camacho, A., Guiles, M., Ortegon, A., Palao, M., Serrano, B. y Vazquez, O. 2009. Técnicas para el Análisis Microbiológico de Alimentos. Facultad de Química, UNAM. México. [En línea] consultado en: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Tecnicas-Basicas-Coliformes-en-placa_6528.pdf, el 02 Enero de 2015.

Camelo, A. 2003. Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas. Del campo al mercado. Boletín de servicios agrícolas de la FAO. (1ª Ed.), Argentina. 81-92 p.

Campbell, M. Reporter, R. Abbott, S. Farrar, J. Brandl, M. Mandrell, R. y Werner, S. 2001. An outbreak of *salmonella serotype thompson* associates with fresh cilantro. [En línea] consultado en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11237818>, el 05 de Febrero de 2015.

Castro, J., Rojas, M., Noguera, Y., Santos, E., Zúñiga, A. y Gómez, C. 2006. Calidad sanitaria de ensaladas de verduras crudas, listas para su consumo. *Revista Industria Alimentaria*. 9, 9-19.

CISAN. 2012. Consejo para la Información sobre Seguridad de Alimentos y Nutrición. [En línea] consultado en: <http://cisan.org.ar/sitiotest/articuloampliado.php?id=173&hash=ba844db1cadff8ae52fa6d1c07de5019>, el 26 de Septiembre de 2015.

Díaz, A. 2008. Buenas Prácticas Agrícolas. Guía para pequeños y medianos agro empresarios. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Tegucigalpa, Honduras. 14-36 p.

Díaz, A. & Uría, R. 2009. Buenas Prácticas de Manufactura. Una guía para pequeños y medianos agroempresarios. Instituto Interoamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica. 15-40 p.

Doyle, M., Beuchat, L. y Montville, T. 2001. Microbiología de los Alimentos. Fundamentos y fronteras. Ed. Acribia S.A. Zaragoza, España. 133-238 p.

FAO/OMS. 2004. Serie de evolución de riesgos Microbiológicos. Evaluación de riesgos de *listeria monocytogenes* en alimentos listos para el consumo. FAO. Italia. 9-17 p.

FAO/OMS. 2007. Análisis de riesgos relativos a la inocuidad de los alimentos. Guía para las autoridades nacionales de inocuidad de los alimentos. Roma, Italia. 59-66 p.

FAO. 2005. Aplicación de la comunicación de riesgos a las normas alimentarias y a las cuestiones relacionados con la inocuidad de los alimentos. Roma, Italia. 5-16 p.

FAO. 2008. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. (BPA). [En línea] consultado en: http://www.fao.org/prods/gap/index_es.htm, el 20 de Junio de 2015.

Ferratto, J. & Mondino, M. 2008. Revista Agromensajes. DE LA FACULTAD. [En línea] consultado en: <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/24/4AM24.htm>, el 17 de Enero de 2015.

Forsythe, S. J. 2003. Alimentos seguros: microbiología. Acribia, S.A. Zaragoza, España. 140-162 p.

García, Ma. J., Povedano, M. y Osuna, A. 2012. Manual de laboratorio de microbiología para el diagnóstico de infecciones gastrointestinales. OmniaScience. (1ª Ed.), España. 5-14 p.

Gil, A., Morón, A. y Gaesrte, Y. 2010. Calidad microbiológica en frutas y hortalizas expandidas en mercados de Venezuela. Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología, 30, 24-28.

Hernán, R. & Isshiki, M. 2001. El Cultivo de Algunas Hortalizas Promisorias en Colombia. Produmedios. (1ª Ed.), Colombia. 22-25 p.

Hernández, C. Aguilera, Ma. G. y Castro, G. 2011. Situación de las enfermedades gastrointestinales en México. Revista Enfermedades Infecciosas y Microbiología, 31, 137-151.

Insua, V. C. 2006. APPCC Avanzado. Guía para la aplicación de un sistema de análisis de peligros y puntos de control crítico en una empresa alimentaria. Ideas Propias S.L. España. 1-17 p.

Jay, J. M. 2002. Microbiología moderna de los alimentos. Acribia, S.A. (4ª Ed.), España. 399-412 p.

Martínez, F. B. 2004. El manejo higiénico de los alimentos. Limusa S.A. de C.V. México, DF. 13-20 p.

Martínez, K. 2010. Promueve SAGARPA siembra de frutas y hortalizas. [En línea] consultado en: <http://tecnoagro.com.mx/no-61/promueve-sagarpa-siembra-de-frutas-y-hortalizas>, el 15 de Junio de 2015.

Molina, J., Manjarrez, Ma. E. y Tagy, J. 2010. Microbiología. Bacteriología y Virología. Méndez Editores, S.A. de C.V. (1ª Ed.), México DF. 225-241 p.

Morales, P., Brunner, B., Flores, L. y Martínez, S. 2011. Cilantro Orgánico. Departamento de Cultivos y Ciencias Agroambientales. [En línea] consultado en: <http://proorganico.info/cilantro.pdf>, el 22 de Febrero de 2015.

Moreno, B., Díez, V., García, Ma. L., Menes, I., Gutierrez, L. y Polledo, F. 2000. Microorganismos de los Alimentos. Acribia, S.A. Zaragoza, España. 3-14 p.

Muñoz, F. 2002. Plantas Medicinales y Aromáticas. Aedos S.A. (4ª Ed.), España. 129-133 p.

Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la Cuenta de Bacterias Aerobias en Placa. México, D.F., Diario Oficial de la Federación.

Norma Oficial Mexicana NOM-093-SSA1-1994, Bienes y servicios. Prácticas de higiene y sanidad en la preparación de los alimentos. Apéndice B. De las especificaciones sanitarias. México, D.F., Diario Oficial de la Federación.

Norma Oficial Mexicana NOM-109-SSA1-1994, Bienes y servicios. Procedimiento para la toma, manejo y transporte de muestras de alimento para su análisis microbiológico. México, D.F., Diario Oficial de la Federación.

Norma Oficial Mexicana NOM-110-SSA1-1994, Bienes y servicios. Para la preparación y dilución de muestras de alimento para su análisis microbiológico. México, D.F., Diario Oficial de la Federación. 9 p.

Norma Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la Cuenta de microorganismos Coliformes Totales en placa. México, D.F., Diario Oficial de la Federación. 10 p.

Ocaña, R. L., Gutiérrez, A. T., Sánchez, J. R., Mariescurrena, Ma. D., Velázquez, G., Laguna, A. y Rojas, I. 2014. Calidad microbiológica del tomate (*Solanum lycopersicum*

L.) producido bajo condiciones de invernadero en 5 municipios del Estado de México. *Revista Internacional de Botánica Experimental*, 84, 45-50.

OMS. 2012. Estadísticas Sanitarias Mundiales. Organización Mundial de la Salud. [En línea] consultado en: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44858/1/9789243564449_spa.pdf, el 27 de Junio de 2015.

Ordoñez, N. 2010. *Revista Tecnoagro*. Cilantro o Coriandro. *Coriandrum sativum* L. [En línea] consultado en: <http://tecnoagro.com.mx/no-60/cilantro-o-coriandro-coriandrum-sativum-l>, el 24 de Febrero de 2015.

Orendain, C. 2012. El cilantro la hierba mas utilizada en el mundo. [En línea] consultado en: <http://www.cristinaorendain.com/2012/02/el-cilantro-la-hierba-mas-utilizada-en-el-mundo/>, el 22 de Abril de 2015.

Osuna, Y., Ortega, L., Sánchez, R. y Guzmán, M. 2011. Folleto: Aplicaciones de sistemas de reducción de riesgos de contaminación de frutas y hortalizas en Nayarit. [En línea] consultado en: <http://es.scribd.com/doc/126633531/folleto-srrc-final-cripac2#scribd>, el 28 de Mayo de 2015.

Rivera, M., Rodríguez, C. y López, J. 2009. Contaminación fecal en hortalizas que se expenden en mercados. *La Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 26, 2645-48.

Riveros, S. & Baquero, M. 2004. Inocuidad, Calidad y Sellos Alimentarios. Instituto Interoamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Ecuador. 3-11 p.

Romero, R. C. 2007. *Microbiología y Parasitología Humana*. Médica Panamericana C. A. (3ª Ed.), México. 751-772 p.

Rugama, F. & Castillo, J. 2010. Métodos de detección de contaminación microbiana. [En línea] consultado en: <http://avdiaz.files.wordpress.com/2010/02/presentación-clase-4.pdf>, el 26 de Junio de 2015.

SAGARPA / SENASICA. 2010. Manual de buenas prácticas agrícolas. Guía para el agricultor. [En línea] consultado en: <http://www.senasica.gom.mx/includes/asp/download.asp.pdf>, el 02 de Marzo de 2015.

SAGARPA / SENASICA. 2014. PLAN DE ACCIÓN PREVENTIVO CILANTRO. [En línea] consultado en: <http://www.senasica.gob.mx/includes/asp/download.asp?IdDocumento=28056&IdUrl=72385&down=true.pdf>, el 04 de Mayo de 2015.

SAGARPA / SIAP. 2014. Cierre de la producción agrícola por cultivo, cilantro. [En línea] consultado en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-produccion-agricola-por-cultivo/>, el 20 de Mayo de 2015.

SENASICA. 2014. Plan de acción preventivo cilantro. [En línea] consultado en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-producción-agrícola-por-cultivo/cilantro>, el 15 de Abril de 2015.

Siller, J., Báez, M., Sañudo, A. y Báez, R. 2002. Manual de Buenas Prácticas Agrícolas. Guía para el agricultor. Centro de Investigación en alimentación y Desarrollo A. C. (1ª Ed.), Culiacán, Sinaloa. 6-9 p.

Smith, E. C. 2007. El gran manual del cultivador de hortalizas. Omega S. A. Barcelona. España. 234 p.

Tortora, G., Funke, B. y Case, C. 2007. Introducción a la microbiología. Médica, Panamericana. (9ª Ed.), Buenos Aires, Argentina. 168-172 p.