

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA



**DISMINUCIÓN DE RIESGOS MICROBIOLÓGICOS EN UN PROYECTO DE
CULTIVOS HIDROPÓNICOS DE TOMATE Y FRESA EN SAN MIGUEL
IXTAHUACÁN, SAN MARCOS**

**JENNY ANAITÉ MAURICIO MAS
SIRLEY VICTORINA VILLAFUERTE MONROY**

QUÍMICOS BIÓLOGOS

GUATEMALA, JULIO 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA



**DISMINUCIÓN DE RIESGOS MICROBIOLÓGICOS EN UN PROYECTO DE
CULTIVOS HIDROPÓNICOS DE TOMATE Y FRESA EN SAN MIGUEL
IXTAHUACÁN, SAN MARCOS**

Seminario de investigación

Presentado por

**JENNY ANAITÉ MAURICIO MAS
SIRLEY VICTORINA VILLAFUERTE MONROY**

Para optar por el título de

QUÍMICOS BIÓLOGOS

JUNTA DIRECTIVA

Dr. Rubén Dariel Velásquez Miranda	Decano
Licda. Elsa Julieta Salazar Meléndez de Ariza, M.A.	Secretaria
MSc. Miriam Carolina Guzmán Quilo	Vocal I
Dr. Juan Francisco Pérez Sabino	Vocal II
Br. Michel Javier Mó Leal	Vocal IV
Br. Blanqui Eunice Flores De León	Vocal V

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirnos culminar nuestra carrera universitaria y proveernos de sabiduría, fortaleza y perseverancia para realizar esta valiosa investigación.

A nuestra familia por su apoyo incondicional a lo largo de nuestras vidas, por guiarnos y motivarnos a cumplir nuestros sueños.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala por ser la institución que nos brindó nuestra educación superior de forma integral, comprometiéndonos principalmente con el pueblo de Guatemala.

A la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia y a la Escuela de Química Biológica, por brindarnos catedráticos de alto nivel, quienes a través de sus enseñanzas nos han preparado para desarrollarnos como excelentes profesionales.

A la empresa Montana Exploradora de Guatemala S. A. por su valioso apoyo económico para realizar nuestro seminario.

A nuestra asesora por los conocimientos compartidos y sobre todo su apoyo incondicional.

A nuestra revisora porque representó una guía indispensable para el desarrollo de nuestro seminario.

ÍNDICE

	No. Página
I. Ámbito de la investigación- Microbiología Aplicada	1
II. Antecedentes	
A. Generalidades	2
1. Área en la que se llevará a cabo el estudio	3
B. Cultivo hidropónico	4
1. Las ventajas del cultivo hidropónico	5
2. Las desventajas del cultivo hidropónico	5
C. Alimentos a investigar en este seminario	5
1. Tomate	6
a. Plagas que afectan los cultivos de tomate	6
b. Enfermedades que afectan los cultivos de tomate	6
2. Fresas	6
a. Araña roja	6
b. Pulgón	7
c. Trips	7
d. Orugas	7
3. Riesgos implicados en el cultivo de tomate y fresa	7
4. Riesgos de tipo agrícola	8
a. Agua de Riego	9
5. Riesgos microbiológicos	9
a. Fuentes de origen	9
b. Las acciones de prevención	10
c. Riesgos microbiológicos asociados al agua para riego	10
d. Riesgos microbiológicos asociados a la falta de higiene en las manos	15
1) Verificación	16
D. Buenas Prácticas Agrícolas -BPA's-	16
1. Ventajas	16
2. Desventajas	17

E. Inocuidad de Alimentos	17
1. Generalidades	17
2. Enfermedades transmitidas por alimentos	20
3. Microorganismos indicadores	21
a. Las características de los coliformes totales y otros	22
b. Bacterias coliformes termotolerantes	23
c. <i>Escherichia coli</i>	23
1) <i>Escherichia coli</i> O157:H7	24
2) <i>Escherichia coli</i> enteroagregativa	24
4. Otros microorganismos transmitidos por alimentos	24
a. Bacterias	25
1) <i>Listeria monocytogenes</i>	25
2) <i>Salmonella enteritidis</i>	25
3) <i>Campylobacter jejuni</i>	25
4) <i>Shigella spp.</i>	26
b. Virus	26
1) Hepatitis A	26
2) Hepatitis E	26
3) Rotavirus humanos (RHV)	27
c. Parásitos	27
<i>Toxoplasma gondii</i>	27
1) Protozoos	28
a) <i>Cryptosporidium parvum</i>	28
b) <i>Cyclospora cayetanensis</i>	28
c) <i>Entamoeba histolytica</i>	29
d) <i>Giardia lamblia</i>	29
2) Helmintos	30
a) <i>Trichiuris trichiura</i>	30
b) <i>Ascaris lumbricoides</i>	30
c) <i>Uncinarias</i>	30
d) <i>Strongyloides stercolaris</i>	31
3) Otros Agentes	31
F. Análisis Microbiológico de tomate y fresa	31
1. Muestreo	

a. Manual	31
2. Recipientes para muestras	31
3. Algunos métodos utilizados para el análisis de microorganismos indicadores	32
a. Método de Número más Probable	32
1) Fundamento	32
b. Recuento aeróbico en Placa (RAP)	33
1) Fundamento	34
G. Importancia de la verificación de la higiene de manos	35
III. Justificación	36
IV. Objetivos	37
A. General	37
B. Específicos	37
V. Hipótesis	38
VI. Materiales y Métodos	39
A. Universo de Trabajo	39
B. Muestra	39
C. Recursos	
1. Humanos	39
a. Investigadores	39
b. Asesores	39
c. Institucionales	39
D. Materiales	
1. Equipo	39
2. Materiales	40
3. Reactivos y medios de cultivo	41
4. Material didáctico	41
5. Transporte	41
E. Metodología	42
1. Metodología para evaluación de riesgos microbiológicos	42

a. Toma de muestra de agua	42
1) Envase	42
2) Toma de agua estancada	43
3) Toma de muestra de llaves, filtro, entre otros	43
4) Agua corriente	43
1) Número Más Probable	43
a) Procedimiento	43
b. Toma de muestra de alimentos	44
1) Recuento aeróbico en placa para coliformes totales y	
<i>Escherichia coli</i>	44
a) Procedimiento para análisis microbiológico de alimentos	44
c. Procedimiento de toma de muestra de manos: se realiza antes y	
después del lavado de manos	44
1) Cálculo para el conteo aeróbico en placa de las colonias de	
coliformes	45
2. Metodología para disminución de riesgos microbiológicos	46
a. Capacitaciones	46
1) Evaluación	46
2) Elaboración de una guía	46
F. Diseño de la investigación	46
1. Muestra y diseño de muestreo	46
2. Análisis estadístico	47
VII. Resultados	48
VIII. Discusión de Resultados	50
IX. Conclusiones	54
X. Recomendaciones	55
XI. Referencias	56
XII. Anexo	62

I. ÁMBITO DE LA INVESTIGACIÓN – MICROBIOLOGÍA APLICADA

Esta investigación se llevó a cabo en un proyecto piloto de San Miguel Ixtahuacán en el departamento de San Marcos. Se analizaron muestras de cultivo de tomate y fresas, que se encuentran en las comunidades: Agel, San José Ixcaniche, San José Nueva Esperanza, El Coral, San Miguel Ixtahuacán y Siete Platos. También se analizaron muestras de agua que abastece a las distintas comunidades muestreadas, además se evaluó la higiene antes y después del lavado de manos de las personas que manipulan dichos alimentos. Estos análisis se realizaron en tres etapas, antes, durante y después de la intervención, analizando tanto tomate, fresas, agua y la higiene de las manos del personal. Aunque se impartieron capacitaciones, no se determinó el impacto que se obtuvo tras la intervención.

II. ANTECEDENTES

A. Generalidades

Actualmente la producción de alimentos se enfoca en la inocuidad y con este objetivo, los recursos tanto naturales como humanos son exigidos al máximo para garantizarla. En este contexto, tanto las personas con síntomas de intoxicación por la ingestión de alimentos contaminados, por el uso irracional de pesticidas, o como por sostenibilidad de la actividad agropecuaria, constituyen dos caras de una misma moneda, que en los últimos años ha comenzado a incitar a los gobiernos, como consecuencia de reclamos cada vez más frecuentes de consumidores informados y por perspectivas de mercados inseguros (FAO, 2004).

Los riesgos microbiológicos y las enfermedades de transmisión alimentaria que provocan, son un problema de salud pública cada vez mayor. En muchos países se han registrado aumentos significativos de la incidencia de enfermedades provocadas por microorganismos transmitidos principalmente por los alimentos, como *Salmonella* spp. y *Campylobacter* spp. (OMS, 2002).

Han surgido en la cadena alimentaria nuevos y graves peligros, como *Escherichia coli* enterohemorrágica. Por lo que, la implementación de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA's) es un medio para la disminución de riesgos microbiológicos. Éstas son un componente de competitividad, que permite al productor rural diferenciar su producto de los demás oferentes, con todas las implicaciones económicas que ello hoy supone (mayor calidad, acceso a nuevos mercados, consolidación de los actuales y reducción de costos) (OMS, 2002).

Las BPA's constituyen una herramienta que persigue la sustentabilidad ambiental, económica y social de las explotaciones agropecuarias, especialmente la de los pequeños productores subsistenciales, lo cual debe traducirse en la obtención de productos alimenticios y no alimenticios, más inocuos y saludables para el autoconsumo y del consumidor (FAO, 2004).

La importancia de implementar las Buenas Prácticas Agrícolas es porque permite a los agricultores estar preparados para la producción de alimentos inocuos y exportar a mercados exigentes y tener mejor acceso a éstos. Esto permitirá la obtención de un producto diferenciado por calidad e inocuidad, lo que puede implicar un mejor precio de venta, controlar el proceso productivo por la obtención de mejor y nueva información de su propia producción, hacerle análisis de laboratorio, reducción de riesgos en la toma de decisiones por la mejor gestión (administración y control de personal, insumos, instalaciones, entre otros) de la finca en términos productivos, económicos y aumento de la competitividad por reducción de costos (menores pérdidas de insumos, horas de trabajo, tiempos muertos, entre otros) (FAO, 2004).

La implementación de las BPA's no sólo garantiza que los alimentos sean aptos para el consumo humano sino que permite acceder a distintos mercados con legislaciones que las incluyen (Kaplan, 2005). La agricultura tiene una gran responsabilidad en la forma como utiliza y maneja los recursos hídricos. Por otra parte, es fundamental el uso de agua de buena calidad en todas las labores agrícolas, en el caso de la producción de frutas y hortalizas, se utiliza el agua para numerosas actividades de campo, incluido el riego, la aplicación de agroquímicos, la recolección de productos y la posterior manipulación de los mismos. En todos los casos, el agua a utilizar debe estar libre de todo tipo de contaminación, ya que si se utiliza agua contaminada se pueden transmitir microorganismos patógenos a los alimentos y enfermar a los consumidores debido a que puede transformarse en un vehículo de diseminación de dichos microorganismos (Figueroa, 2004).

1. Área en la que se llevará a cabo el estudio

En San Miguel Ixtahuacán, municipio del departamento de San Marcos, ubicado a 65.5 km. al nororiente de la cabecera departamental y a 332 km. de la ciudad capital, con una extensión territorial de 184 km. cuadrados. Su mayor altura alcanza los 7,325 pies sobre el nivel del mar (2,197.5 m), siendo la altura de la cabecera municipal de 6,865 pies sobre el nivel del mar (2,056.8 m). Colinda al nororiente con los municipios de San Gaspar Ixchil y Santa Bárbara, del departamento de Huehuetenango; al noroccidente con Concepción Tutuapa, al occidente con Tejutla y al sur con Sipacapa y Comitancillo, todos del departamento de San Marcos. San Miguel Ixtahuacán cuenta con una

población de 36,934; se estima que en pobreza están el 86.39% de habitantes, de los cuales el 32.84% están en pobreza extrema.

En el ámbito de la economía y producción la mayoría de la población se dedica a una agricultura de subsistencia, siendo el maíz, el frijol, la papa, la arveja y las frutas de temporada, los cultivos mayores. En clima frío se cultiva maíz, trigo, verduras, manzana, y durazno. En clima templado se cultiva maíz, aguacate, naranja, lima, anona, yuca, camote, frijol y café. El sistema agrícola genera muy pocos excedentes y muchos jefes de familia se trasladan al sur del país a trabajar en las fincas de café y caña de azúcar, siendo más notoria en los meses de corte. Muchas familias completan sus ingresos con remesas que reciben de familiares que residen en Estados Unidos. En lo que respecta la flora en este municipio únicamente existen árboles de la especie pino y ciprés. Con relación a la fauna, únicamente existen crianzas de vacas, ovejas, porcinos, aves de corral y mulares (Ponce, 2010).

B. Cultivo hidropónico

La hidroponía (del griego *hydros*-agua y del latín *ponos*-trabajo) es una forma sencilla, limpia y económica de producir hortalizas y vegetales de rápido crecimiento, de elevados rendimientos y por lo general, ricos en elementos nutritivos que pueden complementar las dietas de las poblaciones centroamericanas, basadas en cereales y leguminosas (Solórzano, 2008).

La producción de hortalizas y vegetales mediante hidroponía facilita la disponibilidad de alimentos en calidad y cantidad para la alimentación de poblaciones, tanto en el ámbito rural, urbano como periurbano. También la hidroponía facilita la producción de hortalizas y vegetales limpios sin residuos de plaguicidas. Es por esta razón que es fuente de considerable importancia para la producción de alimentos (Solórzano, 2008).

Debido a que es una técnica sencilla, puede también implementarse en el ámbito familiar y es una alternativa para la generación de ingresos adicionales debido a la posibilidad de que se desarrollen proyectos de microempresas con involucramiento de la comunidad. En la actualidad, el cultivo hidropónico se efectúa sobre un sustrato estéril que facilite a las raíces utilizar los nutrientes presentes en las soluciones hidropónicas. Algunos de los

materiales que se utilizan como sustratos incluyen: arena de río, aserrín, gravilla, lana mineral, gránulos de plásticos, cascarilla de arroz y otros (Solórzano, 2008).

1. Las ventajas del cultivo hidropónico

Se pueden mencionar las ventajas siguientes: hay un balance ideal de aire, agua y nutrientes; la humedad es uniforme; el drenaje es excelente; se puede corregir fácil y rápido la deficiencia o el exceso de un nutriente; es más fácil de controlar el pH; el producto tiene mayor calidad; se ahorra el consumo de agua, hay mayor limpieza e higiene; se reduce en gran medida la contaminación del medio ambiente y de los riesgos de erosión; la inversión se recupera rápidamente; se reduce el uso de plaguicidas; el gasto en maquinaria agrícola es menor, ya que no se requiere de tractor, arado u otros implementos semejantes; existe la posibilidad de enriquecer los productos alimenticios con sustancias como vitaminas o minerales; se reducen los costos de producción; el espacio utilizado es menor al que se usaría si se siembra en suelo, entre otras (Estrada, 2002).

2. Las desventajas del cultivo hidropónico

Se requiere de conocimiento técnico para su manejo a escala comercial, en el ámbito comercial el gasto inicial es relativamente alto, se requiere cuidado con los detalles del sistema, se necesita conocer y manejar la especie que se cultive en el sistema, requiere de un abastecimiento continuo de agua y no existe una difusión amplia del concepto de Hidroponía (Estrada, 2002).

C. Los alimentos a investigar en este seminario

Los alimentos que se considerarán son el tomate y las fresas. Los cultivos de tomate se encuentran en dos condiciones, una es la hidroponía y otra el sistema convencional (suelo). Ambos poseen sistema de riego por goteo. Los cultivos que se encuentran en hidroponía están dentro de invernaderos y los que se encuentran en sistema convencional algunos están protegidos por invernaderos y otros no. Los cultivos de fresa se encuentran solamente en condiciones de hidroponía protegidos con invernaderos, el medio de soporte utilizando es la arena y el sistema de riego es por goteo.

1. Tomate

El tomate puede verse afectado por un buen grupo de plagas, enfermedades y otras alteraciones, especialmente en el cultivo al aire libre; ya que en al aire libre suele haber muchos más problemas de plagas y enfermedades que en el invernadero, siendo algunas de ellas:

a. Plagas que afectan los cultivos de tomate

Entre ellas se encuentran: la araña roja (*Tetranychus urticae*); vasate, mosca blanca, pulgón (*Aphys gossypii*, *Myzus persicae*), trips (*Frankliniella occidentalis*), minadores de hoja, orugas de lepidópteros, gusanos de suelo y nemátodos (Morales, 2006).

b. Enfermedades que afectan los cultivos de tomate

Se pueden mencionar: ceniza u oidio, podredumbre gris botritis, podredumbre blanca, alternariosis del tomate, *Fusarium*, *Verticillium*, bacterias y algunos virus (Morales, 2006).

2. Fresas

Estas también pueden ser afectadas por diversas plagas y enfermedades, las principales plagas que afectan al cultivo de la fresa son: araña roja (*Tetranychus urticae*), pulgón (*Aphys gossypii*, *Myzus persicae*), trips (*Frankliniella occidentalis*) y orugas (principalmente *Spodoptera exigua*, *Spodoptera litoralis*, *Helicoverpa armígera*) (Koike, 2005).

A continuación se describen las formas de control de las plagas que atacan los cultivos de fresa:

a. Araña roja (*Tetranychus urticae*)

Se puede considerar la principal plaga por la dificultad que conlleva su control mediante aplicaciones fitosanitarias. Los síntomas observados en la planta son manchas amarillas en las hojas superiores, hojas con coloración roja a púrpura y telarañas. Para el control biológico de la araña roja se utiliza la combinación de dos ácaros depredadores: *Amblyseius andersoni* y *Phytoseiulus persimilis*. Complementariamente a estos auxiliares, a criterio técnico, se pueden usar ciertos acaricidas selectivos con los ácaros beneficiosos en los focos (Koike, 2005).

b. Pulgón (*Aphys gossypii* y *Myzus persicae*)

Para el control de pulgón se utiliza el parasitoide *Aphidius colemani* (Aphiline c) ejerciendo muy buen control sobre la plaga, sin que suela ser necesaria ninguna aplicación fitosanitaria adicional para regular las poblaciones. Es muy importante la detección precoz de las colonias para iniciar las sueltas en el momento adecuado (Koike, 2005).

c. Trips (*Frankliniella occidentalis*)

Para el control de trips, primero se colocan placas azules de monitoreo para detectar la detección precoz de la presencia de plaga. Cuando ésta aparece, se introduce el ácaro depredador *Amblyseius swirskii* (*Swirskiline* as), junto con el uso de feromonas de agregación sexual y placas azules de captura. La feromona atrae a adultos de trips, tanto machos como hembras, que quedan pegados en las placas (Koike, 2005).

d. Orugas (*Spodoptera exigua*, *Spodoptera littoralis*, *Helicoverpa armígera*)

Para el control de orugas se utilizan polilleros con feromonas específicas para cada especie de oruga. Dependiendo de la época y las curvas de vuelo, se usa más cantidad de una o de otra, siendo muy importante la distribución y cantidad de cada especie que se coloca en la finca (Koike, 2005).

3. Riesgos implicados en el cultivo de tomate y fresa

Algunas de las alteraciones que producen dichas plagas y enfermedades son: podredumbre apical del fruto, golpe de sol, rajado de frutos, manchas en el fruto y las hojas de la planta, disminución del crecimiento de la planta o fruto, caída prematura del fruto y carencias de nutrientes. Esto hace necesario que se implementen ciertas medidas preventivas para evitar tales alteraciones. Entre ellas se puede mencionar: el empleo de variedades resistentes a ciertas enfermedades, eliminar las partes infectadas de las plantas y las malezas para reducir las fuentes de inóculo, rotación de cultivos, la inspección constante de los campos para determinar regularmente el nivel de las plagas, eliminar malas hierbas y restos de cultivo, usar sustratos limpios y frescos, evitar el exceso de agua ya que despierta el inóculo, utilizar herramientas limpias y evitar el uso de estiércol, entre otros (Morales, 2006).

4. Riesgos de tipo agrícola

Gracias al uso de técnicas de mejora genética, fertilizantes, herbicidas, plaguicidas y fungicidas en la agricultura, se ha aumentado increíblemente la eficacia en la producción de alimentos. La implementación de métodos modernos de producción ha reducido los costos y han aumentado la variedad de alimentos disponibles. Como la producción alimenticia es tan compleja, es necesario un enfoque sistemático para identificar los posibles riesgos en cada punto de la cadena alimentaria, para poder evitar brotes de enfermedades de origen alimenticio y la contaminación de los alimentos (Escalona, 2005).

La exposición de los alimentos a productos químicos agrícolas y naturales preocupa enormemente a la opinión pública, pero el desarrollo de sofisticados métodos de detección, ha permitido detectar en muchos alimentos pequeñas cantidades de productos químicos, potencialmente nocivos.

Afortunadamente, los niveles de exposición humana a estos productos químicos están normalmente bastante por debajo de la dosis admisible de ingestión diaria y de los límites reglamentarios establecidos por los comités internacionales. No obstante, todavía se dan casos de usos inadecuados de productos químicos agrícolas, y a veces en los análisis de productos alimenticios se detectan residuos de plaguicidas de compuestos que no deberían haberse utilizado. Por este motivo, es muy importante que se vigile y se controle constantemente el uso de plaguicidas (Escalona, 2005).

La contaminación microbiológica de los alimentos es la causa principal de las enfermedades de origen alimenticio y se considera especialmente preocupante la aparición de nuevas cepas de agentes patógenos que se transmiten por medio de los alimentos, como la *E. coli* 0157 y el fago tipo 4 de *Salmonella enteritidis* (Escalona, 2005).

Sin embargo, existen pruebas suficientes que la práctica de métodos de producción adecuados ha resultado un descenso en las infecciones microbiológicas que se derivan de alimentos contaminados. Un riesgo microbiológico es la posibilidad que existe de que un agente biológico (bacterias, virus o parásitos) se pueda transferir en cualquier

etapa de la cadena alimentaria como consecuencia de errores en los procedimientos de manipulación o de procesado. La detección de dichos errores, su rápida corrección y su prevención en el futuro son el principal objetivo de cualquier sistema que asegure la calidad del alimento. La responsabilidad del control de los riesgos microbiológicos recae sobre los individuos que intervienen en todas las fases de la cadena alimentaria, desde la explotación agrícola hasta el consumidor final (Escalona, 2005).

a. Agua de Riego

El agua es un recurso natural necesario para el desarrollo de múltiples actividades es por ello que el análisis microbiológico es importante ya que es de uso humano. De acuerdo con la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), la disponibilidad de alimentos hacia el futuro dependerá en gran medida de la eficiencia con la que se utilicen los recursos hídricos. Su creciente degradación por disminución de su calidad implica la reducción del número de usos que se les da, es por ello lo que se hace necesario la realización de estudios que permitan determinar la calidad del agua. Los análisis que se pueden realizar al agua para controlar su calidad son físicos, químicos y microbiológicos (Chacon, 2008, Phillip & Russell, 2001 y De Vente, 2000).

5. Riesgos microbiológicos

Los riesgos microbiológicos son asociados a la vida y la materia orgánica, de diversos orígenes, difícil de evaluar por los productores agrícolas. Los productos frescos no tienen procesos posteriores que eliminen los riesgos, por lo cual los riesgos microbiológicos son críticos (Adonis, 2006).

a. Fuentes de origen

Las cuatro principales fuentes de riesgo microbiológico en productos frescos son: el agua, guano o fertilizantes orgánicos, la higiene de los trabajadores y falta de limpieza en el campo durante el empaque o transporte del producto.

Los productores no deben manejar los riesgos basados en declaraciones generales, ya que cada terreno tiene sus características específicas en cuanto a fuentes de riesgo como: los riesgos microbiológicos son distintos para los distintos cultivos; los riesgos microbianos deben considerarse durante todo el ciclo del cultivo; los riesgos

no se limitan al momento de cosecha o a la etapa de embalaje; los riesgos microbiológicos están presentes en todo el ciclo del cultivo, varían de acuerdo a una serie de características que para las frutas como el tomate y la fresa son la resistencia al marchitamiento, aplicación de agroquímicos, irrigación y cosecha; no se puede pensar que todos los riesgos microbiológicos sean similares para todas las cosechas hay que tomar en cuenta el tipo de cultivo, las condiciones del cultivo, el tipo de riego, hábito de crecimiento, la cantidad de trabajadores, condiciones climáticas o ambientales.

b. Las acciones de prevención

Una vez evaluado el riesgo, el productor ya ha identificado los puntos de su terreno donde necesite tomar acciones. En términos generales las acciones preventivas son cambios físicos en su operación como por ejemplo: desinfectar el agua, cloro y verificar su concentración, barreras para prevenir ingreso de animales, condiciones de almacenaje de los productos cosechados, entre otros. Pero el elemento clave es la capacitación del personal (Adonis, 2006).

c. Riesgos microbiológicos asociados al agua para riego

Cuando el agua entra en contacto con frutas y hortalizas frescas, el riesgo microbiológico depende de la calidad y procedencia de la misma. El agua que se usa en el campo incluye diversas actividades como el riego, la aplicación de plaguicidas y fertilizantes y la utilizada para la higiene del personal. Para evitar riesgos, las fuentes de abastecimiento de agua, generalmente pozos o canales, deben llevar un programa de mantenimiento y análisis químicos y microbiológicos manteniendo registros de las condiciones y estableciendo un programa de acciones correctivas cuando es necesario (Siller & Sañudo, 2002).

El riego rodado por inundación presenta mayores posibilidades de contaminación si se utiliza con cultivos rastreros como la lechuga, la fresa o similares que tienen contacto directo con el suelo. El riego por aspersión representa una manera rápida de contaminar el producto si el agua utilizada está contaminada. En el caso de riego por goteo y cultivos con espalderas y tutores los riesgos de contaminación son menores. Debe asegurarse que el agua utilizada para aplicaciones de agroquímicos

cumple con las especificaciones microbiológicas y químicas respectivas, debiendo mantener los registros correspondientes (Siller & Sañudo, 2002).

Los parámetros biológicos en las aguas potables son de mucho interés, los microorganismos que puede haber en el agua son virus, bacterias, hongos, algas y protozoos. Aquellos que son inocuos para el hombre no tiene significación sanitaria por lo que el control microbiológico del agua se va centrar en especies patógenas para el hombre.

Para un buen análisis microbiológico se deben usar indicadores microbiológicos que tengan las características como: debe ser incapaz de desarrollarse en el agua, debe tener una supervivencia en el agua superior a los organismos patógenos, debe soportar mejor a los desinfectantes, deben ser fáciles de aislar, identificar y contar y deben ser muy abundantes en heces y escasos en otros medios. La normativa recoge una serie de análisis microbianos según se efectúe sobre el agua un análisis mínimo de coliformes totales y termotolerantes (Chacón & Villarreal, 2008).

Las proyecciones sobre la producción agrícola requerida en las próximas décadas, a fin de satisfacer los requerimientos de seguridad alimentaria, indican que las agencias agrícolas nacionales e internacionales se centrarán en la expansión agrícola, aumento en la productividad, y uso y mejoramiento de suelos degradados y salinizados de tierras irrigadas en uso o abandonadas. Por lo tanto, el potencial futuro para el aumento de la degradación de la calidad del agua por la agricultura es substancial (Onglay & Dorner, 2002).

La importancia del manejo de la calidad del agua en la agricultura enfrenta dos perspectivas interrelacionadas: 1) que la producción de cultivos sustentables requiere un estándar mínimo de calidad del agua; y, 2) que las actividades agrícolas no deterioren la calidad del agua, lo cual impacta el subsecuente uso del agua para otros fines. Este documento, que refleja el trabajo hecho por la FAO en el campo de los sistemas de apoyo a la toma de decisiones (DSS), se refiere a la segunda perspectiva y se centra en los impactos de origen externo de las actividades agrícolas sobre la calidad del agua (Onglay & Dorner, 2002).

Coguanor no tiene normativa para agua de riego aplicable en Guatemala. Por otra parte, un 25 por ciento de la población de los países en desarrollo no tienen acceso al agua potable. Las infecciones y enfermedades parasitarias son aún las causas principales de enfermedad y muerte en el mundo, principalmente por la pobre calidad del agua y las diarreas, las cuales en 1997 se encontraron en el primer lugar por causas de morbilidad y en el sexto por causa de mortalidad. La carga actual de enfermedades ocasionadas por el agua se desconoce, en virtud de la falta de información tanto de los países desarrollados como de los en desarrollo (OMS, 2005).

La existencia de agua potable microbiológicamente insegura constituye un grave problema de salud pública en América Latina y el Caribe, pero se puede reducir la incidencia de enfermedades por contaminación microbiana del agua, si se suministra agua microbiológicamente salubre y se cuenta con mayor higiene personal y doméstica, y con una participación comunitaria más sólida. Las enfermedades transmitidas por el agua son básicamente función de la calidad de la misma. La calidad de las aguas de consumo humano es afectada por la contaminación orgánica, principalmente de desechos humanos, animales o químicos (OMS, 2005).

Las enfermedades diarreicas son las principales enfermedades transmitidas por el agua, prevalecen en países como Guatemala en los que el tratamiento de aguas es inadecuado. Las enfermedades de origen hídrico se diseminan por la contaminación de los sistemas de agua potable, con la orina y las heces de animales o personas infectadas, las lixiviaciones de rellenos sanitarios, pozos sépticos, tubos de alcantarilla de nivel industrial o doméstico, pueden ocasionalmente contaminar las aguas de superficie. Esto ha sido el detonante de muchas enfermedades fecal – orales, como el cólera y la fiebre tifoidea, existen otras vías por las cuales puede transmitirse las enfermedades, por falta de higiene manoseo por comida infectada (OMS, 2005).

La enfermedad diarreica aguda es la cuarta causa de hospitalización del país y el parasitismo intestinal se encuentra en el décimo lugar. Según la notificación obligatoria las enfermedades transmitidas por alimentos y agua se manifiestan en

primer lugar por las diarreas, seguidas por amebiasis; luego se encuentran enfermedades intestinales causadas por protozoarios, enteritis virales, hepatitis A e intoxicaciones alimentarias bacterianas. Los datos son generados por el diagnóstico clínico sin la identificación del agente causal. Existen escasos datos sobre brotes y sus agentes causales. Los medios de contaminación incluyen en primer lugar la falta de sistemas de purificación y desinfección en la mayoría de los sistemas de distribución. Además, las poblaciones no cuentan con sistemas de tratamiento de los efluentes (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2011).

El mantenimiento de la calidad microbiológica del agua se ha usado para la prevención de enfermedades originadas por el agua en el siglo XX. En el pasado, las medidas de correlación microbiológica; relacionaron la calidad del agua con los riesgos de contraer enfermedades gastrointestinales (Vásquez, 2001).

Algunos trabajos recientes sugieren que las enfermedades gastrointestinales están más estrechamente asociadas con la presencia de *Enterococcus* que con *E. coli*. Nuevas enfermedades, como la Criptosporidiosis, han causado brotes de enfermedades originadas por el agua cuando los parámetros microbiológicos convencionales son satisfactorios. Por lo tanto, es recomendable considerar la posibilidad de regular la calidad sanitaria del agua en función de otros tipos de parámetros en los que se incluyan estos nuevos tipos de organismos, además de los ya establecidos. Una amplia variedad de bacterias patógenas pueden encontrarse en las fuentes de suministro de agua y aguas residuales (Vásquez, 2001).

Los brotes de enfermedades originadas por el agua se siguen presentando. Entre las bacterias que pueden ser transmitidas por el agua son: *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Campylobacter* spp., *Escherichia coli* enteropatógena, *Vibrio* spp., *Leptospira* spp., además de *Yersinia* spp. Entre las bacterias no entéricas, una familia recientemente reconocida de *Legionellaceae* está ampliamente distribuida en ambientes acuáticos, y se han reportado brotes de neumonías asociadas con agua de la llave y transmisión por la vía aérea. Si bien algunos microorganismos peligrosos forman parte de la microbiota natural del suelo o del ambiente, la vía fecal o urinaria (humano, animal de producción, domésticos o salvajes) es la

principal fuente de contaminación y que llega a las frutas y hortalizas fundamentalmente a través del agua usada en riegos o lavados).

En condiciones naturales, el agua no se contamina bacterias patógenas. Estas están presentes en las heces, alcanzan el agua acompañadas de gran cantidad de materia orgánica y de gran variedad y abundancia de otras bacterias. Deben utilizarse cultivos selectivos ya que ejercen efectos bacteriostáticos sobre los microorganismos patógenos. Esto unido al efecto antagónico de la microbiota asociada, aumenta la probabilidad de frustrar el aislamiento que se pretende llevar a cabo (Vásquez, 2001).

Normalmente, las bacterias de *E. coli* son parte de la microbiota normal del intestino de humanos y otros animales. En los seres humanos destruye las paredes intestinales y puede causar el síndrome urémico hemolítico, que ataca a los niños, algunas veces de manera fatal. En la práctica tiene poca importancia la diferenciación de las especies de uno o del otro grupo, a pesar de que por mucho tiempo se consideró a *Escherichia coli* como huésped intestinal, en tanto que *Enterobacter aerogenes* como coliforme no fecal (Vásquez, 2001).

En caso de disponerse solamente de aguas con algún grado de contaminación, se ha demostrado que el riego por goteo enterrado (no en superficie) es el aconsejable evitando mojar el follaje o partes comestibles. El uso de estiércoles o residuos cloacales como enmiendas o fertilizantes orgánicos así como la presencia de animales en el lote de producción es otra fuente de contaminación. Las aguas servidas y residuos municipales sólo deberían usarse si se dispone de un método efectivo de esterilización (López, 2003).

La producción frutihortícola es altamente demandante de mano de obra, y las condiciones higiénicas a las que los operarios y trabajadores rurales están expuestos constituyen otra posible fuente de contaminación. El tipo de producto también tiene influencia. Por ser más ácidas, las frutas tienden a ser colonizadas por hongos, mientras que en las hortalizas predominan las bacterias. Las plantas bajas o rastreras como la fresa y hortalizas de hoja en general, están más expuestas a la

contaminación por el suelo, agua de riego y animales que las de alto porte, por ejemplo árboles frutales (López, 2003).

d. Riesgos microbiológicos asociados a la falta de higiene en las manos

La falta de higiene y la carencia o el mal funcionamiento de los servicios sanitarios son algunas de las razones por las que la diarrea es un importante problema de salud en países en desarrollo. El agua y los alimentos contaminados se consideran como los principales vehículos involucrados en la transmisión de bacterias, virus o parásitos. Los organismos transmitidos por el agua habitualmente crecen en el tracto intestinal y abandonan el cuerpo por las heces. Como que se puede producir la contaminación fecal del agua (si ésta no se trata adecuadamente) antes de consumirla, el organismo patógeno puede penetrar en un nuevo hospedero. Como el agua se utiliza para el lavado de manos, puede ser infecciosa aun cuando contenga una pequeña cantidad de organismos patógenos. Los microorganismos patógenos que prosperan en el agua pueden contaminar las manos de los manipuladores de alimentos, por esta razón es fundamental la calidad del agua utilizada para el lavado de manos (Mondaca & Campos, 2004).

Para el control del lavado de manos existen métodos microbiológicos específicos que evalúan la presencia de microorganismos en ellas, como por ejemplo la técnica por contacto directo en agar cromocult que es la utilizada en el presente proyecto (Pouch & Ito, 2001).

Otros datos disponibles indican que la mayoría de los brotes de enfermedades originadas por alimentos se presentan como resultado de un mal manejo de los alimentos, en restaurantes, proveedores de alimentos, lonches (en escuelas, hospitales, casas de asistencia, prisiones, entre otros.), tiendas o por vendedores ambulantes en la calle. Según las estadísticas de un estudio efectuado, el 60% del personal que sirve alimentos no se lavan las manos adecuadamente. Las manos de los que manejan alimentos deben mantenerse limpias y deberán evitar entrar en contacto con los alimentos siempre que sea posible (Flores, 2002).

1. La verificación

Es el aspecto clave en el control del riesgo microbiológico, verificar que las medidas de prevención se estén aplicando en forma continua. Si la verificación falla, el riesgo aparece, por lo que se requiere nuevamente de la capacitación de las personas (Adonis, 2006).

D. Buenas Prácticas Agrícolas -BPA's-

Las BPA's son un conjunto de prácticas generales destinadas a prevenir, reducir o controlar los peligros de contaminación biológica, química o física en la producción, cosecha, acondicionamiento, empaque, transporte y almacenamiento de productos frutas frescas, preservando el medio ambiente, la salud, seguridad y bienestar de los trabajadores. En un programa de Buenas Prácticas Agrícolas se incluyen temas como las condiciones generales de los campos de cultivo, uso adecuado de plaguicidas y fertilizantes, procedencia y manejo de agua, monitoreo y manejo integrado de plagas, enfermedades, prácticas de cosecha, higiene del trabajador, entre otras (FDA, 1999).

1. Ventajas

Dentro de las ventajas de las BPA's se puede mencionar: permite la producción de alimentos inocuos y estar preparado para exportar a mercados exigentes; mejores oportunidades y precios; en el futuro próximo, probablemente se transforme en una exigencia para acceder a dichos mercados; mejor gestión (administración y control de personal, insumos, e instalaciones, entre otros) del terreno, en términos productivos y económicos. Aumento de la competitividad de la empresa por reducción de costos (menores pérdidas de insumos, horas de trabajo, tiempos muertos, entre otros); induce al mejoramiento de los procesos productivos, al contarse con nueva información que permite una mejora continua de la gestión; permite reducir la cadena comercial (menos intermediarios) al habilitar la entrada directa a supermercados, empresas exportadoras, entre otros. Y mejoran la imagen ante los compradores (oportunidades de nuevos negocios); aumenta las ganancias por el valor agregado que se les aplica a los productos; previene y minimiza el rechazo de los productos y mejora la imagen de los productos (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2004).

2. Desventajas

La implementación de las BPA´s también conlleva consigo algunas desventajas, dentro de las cuales se pueden mencionar el alto costo de la adopción de BPA´s, ya que hay que hacer frente a los costos de implementación, infraestructura, costos fijos, entre otros; requiere un cambio cultural del personal involucrado (compromiso, uso de registros, cambio de hábitos higiénicos, entre otros) que significa un costo en tiempo y dinero; capacitación del personal superior de la empresa y luego de los trabajadores, lo que de nuevo significa costos en tiempo y dinero; exige cumplir con la normativa nacional (normas ambientales y sanitarias, entre otras); y la necesidad del uso de largos períodos de tiempo para implementar las BPA´s (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2004).

E. Inocuidad de alimentos

1. Generalidades

Se ha incrementado la preocupación por garantizar el consumo de alimentos sanos con bajo nivel de contaminantes, bajas poblaciones de microorganismos, elaborados con buenas prácticas de manufactura o agrícolas y altos niveles de calidad, todo esto englobado en el término de inocuidad de alimentos. La identificación del riesgo es la identificación del agente biológico capaz de causar los efectos adversos para la salud que pueden estar presentes un determinado alimento o grupo de alimentos. La inocuidad de alimentos hace referencia al consumo de alimentos de bajo nivel de microorganismos patógenos que pueden causar enfermedades gastrointestinales, hepáticas o desordenes dentro del metabolismo del humano (Domínguez, 2002).

En Guatemala se han reportado únicamente 145 casos por contaminación de alimentos. Esto se da debido al bajo control de registros sanitarios que se tiene de los productos alimenticios, a esto también se suma que en su mayoría las personas no asisten a un centro de salud o simplemente no se reporta o investiga el motivo de la enfermedad. Los registros indican que las principales enfermedades transmitidas por los alimentos son Hepatitis, Fiebre tifoidea, Salmonelosis, intoxicación por plaguicidas y por tejidos vegetales (Domínguez, 2002).

Según información del Codex Alimentarius el cual advierte que la incidencia de enfermedades transmitidas por alimentos puede ser 300 a 350 veces superior al número de casos notificados por todo el mundo. La contribución del Codex

Alimentarius es la de proporcionar normas para el manejo de residuos de plaguicidas productos veterinarios, aditivos, inspecciones y métodos de muestreo de productos alimenticios, estableciendo la base de normas internaciones vigentes. La comisión del Codex Alimentarius define la evaluación de riesgos como un proceso basado en conocimientos científicos que consta de las siguientes fases: determinación del peligro, caracterización del peligro, evaluación de la exposición y caracterización del riesgo (Cahill, 2002).

Para asegurar la producción de cultivos con vista a la inocuidad de alimentos es importante tener en cuenta prerrequisitos como las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), procedimientos operacionales estándares de sanitización (POES) y el análisis de riesgos y puntos críticos de control (HACCP). La norma ISO 22000 específica y define los requerimientos necesarios para obtener un sistema de gestión de seguridad alimentaria, por lo tanto las BPA's se deben realizar en el campo para obtener la certificación de ISO 22000, con lo cual se reducen los riesgos de trasladar microorganismos con la cosecha. Dentro de los vehículos en los cuales se trasladan los patógenos hacia los cultivos se encuentra: el suelo, el agua de mala calidad, las heces (tanto animales como humanas), presencia de animales en los campos de cultivo, las áreas de producción pecuaria, el equipo contaminado y los trabajadores (Finex, 2000).

La contaminación biológica es causada por microorganismos patógenos (bacterias, virus y parásitos) que pueden ocasionar un riesgo en la salud humana. Las fuentes de contaminación biológica en el campo pueden provenir del agua contaminada, el estiércol y la materia orgánica no tratada adecuadamente y la falta de salud e higiene del personal (Finex, 2000). La contaminación química se produce mediante el uso irracional de plaguicidas o productos veterinarios que trasladan residuos de ingredientes activos hacia el organismo. Es importante observar, además de la dosificación que la casa comercial recomienda, si los plaguicidas a utilizar cuentan con el registro de EPA (Agencia de Protección Ambiental) extendido por la FDA (Administración de Alimentos y Fármacos) (Domínguez, 2002).

La calidad e inocuidad de los alimentos es una cuestión de importancia mundial que exige una respuesta integrada y global. Pero la respuesta a los peligros de origen

alimentario, que no conocen fronteras geográficas, está a la vuelta de la esquina: en las granjas, campos, huertas y ríos, cualquiera que sea su tamaño o amplitud, donde se producen o crían nuestros alimentos. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) aboga por un nuevo enfoque global, el "enfoque de la cadena alimentaria", para garantizar que la comida esté libre de peligros de origen alimentario, que van desde los plaguicidas a las sustancias químicas de origen industrial, pasando por bacterias no deseadas y agentes contaminantes (Domínguez, 2002).

El control de la seguridad de los alimentos se ha realizado tradicionalmente sobre puntos intermedios de la cadena alimentaria, donde se consideraba que había mayor riesgo, pero nunca en el principio o final de la misma. La mayor sensibilización del consumidor ha provocado un mayor nivel de exigencia de forma tal que la seguridad del consumidor es el motor de desarrollo de cadenas alimentarias más seguras. Surgió así una nueva forma de abordar el problema, con un enfoque global y un tratamiento integral del consumo de alimentos que va del campo a la mesa. Apareció así la necesidad de la trazabilidad o rastreabilidad de los alimentos, para poder identificar el origen de un alimento y poder seguirle la pista a lo largo de toda su vida útil (Agencia Española de Seguridad Alimentaria, 2011).

La clave para asegurar la producción de alimentos inocuos es reforzar todos y cada uno de los eslabones del complejo proceso de la producción de alimentos hasta que llegan al consumidor, que incluye desde el modo de plantar o criar, hasta la cosecha, la recogida, la elaboración, el empaquetado, la venta y el propio consumo (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2003).

Del enfoque de la FAO forma parte la adopción de Buenas Prácticas que establecen los principios básicos para la explotación del suelo, entre ellos la ordenación de suelos y recursos hídricos, cultivos y producción animal, almacenado, elaboración y eliminación de residuos. El objetivo del enfoque de la cadena alimentaria, que incluye estas técnicas agrarias, es garantizar su transparencia y la prevención, antes que la cura, de las crisis mundiales de alimentos (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2003).

En el caso de los peligros microbiológicos, el Codex ha elaborado normas, directrices y recomendaciones en las que se describen los procesos y procedimientos para la preparación de alimentos inocuos. Mediante la aplicación de estas normas, directrices y recomendaciones se busca prevenir o eliminar los peligros que puedan entrañar los alimentos, o reducirlos a niveles aceptables (Escalona, 2005).

Entre las enfermedades potencialmente transmitidas por el agua y los alimentos de origen microbiológico se pueden mencionar helmintiasis, hepatitis, giardiasis, infecciones intestinales, brucelosis y fiebre tifoidea. La contaminación de alimentos es, en muchos casos, el resultado de problemas ambientales más generales de contaminación, de la falta de una infraestructura sanitaria y de una higiene adecuada, de la ausencia de buenas prácticas de manejo y cuidado de los alimentos, y del empleo de sistemas de riego, fertilización, recolección, transporte y almacenamiento que se traduce en altos riesgos para el consumidor (Cahill, 2002).

Más de 200 enfermedades conocidas son transmitidas a través de alimentos. Las causas de enfermedades de origen alimentario incluyen: bacterias, virus, parásitos, toxinas, metales y los síntomas de estas enfermedades van desde ligeras gastroenteritis hasta síndromes de tratamiento neurológicos de por vida, hepáticos y renales (Vásquez, 2001). En los productos agrícolas las enfermedades asociadas que se pueden mencionar son neumonitis, obstrucción intestinal causada por *Ascaris lumbricoides*, meningoencefalitis y septicemia causado por *Listeria monocytogenes*, entre otras (anexo 3) (Cliver, 1993).

2. Enfermedades transmitidas por alimentos

Las enfermedades transmitidas por los alimentos se encuentran entre los problemas de salud pública más extendidos. Sin embargo, sólo una pequeña proporción de estas enfermedades llegan a conocimiento de los servicios de salud, y menos aún son investigados. Se estima que la incidencia de enfermedades transmitidas por los alimentos representa menos del 10 por ciento, y que talvés menos del uno por ciento de la incidencia real. En los países en desarrollo se cuentan menos casos, principalmente debido a la pobreza y la falta de recursos para la gestión de inocuidad de los alimentos y los servicios de control de los alimentos. A pesar del subregistro, el aumento de enfermedades transmitidas por los alimentos en muchas partes del mundo

y la aparición de problemas de origen alimentario nuevo o reconocidos recientemente han sido identificados. Estos problemas de crecimiento pueden ser biológicos o químicos en la naturaleza (Taeymans, 2000).

Los microorganismos, de los cuales un pequeño porcentaje son patógenos, están en todas partes y contaminan a los productos agrícolas alimentarios crudos. Algunos de estos microorganismos posiblemente sean capaces de sobrevivir los tratamientos para su conservación. También, los seres humanos pueden introducir patógenos en los alimentos, durante la producción, el procesamiento, la distribución y/o la preparación de los mismos. Por lo tanto, cualquier alimento, ya sea crudo o procesado - para aumentar su calidad e inocuidad- puede presentar algún nivel de riesgo, para poder causar enfermedades transmitidas a través de los alimentos, si no se maneja apropiadamente antes de su consumo (Cliver, 1993).

Todas las personas involucradas en la industria alimentaria –desde el productor hasta la persona que prepara el alimento– deben reconocer la necesidad de vigilancia para controlar los riesgos microbiológicos, a fin de reducir las enfermedades transmitidas a través de los alimentos. Cada persona juega un papel significativo en la inocuidad de los alimentos, ya sea al cosecharlos, almacenarlos, prepararlos o servirlos (Cliver, 1993).

3. Microorganismos indicadores

La importancia de los alimentos inocuos se refiere a la posible presencia de aquellos microorganismos patógenos que pueden utilizar el agua como vehículo de diseminación; principalmente bacterias intestinales. El agua es utilizada como medio de eliminación de excretas y otros desechos; puede también contener microorganismos indicadores. Tales microorganismos son destruidos por los mismos mecanismos y medios que suelen utilizarse cuando se tratan las aguas por el proceso ordinario de potabilización (Taeymans, 2000).

Se ha empleado el grupo coliformes como un indicador del grado de contaminación y por lo tanto, de la calidad sanitaria. Pertenecen al grupo coliformes los bacilos aerobios o anaerobios facultativos, gram negativo, no esporulados, que fermentan la lactosa con producción de gas dentro de las 48 horas de incubación a 35 °C. Las condiciones

impuestas en la definición anterior son satisfechas por diferentes géneros y especies de bacterias, entre los cuales pueden citarse: *Escherichia coli*, *E. freundii*, *Enterobacter aerogenes*, *E. cloacae*, *Klebsiella pneumoniae* y *Citrobacter* spp. Bajo estas condiciones, se excluyen aquellos organismos coliformes cuyo origen no sea intestinal (Taeymans, 2000).

El empleo de los organismos coliformes como grupo indicador de contaminación fecal, se fundamenta en el hecho de encontrarse presentes en el intestino y en las heces de los animales de sangre caliente en mayor número que las bacterias patógenas, siendo incapaces de multiplicarse en aguas limpias. Su presencia no indica obligatoriamente la existencia de patógenos en el agua; más bien representa una medida de la posibilidad de que existan patógenos en el agua en el momento de efectuarse el muestreo o quizás en otro posterior. Por otra parte, se ha sugerido que el concepto de coliformes fecales debería desaparecer y proponen que el término «coliformes termoestables o termotolerantes» sea un descriptor más apropiado (Taeymans, 2000).

a. Las características de los coliformes totales y otros

Los miembros de la familia *Enterobacteriaceae* son bacilos gram negativos, inmóviles o móviles con flagelos peritricos que se desarrollan en medios artificiales y todas las especies forman ácido o ácido y gas a partir de glucosa. Las bacterias coliformes son bacilos cortos, gram negativos que fermentan la lactosa y forman ácido y gas (Chacón & Villareal, 2008 y Gerba, 2002).

Los coliformes llegan al medio ambiente por las heces de humanos y animales, hay muchos coliformes de vida libre. Se considera que todas las bacterias coliformes tienen importancia en el agua desde el punto de vista sanitario (Phillip & Russell, 2001). El grupo coliforme es constante, abundante y casi exclusivo de la materia fecal, sin embargo, las características de sobrevivencia y la capacidad para multiplicarse fuera del intestino también se observan en aguas potables. Por lo anterior, el grupo de coliforme se utiliza como indicador de contaminación fecal en agua; conforme a mayor sea el número de coliformes en agua, mayor será la probabilidad de estar frente a una contaminación reciente (Gerba, 2002 y Phillip & Russel, 2001). El grupo de bacterias coliformes totales comprende todos los bacilos gram negativos aerobios o anaerobios facultativos, no esporulados que fermentan la

lactosa con producción de gas en un lapso máximo de 48hrs. A 35°C en la que se encuentran *Enterobacter*, *Escherichia*, *Citrobacter* y *Klebsiella* (Phillip & Russel, 2001 & Anthony, 2002).

b. Bacterias coliformes termotolerantes

Las bacterias del grupo de los coliformes que son capaces de fermentar lactosa a 44-45 °C se conocen como coliformes termotolerantes. En la mayoría de las aguas, el género predominante es *Escherichia*, pero algunos tipos de bacterias de los géneros *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter* también son termotolerantes. *E. coli* se puede distinguir de los demás coliformes termotolerantes por su capacidad para producir indol a partir de triptófano o por la producción de la enzima β -glucuronidasa (Sueiro, 2005).

La *E. coli* está presente en concentraciones muy grandes en las heces humanas y animales, y raramente se encuentra en ausencia de contaminación fecal, aunque hay indicios de que puede crecer en suelos tropicales. Entre las especies de coliformes termotolerantes, además de *E. coli*, se encuentran otros microorganismos ambientales. Se considera que *E. coli* es el índice de contaminación fecal más adecuado. En la mayoría de las circunstancias, las poblaciones de coliformes termotolerantes se componen predominantemente de *E. coli*; por lo tanto, este grupo se considera un índice de contaminación fecal aceptable, pero menos fiable que *E. coli*. Esta bacteria (o bien los coliformes termotolerantes) es el microorganismo de elección para los programas de monitoreo para la verificación, incluidos los de vigilancia de la calidad del agua de consumo (Sueiro, 2005).

Estos microorganismos también se utilizan como indicadores de una desinfección adecuada, pero los análisis son mucho más lentos y menos fiables que la medición directa de la concentración residual de desinfectante. Además, *E. coli* es mucho más sensible a la desinfección que los protozoos y virus entéricos (Sueiro, 2005).

c. *Escherichia coli*

La *E. coli* es un microorganismo que tiene la característica de ser indicador de contaminación fecal, es un bacilo gram negativo que se encuentra clasificado

dentro de la familia *Enterobacteriaceae* (bacterias entéricas), existe como comensal en el intestino delgado de humanos y animales. Sin embargo hay algunas cepas de *E. coli* que pueden provocar enfermedades diarreicas. Los coliformes son un grupo de especies bacterianas que tiene ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos, se encuentra principalmente en el intestino de los humanos y de los animales (Phillip & Russel, 2001).

1) *Escherichia coli* O157:H7 conocida como la *E. coli* enterohemorrágica (EHEC), este patógeno produce toxinas conocidas como verotoxinas. El ganado parece ser el principal reservorio. La transmisión a humanos es principalmente a través del consumo de alimentos contaminados, como los productos de carne cruda o poco cocida y leche cruda. La contaminación fecal de agua y alimentos, así como la contaminación cruzada durante la preparación de alimentos, pueden conducir a la infección, al igual que el contacto de persona a persona. Es una causa importante de diarrea con sangre y no con sangre y, a menudo lleva a complicaciones a largo plazo, tales como el síndrome hemolítico urémico (Taeymans, 2000).

2) *Escherichia coli* enteroagregativa: *E. coli* enteroagregativa (CEEA) reconocen cada vez más como un agente de una diarrea acuosa mucóide - especialmente en los niños - en el desarrollo y, recientemente, los países industrializados. Es particularmente asociados con diarrea persistente (que dura más de 14 días), una de las principales causas de enfermedad y muerte. Se cree que CEEA se adhiere a la mucosa intestinal y elabora enterotoxinas y citotoxinas, que se traducen en diarrea secretora y daño de la mucosa. Los alimentos pueden ser solamente un medio de transmisión de la enfermedad (Taeymans, 2000).

4. Otros microorganismos transmitidos por alimentos

Las medidas de control para los problemas de origen alimentario requieren un conocimiento profundo de los agentes causantes. Si bien los problemas más destacados emergentes son de origen microbiano, otros biológicos, así como los agentes químicos son una causa de preocupación (Taeymans, 2000). Entre los microorganismos más frecuentes encontrados están:

a. Bacterias

1. ***Listeria monocytogenes***: este microorganismo se ha aislado en varios ambientes, incluyendo la vegetación en descomposición, suelo, alimentos para animales, aguas residuales y el agua. Es resistente a diversas condiciones ambientales y puede crecer a temperaturas tan bajas como 3 °C. Se encuentra en una amplia variedad de alimentos crudos y procesados – como vegetales listos para comer, la leche y quesos, carne (incluidas las aves) y productos cárnicos, pescados y mariscos y productos de pescado - donde se puede sobrevivir y multiplicarse rápidamente durante el almacenamiento (Taeymans, 2000).

La L. monocytogenes es responsable de las infecciones oportunistas, que afectan preferentemente a las personas cuyo sistema inmunitario está perturbado, incluidas las mujeres embarazadas, los recién nacidos y los ancianos. Es una importante causa de meningitis, encefalitis o septicemia y, cuando las mujeres embarazadas están infectadas, puede conducir al aborto, muerte fetal o parto prematuro (Taeymans, 2000).

2. ***Salmonella enteritidis***: esta bacteria es la causa dominante de la salmonelosis humana en muchas partes del mundo. Las aves de corral, los huevos y los ovoproductos, en particular, están contaminados, pero el microorganismo también se ha encontrado en otros alimentos como los helados. La contaminación cruzada, la cocción insuficiente y procedimientos inadecuados de enfriamiento promover la difusión y el crecimiento de la *Salmonella* durante el procesamiento y manipulación. Una característica importante de *S. enteritidis* es su capacidad para contaminar el contenido de cáscaras de huevo intacto. Manifestación de la enfermedad incluye la enfermedad invasiva y la artritis reactiva (Taeymans, 2000).

3. ***Campylobacter jejuni***: la mayoría de infecciones esporádicas con este patógeno están asociados con la preparación incorrecta o el consumo de mal manejo de productos avícolas. La mayoría de los brotes de *C. jejuni*, que son mucho menos comunes que las enfermedades esporádicas, están asociados con

el consumo de leche cruda o no clorada el agua. Campilobacteriosis puede conducir al síndrome de Guillain-Barré, una de las causas de la parálisis flácida. Los depósitos de este organismo son las aves, bovinos, porcinos, ovinos, roedores y aves (Taeymans, 2000).

4. ***Shigella spp.***: también conocido como disentería bacilar, es una enfermedad infecciosa causada por la bacteria *Shigella*. Cuatro tipos principales de *Shigella* ocasionan infección: *Shigella dysenteriae*, *S. flexneri*, *S. boydii*, y *S. sonnei*. Los síntomas de la shigelosis son fiebre, cansancio, diarrea aguda o sanguinolenta, náuseas, vómito y dolor abdominal. Los síntomas usualmente comienzan a los dos días después de estar expuesto al microorganismo. Los síntomas generalmente se pasan dentro de 5 a 7 días. Las personas con infecciones leves generalmente se mejoran rápidamente, sin tomar medicina (Marburg, 2010).

Los vegetales se pueden contaminar a partir de agentes externos como excretas de animales e incluso con el uso de agua contaminada utilizada para el riego. La microbiota de los vegetales varía, pero generalmente está formada por especies de *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium*, *Achromobacter*, *Micrococcus* y bacterias coliformes y lácticas. Las bacterias lácticas incluyen especies de *Lactobacillus*, *Leuconostoc* y *Streptococcus*. También se encuentran especies de *Bacillus*, levaduras y otros hongos (Lomelí, 2000).

b. Virus

1. **Hepatitis A**: es una enfermedad del hígado causada por el virus de la hepatitis A (VHA). Se transmite por el contacto con deposiciones de otro enfermo, por falta de higiene en el hogar o bien el consumo de alimentos contaminados y deficientemente lavados (como verduras regadas con aguas no tratadas o en contacto con vectores, como moscas o cucarachas). Puede afectar a cualquier persona y tener carácter epidémico en aquellos lugares que no cuenten con tratamiento adecuado de sus aguas servidas (Marburg, 2010).
2. **Hepatitis E**: el virus de la hepatitis E (VHE) usualmente entra al cuerpo a través del agua o los alimentos, especialmente los mariscos crudos, que ha sido contaminada por aguas residuales. La actividad anti-VHE se ha determinado en

el suero de un número de animales domésticos en las zonas de alta endemia de infección humana, lo que indica que esto puede ser una zoonosis emergente. Norwalk virus: estos agentes causan enfermedad leve a moderada con síntomas gastrointestinales. Los brotes han sido asociados con el consumo de agua potable contaminada y los alimentos, especialmente los mariscos crudos o mal cocidos (Taeymans, 2000).

3. **Rotavirus humanos (RVH):** son la principal causa de mortalidad infantil en el mundo. Típicamente, un 50-60% de los niños hospitalizados con gastroenteritis aguda en todo el mundo están infectados por el RVH. La infección aguda se manifiesta repentinamente con una diarrea acuosa intensa acompañada de fiebre, dolor abdominal y vómitos; pueden producirse deshidratación y acidosis metabólica, y si la infección no se trata adecuadamente puede ser mortal. Los virus han sido detectados en aguas residuales, ríos, lagos y agua de consumo tratada (Gerba, 1996).

Los RVH se transmiten por vía fecal–oral. Al parecer, la transmisión de persona a persona y la inhalación de VRH atmosféricos o de aerosoles que contienen los virus son mucho más importantes que la ingestión de agua o alimentos contaminados. Esto se ve confirmado por la transmisión de infecciones en plantas de pediatría de hospitales, que es mucho más rápida de lo que sería explicable por la ingestión de alimentos o agua contaminados por las heces de pacientes infectados. La importancia del agua contaminada en la transmisión es menor de lo esperado, dada la prevalencia de infecciones por RVH y su presencia en el agua contaminada. Sin embargo, se han descrito brotes ocasionales de origen hídrico o alimentario (Gerba, 1996).

c. Parásitos

Toxoplasma gondii: los principales portadores de este parásito son los gatos, y la infección humana se produce cuando se hace contacto con sus heces. También puede ocurrir a través de la ingestión de carne cruda o mal cocida de huéspedes intermediarios, como los roedores, cerdos, vacas, cabras, pollos y aves. La toxoplasmosis en los seres humanos a menudo produce síntomas semejantes a la mononucleosis, pero la infección transplacentaria puede resultar en muerte fetal si se produce al principio del embarazo. En la infección por

individuos inmunocomprometidos puede causar neumonitis, miocarditis, meningoencefalitis, hepatitis, coriorretinitis o combinaciones de estos. La toxoplasmosis cerebral se ve a menudo en pacientes con SIDA y constituye un factor de riesgo en las áreas rurales guatemaltecas (Taeymans, 2000).

1. Protozoos:

a. ***Cryptosporidium parvum***: el modo de transmisión de este protozoo coccidio es fecal a oral, incluidos los medios transmitidos por el agua y transmitidos por los alimentos. Los reservorios son los seres humanos y animales domésticos, incluyendo el ganado. Los ooquistes pueden sobrevivir en el ambiente por largos períodos de tiempo, sino que siguen siendo infecciosos y son capaces de resistir los productos químicos utilizados para purificar el agua potable. Pueden, sin embargo, ser suprimidos del suministro de agua por filtración. Los síntomas de cryptosporosis en seres humanos incluyen fiebre, diarrea, dolor abdominal y anorexia. La enfermedad suele remitir en 30 días, pero puede ser prolongada y continuar hasta la muerte en personas inmunodeficientes (Taeymans, 2000).

b. ***Cyclospora cayetanensis***: este coccidio se produce en todo el mundo en aguas tropicales y causa una acuosa y explosiva a veces, la diarrea en los seres humanos. Se asoció inicialmente con la transmisión por el agua sino que también ha sido relacionado con el consumo de frambuesas, lechuga y albahaca fresca. El período de incubación es de una semana después de la ingestión del alimento contaminado y el agente se elimina en las heces por más de tres semanas (Taeymans, 2000).

Cabe mencionar un caso en el que Guatemala fue sospechosa de exportar berries contaminadas con *Cyclospora cayetanensis* hacia Estados Unidos afectando el mercado de berries hacia cualquier otro país. El problema surge de un brote en California donde se involucró un pastel hecho con fresas de la localidad con frambuesas guatemaltecas. Los productores de fresas californianas sí pudieron demostrar la proveniencia de sus fresas ya que poseían un buen registro de la cadena de producción, en cambio, no se pudo demostrar la proveniencia de las frambuesas guatemaltecas. Hay que resaltar que las frambuesas nunca tuvieron ningún problema con *Cyclospora* pero la

falta de registro afectó el mercado de berries en general obligando a los productores a retirarse del mercado (Secretaría Presidencial de la Mujer, 2004).

c. ***Entamoeba histolytica***: los quistes de *E. histolytica* son alrededor son de alrededor de 10 a 15 μm (micras) de tamaño (ligeramente mayores que los quistes *Giardia*). Cuando se ingiere, la *Entamoeba* puede producir disentería amébrica con síntomas que van desde la diarrea aguda sangrienta y fiebre hasta la enfermedad gastrointestinal. Ocasionalmente, el organismo puede producir úlceras y después invadir el torrente sanguíneo, produciéndose efectos más serios. Sin embargo, la mayoría de los individuos afectados no presentan síntomas clínicos. En contraste con el caso de *Giardia* y *Cryptosporidium*, los animales no son receptores de la *E. histolytica*, de modo que el potencial para la contaminación de origen hídrico es relativamente bajo, especialmente si las prácticas de tratamiento de alcantarillado son adecuadas. De acuerdo con el CDC, cerca de 3000 casos de amebiasis se producen normalmente en Estados Unidos cada año y los brotes de enfermedades de origen hídrico producidos por *E. histolytica* son infrecuentes. El último brote informado ocurrió en 1984 (cuatro casos) como resultado de un pozo contaminado (Letterman, 2002).

d. ***Giardia lamblia***: los quistes de *Giardia lamblia* son ovoides y de aproximadamente 7.6 a 9.9 μm (micras) de ancho y 10.6 a 14 μm de longitud. Cuando es ingerido, *Giardia* puede producir giardiasis, una enfermedad gastrointestinal que se manifiesta por diarrea, fatiga, calambres. Los síntomas pueden persistir de unos pocos días a meses. La dosis infecciosa para la giardiasis basada en estudios de alimentación es de 10 quistes o menos. El agua puede ser un vehículo fundamental para la transmisión de la giardiasis, aunque el contacto persona a persona y otras vías son más importantes.

El hombre y los animales, particularmente las ratas, son huéspedes para los quistes *Giardia*. Los quistes *Giardia* pueden permanecer inefectivos en el agua de uno a tres meses. Los quistes *Giardia* son considerablemente más resistentes al cloro que las bacterias coliformes. Una planta de tratamiento

adecuadamente operada puede alcanzar un 99.9 por 100 de remoción cuando la turbidez del agua tratada está entre 0.1 y 0.2 unidades nefelométricas de turbidez (NTU) (Letterman, 2002).

2. Helmintos

- a. ***Trichiuris trichiura***: se transmite por la tierra consumiendo verduras de hoja mal lavadas, alimentos contaminados o debido a una inadecuada higiene de manos.

El elemento infectante es el huevo embrionado. Una vez ingerido, en el intestino se liberan las larvas y se transforman en gusanos adultos, de cuya cantidad depende las manifestaciones clínicas de la enfermedad. Cuando el número de gusanos es grande (300) puede haber diarrea y llegar hasta parecer una disentería con moco, pus y sangre en la materia fecal. En los niños puede producirse prolapso rectal. El diagnóstico se establece mediante el hallazgo de huevos en las heces. La recolección se hace en forma seriada (Acuña & Calegari, 2003).

- b. ***Ascaris lumbricoides***: se presenta especialmente en lugares donde las condiciones sanitarias son inapropiadas. Afecta principalmente a los niños, en los cuales puede producir obstrucción intestinal. Se transmite por la ingesta de verduras y alimentos contaminados con tierra. Los parásitos adultos (macho y hembra) viven en el duodeno y en el yeyuno proximal. Los parásitos pueden migrar al hígado y producir abscesos y obstrucciones. La migración hacia el apéndice puede dar apendicitis. El diagnóstico se realiza encontrando los huevos en las heces o por el gusano adulto, los cuales pueden salir con las deposiciones o ser vomitados (Acuña & Calegari, 2003).

- c. ***Uncinarias***: las dos especies causantes de enfermedad en el hombre son *Ancylostoma duodenale* y *Necator americanus*; las larvas filariformes pueden penetrar a través de la piel desde el suelo. Las manifestaciones clínicas son variadas: escozor y enrojecimiento de la piel, síntomas gastrointestinales como diarrea. Se produce una anemia debido a que el parásito produce laceración de la mucosa intestinal por lo tanto hay una pérdida de sangre constante. El diagnóstico: se produce por el hallazgo de huevos en las heces.

En muestras conservadas que no se miran rápidamente pueden encontrarse larvas libre (Acuña & Calegari, 2003).

- d. ***Strongyloides stercoralis***: las larvas penetran por la piel. Se ubican en la mucosa del duodeno y yeyuno. Las manifestaciones clínicas de esta parasitosis son variadas produciendo prurito en la piel y eosinofilia. En los inmunosuprimidos la autoinfección interna se hace muy intensa (hiperinfección) siendo a menudo fatal. El diagnóstico se realiza en la materia fecal se encuentran larvas y no huevos (Acuña & Calegari, 2003).

3. Otros agentes

Otros problemas relacionados con los alimentos o agentes, como *Aeromonas*, pero las diferencias de opinión en cuanto a lo que se considera emergentes no tendrá ningún impacto sobre las cuestiones fundamentales en juego (Taeymans, 2000).

F. Análisis Microbiológico de tomate y fresa

1. Muestreo

- a. **Manual**: consiste en un equipo mínimo, pero costoso y lento para la escala de rutina o grandes programas de muestreo. Se requiere que los técnicos de campo estén entrenados o formados con lo que se está investigando, por lo que es necesario a menudo investigar sobre las regulaciones para dar una valoración crítica de las condiciones de campo así como también es necesario que se estudien las técnicas de toma de muestra, ya que esas son esenciales. Se debe recoger manualmente algunas muestras, como el agua que contienen aceite y grasa (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2005).

2. Recipientes para muestras

El tipo de recipiente utilizado para la muestra es de suma importancia. Los contenedores comúnmente están hechos de plástico o vidrio, pero un material puede ser preferible sobre otro dependiendo el tipo de muestra. Los recipientes deben estar esterilizados (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2005).

3. Algunos métodos utilizados para el análisis de microorganismos indicadores

Existen diversos métodos para el recuento de microorganismos de acuerdo a los diferentes tipos de muestras, las cuales pueden dividirse en dos grandes grupos que son: métodos directos y métodos indirectos. Los métodos indirectos entre los que se encuentra el recuento de células viables en placa o simplemente Cuenta Viable en Placa (CVP) la cual puede realizarse por vaciado en placa o bien por extensión. Se tiene también el Número Más Probable (NMP) y este será el aplicado en la presente investigación, debido a que es un método sencillo que puede aplicarse en múltiples tipos de productos y sus resultados tienen una amplia aproximación (Chacón & Villareal, 2008).

a. Método de Número más Probable

El Número más Probable se basa en que existe la posibilidad de detectar la presencia o ausencia de microorganismos del tipo coliformes en el agua o alimentos, pero no es posible hacer un recuento directo de estos. La técnica se basa en la determinación de presencia o ausencia en réplicas de diluciones consecutivas de atributos particulares de microorganismos presentes en muestras de suelo u otros ambientes. Por lo tanto, un requisito importante de este método es la necesidad de poder reconocer un atributo particular de la población(es) en el medio de crecimiento a utilizarse, este es un método indirecto. La imprecisión del método se puede evaluar utilizando los límites de confianza que aproximan el rango dentro del cual se puede esperar que se encuentre la concentración real de microorganismos (Gerba, 2002).

1. Fundamento

En la determinación de microorganismos coliformes totales por el método del NMP se fundamenta en la capacidad de este grupo microbiano de fermentar la lactosa con producción de ácido y gas al incubarlos a 37°C utilizando un medio de cultivo que contenga sales biliares. Esta determinación consta de dos fases: presuntiva y la confirmativa. La determinación de coliforme total puede ser usada para evaluar la potabilidad de aguas tratadas y como indicador de la calidad bacteriológica de aguas naturales, potables entre otras bacterias indicadoras (Gerba, 2002, Phillip & Russell, 2001 & Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2005).

La cantidad de coliformes es calculado a partir de la observación del crecimiento, tanto con la aparición de turbidez como con la formación de gas, en cultivos en caldo duplicados, inoculados con porciones de un mililitro de diluciones decimales de la muestra. Las cifras que representan resultados positivos con crecimiento en tres diluciones sucesivas, suelen denominarse número significativo, por ejemplo, si se tienen dos tubos positivos en la muestra directa, uno en la dilución 10:1 y otro en la 10:2 se obtiene el número y se coteja con la tabla de Número Más Probable (anexo 4) con lo que resulta un número significativo que es 210 (Chacón & Villareal, 2008).

b. Recuento aeróbico en Placa (RAP)

El recuento de bacterias aerobias es un indicador de la carga bacteriana total del alimento. Los procesos de conteo se basan en la suposición que las células microbianas presentes en una muestra mezclada con un medio sólido forman, cada una independientemente, colonias separadas. Los recuentos deben reportarse como recuentos coloniales, unidad o de unidades formadoras de colonias (Anthony, 2002).

El recuento aeróbico en placa puede ser utilizado en alimentos, leche y agua para determinar los conteos aeróbicos totales de microorganismos y la presencia de coliformes. El control microbiológico de alimentos estudia los microorganismos de los alimentos, sus características generales, su ecología, resistencia al medio ambiente, la capacidad para sobrevivir y desarrollarse en los propios alimentos, así como las consecuencias de ese desarrollo y los factores que influyen en todo ello. Un alimento inocuo significa no sólo la ausencia de agentes patógenos, sino el acúmulo de características organolépticas que proporcionan satisfacción al consumirlos y favorecen la conservación de su máxima capacidad nutritiva (Anthony, 2002).

Existen tres grandes grupos de microorganismos que se deben tomar en cuenta en el campo de control microbiológico de alimentos:

- 1) Aquellos que afectan las características organolépticas de los alimentos, los cuales sirven para determinar las causas que proporcionan el desarrollo de tales microorganismos.
- 2) El grupo de patógenos.
- 3) Microorganismos que se agrupan en función de ciertas características morfológicas, fisiológicas y ecológicas, como indicadores de fuentes de contaminación indeseables o de malas prácticas en el manejo de agua y alimentos (Anthony, 2002).

1). Fundamento

Este permite la determinación de los microorganismos viables presentes en una muestra, siempre que se utilice un medio de cultivo adecuado y que las condiciones de incubación sean correctas (nutrientes, atmósferas y temperatura). Por lo tanto, este método puede aplicarse al recuento de grupos distintos de microorganismos, tales como los microorganismos psicrófilos, mesófilos, termófilos, mohos y levaduras, *Enterococcus* spp., *Staphylococcus* spp. y enterobacterias, entre otros. Este método también llamado Recuento estándar es utilizado para conocer la cantidad de microorganismos presentes en el alimento (Anthony, 2002).

Esta cantidad no guarda relación con la presencia de microorganismos patógenos, por lo que no puede usarse como índice de su presencia y sólo debe considerarse un indicador de las características higiénicas generales del alimento. La interpretación de este método indica que un recuento mayor a lo esperado indica las deficiencias en higiene en las materias primas, preparación o almacenamiento del alimento. Las técnicas de siembra más comúnmente usadas para el recuento de microorganismos viables, son la técnica de esparcido y la de vertido. Para la identificación de microorganismos en alimentos se pueden utilizar las dos, pero se prefiere la de vertido ya que ésta permite el mayor crecimiento de los microorganismos, en cambio la técnica de esparcido permite solamente el crecimiento en la superficie del medio de cultivo (Anthony, 2002).

G. Importancia de la verificación de la higiene de manos

El Codex Alimentarius establece que un punto crítico de control es un punto, etapa o proceso cuyo control puede ser aplicado y los peligros de la seguridad del alimento pueden ser prevenidos, eliminados o reducidos a niveles aceptables. O sea, en todo sistema de elaboración de alimentos un punto crítico de control es todo aquel punto o etapa del provecho cuya pérdida o falta de control resulta en un riesgo inaceptable para la salud, por lo tanto, el lavado de las manos es definitivamente un punto crítico de control. Es decir, si un manipulador de alimentos regresa a su puesto de trabajo desde el baño y tiene patógenos fecales en las puntas de los dedos, cuando toque cualquier alimento listo para comer o para ser procesado habrá una gran posibilidad de producir el brote de una enfermedad transmitida por alimentos-ETAs- (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2005).

Un segundo punto crítico control cuando el empleado luego de manipular un alimentos que está naturalmente contaminado con *Campylobacter jejuni* o con *Salmonella* spp u otro patógeno toca alimentos que serán consumidos sin ningún tratamiento descontaminante (ensaladas, guarniciones) u otro tipo de alimentos ya preparados. Por otra parte, si bien una correcta cocción elimina los patógenos que podrían haberse incorporado al alimento crudo, no es aceptable desde el punto de vista del consumidor que se transfiera materia fecal a los alimentos que éste consumirá. Aun cuando la materia fecal no transporte patógenos, los alimentos que la acarrearán se consideran adulterados (Jiménez & Gonzáles, 1999).

III. JUSTIFICACIÓN

En Guatemala una gran parte de la población se dedican a la agricultura, pero varios de ellos tienen descuidadas las condiciones higiénicas en las que se producen y procesan. Las enfermedades producidas por alimentos contaminados con microorganismos patógenos son un problema para los consumidores que cada vez son más exigentes en la inocuidad y la frescura de los alimentos que consumen. El consumidor se preocupa por la posibilidad de que estos presenten algún tipo de contaminación. Debido a esto es de gran importancia que los agricultores tomen muy en cuenta el producir hortalizas libres de contaminación, para poder vender y ofrecer un producto de calidad. Para obtener productos inocuos se recomienda implementar o utilizar Buenas Prácticas Agrícolas (BPA's).

Las BPA's son de gran ayuda, ya que a través de ellas se disminuye los riesgos microbiológicos asociados a la producción del cultivo, se cuida el medio ambiente y se toma en cuenta la protección de la salud personal.

Debido a la falta de educación, la mayoría de agricultores en esta área rural no practican hábitos de higiene adecuados para el manejo de sus cultivos. Sabiendo que ciertos microorganismos son los causantes de muchas enfermedades transmitidas por alimentos y, esperando evitar estas situaciones en los consumidores, se capacito a los agricultores en temas como la importancia del lavado de las manos y el uso de las BPA's. Con esto los agricultores capacitados compartirán con sus familias la importancia de la higiene de manos para evitar la transmisión de enfermedades. Se evaluó la calidad del agua y los cultivos de tomate y fresa. Además se elaboró una guía de Buenas Prácticas Agrícolas, el cual se compartió a lo largo de las capacitaciones y se les entrego al finalizar, para que se apoyen en esta, cuando sea necesario. Con todo lo anteriormente mencionado se logro determinar los riesgos microbiológicos presentes en los cultivos hidropónicos de tomate y fresa en algunas comunidades de San Miguel Ixtahuacán.

IV. OBJETIVOS

a. General

Disminuir los riesgos microbiológicos en cultivos hidropónicos de tomate y fresa en las comunidades de San Miguel Ixtahuacán, San Marcos.

b. Específicos

1. Evaluar la calidad microbiológica del agua de riego utilizada en el cultivo de tomate y fresa a través del uso de *E. coli* como indicador de contaminación.
2. Evaluar las condiciones de higiene en las manos de los agricultores a través del uso de *E. coli* como indicador de contaminación.
3. Reducir los riesgos microbiológicos asociados al agua de riego e higiene de manos en los cultivos de tomate y fresa a través de la capacitación en Buenas Prácticas Agrícolas de los agricultores del proyecto.

V. HIPÓTESIS

No presenta hipótesis.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Universo de trabajo

Lo constituyo todo el material y personal involucrado en la producción de cultivos hidropónicos de tomate y fresa en un proyecto piloto en San Miguel Ixtahuacán, San Marcos. También se tomó en cuenta el agua utilizada en el riego de los cultivos.

B. Muestra

Estuvo formado por 20 muestras de cultivos de tomate y 20 muestras de cultivo de fresa, ubicados en aldeas aledañas a la Mina Marlin en el municipio de San Miguel Ixtahuacán, San Marcos. Se tomaron 40 muestras del agua utilizada para el riego de los cultivos mencionados anteriormente. También se tomaron 4 muestras de manos a las 10 personas involucradas en la manipulación de dichos cultivos.

C. Recursos

1. Humanos

a. Investigadores

Br. Sirley Victorina Villafuerte Monroy

Br. Jenny Anaité Mauricio Mas

b. Asesores

Dra. Karin Larissa Herrera Aguilar

Lic. Federico Nave

c. Institucionales

Montana Exploradora de Guatemala, S. A.

Laboratorio Microbiológico de Referencia –LAMIR-, Departamento de Microbiología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala

D. Materiales

1. Equipo

a. Lámpara UV

b. Homogeneizador de muestras

c. Incubadoras

d. Mecheros

- e. Campana de flujo laminar
- f. Refrigeradoras
- g. Balanza semianalítica
- h. Balanza
- i. Cámara Quebec
- j. Autoclave

2. Materiales

- Frascos de litro y medio
- Frascos de ½ litro estériles
- Hieleras
- Hielo artificial
- Bolsas Ziploc grandes
- Algodón
- Alcohol al 70%
- Papel parafilm
- Tubos con rosca
- Pipetas de 10 mL
- Macropipetores
- Micropipetores
- Tablas de plástico
- Cuchillos
- Tenedores
- Asas de nicromo
- Gradillas
- Cajas de petri
- Guantes plásticos estériles
- Papel Kraft
- Cubeta
- Cloro 0.5%
- Tips de 1 mL
- Tips de 0.1 mL
- Mascarillas

- Cofia
- Bata

3. Reactivos y medios de cultivo

- a. Agar Cromocult
- b. Agar Tripticasa Soya
- c. Agar Mac Conkey
- d. Reactivo de Kovacs
- e. Baterías Bacteriológicas
- f. API para enterobacterias
- g. Caldo Fluorocult LMX

4. Material didáctico

- a. Jabón desinfectante
- b. Mayordomo
- c. Marcadores permanentes
- d. Pliegos de papel manila
- e. Hojas tamaño carta
- f. Lapiceros
- g. Un lavamanos disponible
- h. Un rollo de maskin tape
- i. Material bibliográfico
- j. Salón para capacitaciones
- k. Pantalla
- l. Computadora
- m. Impresora
- n. Proyector

5. Transporte

Se visitó una vez al mes el proyecto de cultivo hidropónico de tomate y fresa en San Miguel Ixtahuacán, San Marcos, la empresa Montana Exploradora S. A. de Guatemala proporciona el transporte vía aérea desde la ciudad capital hacia las instalaciones y también transporte terrestre a las comunidades.

E. Metodología

Se utilizaron técnicas cualitativas y cuantitativas para evaluar los riesgos microbiológicos en dos fases, la primera fase consistió en realizar una determinación los riesgos microbiológicos existentes en todo el proceso de producción de cultivos hidropónicos de tomate y fresa; la segunda fase consistió en impulsar el uso de una guía de Buenas Prácticas Agrícolas, aunque esto fue solamente un aporte a la comunidad ya que no se midió el impacto post intervención que esta tuvo luego de su entrega.

Las técnicas que se utilizaron para determinar y evaluar los riesgos microbiológicos son el número más probable y recuento aeróbico en placa. En el análisis microbiológico de agua se utilizó la metodología de número más probable. Esta técnica se basa en la determinación de presencia o ausencia (positivo o negativo) en réplicas de diluciones consecutivas de atributos particulares de microorganismos presentes en muestras de suelo u otros ambientes como el agua. El estimado de densidad poblacional se obtiene del patrón de ocurrencia de ese atributo en diluciones seriadas y el uso de una tabla probabilística.

La evaluación del lavado de manos y el análisis microbiológico de los alimentos (tomate y fresa) se basó en el uso de la técnica de recuento aeróbico en placa para *E. coli* este último es un indicador de la carga bacteriana total. El recuento aeróbico en placa determina los conteos aeróbicos totales de microorganismos y la presencia de coliformes. También se realizaron 5 capacitaciones abarcando los diferentes temas de Buenas Prácticas Agrícolas para la contribución a la formación del personal en ellas. Se elaboró una guía de Buenas Prácticas Agrícolas la cual se entregó al final del proyecto (Knabel, 2009).

1. Metodología para evaluación de riesgos microbiológicos

a. Toma de muestra de agua

1. Envase: se utilizaron frascos estériles de 125 ml con tapón esmerilado. Para muestras de agua cloradas, los frascos se prepararon depositando 0.1 ml de una solución de tío sulfato de sodio al 10% antes de la esterilización por cada 120 mL de muestra (Menéndez, 2007).

2. Toma de agua estancada: se introdujo el frasco destapado con la boca hacia abajo sosteniéndolo por la base. Se giró el frasco y se impulsó suavemente hacia arriba de tal manera que al salir a la superficie se haya llenado $\frac{3}{4}$ partes de su volumen. Se tapó el frasco.
3. Toma de muestra de llaves, filtro, entre otros: se limpió perfectamente la salida del agua, hasta que no hubiera suciedad u oxido. Se abrió la llave y se dejó correr el agua durante un minuto. Se disminuyó la velocidad de salida y se llenó el frasco $\frac{2}{3}$ partes de su capacidad. Al destapar el frasco y durante toda la práctica se evitó contaminar la boca del frasco y el interior del tapón. Se marcó el frasco con los datos de identificación fecha y hora de muestreo y se conservaron y transportaron a una temperatura de 4 a 10 ° C.

1) Número Más Probable

a) Procedimiento:

- i. Se utilizaron tres series de 5 tubos con 10 mL de LMX, una serie de LMX doble y otras dos series de LMX simple.
- ii. En la serie de tubos dobles se agregaron 10 mL de la muestra, en una serie de tubos simples se agregó 1 mL de muestra y en la otra siguiente de tubos simples se agregó 0.1 mL.
- iii. Luego se homogenizó en el vórtex y se incubó a 37 °C por 24 horas.
- iv. Tras las 24 horas de incubación si los tubos estaban verdes, indicaban la presencia de coliformes totales.
- v. Se interpretaron utilizando una tabla de Mc Grady en donde toma en cuenta la cantidad de tubos de color verde, observando la probabilidad, es decir el número más probable en la tabla.
- vi. Luego estos tubos de color verde se expusieron a luz ultravioleta, si florecían indicaba la presencia de coliformes termotolerantes.
- vii. Luego a los tubos que fluorescieron se les agrego tres gotas del reactivo de Kovacs.
- viii. Si se observaba la formación de un anillo rojo en la superficie era confirmatorio de la presencia de *Escherichia coli* en la muestra (Godoy, 2002).

b) Toma de muestra de alimentos

- i. Con mascarilla, cofia y guantes estériles, se recolectaron aproximadamente 25 gramos de tomate y fresa.
- ii. Se utilizaron como recipientes bolsas ziploc estériles de doble cierre.
- iii. Luego se colocaron las bolsas en hieleras para su transporte.

2) Recuento aeróbico en placa de coliformes totales y *Escherichia coli*

La prueba consistió en inocular 25 gramos de la muestra en agua peptonada. A continuación se sembró en el medio cromocult que permitió hacer un conteo de los microorganismos viables en las muestras analizadas.

a) Procedimiento para análisis microbiológico de alimentos

- i. Se pesaron 25 g de alimento líquido
- ii. Se agregó 225 ml de agua peptonada a 0.1% para tener una dilución de 1:10
- iii. De la dilución 1:10 se tomó 1 mL y se agregó a 9 mL de agua peptonada a 0.1 % estéril. Para tener una dilución de 1:100
- iv. De la dilución 1:100 se tomó 1 mL y se agregó a 9 mL de agua peptonada a 0.1 % estéril. Para tener una dilución de 1:1000
- v. Se agregó 1ml de c/u de las diluciones a 3 cajas de petri
- vi. Se añadió 15 ml de agar cromocult a 45°C, temperatura soportable en la mejilla
- vii. Se incubó por 24 horas a 37 °C
- viii. Se realizó el conteo de las colonias y se interpretaron los resultados (Kaplan, 2005).

c. Procedimiento de toma de muestra de manos: se realiza antes y después del lavado de manos

- 1) El medio de cultivo debía de estar a temperatura ambiente antes de tomar la muestra.
- 2) Luego se pidió a la persona que tocara con los dedos, de uno en uno la mitad de la caja del agar de cultivo, luego de la misma forma con la otra mano en la otra mitad de la caja.
- 3) Después se colocó papel parafilm a cada caja para evitar contaminación.

- 4) Se incubaron las cajas a temperatura ambiente de 24- 48 horas.
- 5) Se interpretaron los resultados.

1. Cálculo para el conteo aeróbico en placa de las colonias de coliformes

a) Todas las cajas sin crecimiento

El resultado se expresó como menor de la dilución más baja sembrada.

b) Cajas con menos de 25 colonias

Se tomó la dilución menor y se reportó como recuento aeróbico en placa estriado o se tomó como 25 veces la dilución menor donde aparecieron colonias.

c) Cajas entre 25-250 colonias

El conteo final se obtuvo aplicando la siguiente fórmula:

$$N = [\Sigma/((1 \times N_1) + (0.1 \times N_2))/D]$$

En donde

N: número de colonias /ml.

Σ : suma de todas las colonias de las cajas contadas.

N1: Número de cajas contadas de la dilución más baja.

N2: número de cajas contadas de la dilución siguiente más alta.

D: dilución menor contada.

d) Todas las cajas tienen más de 250 colonias

Se seleccionaron los duplicados de la dilución con el conteo más cercano a 250. Si había menos de 10 colonias por cuadro del contador de colonias, se seleccionaron 12 cuadros (seis verticales y seis horizontales). Si habían más de 10 por medio de colonias por cm^2 , entonces se contaron únicamente 4 cuadros. En ambos casos se obtuvo el promedio de colonias por cm^2 y se multiplicó este valor por el factor de dilución.

e) Crecimiento excesivo

El conteo excede de 100 colonias por cm^2 , se informa como muy numeroso para contar (Knabel, 2009).

2. Metodología para disminución de riesgos microbiológicos

a. Capacitaciones

Se llevaron a cabo 5 capacitaciones con distintos temas sobre la implementación de las Buenas Prácticas Agrícolas, higiene de manos. Los temas abordados en tales capacitaciones fueron los siguientes: ¿Qué son las Buenas Prácticas Agrícolas? ¿Cómo implementar las Buenas Prácticas Agrícolas?, protección de cultivos, animales en el predio, venta y registro del producto e higiene de manos. Aunque se llevarán a cabo dichas capacitaciones no se evaluará el impacto en la disminución de riesgos microbiológicos.

b. Evaluación

Se evaluaron las capacitaciones a las personas que recibieron las capacitaciones mediante pruebas cortas al término de dos capacitaciones. Y se retroalimentarán los conceptos en los que se observaba la presencia de una mayor dificultad.

c. Elaboración de una guía

Se elaboró un guía de Buenas Prácticas Agrícolas que contiene los temas abordados en las capacitaciones y aspectos relacionados directamente con el proyecto de cultivo hidropónico en el que se intervino. Cada tema fue complementado con información recopilada a partir de una extensa búsqueda y análisis de referencias bibliográficas relacionadas con el tema para lograr la elaboración de un manual adecuado para la población el cual se entregó al finalizar el proyecto, pero no se midió el impacto post intervención que presente dicha guía.

F. Diseño de la investigación

El presente diseño se realizó de bloques por tratamientos, en los bloques se describieron los cultivos de tomate hidropónico, fresa hidropónica, la higiene de las manos del personal y el agua utilizada para riego, los tratamientos que se le dieron a los resultados fueron a través de pruebas no paramétricas usando prueba de Cochran.

1. Muestra y Diseño de muestreo

Se realizó por conveniencia por cada una de las variables independientes, tomate, fresa, agua e higiene de manos.

Un muestreo pre intervención para determinar la calidad del tomate y fresa, tomando cinco muestras de cada uno, higiene de las manos de diez personas que manipulaban dichos alimentos y también diez muestreos del agua utilizada para el riego de los mismos. De la misma manera, se realizaron tres muestreos más post intervención para verificar la evolución en la calidad de los alimentos, higiene del personal y el agua utilizada para el riego, mencionados anteriormente.

2. Análisis estadístico

Las variables se evaluaron cada una por separado las cuales pueden evaluarse descriptivamente y clasificarse según sea “aceptable” o “no aceptable”, se puede realizar una comparación estadística tomando en cuenta el nivel de significancia = 0.05 (α) por medio de la prueba de Cochran, ya que es una prueba no paramétrica el muestreo puede hacerse por conveniencia.

VII. RESULTADOS

Para la disminución de riesgos microbiológicos en cultivos hidropónicos de tomate y fresa se realizaron distintos muestreos en fresa, tomate, manos y agua, con el fin de identificar los puntos de contaminación y así eliminar por medio de Buenas Prácticas Agrícolas, cada uno de ellos. Se realizaron muestreos, uno cada dos meses, realizando un total de cuatro muestreos.

Para la prueba de Cochran, se realizaron bloques de tratamientos con los cultivos de tomate hidropónico, fresa hidropónica, la higiene en las manos de los manipuladores y el agua utilizada para el riego. En la tabla No. 1 se representa la determinación de *Escherichia coli* en agua, fresa, tomate y manos en tiempos y puntos diferentes de muestreo. Los datos obtenidos se clasificaron como “aceptable” o “no aceptable” según los parámetros microbiológicos utilizados para evaluar la presencia de *Escherichia coli* en ellas.

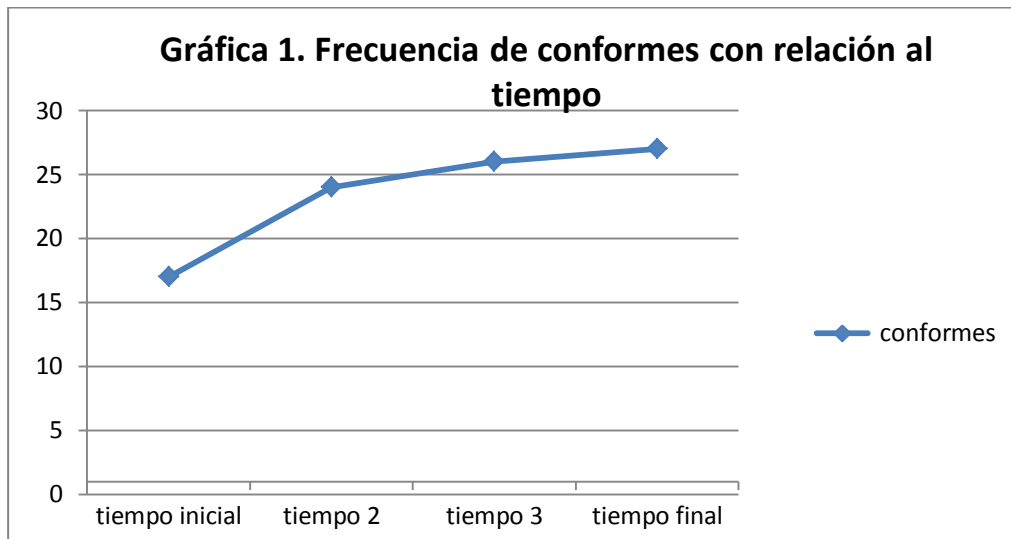
Tabla 1. Determinación de *Escherichia coli* en agua, fresa, tomate y manos. (N=120)

Bloques	Intervención				Total	
	Inicial	Segunda	Tercera	Final		
Fresa	Aceptable	2 (0.10)	5 (0.25)	5 (0.25)	5 (0.25)	17 (0.85)
	No Aceptable	3 (0.15)	-	-	-	3 (0.15)
	Total	5 (0.25)	5 (0.25)	5 (0.25)	5 (0.25)	20 (1.00)
Tomate	Aceptable	3 (0.15)	5 (0.25)	5 (0.25)	5 (0.25)	18 (0.90)
	No Aceptable	2 (0.10)	-	-	-	2 (0.10)
	Total	5 (0.25)	5 (0.25)	5 (0.25)	5 (0.25)	20 (1.00)
Agua	Aceptable	4 (0.10)	4 (0.10)	6 (0.15)	7 (0.18)	21 (0.53)
	No Aceptable	6 (0.15)	6 (0.15)	4 (0.10)	3 (0.07)	19 (0.47)
	Total	10 (0.25)	10 (0.25)	10 (0.25)	10 (0.25)	40 (1.00)
Manos	Aceptable	8 (0.20)	10 (0.25)	10 (0.25)	10 (0.25)	38 (0.95)
	No Aceptable	2 (0.05)	-	-	-	2 (0.05)
	Total	10 (0.25)	10 (0.25)	10 (0.25)	10 (0.25)	40 (1.00)

Fuente: Datos experimentales, LAMIR 2010. No aceptable: Calificativo que no aprueba las características de una muestra para consumo humano, Aceptable: Calificativo que aprueba las características de una muestra para consumo humano.

En la gráfica 1 se realiza una comparación de las frecuencias obtenidas en cada tiempo, mostrando que hubo mejoría a partir de cada intervención, pasando de no conformes a conformes, es decir que se observó una mejoría en la calidad de los resultados en los muestreos a través del tiempo.

Gráfica 1. Frecuencia de conformes con relación al tiempo



Fuente: Datos experimentales, LAMIR 2010.

VIII. DISCUSION DE RESULTADOS

Existen varios factores que inciden en la cadena de producción de un alimento, desde su origen hasta que llega al consumidor, resultando difícil poder garantizar la inocuidad del mismo (Pelayo, 2010). Así, en el caso de las hortalizas y frutas, durante la producción existe mayor riesgo de contaminación por aguas contaminadas que por otras razones.

Conocer el grado de riesgo de un alimento, así como todos los factores de contaminación, puede ser de gran ayuda para la prevención de que en determinadas ocasiones se produzcan infecciones alimentarias. Por tanto, para evaluar los riesgos y disminuir tales riesgos de contaminación, es necesario concentrarse en todos los posibles factores de contaminación microbiológica a lo largo de la cadena de elaboración de los alimentos. Esto se evidencia en el cumplimiento de los objetivos del proyecto, ya que se logró disminuir los riesgos microbiológicos de contaminación en los cultivos de tomate y fresa.

Para la evaluación de la disminución de los riesgos microbiológicos en todo el proceso, se aplicó la prueba de Q Cochran, la cual evaluó si existió o no cambio significativo del riesgo microbiológico que presentó cada uno de los bloques.

En la tabla 1, en el bloque de fresa se puede determinar que del total de los cinco puntos muestreados dos se clasificaban como aceptables y tres como no aceptables al inicio del proyecto, esto puede deberse a la poca información que poseían las personas acerca de buenas prácticas agrícolas. A partir de la segunda intervención hasta el final de las capacitaciones realizadas se puede observar que los cultivos de fresa ya no presentaron presencia de *E. coli*, clasificándose como aceptable los cinco puntos muestreados.

En el bloque de tomate, del total de cinco puntos muestreados, tres se clasificaron inicialmente como aceptable y dos como no aceptable, dejándose ver que al igual que con las fresas, las personas no tenían conocimiento de Buenas prácticas agrícolas al inicio de la intervención, pero que lograron disminuir los riesgos microbiológicos a partir de la segunda intervención aplicando lo aprendido durante las capacitaciones y manteniendo los cinco puntos como aceptables hasta el final de la intervención.

En los bloques anteriores de tomate y fresa se puede observar que existían cinco puntos con las condiciones higiénicas “no conformes”, esto porque se detectó la presencia de *Escherichia coli* en las muestras tomadas de esos puntos, esto significa que los productos agrícolas obtenidos de estos puntos no era adecuados para el consumo humano.

El agua puede transmitir muchos microorganismos patógenos por lo que en el proyecto se realizó la determinación de *E. coli*, en el agua que los agricultores utilizaban para el riego de sus cultivos, ya que es el microorganismo más comúnmente encontrado en este tipo de cultivos por la manipulación que conlleva el proceso.

En el bloque de agua que fue utilizada para el riego de los cultivos anteriores, se puede observar que inicialmente la mayoría de puntos muestreados se clasificó como no aceptable siendo estos seis y cuatro se clasificaron como aceptables. En la segunda intervención no hubo cambio en cuanto a las clasificaciones anteriores. Esto puede deberse a que los agricultores no poseían los recursos necesarios para implementar el saneamiento necesario a sus fuentes de agua.

Fue hasta la tercera y cuarta intervención cuando se observó mejoría en la calidad del agua ya que se redujo a la mitad la cantidad de fuentes de agua que presentaron presencia de *E. coli* pudiendo clasificar siete del total de diez fuentes de agua como aceptables dejando tres clasificadas como no aceptables hasta el final de la intervención; esto puede deberse a muchos factores dentro de los cuales se puede mencionar que los agricultores no eran dueños de las fuentes de agua por lo que no pudieron realizar las medidas correctivas para mejorar la calidad del agua que utilizaban, otro factor que se puede mencionar es que algunas de estas fuentes de agua eran ríos o nacimientos que se encontraban contaminados con heces de animales que se acercaban a beber agua y no les fue posible cercar para evitar esta situación.

Cabe mencionar que se detectó una fuente de agua que desde el inicio hasta el final de la intervención se clasificó como “no aceptable”. Se considera que la persona encargada de los cultivos no cumplió con todas las medidas de higiene recomendadas en la capacitación, y como consecuencia la fuente de agua no logró mejorar su calidad.

Para ampliar las posibilidades de reducción de riesgos microbiológicos se tomó en cuenta la higiene de las manos de los manipuladores de los cultivos de tomate y fresa, ya que las manos son una vía muy importante para la transmisión de diferentes microorganismos incluyendo *E. coli*.

En el bloque de manos, se puede observar que solamente dos personas se clasificaron como “no aceptables” al inicio de la intervención.

Después de las capacitaciones sobre lavado de manos todos los manipuladores de los cultivos se clasificaron como aceptables, hasta el fin de la intervención. Al controlar la higiene de las manos de los trabajadores, se descarta que la contaminación de los cultivos sea por una mala manipulación, también se confirmó que los trabajadores manejan un buen lavado de manos.

En la gráfica 1 se muestra que cada vez que se llegó a capacitar hubo una mejoría en cuanto a la cantidad de no aceptables que pasaron a aceptables, ocasionando que luego de cada capacitación los riesgos microbiológicos disminuyeran. Esto generó que al final de la evaluación se obtuviera un resultado casi perfecto. Fueron 3 puntos los que evitaron que al final hubiera una disminución de riesgo total. Los puntos que evitaron esto se observan en la tabla 1, los cuales son los depósitos de agua.

En el anexo 1 se consideraron los datos obtenidos durante el proyecto, a los cuales se les realizó una acumulación de frecuencias y el test estadístico de Q Cochran, para evaluar el efecto de cada etapa. Al realizar la prueba de Cochran se obtuvo que sí existía diferencia significativa ($p= 0.0000$) entre el inicio y los diferentes tiempos de análisis dado que existe diferencia significativa. Este valor de $p=0.0000$ elimina la hipótesis nula, la cual de ser aceptada indicaría que los datos obtenidos no tienen relación y que están dados al azar, lo que significa que los datos mantienen relación y se confirma que la aplicación de las Buenas Prácticas Agrícolas disminuyeron los riesgos microbiológicos en las hortalizas.

Otro factor que sale a discusión durante este proyecto es el modelo de Thurstone fue originalmente aplicado a las pruebas de diferencia. Estas últimas permiten determinar el grado de diferencia o la magnitud de la diferencia entre dos estímulos confundibles, los cuales son tan parecidos que resulta difícil considerarlos como iguales o diferentes. Este tipo de mediciones sensoriales son importantes en estudios sobre vida útil, reformulación de producto, tipo de empaque, cambio de proceso de producción, etc., así como en

programas de control de calidad y desarrollo de nuevos productos (Angulo, 2009). Este efecto es uno de los que más daña un proceso de capacitación, esto debido a que las personas cuanto se sienten observadas y se sienten en un sistema de constante supervisión es cuando mejoran el rendimiento, por lo que si se quiere mantener constante la inocuidad de alimentos se debe mantener un proceso de constante capacitación y evaluación, para evitar que se de este tipo de efecto.

En síntesis, se puede observar que se logró obtener un cambio significativo en la disminución del riesgo microbiológico de tomate y fresa, en el agua utilizada para el riego y en las manos de los manipuladores de dichos cultivos. Se detectó un mayor cambio de “no aceptable” a “aceptable”, comparando el inicio con respecto al final de la intervención. Hubo un cambio significativo de “no aceptable” a “aceptable”, ya que los valores p obtenidos son menores a 0.05 (Anexo 2). Se puede afirmar que se logró el objetivo del proyecto que era disminuir el riesgo microbiológico en los cultivos.

El presente trabajo de investigación contribuyó a mejorar la calidad de los cultivos hidropónicos de tomate y fresa en las comunidades de San Miguel Ixtahuacán, San Marcos. Se logró la disminución de los riesgos microbiológicos asociados a la producción agrícola, mediante constantes capacitaciones de pequeños productores.

IX. CONCLUSIONES

1. Los riesgos microbiológicos de los cultivos hidropónicos disminuyeron gracias a la implementación de Buenas Prácticas Agrícolas.
2. Se logró disminuir la contaminación con *E. coli* de los cultivos de tomate y fresa a través del control de inocuidad del agua utilizada para el riego y la higiene de manos propuesta en las diferentes capacitaciones.
3. Desde que los agricultores recibieron las capacitaciones, lograron mantener las condiciones de higiene asociados al manejo de sus cultivos y disminuyeron los riesgos microbiológicos en ellos.
4. Se registró un cambio significativo en la calidad de los cultivos de tomate y fresa tomando en cuenta que al inicio existían diferentes puntos de muestreo, que se clasificaron como “no aceptables” en cuanto a la determinación de la presencia de *E. coli* y al final del proyecto dichos puntos se clasificaron como “aceptables”.

X. RECOMENDACIONES

1. Dar seguimiento a las capacitaciones de los productores de cultivos hidropónicos para mantener la calidad de sus productos.
2. Realizar monitoreos constantes para evaluar el seguimiento de la aplicación de Buenas Prácticas Agrícolas fomentadas en los agricultores.
3. Evaluar la calidad microbiológica de los cultivos de tomate y fresa eventualmente para controlar que se esté cumpliendo con las normas de higiene adecuadas.
4. Las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) deben ser complementados con métodos objetivos como el HACCP (Análisis de Peligros y Control de Puntos Críticos) o ISO 22000 (Gestión de Inocuidad) para la determinación de los puntos críticos durante el proceso de producción de alimentos como tomate y fresa.
5. Entre las medidas para asegurar la debida calidad del agua se encuentran comprobar que los pozos estén debidamente contruidos y protegidos, tratar el agua para reducir la cantidad de contaminante y usar diferentes métodos de aplicación del agua para restringir su contacto con las frutas y hortalizas.
6. Los operadores deben considerar como alta prioridad asegurarse de emplear buenas prácticas agrícolas que reduzcan al mínimo la posibilidad de contacto directo o indirecto entre la materia fecal y los productos cultivados para evitar enfermedades infecciosas acompañadas de diarrea.

XI. REFERENCIAS

1. Acuña, A. & Calegari, L. (2003). Helminthiasis Intestinales. Departamento de Parasitología, Micología, Instituto de Higiene, Facultad de Medicina, Universidad de la República. Ministerio de Salud Pública. Pp 42. Montevideo, Uruguay.
2. Adonis, R. (2006). Aspectos Básicos de análisis de riesgos de inocuidad aplicados a la industria de frutas y hortalizas. Fundación para el desarrollo frutícola Santiago, Chile.
3. Agencia Española de Seguridad Alimentaria. (2011). De la Granja a la mesa. Extraído desde: <http://www.siiia.gov.ar/index.php/mas/blog/132-de-la-granja-a-la-mesa>
4. Anthony D. (2002). Bacteriological Analytical Manual. 8° ed. Revision A, Chapter 10.
5. Bonifaz, P. (2009). Nueva base de datos con requisitos para la importación de frutas y hortalizas a los EEUU, Editorial I&A. Estados Unidos
6. Cahill, S. (2002). Risk assessment of microbiological hazards in foods an international approach, FNA. 27:20-27
7. Cano, F. (2007). Enfermedades Virales Transmitidas por alimentos. México.
8. Cetseb, K. (1998). Analisis Microbiologicos de aguas. 3° ed. Sao Paulo, Brasil Pp 50
9. Clesceri, L., Greenberg, A. & Eaton, A. (1998). Standard Methods for the Examination of Water Wastewater. 20° ed. American Public Health Association. United States of America. Pp. 10-161
10. Cliver, D. (1993). Eating Safely: Avoiding Foodborne Illness. Editorial A. Golaine. American Council on Science and Health, New York.
11. Codex Alimentarius. (2003). Código de Prácticas de Higiene para las Frutas y Hortalizas frescas
12. Corrie, A. & Escolá, M. (2002). Métodos de análisis microbiológicos de alimentos. Ediciones Díaz de Santos. Madrid, España.
13. Chacón, L. & Villarreal, J. (2008). Comparación de dos métodos de Número Más Probable con la cuenta viable en placa (CVP) y evaluación de la calidad del agua de la ciudad de Saltillo, Coahuila. Extraído desde:
<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexico13/034.pdf>
14. Domínguez, A. (2002). Inocuidad de alimentos. Editorial Ceres, 20-24
15. Escalona, A. (2005). Peligros microbiológicos e inocuidad de alimentos. Ministerio de Educación Superior Universidad de Granma. Cuba. Extraído desde:
<http://www.revistaciencias.com/publicaciones/EEEupuVEAVxbcBxPwc.php>

16. Especificaciones para la recolección y Transporte de Muestras Ambientales. (2005). 1° ed. Extraído desde:
<http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/.../r22934.DOC>
17. Estrada, F. (2002). Ventajas y desventajas de la Hidroponía. Instituto San Antonio de Padua. Buenos Aires, Argentina. Extraído desde:
http://www.oni.escuelas.edu.ar/2002/buenos_aires/hidroponia/ventajas_y_desventajas.htm
18. FAO. (2004). Las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) En búsqueda de la sostenibilidad, competitividad y seguridad alimentaria. Santiago de Chile.
19. FAO. (2010). Evaluación de riesgos microbiológicos. Extraído desde:
http://www.fao.org/ag/agn/jemra/background_es.stm#RA
20. FDA. (1999). Guía para reducir al mínimo el riesgo microbiano, en el caso de frutas y vegetales frescos. U.S. Department of Health and human Services (USDA), el Food and Drug Administration (FDA) y el Center of Food Safety and Applied Nutrition (CFSAN) de Estados Unidos.
21. FDA. (2002). Mejorando la Seguridad y calidad de frutas y Hortalizas Frescas: Manual de Formación para Instructores.
22. Figueroa, A. & Oyarzun, M. (2004). Buenas Prácticas Agrícolas: Potencial de diferenciación en países de América Latina. FAO. Extraído desde:
http://www.montroni.it/gap/DOCS/PDF/Buenas_Practicas_Agricolas-Figueroa_F_y_Oyarzun_MT2004.pdf
23. Finex. (2000). Manual Técnico Inocuidad de Alimentos en Vegetales. Editorial OIRSA. Honduras.
24. Flores, Luna. (2002). Modelo de evaluaciones de riesgos sanitarios derivados del consumo de agua y alimentos, FNA, 31:42-51
25. Gerba, C. (1996). Waterborne rotavirus: a risk assessment. *Water Research*. Extraído desde:
http://www.bvsde.paho.org/CDGDWQ/docs_microbiologicos/Virus%20PDF/Rotavirus%20y%20ortorreovirus.pdf
26. Gerba, C. (2002). Manual de laboratorio para el análisis microbiológico de agua. Universidad de Florida del Sur. 109 Pp
27. Godoy, G. (2002). Bases para la implantación de Buenas Prácticas de Manufactura y Procedimientos Estándares de Operación en la planta de concentrados. Zamorano. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, (Tesis de graduación).

28. Hans, G. Microbiología general. 1era. Edición. México: Omega ediciones. 654 p.
29. Inicarte, R. (2005). Buenas Prácticas Agrícolas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación.
30. Izquierdo, J. & Rodríguez, M. (2007). Manual Buenas Prácticas Agrícolas para la Agricultura Familiar. Antioquia, Colombia.
31. Jiménez, S. & Gonzales, J. (1999). Lavado de manos: Un punto Crítico de la seguridad alimentaria. Universidad Nacional del litoral. Extraído desde: http://books.google.com.gt/books?id=PC1vRbvLdbQC&printsec=frontcover&dq=lavado+de+manos&hl=es&ei=VN70S4WVOJLcNZylieAF&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCcQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false
32. Jiménez, S. & Gonzales, R. (1999). Lavado de Manos Un punto Crítico en la seguridad alimentaria Revisión y Recomendaciones- editorial universidad nacional litoral. 57 pp
33. Kälstrom, H. & Ljung, M. (2005). Social Sustainability and Collaborative Learning, AMBIO
34. Kaplan, R. & Feldman, P. (2005). Buenas Prácticas Agrícolas (BPA). Santiago de Chile.
35. Kenny, M. (2002). Quality and safety of fresh fruits and vegetables along the production Chain. Editorial FNA
36. Knabel, S. (2009). Enfermedades transmitidas a través de los alimentos. Scientific Status Summary. Universidad del Estado de Pensilvania. Extraído desde: <http://www.worldfoodscience.org/cms/?pid=1001315>
37. Koike, S. (2005). Guía para manejo de plagas: fresas. Universidad de California. Estados Unidos. Extraído desde: <http://www.ipm.ucdavis.edu>
38. Lazarova, V. & Bahri, A. (2009). Water Reuse for irrigation: agriculture, landscapes, and turf grass; CRC Press. Extraído desde: <http://www.lenntech.es/aplicaciones/riego/calidad/irrigacion-calidad-agua.htm#ixzz0tm4ECZg7>
39. Letterman, R. (2002). Calidad y Tratamiento del Agua. Manual de suministro de agua comunitaria. Traducido de la 5ª ed. en inglés. Mc Graw Hill. Pp 1231. España.
40. Lezama, L. (1999). Problemas relativos a la calidad e inocuidad de los alimentos y su repercusión en el comercio, Editorial FNA.
41. Lomelí, M. (2000). Contaminación Bacteriana a partir del Consumo de Vegetales. UNAM México Extraído desde:

- http://www.sagangea.org/hojared_biologica/paginas/contam%20bacteriana%20x%20consumo%20vegetales.htm
42. López, A. (2003). Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas. Del campo al mercado. FAO. Pp 15. Roma.
 43. López, C. & Anzueto, C. (2007). Calidad e inocuidad alimentaria, Editorial I&A
 44. Marburg, A. (2010). Hoja informativa sobre las enfermedades transmitidas por alimentos. Editorial instituto nacional de alergias y enfermedades infecciosas, Instituto Nacional de Salud. Texas, Estados Unidos.
 45. Marulanda, C. (2003). Manual Técnico: La Huerta Hidropónica Popular. 3° ed. Editorial FAO Fiat Panis. Santiago de Chile
 46. Maite Pelayo. (2007). Contaminación microbiológica en los alimentos. España. Extraído de: <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2008/08/28/179635.php>
 47. Menéndez, C. (2007). Elaboración de un manual de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM's) para una franquicia de restaurantes en Honduras. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, (Tesis de graduación).
 48. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2006). Agricultura Limpia Buenas Prácticas Agrícolas. Colombia.
 49. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. (2011). Estadísticas de MSPAS Guatemala. Extraído desde: http://www.mspas.gob.gt/menu/indicadores_basicos_de_salud/estadisticas/stats.html
 50. Miranda, T. (2007). Agua, Salud y Vida: Directrices para la potabilidad del Agua, Editorial I&A.
 51. Mondaca, M. & Campos, V. (2004). Riesgo de Enfermedades Transmitidas por el agua en zonas rurales. Departamento de Microbiología Facultad de Ciencias Biológicas Universidad de Concepción. Chile.
 52. Morales, J. (2006). Cultivo del tomate: Plagas, enfermedades y fisiopatía en cultivo de tomate. Extraído desde: <http://www.infojardin.com/huerto/cultivo-tomate-tomates.htm>
 53. OMS. (2005). Enfermedades transmitidas por el agua. Pp. 28. Extraído desde: <http://www.fcyt.umss.edu.bo/docentes/29/documentos/enfermedadesTransmitidasPorAgua.pdf>
 54. Onglay, E. & Dorner, S. (2002). Sistema de Apoyo para la toma de decisiones para el pronóstico de la contaminación del agua en la agricultura. FAO. Pp 52.

55. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2004). Las Buenas Prácticas Agrícolas. Pp. 49
56. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2003). De la granja a la mesa: un enfoque mundial para la calidad e inocuidad de alimentos. Roma. Extraído desde: <http://www.fao.org/spanish/newsroom/news/2003/15903-es.html>.
57. Organización Mundial de la Salud. (2002). Estrategia global de la OMS para la inocuidad de los alimentos: alimentos más sanos para una salud mejor. Pp 28. Extraído desde: <http://whqlibdoc.who.int/publications/2002/9243545744.pdf>
58. Organización Mundial de la Salud. (2006). Guías para la calidad del agua potable. 3°. ed. Pp. 398.
59. Pascual, M. & Calderón, V. (2000). Microbiología alimentaria: Metodología analítica para alimentos. 2da Edición. Ediciones Díaz de Santos.
60. Phillip, R. & Russell, P. (2001). Análisis Microbiológico en Agua. 2° ed. Editorial ACRIBIA. Argentina.
61. Pinto, R. (2000). Planeación estratégica de capacitación, Elaboración del diagnóstico. Editorial Mc Graw Hill. México.
62. Ponce, R. (2010). Efectos económicos locales por la inversión de capital privado en la industria minera. DIGI. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. Extraído desde: <http://digi.usac.edu.gt/Sitios/coyuntura2010/uploads/mineria.pdf>
63. Pouch, F. & Ito, K. (2001). Microbiological examination of foods. 4° ed. American Public Health Association. 673 pp. Estados Unidos.
64. Publicación conjunta FAO/OMS. (2003). Garantía de la inocuidad y calidad de los alimentos: directrices para el fortalecimiento de los sistemas nacionales de control de los alimentos. FAO/OMS.
65. Randell, A., Miyagishima, K. & Maskeliunas, J. (1998). Codex Alimentarius Commission protecting food today and in the future, Editorial FNA.
66. Rodríguez, J. (2003). Irrigación de cultivos menores, Editorial PH.
67. De Romero, N. (2002). El agua y su importancia en el riego y el fertirriego, Editorial CERES. Extraído desde: <http://www.eufic.org/article/es/page/BARCHIVE/expid/basics-agricultura/>
68. SAGPyA. (2006). Buenas prácticas agrícolas en viñedos. Guía de aplicación. Publicación conjunta SAGPyA- INV-IRAM.

69. Secretaría Presidencial de la Mujer. (2004). Estudio de caso sobre el perfil de las mujeres incorporadas económicamente en la industria guatemalteca de exportación de berries en el municipio de parramos – departamento de Chimaltenango. Guatemala. 61 Pp. Extraído desde:
http://www.unifemca.org/.../guatemala/.../el_milagro_que_aparece_y_desaparece.doc
70. Siller, J., & Sañudo, M. (2002). Manual de Buenas Prácticas Agrícolas. 1° ed. México.
71. Solórzano, J. (2008). Huertos hidropónicos como una Alternativa de producción de hortalizas y Vegetales en las escuelas. INCAP. Guatemala.
72. Standard Methods for the Examination of Water and wastewater. (2005). APHA, AWWA and WEF 21a Edition. Extraído desde:
http://www.whoindia.org/LinkFlies/Water_Quality_guide_neeri_chap1-9.pdf
73. Starobinsky, J. (2003). Implementación de Buenas Prácticas Agrícolas. Buenos Aires, Argentina.
74. Suarez, O. (2009). Prevención, control y reducción de la contaminación en la producción de alimentos
75. Sueiro, R. (2005). Termotolerantes. Extraído desde: http://www.bvsde.paho.org/CD-GDWQ/docs_microbiologicos/Indicadores%20PDF/Ecoli_bacterias_termo.pdf
76. Tacuri, K. (2003). Diseño de un Manual de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) para los productores de berenjena china (*Solanum melongena*) en el departamento de Comayagua, Honduras. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, (Tesis de graduación).
77. Taeymans, D. (2000). New technologies for ensuring the quality, safety and availability of food, FNA.
78. Unión Europea. (2005). De la granja a la mesa por una alimentación sana para los europeos. Bélgica. Extraído desde:
<http://ec.europa.eu/publications/booklets/move/46/es.pdf>
79. Usabiaga, J. & Trujillo, J. (2002). Manual de Buenas Prácticas Agrícolas. 2° ed. Editorial Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Sinaloa, México.
80. Vásquez, J. (2001). La inocuidad alimentaria, Realidad y Reto Mundial, FNA, 28:7-10
81. De Vente, T. (2000). Emerging food-born diseases a global responsibility, Editorial FNA.
82. Witehead, A. (1998). Ensuring food quality and safety and FAO technical assistance, Editorial FNA

XII. ANEXOS

Anexo 1. Test estadístico.

N=30

Intervención	Clasificación		Q Cochran	g.l.	Diferencia significativa
	No aceptable	Aceptable			
Inicio	13	17			
Segunda	6	24	26	3	0.0000
Tercera	4	26			
Final	3	27			

Fuente: datos experimentales, Lamir 2010. g.l. grados de libertad

Anexo 2. Distribución de χ^2

DISTRIBUCION DE χ^2

Grados de libertad	Probabilidad										
	0,95	0,90	0,80	0,70	0,50	0,30	0,20	0,10	0,05	0,01	0,001
1	0,004	0,02	0,06	0,15	0,46	1,07	1,64	2,71	3,84	6,64	10,83
2	0,10	0,21	0,45	0,71	1,39	2,41	3,22	4,60	5,99	9,21	13,82
3	0,35	0,58	1,01	1,42	2,37	3,66	4,64	6,25	7,82	11,34	16,27
4	0,71	1,06	1,65	2,20	3,36	4,88	5,99	7,78	9,49	13,28	18,47
5	1,14	1,61	2,34	3,00	4,35	6,06	7,29	9,24	11,07	15,09	20,52
6	1,63	2,20	3,07	3,83	5,35	7,23	8,56	10,64	12,59	16,81	22,46
7	2,17	2,83	3,82	4,67	6,35	8,38	9,80	12,02	14,07	18,48	24,32
8	2,73	3,49	4,59	5,53	7,34	9,52	11,03	13,36	15,51	20,09	26,12
9	3,32	4,17	5,38	6,39	8,34	10,66	12,24	14,68	16,92	21,67	27,88
10	3,94	4,86	6,18	7,27	9,34	11,78	13,44	15,99	18,31	23,21	29,59
	No significativo								Significativo		



Jenny Anaité Mauricio Mas

Autora



Sirley Victoria Villafuerte Monroy

Autora



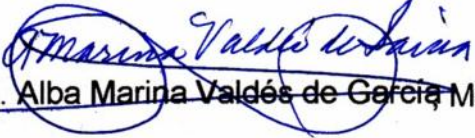
Dra. Karin Larissa Herrera Aguilar

Asesora



MSc. Blanca Samayoa Herrera

Revisora



Licda. Alba Marina Valdés de García MSc.

Directora de Escuela



Dr. Rubén Darío Velásquez Miranda, Ph.D.

Decano