



FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS

ANÁLISIS DE PELIGROS Y PUNTOS CRÍTICOS (APPCC) DE AGENTES
BIOLÓGICOS A LA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS EN EL DISTRITO
METROPOLITANO DE QUITO

AUTORA

Erika Estefania Panchi Guachamin

AÑO
2018



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

ANÁLISIS DE PELIGROS Y PUNTOS CRÍTICOS (APPCC) DE AGENTES
BIOLÓGICOS A LA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS EN EL DISTRITO
METROPOLITANO DE QUITO

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Ingeniera en Biotecnología

Profesora Guía
PhD. Laura Guerrero Latorre

Autora
Erika Estefania Panchi Guachamin

Año
2018

DECLARACIÓN DEL GUÍA

"Declaro haber dirigido el trabajo, Análisis de peligros y puntos críticos (APPCC) de agentes biológicos a la producción de hortalizas en el Distrito Metropolitano de Quito, a través de reuniones periódicas con la estudiante Erika Estefania Panchi Guachamin, en el semestre 2018-2, orientando sus conocimiento y competencia para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".

Laura Guerrero Latorre

Doctora en Microbiología Ambiental y Biotecnología

CI: 1758028896

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

"Declaro haber dirigido el trabajo, Análisis de peligros y puntos críticos (APPCC) de agentes biológicos a la producción de hortalizas en el Distrito Metropolitano de Quito, a través de reuniones periódicas con la estudiante Erika Estefania Panchi Guachamin, en el semestre 2018-2, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".

María Isabel Ballesteros

Doctora en Biología

CI: 1757168610

DECLARACIÓN DEL ESTUDIANTE

"Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes".

Erika Estefania Panchi Guachamin

C. I.1724515133

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la sabiduría para la realización del proyecto. A la Dirección General de Investigación de la Universidad de Las Américas. A Laura Guerrero por darme la oportunidad de formar parte de su trabajo en equipo. A mi padre Guillermo Panchi por ayudarme hasta el final en el cumplimiento de mis sueños y a mi madre Gloria Guachamin por ser mi guía durante el proceso. A mi novio Federico Reynoso por ser mi apoyo esencial.

DEDICATORIA

A mis padres Guillermo y Gloria que han sido el motor principal para terminar mi carrera. A mis amigos Karina y Carlos que me han acompañado en la realización del proyecto. En fin, este trabajo va dedicado a todas las personas que han compartido conmigo todo este proceso.

Resumen

El análisis de peligros y puntos críticos de control (APPCC) es un informe que promueve la seguridad alimenticia mediante la identificación de riesgos en las etapas de procesado. Dentro del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) el desarrollo agrícola de hortalizas se ve favorecido debido a las ventajas ambientales: gran cantidad de vertientes de riego, suelos fértiles y clima propicio (cálido-templado). A pesar de esto, el crecimiento urbano y el vertido de agua servidas en ríos usados para la agricultura pone en riesgo a la inocuidad de los alimentos y por ende a la del consumidor. El objetivo de este estudio es identificar, mediante el sistema APPCC, puntos críticos necesarios para mejorar la inocuidad en la cadena de producción de hortalizas en el DMQ. El estudio se enfocó en tres etapas de la producción: el agua de riego (Pisque, La Merced y Santa Martha), los alimentos de huerta (lechuga, pimiento, frutilla y tomate) y los del mercado (Mayorista, San Roque y La Ofelia). Para el análisis de agua se recolectaron 100ml de agua de cada canal mencionado. Posteriormente, se cuantificó *Escherichia coli* mediante la técnica de filtración por membrana y para el análisis de alimentos se realizó en un lavado con PBS. Todas las muestras fueron cultivadas en un medio de agar selectivo (*Chromocult*®) e incubadas durante 18 - 24 horas. Los resultados obtenidos mostraron que los tres canales de riego superaban la normativa de calidad (*E. coli* < 1000 ufc/ 100ml), en donde la mayor cantidad de *E. coli* está sobre el canal de Pisque con 12433,3 ufc/100ml de *E. coli*. Por otra parte, el análisis de verduras y frutas en huertas dieron como resultados valores de *E. coli* altos en frutilla y lechuga 0,93 (ufc/g) y 0,70 (ufc/g) respectivamente. Estos no sobrepasaron a la normativa establecida para lechuga (10^{-1} - 10^{-2} de *E. coli* ufc/g) y, tomate, frutilla y pimiento (10^{-2} - 10^{-3} *E. coli* ufc/g). En mercados el valor más alto fue en lechugas con 5,67 *E. coli* ufc/g pero no supera a la normativa. En conclusión, el estudio elaborado a lo largo de toda la cadena en el DMQ revela únicamente contaminación en el agua de riego por lo que es necesario implementar tratamientos de agua.

Abstract

The analysis of hazards and critical control points (HACCP) is a report that promotes food safety by identifying risks in the stages of processing. Within the Metropolitan District of Quito the agricultural development of vegetables is favored due to the environmental advantages. In spite of this, the urban growth and the dispossession of water served in rivers used for agriculture puts at risk the health of the food and therefore of the consumer. The objective of this study is to identify, through the HACCP system, critical points necessary to improve safety in the vegetable production chain in the DMQ. The study focused on three stages of production: irrigation water (Pisque, La Merced and Santa Martha), garden food (lettuce, pepper, strawberry and tomato) and market (Mayorista, San Roque and La Ofelia). For the water analysis, 100ml of water was collected from each channel mentioned, after *Escherichia coli* was quantified by means of the membrane filtration technique and for the food analysis was carried out in a PBS wash. All the samples were cultivated in selective agar medium (Chromocult ®) and incubated for 18 - 24 hours. The results obtained showed that the three irrigation channels exceeded the quality regulation (*E. coli* <1000 cfu / 100ml), where the largest amount of *E. coli* is in the Pisque channel with 12433.3 cfu / 100ml of *E. coli*. On the other hand, the analysis of vegetables and fruits in orchards resulted in high *E. coli* values in strawberry and lettuce 0.93 (cfu / g) and 0.70 (cfu / g) respectively. These did not surpass the norms established for lettuce (10^{-2} - 10^{-1} of *E. coli* ufc / g) and, tomato, strawberry and pepper (10^{-2} - 10^{-3} *E. coli* ufc / g). In markets the highest value was in lettuce with 5.67 *E. coli* cfu / g but it does not exceed the regulations. In conclusion, the study carried out along the entire chain in the DMQ reveals the need of using treatments for contaminated irrigation water.

ÍNDICE

1.Capítulo I. Introducción	1
1.1.Antecedentes	1
1.2.Planteamiento del problema	3
1.3.Objetivo General	5
1.4.Objetivos Específicos	6
1.5.Justificación del trabajo.....	6
2.Capítulo II. Marco Teórico	8
2.1.Producción agrícola	8
2.2.Contaminación microbiológica de alimentos en la producción agrícola	13
2.3.Enfermedades transmitidas por consumo de alimentos contaminados (ETAs).....	23
2.4.Inocuidad de alimentos	27
3. Capítulo III. Diseño Del Plan Experimental	41
4. Capítulo IV. Procedimientos	42
4.1. Descripción de la cadena de producción.....	42
5.Capítulo V. Resultados y Discusión	51
5.1 Descripción de la cadena.....	51
5.2 Contaminación microbiológica “peligros biológicos” en los distintos niveles de la cadena de producción.....	54
5.2.1 Agua de Riego	54
5.2.2 Hortalizas en etapa cosecha	55
5.2.3 Hortalizas en etapa de consumo (mercado).....	57
5.3 Determinación de la severidad y probabilidad de los peligros biológicos mediante indicadores de contaminación fecal.	59
5.3.1 Agua de Riego	59

5.3.2 Hortalizas en etapa cosecha	60
5.3.3 Hortalizas en etapa de consumo (mercado).....	62
5.4 Determinación de los puntos críticos de control para mejorar la inocuidad de las hortalizas cultivadas y comercializadas en el DMQ.....	63
5.5 Elaboración de una tabla con medidas preventivas	65
6. Conclusiones Y Recomendaciones.	69
6.1. Conclusiones.....	69
6.2. Recomendaciones	69
REFERENCIAS	71
ANEXOS	80

1. Capítulo I. Introducción

1.1. Antecedentes

La producción agrícola ha disminuido en los últimos años creando temores para cubrir la demanda alimenticia. Esta disminución ocurre por el agotamiento de recursos como tierra y agua o la contaminación de los mismos. El agua es la máxima prioridad en las etapas de la cadena agrícola. A nivel mundial, el 70% es destinada para este propósito (FAO, 2011). En Ecuador el agua continental es de 9.918 km³ de la cual el 81 %, cubre el sector agrícola (riego) y ganadero (FAO, 2015). Las aguas continentales son aquellas que se encuentran en cuerpos de agua, y pueden ser superficiales y subterráneas. Las más usadas, para la sostenibilidad agrícola son las superficiales, las cuales están contaminadas por la descarga directa de aguas negras o servidas a caudales de uso agrícola, en donde se ha visto la presencia de restos de animales y sólidos fecales (Gobierno de Pichincha, 2012). Al ser agua de uso agrícola, se pone en riesgo los alimentos de consumo crudo que son irrigados directamente por agua superficiales contaminadas (Giglio et al., 2017).

Por consiguiente, en investigaciones previas han usado varias alternativas para determinar diversos tipos de contaminación. Una de estas es el uso de indicadores bacteriológicos, el más usado es *Escherichia coli*, la cual determina la presencia de restos fecales sobre agua y verduras (Anderson et al., 2005). Además, esto ha ayudado a determinar la cantidad de *E.coli* sobre las etapas de producción agrícola, y así controlar en qué puntos se deberían realizar inspecciones de calidad más estrictas. Los estudios han mostrado altos niveles de contaminación en agua de riego, especialmente en sectores urbanos. Esto ha ocasionado preocupación a los gobiernos nacionales por lo que han mejorado los sistemas de gestión y han dado mayor énfasis sobre las normas de la calidad para el agua ya establecidas (Guzmán, 2015).

Los valores paramétricos permitidos para agua de riego en Ecuador son de < 1000 ufc/ 100ml de *E.coli* (Registro oficial N°387, 2015). Los altos índices de contaminación han hecho que países sudamericanos como Perú desarrollen investigaciones en el agua de riego para hortalizas, mostrando así un total de 1200 ufc/100 ml (Vilela, Gomez, & Porras, 2013).

Por otra parte, la contaminación puede afectar otras etapas de la producción agrícola como la distribución y el punto de venta. En Cajamarca (Colombia), un estudio de contaminación en verduras crudas determinó un índice >1000 ufc/g de *E.coli* en lechuga de mercado, sobrepasando el límite permitido (Rivera, Rodríguez, & López, 2009). Ecuador y Perú siguen la normativa de la Dirección General de Salud Ambiental de Perú (DIGESA) para verduras de consumo crudos cuyos valores permitidos de *E.coli* son de 10^2 (m) - 10^3 (M) ufc/g, en donde “m” es el límite mínimo y “M” es el límite máximo permitido (DIGESA, 2003). Esta normativa es controlada por el INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización).

Además, el consumo de verduras y frutas crudas contaminadas ha provocado la aparición de enfermedades gastrointestinales (Giglio et al. 2017). Estas vienen por al consumo de ensaladas las cuales presentan patógenos provenientes del suelo como: *Bacillus cereus* y *Listeria monocytogenes* o por patógenos presentes en heces de animales de sangre caliente como: *E.coli* y *Salmonella spp* (Osimani, Aquilanti, & Clementi F, 2015). Estos agentes afectan en mayor proporción a poblaciones vulnerables como son ancianos y niños menores a 5 años (Higgins et al., 2017). Adicionalmente, en Latinoamérica se ha producido una alta incidencia de enfermedades ocasionadas por agentes etiológicos como *Salmonella spp* , *Listeria monocytogenes*, *Campylobacter spp*, *E. coli*, y *Staphylococcus aureus* (Guerra et al., 2014).

En vista de la preocupación sobre el bienestar poblacional, el ministerio de salud en conjunto con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO) ha proporcionado herramientas que mejoran la calidad de hortalizas y frutas de consumo directo es decir sin ningún tipo de cocción. Los sistemas de mejoramiento dentro de la producción agrícola son: Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), Buenas Prácticas de Manufacturas (BPM) y además se han diseñados sistemas de seguridad alimenticia como los análisis de peligros y puntos críticos de control (APPCC). Este sistema empezó en Estados Unidos para salvaguardar la seguridad alimenticia y ha ido mejorando con el tiempo hasta llegar a ser un documento que registra riesgos químicos biológicos y físicos (Gil et al., 2015). El APPCC es utilizado por los países miembros de la unión Europea (Antonelli & Beers, 1999), e identifica dónde están los riesgos y cómo prevenirlos (Mozombite, 2013). Análisis realizados en Perú manifestaron que al implementar la APPCC controlaron contaminación de puntos específicos en la cadena de producción.

1.2. Planteamiento del problema

Pichincha es una provincia con producción agrícola activa en donde las hortalizas son los cultivos más frecuentes. Estos necesitan una alta disponibilidad de recursos como agua y suelo. Esta provincia cuenta con el 28 % de cuencas hidrográficas destinadas al sector agrícola. Sin embargo, el aumento de zonas urbanas dentro de las actividades agropecuarias está produciendo la pérdida de calidad ecológica y microbiológica por la descarga de agua grises en los ríos más usados para riego como San Pedro, Guayllabamba, Machangara, etc (Gobierno de Pichincha, 2012).

Por otra parte, el déficit de saneamiento en canales de riego de Pichincha sitúa en riesgo el suministro de agua segura para cultivos de alimentos crudos (Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo, 2015). Entre los canales

contaminados en la provincia tenemos: el canal de Pisque, el cual destina el 20 % de agua para cultivos de frutillas, lechugas, tomates y brócoli, y el canal de Guambi que destina el 25% también para riego de cultivos de ciclo corto comercializados en los mercados de Quito (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2015).

En Ecuador, el sector agrícola debe seguir las normas ISO 22000 que mejoran la calidad de los alimentos (DIGESA, 2003) Estas normas son requisitos empleados en la producción agrícola desde el cultivo hasta el consumo de los alimentos. Sin embargo, la falta de un control estricto sobre los alimentos por las instituciones encargadas, pone en riesgo la salud del consumidor. Una gran parte de empresas agrícolas son pequeñas o artesanales que no siguen o desconocen esta normativa. En cambio, las grandes empresas no suelen seguir estas normas por disminuir costos, implementan planes sanitarios económicos o no los implementan.

En la producción de hortalizas existen peligros causados por la presencia de agentes físicos, biológicos o químicos. Esto se debe al manejo inadecuado de vegetales crudos y al uso de equipos o recipientes contaminados. Además, la humedad, temperatura, el tiempo de transporte y almacenamiento, y los fluidos producidos por el corte de las hojas aumentan el crecimiento microbiano. Estos agentes pueden ser detectados mediante técnicas del laboratorio que ayudan a la implementación de sistemas de calidad como APPCC que identifica puntos críticos y da como resultados su prevención (Osimani et al., 2015).

Como otro punto tenemos la aparición de enfermedades gastrointestinales por la ingesta de alimentos contaminados (Ensink, Mahmood, & Dalsgaard, 2007). Evaluaciones recientes muestran que el 5 % de los brotes de enfermedades son causados por la ingesta de vegetales mínimamente procesados. Estos son

alimentos listos para el consumo como hortalizas de hojas verde o frutas que no contienen cáscara (Osimani et al., 2015). A nivel mundial , en el año 2015 se han reportado 100 millones de enfermedades por el consumo de alimentos contaminados (OMS, 2015), las enfermedades diarreicas son las más frecuentes y vienen dadas por *Escherichia coli* y *Salmonella* (WHO, 2015). En el 2008 se reportaron entre 70% a 80% de casos de diarrea (Oliva, 2008).

Según estadísticas sanitarias, el Ecuador tiene una tasa de mortalidad de 105 por 100 000 habitantes causadas por enfermedades diarreicas. (OMS. 2013). En Quito, la prevalencia de diarrea es de 21 % según la encuesta demográfica de salud infantil (CEPAR, 2005). Los factores de incidencia para enfermedades relacionadas al consumo de alimentos contaminados son la poca inversión en la garantía de la calidad del agua de riego, calidad alimentos, el déficit de control de brotes alimentarios, la falta de intervención sobre los sistemas en la salud pública y la falta de capacitación al sector productor y al consumidor (Ríos, Agudelo, & Gutiérrez, 2017).

Por lo tanto, para abordar la problemática de incidencia de enfermedades gastrointestinales relacionadas al consumo de alimentos contaminados se debe proporcionar información base sobre los riesgos microbiológicos a lo largo de la cadena de producción alimentaria, especialmente en tres partes de la producción tanto en el agua de riego, en el cultivo y en el mercado.

1.3. Objetivo General

Identificar mediante el sistema APPCC puntos críticos necesarios para mejorar la inocuidad en la cadena de producción de hortalizas en el DMQ.

1.4. Objetivos Específicos

Medir la severidad y probabilidad de los peligros biológicos en los principales pasos de la producción (riego, cosecha, post-transporte) mediante indicadores de contaminación fecal.

Establecer los puntos críticos de control para mejorar la inocuidad de las hortalizas cultivadas y comercializadas en el DMQ.

1.5. Justificación del trabajo

El aporte científico de esta investigación es realizar un análisis de peligros y puntos críticos de control durante la producción agrícola, evaluando el riesgo biológico en las etapas de producción cultivo, distribución y mercado (Ensink et al., 2007). Esta evaluación ayuda al control de alimentos insalubres no aptos para el consumo puesto que ocasiona altos problemas en la salud (Higgins et al., 2017). En el 2012 se ha reportado un promedio de 10000 personas al año con intoxicaciones alimentarias por patógenos a nivel mundial (Armendáriz, Monge, & Zhunio, 2012). La población más vulnerable se encuentra en los niños menores a 5 años por enfermedades gastrointestinales como diarrea. Según estadísticas dadas por el Ministerio de Salud Pública del Ecuador reportaron que la primera causa de muerte es la neumonía en un 98% y la segunda causa de mortalidad en niños es la diarrea en un 74 %. Es necesario determinar los peligros dentro de la cadena de producción y así también los puntos críticos de control.

Si existe un alto nivel de contaminación en el agua usada para riego se podrán adaptar políticas de gobierno provincial para invertir sobre recursos humanos y mano de obra comunitaria para la limpieza de canales de riego (Gobierno de Pichincha, 2012). Debido a la contaminación dentro de la cadena alimenticia es necesaria la implementación de sistemas que mejoren la inocuidad de los

alimentos y así coordinar nuevas funciones que ayuden a velar por la seguridad de los mismos (Ríos et al., 2017).

La industria alimentaria ha adoptado sistemas para la implementación de medidas preventivas que ayuden a controlar el riesgo biológico como: buenas prácticas para la agricultura (BPA), sistemas de análisis de riesgos y puntos de control (APPCC) y buenas prácticas en manufactura (BPM). Estos sistemas aportan controles de higiene, mantenimiento e integración de equipos en la industria alimentaria (Soman & Raman, 2016). El APPCC es utilizado por gobiernos nacionales y se ha adoptado a nivel internacional para reducir enfermedades por alimentos (Carrascosa et al., 2016), partiendo de este método se ha realizado la selección de materia prima, la limpieza, desinfección, y el correcto almacenamiento (Osimani et al., 2015). Además, este sistema es usado en toda la cadena alimentaria, desde la selección de materia prima, producción, y distribución en mercados hasta el consumo del alimento, y así también ofrece otras ventajas como reducir pérdidas al final de la producción, facilita las inspecciones reguladoras de alimentos e incentiva el comercio internacional al brindar alimentos más seguros (Pardo et al., 2011).

En Ghana se han realizados estudios dando como resultado una alta tasa de contaminación en aguas de riego para cultivos de lechugas, proporcionando una cantidad de $3,2 \times 10^7$ ufc/ml de *E.coli*. Esta investigación mostró que la etapa con mayor contaminación se situaba en el agua de riego y así se implementaron sistemas que disminuyan la carga microbiológica. Uno de ellos fue la construcción de pozos, ya que bajo tierra el agua se purifica mejor, así también el uso de almacenamiento de agua en embalses para mejorar la calidad microbiológica y poder disminuir la tasa de contaminación (Abass, Ganle, & Adaborna, 2016). Por otro lado, en Perú se determinó un elevado riesgo microbiológico detectando un 5×10^3 NMP/g de *E.coli* sobre lechugas de huerta. Esto fue evaluado mediante el uso de APPCC en donde determinaron

la zona de mayor riesgo en la producción agrícola para implementar técnicas como lavado (Rivera et al., 2009).

En base a las investigaciones es muy útil obtener datos sobre riesgos biológicos del procesamiento de alimentos crudos en la provincia de Pichincha para poder solucionar problemas en aquellas etapas más contaminadas en la producción.

2. Capítulo II. Marco Teórico

2.1. Producción agrícola

La producción agrícola es un concepto empleado en el ámbito económico para referir a los beneficios de la actividad agrícola y a los tipos de productos generados. Se lo denomina también como la cantidad de productos agrícolas destinados para el mercado interno y externo del país (Monteros & Sumba, 2014).

La producción agrícola a nivel mundial ha encontrado un alto nivel de demanda alimenticia frente al crecimiento poblacional. Desde la década de los '50 hasta la fecha, la población ha aumentado un 260%, datos que impulsan al desarrollo agrícola. Para este periodo grandes extensiones de tierra ya eran usadas y se decidió ampliar superficies para cultivos en regiones de África y Brasil, garantizando así una mayor cantidad de alimentos (Tsubota, 2000). La producción de alimentos en Latinoamérica es mayor a la demanda poblacional contribuyendo a la seguridad alimenticia y a la exportación. Entre los años 2014-2015, la FAO invirtió la mitad de fondos pertenecientes en América del Sur mediante la realización de proyectos que vinculan varios sectores agrícolas como se muestra en la Figura 1. Las principales actividades en donde se emplean presupuestos son la agricultura, actividad forestal y la pesca. Dichas actividades son tomadas en cuenta por ser más sostenibles y productivas. Así

también, se destinan a proyectos para la seguridad alimentaria y sistemas de agroalimentos, los cuales intentan proteger a la población de alimentos contaminados evitando la dispersión de graves enfermedades que podrían perjudicar a un gran número de personas (FAO, 2015).

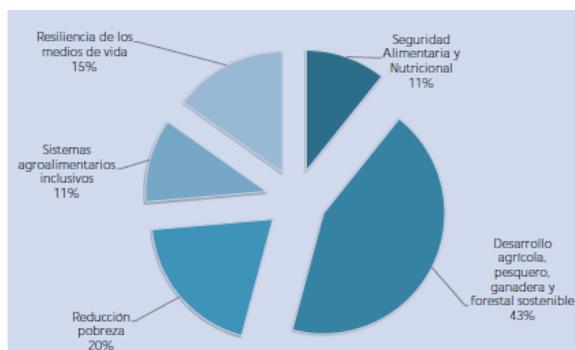


Figura 1. Gastos de proyectos latinoamericanos 2014-2015

Tomado de (FAO, 2015)

2.1.1. Producción agrícola en el Ecuador

En el 2016 se registró una superficie de actividad agropecuaria de 5.39 millones de hectáreas basado en cultivos permanentes, transitorios y pastos naturales, en donde la mayor superficie de suelo (42,68%) es destinado a pastos cultivados. Sin embargo, también existe un alto porcentaje de cultivos permanentes como se muestra en la Figura 2 (INEC, 2016).

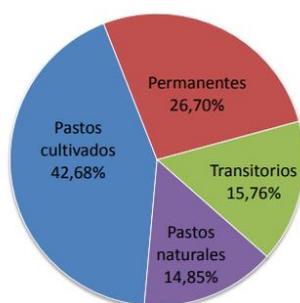


Figura 2. Superficie de Ecuador con actividad agropecuaria 2016

Tomado de (INEC, 2016)

En el mapa de la Figura 3, se puede observar qué provincias del país contienen alta producción agrícola. Manabí lidera la labor agropecuaria en donde 765.625 has son destinadas a pastos naturales y cultivados, así también muestran provincias como Napo y Pastaza, en donde la actividad es menor al 1 %. A pesar de esto se logra observar una participación agropecuaria equilibrada en todo el país especialmente en provincias del callejón interandino (INEC, 2016).

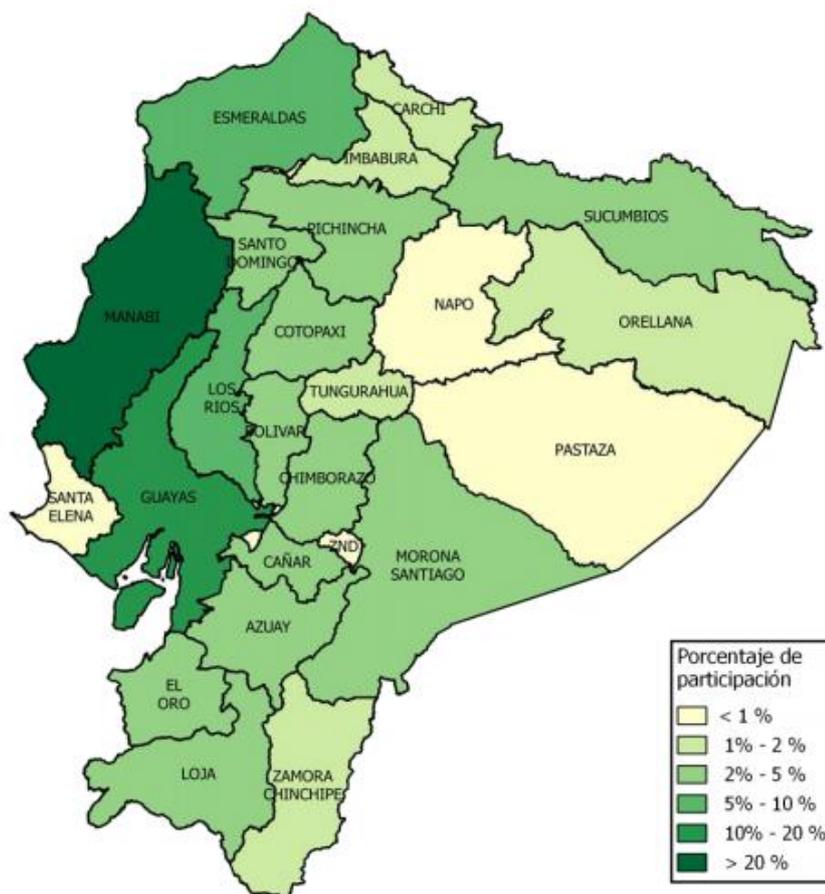


Figura 3. Porcentaje de participación en la superficie de labor agropecuaria

Tomado de (INEC, 2016)

Los cultivos permanentes con mayor rendimiento son la caña de azúcar y el banano mientras que los cultivos transitorios con mayor rendimiento son la papa y el arroz como se muestran en la tabla 1 (INEC, 2016).

Tabla 1.

Rendimiento de los principales cultivos permanentes y transitorios (2016)

Cultivos permanentes		Cultivos transitorios	
Producto	Rendimiento (TM/ha)	Producto	Rendimiento (TM/ha)
Caña de azúcar	82,76	Arroz	4,19
Banano	36,21	Maíz duro seco	3,56
Palma Africana	11,84	Papá	14,26

Adaptado de (INEC, 2016).

Dentro del DMQ se encuentran sectores favorables para el desarrollo agrícola debido a sus ventajas ambientales como suelos fértiles, gran abastecimiento de agua y un clima propicio.

Guayllabamba es una parroquia de la provincia de Pichincha ubicada al noreste de Quito que contiene una economía activa de 33%, la cual se basa en actividades, pesca y ganadería. Por otra parte, el clima mesodérmico seco favorece al desarrollo adecuado de hortalizas (Baroja, 2012). La distribución del suelo en la parroquia indica que un 39,64 % se destina a la producción de legumbres de consumo crudo como lechugas, tomates pimientos entre otros (Guzman, 2015). La comercialización de alimentos de la huerta al mercado son locales y nacionales, principalmente distribuidos al Mercado de San Roque (Baroja, 2012).

2.1.2. Economía en la agricultura en Ecuador

La agricultura en el Ecuador es una de las principales fuentes económicas promoviendo así la exportación de los productos de alta calidad. Sin embargo, en el año 2016 se presentó un descenso de 0,8% sobre el crecimiento del producto interno bruto (PIB) agropecuario en relación al 2015, dando un valor de \$ 5,303 para ese año. Esta disminución fue ocasionada por dos factores, la reducción sobre la producción agrícola especialmente en cultivos de caña, maíz y banana en un 14%, 24% y 9% respectivamente, y por los bajos precios sobre productos de exportación como son: cacao y banano (Monteros et al., 2016).

Por otro lado, Ecuador exporta productos a Estados Unidos. Para esto, los alimentos deben de pasar por estándares de calidad estrictos y así ser seleccionados con mucha precaución. Debido a esto, una gran cantidad de alimentos suelen presentar rechazos en los embarques a causa de brotes o por mal estado, produciéndose así pérdidas constantes (Winkler & Jacinto, 2017). Para disminuir esto el Gobierno Ecuatoriano ha trabajado en ejes que fortalezcan al sector agropecuario con capacitación técnica y asesoría, además de planes estatales, programas y políticas de comercio (Monteros et al., 2016).

2.2. Contaminación microbiológica de alimentos en la producción agrícola

La contaminación en la producción de hortalizas se da por la presencia de riesgos microbiológicos causados por el traslado de patógenos desde una fuente específica hasta el alimento. Estos riesgos aumentan por las prácticas inadecuadas en los sistemas de producción agrícola como el cultivo, almacenamiento, transporte y distribución (figura 5).

La primera etapa es la producción agrícola que se ve expuesta al manejo inadecuado de los alimentos, al déficit de buenas prácticas agrícolas y manufactura (Consejería de empleo y desarrollo tecnológico, 2010). Además, los sistemas se ven afectados por la baja disponibilidad de agua, por esta razón, usan agua contaminada para el riego y el lavado de hortalizas. Sumado a esto, la técnica de aspersión como sistemas de riego puede contaminar directamente al producto, así también el uso de materia orgánica como abono. Otro factor de contaminación es la falta de capacitación al personal especialmente en las normas de higiene, ya sea de cosecha y postcosecha (Fernández, Peña, & Cabriales, 2012).

La segunda y tercera etapas son almacenamiento y transporte que se ven marcadas por contaminación cruzada y por déficit de higiene en los materiales de producción (Fernández et al., 2012). Así también, la proliferación de microorganismos es causada por factores como la temperatura inadecuada utilizando técnicas de conservación como hielo y frío artificial; la humedad y la actividad del agua (A_w) ayudan a las funciones metabólicas de los patógenos para su desarrollo en los alimentos. Otro factor importante es el oxígeno, por lo que es necesario almacenar en lugares que se puede controlar. En el caso de hortalizas es ideal usar atmósferas de gas, nitrógeno o envases al vacío (Fernández et al., 2012).

Otra etapa es la distribución, en donde el factor más importante es el tiempo que tarda el alimento en llegar a su destino y que la etapa final es el consumo, siendo fundamental el uso de prácticas higiénicas en la manipulación. Por consiguiente, una correcta higiene a través de todo el proceso puede reducir la carga microbiológica que adquiere un alimento (Consejería de empleo y desarrollo tecnológico, 2010). Estas circunstancias ponen en riesgo diversas etapas de producción.

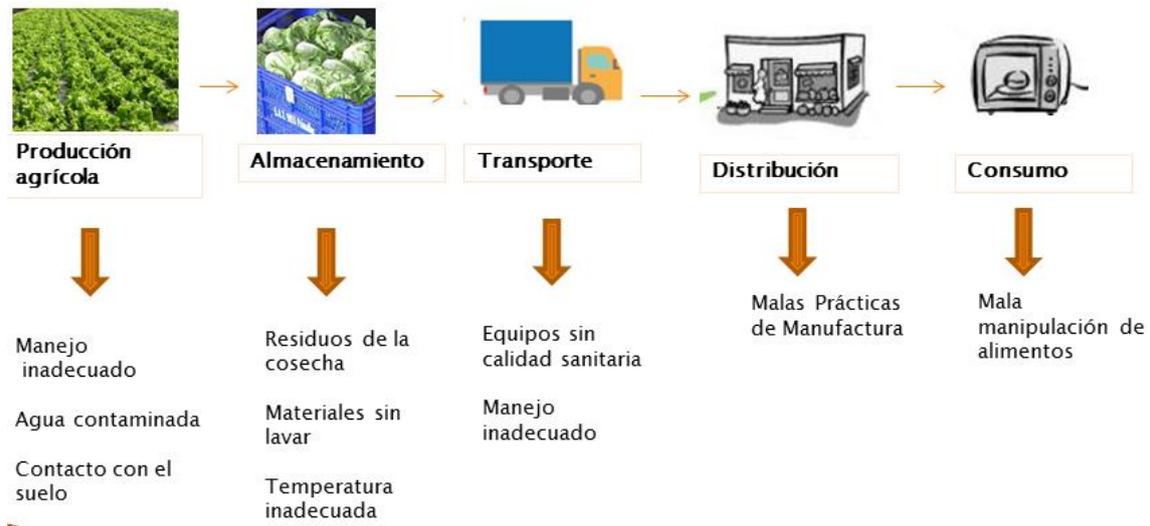


Figura 5. Prácticas inadecuadas en los sistemas de producción

Tomado de (Consejería de empleo y desarrollo tecnológico, 2010)

2.2.1. Indicadores de contaminación

La contaminación microbiológica en alimentos es provocada por la presencia de patógenos como *Citrobacter*, *Escherichia coli*, *Klebsiella* y *Enterobacter*, las cuales son bacterias Gram negativas, facultativos anaeróbicos. Estos tienen una alta sensibilidad al calor por lo mismo mueren mediante procesos de pasteurización (Ray & Bhunia, 2010). Estas pueden determinar el grado de contaminación y calidad sanitaria mediante su densidad al ser examinadas en el laboratorio (Carrillo & Lozano, 2008). El indicador bacteriológico más utilizado para establecer niveles de contaminación en agua es la presencia de *Escherichia coli* (Anderson et al., 2005). *Escherichia coli* es una bacteria de tipo coliforme fecal (López, 2015), que se utiliza como indicador de contaminación por heces provenientes de animales con sangre caliente. También, se la denomina termoestable ya que sobrevive a temperaturas muy bajas (14 días a 0°C y 47°C), por lo cual se ha visto su persistencia en vegetales para ensaladas (Rodríguez, 2005). Además, soporta temperaturas hasta 45 °C (Carrillo & Lozano, 2008). Esta bacteria tiene un tiempo de incubación corto y puede causar enfermedades gastrointestinales con una dosis infectiva mínima,

por lo cual se necesita mayor control de higiene de alimentos tanto en los procesos de elaboración como a la hora de consumo (Oliva, 2008).

La propagación de *E. coli* se ve afectada al pH, temperatura y la actividad del agua (*Aw*), las cuales se muestran en la tabla 2.

Tabla 2.

Condiciones que determinan el crecimiento de Escherichia coli

Condiciones	Mínimo	Óptimo	Máximo
Temperatura (°C)	7-8	35-40	46
pH	4	6-7	10
<i>Aw</i>	0.95	0.99	---

Adaptado de (Carrillo & Lozano, 2008)

Nota:* Condiciones óptimas que *Escherichia coli* necesita para su proliferación (color morado).

E. coli es un indicador de contaminación directa o indirecta en materias primas (tabla 3). La primera, se refiere a la contaminación fecal proveniente del procesamiento de alimentos de origen animal por el déficit de higiene del personal encargado en la manipulación; mientras que la segunda contaminación es indirecta y viene de aguas sucias o servidas.

Tabla 3.

Tipo de contaminación con Escherichia coli.

Producto	Contaminación
Carne cruda	Directa
Semillas geminadas	indirecta
Yogur	Directa
Frutas	Indirecta
Verduras (col, lechuga)	Indirecta

Adaptado de (OMS, 2011)

Nota: *Contaminación indirecta por *Escherichia coli* en alimentos de consumo crudo.

2.2.2. Fuentes de contaminación

Los orígenes de contaminación microbiológica en los alimentos se deben a la contaminación en el sitio de producción y así también al manipulador (Consejería de empleo y desarrollo tecnológico, 2010). Para esto cabe recalcar que un contaminante es un agente extraño que se junta a un alimento y produce un efecto negativo. Estos contaminantes pueden presentarse en todos los lugares que tengan vida, asimismo se manifiestan en diferentes etapas desde la huerta hasta el consumo. Durante este proceso los alimentos se pueden contaminar por medio de agua, suelo, utensilios, contaminación cruzada y por el manipulador como se muestra en la figura 6 (Consejería de empleo y desarrollo tecnológico, 2010)



Figura 6. Fuentes de contaminación

Tomado de (Consejería de empleo y desarrollo tecnológico, 2010)

A continuación se detalla acontecimientos de brotes alimentarios causados por la contaminación de *E.coli* en hortalizas de consumo crudo (tabla 4) (Rodríguez, 2005).

Tabla 4.

Descripción de brotes de Escherichia coli asociados al consumo de alimentos contaminados

Patógeno	año	Alimentos	País	Observaciones
<i>E. coli</i>	1993	Zanahorias	Estados Unidos	168 Casos
<i>E. coli</i>	1995	Lechuga	Estados Unidos	Contaminación Cruzada
<i>E. coli</i>	1995	Lechuga	Estados Unidos	Contaminación por agua de riego
<i>E. coli</i>	1996	Rábanos	Japón	Mayor brote de <i>E.coli</i> en el mundo
<i>E. coli</i>	1996	Lechuga	Estados Unidos	Contaminación por manipuleo
<i>E. coli</i>	1997	Manzana	Estados Unidos	----

Adaptado de (Rodríguez, 2005)

2.2.2.1. Contaminación de hortalizas por agua y suelo

Las verduras pueden ser contaminadas por condiciones naturales (especialmente en las partes externas como cáscaras u hojas), mientras que las partes internas suelen encontrarse sin patógenos (Fernández et al., 2012). La contaminación de vegetales crudos ocurre por dos fuentes importantes tierra y agua para riego. Los patógenos adquiridos mediante tierra tienen una tasa de supervivencia hasta por dos meses dependiendo de los factores ambientales, por ejemplo, áreas sombreadas y húmedas (Rodríguez, 2005).

Por otro lado, el agua para riego es otra fuente importante de contaminación debido a que los ríos de las zonas urbanas no cuentan con servicios básicos arrojando directamente, excretas animales y humanas (Ríos et al., 2017). Cuando las frutas o vegetales están en contacto con el agua la contaminación depende de la procedencia y la calidad y viene dado en dos aspectos como fuente de contaminación o como vehículo que dispersa la contaminación (Rodríguez, 2005). El uso de estas aguas sin tratar como fuentes de riego representa un riesgo en la salud pública y ocupacional, produciendo enfermedades gastrointestinales (Ensink, Mahmood, & Dalsgaard, 2007).

En Ecuador la producción agrícola tiene una alta demanda de recursos hídricos por lo que la calidad de agua es un factor determinante que indica el estado de un alimento. A pesar de esto, un análisis de disponibilidad realizado en la región andina denotó un gran retraso en la cobertura de recursos hídricos seguros y la disponibilidad de alcantarillado (Tabla 5).

Debido a este déficit de agua potable, la actividad agrícola hace uso de aguas superficiales y de sistemas de canales no potables para distribución hacia las huertas. El riego en la agricultura consume una gran cantidad de este tipo de agua y solo el 3 % se destina al uso industrial o doméstico. (Cabrera, Garcés, & Paredes, 2012).

Además, el uso de aguas inadecuadas dan lugar al desarrollo de enfermedades que ponen en un alto riesgo a la salud (Cabrera et al., 2012).

Tabla 5.

Acceso al Agua y saneamiento

País	Cobertura de agua potable			Cobertura de alcantarillado		
	Total	Urbano	Rural	Total	Urbano	Rural
Bolivia	73.5	93.1	44.0	63.5	82.3	35.3
Colombia	90.6	98.0	73.0	83.4	97.0	51.0
Ecuador	70.3	81.5	51.4	58.0	70.5	37.0
Perú	75.4	86.6	50.7	73.7	80.5	39.5

Adaptado de (OPS Organización Panamericana de la Salud)

A pesar de la importancia del manejo de aguas residuales, en Ecuador solo el 8% son tratadas. Esto se debe a dos factores: el desordenado y acelerado crecimiento poblacional, y el déficit de políticas de conservación, cuya responsabilidad depende de la municipalidad. Instituciones como SENAGUA y MAE se encargan del control y la regulación en el Ecuador (Cabrera et al., 2012).

En la Provincia de Pichincha, los ríos principales que la atraviesan se encuentran con gran contaminación como en el río Machangara, San Pedro y Guayllabamba. En el Distrito Metropolitano de Quito, el sector agrícola se provee de aguas superficiales para riego con o sin tratamiento previo. Sin embargo, existe una deficiencia de saneamiento en canales como el Pisque, Guambi, Acequia de Tabacundo, Canal Cayambe y acequia Santa Marta. Como consecuencia, las políticas actuales de gobierno provincial tratan de invertir sobre recursos humanos y mano de obra comunitaria para la limpieza de canales de riego.

El DMQ contiene alrededor de 5,86 % de cultivos de ciclo corto cubriendo una parte de la demanda alimenticia y fortaleciendo la economía del sector (Yáñez et al., 2012). Estos cultivos son irrigados por canales como el Pisque con un área de 115.000 hectáreas, el cual destina el 20 % en riego y así cubre sectores agrícolas para la producción de lechugas, tomates, frutillas, brócoli, coliflor, entre otros. El canal de Guambi abastece el 25% de agua para riego de los cultivos de ciclo corto para productos que se comercializan en mercados de Quito. Estos cultivos de ciclo corto favorecen a la economía activa de la zona de Tababela en un 31,81%; (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2015). La falta de sistemas de saneamiento continuos de los canales mencionados ponen en riesgo la calidad microbiológica del agua de riego y consecuentemente la calidad microbiológica de los alimentos producidos.

2.2.2.2. Contaminación por manipulación de alimentos

La producción agrícola está compuesta por etapas que el alimento debe pasar hasta llegar al consumidor, durante este proceso existen una gran cantidad de manipuladores (Pardo et al., 2011). En el sector agrario se denominan manipuladores a las personas que tienen contacto con los productos durante su preparación. Conviene subrayar que en algunos casos el manipulador es considerado como un vehículo de transmisión de la contaminación debido al

manejo incorrecto de los alimentos (Consejería de empleo y desarrollo tecnológico, 2010).

Existen varios factores durante la manipulación de los alimentos que provocan contaminación cruzada en las etapas de producción (Armendáriz et al., 2012). Esto acontece cuando se transporta de forma incorrecta los alimentos crudos mezclándolos con otros procesados, ya sean manipulados por utensilio con falta de higiene o con las manos (Consejería de empleo y desarrollo tecnológico, 2010). Para esto es necesario esclarecer la diferencia existente entre higiene y limpieza, en donde se establece que higiene son los métodos para que un alimento este limpio y limpieza es la acción que elimina suciedad (Guerra et al., 2014).

Para mantener la higiene en alimentos es necesario el uso de medidas eficaces, las cuales disminuyen la probabilidad de contaminación y prevención de posibles intoxicaciones y enfermedades que se den por su consumo. Para mantener una buena higiene se debe proceder con las normas ya establecidas que son: el lavado de muñecas, manos y uñas antes y después de cada actividad que requiera su manipulación; separar la ropa de calle con la de trabajo; usar guantes de goma, cubrecabezas y gorros; evitar el uso de reloj y joyas; comer, toser, masticar chicle y hablar, así también como el uso inadecuado de utensilios, ni recogerlos del suelo una vez caídos; tocarse los ojos, boca, nariz, oídos o lugares en donde estén presentes patógenos; recurrir al uso múltiple de toallas, el suelo no debe tener serrín o cartones (Consejería de empleo y desarrollo tecnológico, 2010). En definitiva, el manipulador debe informarse sobre procesos de preparación para seguir las normas sanitarias, culinarias y nutritivas, y así lograr la distribución de alimentos inocuos. (Armendáriz et al., 2012).

Conviene subrayar también que el códex alimentario indica que los alimentos pueden ser contaminados en cada una de las etapas de la cadena de producción, desde la huerta hasta el plato. De esta manera, se estima la cantidad de casos de ETAs obtenidos por el consumo de alimentos

contaminados justo antes de la distribución de los mismos (Arie et al., 2015) . Por otra parte, la población ecuatoriana suele adquirir verduras, frutas y hortalizas en mercados por su costo accesible. Sin embargo, la manipulación de estos alimentos no suele ser el adecuado. Como consecuencia, es necesario la implementación de estrategias que describan planes de saneamiento en las operaciones de elaboración antes, durante y después del proceso para asegurar la calidad del producto final (Cerón, 2014). Como se muestra en la figura 7, las industrias alimenticias, poderes públicos y consumidores colaboran en la seguridad alimentaria con el propósito que sea una responsabilidad para todos. En efecto, la comisión Europea realizó una campaña para cubrir esta necesidad con el tema “La seguridad de alimentos se basa en una responsabilidad conjunta, infórmate y exige” (Consejería de empleo y desarrollo tecnológico, 2010).

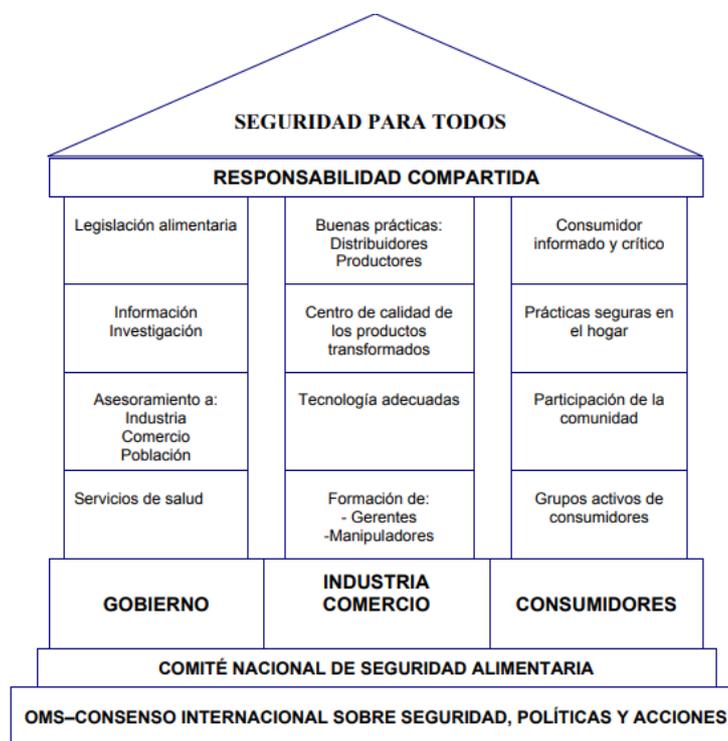


Figura 7. Diagrama de seguridad alimentaria

Tomado de (Consejería de empleo y desarrollo tecnológico, 2010)

2.3. Enfermedades transmitidas por consumo de alimentos contaminados (ETAs)

En los últimos años se ha visto que la dieta basada en frutas y hortalizas ha aumentado considerablemente. La OMS alienta al consumo de al menos 400 g de estos alimentos por día para llevar una vida saludable (Callejón et al., 2015). La gran cantidad de frutos y verduras son de consumo crudo. Por lo cual, la ingesta de los mismos en la población ha dado una mayor predisposición a las enfermedades transmitidas por alimentos contaminados (Rodríguez, 2005).

Las enfermedades transmitidas por alimentos (ETAs) son manifestaciones originadas por la ingesta de alimentos o agua, las cuales tienen una gran cantidad de microorganismos que afectan la salud de la población (Guerra et al., 2014). Como se observa en la Figura 8 existe una relación entre las bacterias, el alimento y los factores mostrados, esta trilogía ayuda a la proliferación de los patógenos (Consejería de empleo y desarrollo tecnológico, 2010) Los alimentos de consumo humano contaminados que son los causantes de estas patologías se consideran como alimentos de alto riesgo, lo que implica mayor precaución en su producción o elaboración (Callejón et al., 2015).

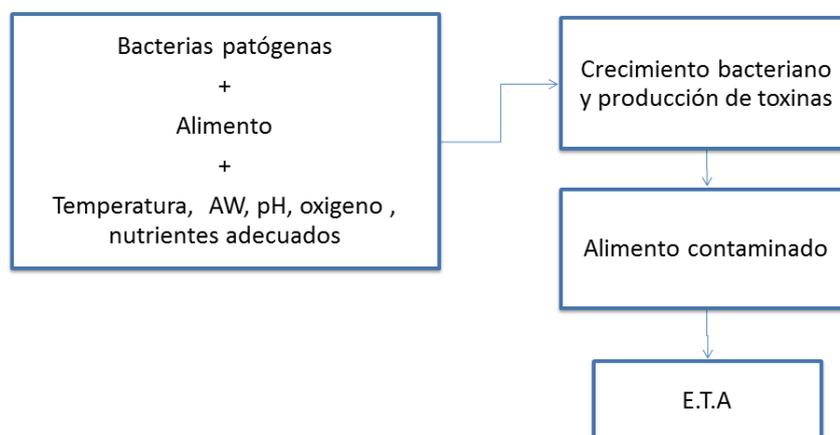


Figura 8. Proceso de contraer una E.T.A

Tomado de (Consejería de empleo y desarrollo tecnológico, 2010)

Existen programas para disminuir la contaminación de los alimentos que solo combaten niveles mínimos de patógenos, por lo tanto, no garantizan su eliminación. Aunque la población adulta dispone de mecanismos inmunes esto no ocurre con poblaciones vulnerables, las cuales tienen una alta prevalencia de contraer patologías asociadas a los contaminantes. Esta población está constituida por niños, mujeres embarazadas, ancianos y pacientes inmunosuprimidos. También se ha visto una prevalencia en poblaciones de 15 y 44 años que muestran una mayor predisposición por ETAs, haciendo que los gobiernos y las entidades de salud pública integren tratamientos eficaces para contrarrestar la sintomatología como la diarrea (Guerra et al., 2014). Las denominadas ETAs son una carga importante a nivel global. En los países en vía de desarrollo una de las principales formas de contraer enfermedades se debe a las ETAs, las mismas provocan muerte. Por otro lado, en países desarrollados, producen pérdidas en la producción y costos (Olea A et al., 2012).

Los peligros adquiridos por alimentos se pueden transmitir por vías como suelo, agua o aire, también por contacto entre animales y personas o directamente con personas. Por consiguiente, es complejo estimar la cantidad global y regional de las ETAs. En el 2006, la Organización Mundial de la Salud (OMS) menciona una iniciativa para el desarrollo de estimaciones para enfermedades transmitidas por alimentos (Arie et al., 2015) .

A nivel mundial, existen 31 peligros asociados al consumo de alimentos contaminados: 11 son causados por agentes causantes de diarreas, 7 por otros agentes infecciosos, 3 producidos por productos químicos y 11 por helmintos (WHO, 2015). La OMS en el 2010 a nivel mundial estimó una incidencia de 1500 millones de casos con diarrea y una población de 3 millones menor a 5 años muere anualmente. En países desarrollados como Estados Unidos se estima un total de 76 millones de casos por ETA anualmente, de los cuales se

hospitalizan 325.000 y mueren 5.000 (Olea A et al., 2012). Además en este país se ha visto que la lechuga era uno de los productos vinculados a las infecciones por *E. coli* y han provocado al menos 8 brotes multiestatales. En el 2006 se produjo un brote al consumo de espinaca fresca llevando 238 infectados y 5 muertos. (Callejón et al., 2015)

Asimismo, alimentos crudos de consumo diario como el apio y la lechuga están asociados a brotes epidemiológicos de diarrea. Por lo que, la contaminación de estos alimentos ha dado un 70% de casos diarreicos anuales por enfermedades gastrointestinales causadas por bacterias como *E.coli* (Olea A et al., 2012). Por otro lado, Estados Unidos tuvo brotes epidemiológicos provenientes de alimentos como frambuesas, cebollas y melones, los cuales son exportados de países latinoamericanos llevando así a grandes pérdidas económicas (Fernández et al., 2012) En países como Alemania se ha visto brotes de *E.coli* en semillas germinadas provocando otros problemas de seguridad alimentaria.

Así también, el comercio internacional de alimentos aumenta el riesgo de contraer enfermedades cuando estos provienen de países que contienen estándares de seguridad muy bajos (Callejón et al., 2015). Sin duda, el consumo de alimentos contaminados lleva a una economía decreciente por ejemplo 8,35,000 millones de dólares para EEUU, 1334 millones para Canadá y 935 millones para Inglaterra, estos datos muestran pérdidas anuales que se ven marcados por una gran carga económica por culpa del rechazo de grandes cantidades de hortalizas y frutas en la exportación Latinoamericana (Fernández et al., 2012).

El sistema regional de vigilancia Epidemiológica de las enfermedades transmitidas por alimentos de la OMS estimo un 2.39 % de enfermedades en el Caribe y América Latina por brotes en hortalizas y legumbres, esto se muestra representado en la siguiente tabla 6 (Cerón, 2014)

Tabla 6.

Alimentos con brotes de ETAs

Alimentos	Brotos (%)
Pescado	21,52
Agua	19,51
Carnes rojas	14,20
Lácteos	7,88
Huevo –Mayonesa	5,85
Carnes de aves	5,08
Hortalizas –Legumbres	2,39

Adaptado de (Cerón, 2014)

En Latinoamérica las diarreas son causadas por la ingesta de alimentos contaminados y en algunos casos llega a producir la muerte. Se han reportado mayor incidencia de ETAs causados por agentes etiológicos como, *Listeria monocytogenes*, *Clostridium spp*, *E. coli*, *Salmonella spp* .y *Staphylococcus aureus* (Diosmary, Ronald, & Doris, 2014). En el año 1995 se reportaron 2% de enfermedades causadas por el consumo de alimentos crudos (Rodríguez, 2005). La población más vulnerable para contraer estas enfermedades son los niños menores a 5 años en un 40 % (OMS, 2015).

En Colombia, el sistema Nacional de Salud Pública ha reportado un incremento de 3.9 % sobre ETAs del año 2005 al 2006 (Guerra et al., 2014) y se han reportado 946 casos de patologías producidas por el déficit de higiene, temperaturas inadecuadas y almacenamiento de alimentos de consumo crudo (Guerra et al., 2014). El Ecuador tiene una tasa de mortalidad de 105 por 100 000 habitantes causadas por enfermedades diarreicas. En cuanto a Quito, la

prevalencia de diarrea en niños menores a 5 años es de 21 %, según la encuesta demográfica de salud infantil (CEPAR, 2005).

2.4. Inocuidad de alimentos

La inocuidad de alimentos es la garantía que cumple el procesamiento de los alimentos para no causar daños al consumidor. Se denomina alimento inocuo a aquel que no tiene peligros químicos, físicos y biológicos (Codex alimentario, 2014). La inocuidad alimenticia se controla desde el principio de la cadena de producción hasta el final, esto incluye manipulación, almacenamiento, venta, distribución, preparación mediante el uso de buenas prácticas de manufactura, buenas prácticas de agricultura y la aplicación de un sistema de análisis de riesgos y puntos críticos de control. (FAO, 2003).

La inocuidad de alimentos no es igual a la calidad. La inocuidad se aplica cuando se asegura que un alimento no pueda provocar un perjuicio o enfermedad a los consumidores (FAO, 2003). La calidad se define en características que dan valores de aceptabilidad para el consumo. Esta contiene contribuciones negativas y positivas. En la primera como olores desagradables, contaminación por suciedad, descomposición y decoloración. En la segunda como color, textura, origen y métodos de procesamiento para alimentos (OMS, 2015).

El seguimiento de la higiene en la infraestructura en donde se elaboran las hortalizas, frutas y verduras es una condición que asegura la inocuidad de alimentos. Por lo que es necesario prácticas de higiene eficaces durante cada etapa desde la huerta hasta el consumo (Cerón, 2014).

2.4.1. Sistemas de análisis y puntos críticos de control

El sistema de análisis y puntos de control conocido como (APPCC) inicia en la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA) con el uso de 7 principios que consisten en capacitaciones al recurso humano, procesos estratégicos, buenas prácticas de manufactura (BPM), buenas prácticas agrícolas (BPA) y buenas prácticas de higiene (BPH) (Benítez, 2015).

Las normas de APPCC tienen controles en ciertas actividades en donde existe un riesgo de contaminación sobre la producción de alimentos, entre estos tenemos lugares como transporte y distribución en donde es necesario un control de temperaturas y así contar con prácticas basadas en los análisis de peligros y punto de control. En concreto, es conveniente crear programas de educación para concientizar a los distribuidores sobre peligros asociados a la distribución y el transporte (FAO, 2003).

Este sistema consiste en una gestión de inocuidad mediante el control de puntos críticos durante la manipulación de productos para así frenar los problemas de inocuidad. Esto se basa sobre un carácter sistemático y con fundamentos científicos, cuya meta es prevenir, en lugar de inspeccionar o comprobar el producto. Al mismo tiempo este tiene beneficios como una utilización de recursos eficazmente, ahorros para la industria y provocar una respuesta sobre el producto final (Osimani et al., 2015).

Una de las ventajas más importantes es su aplicación en toda la cadena de producción, desde la huerta hasta el consumidor para resolver de una forma eficaz los problemas de inocuidad. Además así, se incrementa el grado de control y responsabilidad de los manipuladores pues nace la comprensión sobre la inocuidad. Al obtener una metodología de APPCC promueve el

comercio internacional dado que mejora la confianza al consumidor.(FAO, 2003) Para la aplicación del sistema es necesario el conocimiento del Codex de Higiene en procesos de alimentación y legislación correspondiente a los mismos. Estos se mencionarán en el apartado normas sanitarias.

2.4.1.1. Etapas del sistema de análisis de peligros y puntos de control

En la Figura 9 se indica las 7 etapas y procesos para el análisis de peligros:

El primero es elaborar el análisis de peligros, en donde se identifica los peligros potenciales dentro de la producción, desde procesos primarios, fabricación, transporte y distribución, evaluando la posibilidad de contraer peligros e identificarlos.

El segundo principio es la determinación de los puntos críticos. Es decir, determinar los puntos en los procesos o fases dentro de la elaboración para controlar y disminuir la mínima posibilidad de que ocurran los peligros.

El tercero se basa en el establecimiento de límites críticos, mediante el uso de normativas, en donde se establecen límites que son cumplidos para que el sistema de PCC estén controlados.

El cuarto comprende en determinar un sistema de vigilancia de los PCC por medio de observaciones o pruebas programadas.

El quinto se basa en el establecimiento de medidas correctoras cuando se observa que un punto crítico de control no es controlado.

El sexto verifica que el sistema funcione de forma correcta durante todo el proceso de elaboración.

El séptimo principio es en elaborar una documentación sobre cada etapa del proceso y el registro de estos principios (FAO, 2003).

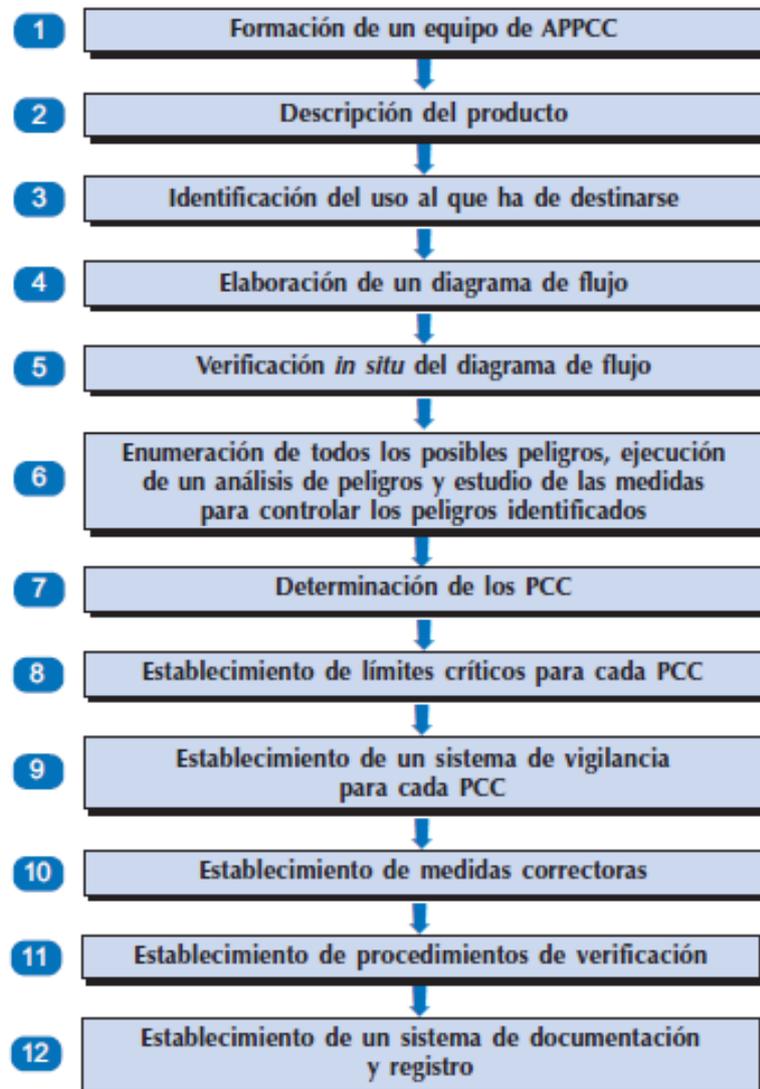


Figura 9. Aplicación del Sistema APPCC

Tomado de (FAO, 2015)

2.4.1.2. Conceptos de peligro y riesgo

Un peligro es un agente de procedencia química, física o biológica que tiene la capacidad de causar daño a la salud de una población (OPS, 2013). Para su identificación es necesario determinar los diferentes peligros, entre ellos están los peligros biológicos causados por microorganismos; los peligros químicos que son sustancias que pueden surgir de forma natural o por contaminación (toxinas, químicos, agentes de desinfección o de limpieza); los peligros físicos son objetos extraños como piedras, trozos de metal o huesos, resultado de malas prácticas o contaminación (Tabla 7) (Codex alimentario, 2014).

Los peligros microbiológicos se van desarrollando en el transcurso de la cadena. Este proceso comienza desde la dispersión de patógenos partiendo de una fuente puntual para luego provocar un alimento contaminado, ya que si existen factores ambientales favorables, estos pueden sobrevivir y proliferarse para finalmente provocar intoxicaciones y en algunos casos fuertes infecciones (Fernández et al., 2012).

Por último, existen condiciones que determinan la peligrosidad de los alimentos crudos. Entre ellos, el consumo de alimentos sin cocción, déficit tratamientos previo antimicrobianos, la diversidad de estructuras físicas que no permiten un lavado y desinfección de forma incorrecta (Fernández et al., 2012).

Tabla 7.

Tipos de peligros en los Alimentos

Tipos de peligros	Ejemplos
Biológicos (PB)	Bacterias Virus Parásitos
Químicos (PQ)	Uso de pesticidas, herbicidas y contaminantes inorgánicos Aditivos alimentarios
Físicos (FQ)	Fragmentos de madera, metal, piedras o vidrio

Adaptado de (Couto, 2011)

Nota:* PB: mayor riesgo sobre la calidad de los alimentos;*PQ: pueden manifestarse de forma natural o adicionados en el proceso; PF: objetos ajenos causantes de enfermedades y/o lesiones.

El riesgo es considerado como la probabilidad de un peligro inminente, en este caso será la probabilidad de que un producto alimenticio esté contaminado y tenga potencial de producir una enfermedad alimentaria (OMS, 1995). La estimación del riesgo es cualitativa y se obtiene por datos epidemiológicos, experiencias e información bibliográfica. Los datos de epidemiología indican cuáles alimentos vehiculan con gran frecuencia los patógenos peligrosos a la salud del comprador (Couto, 2011). Para la caracterización de riesgos se estima de forma cualitativa basada en probabilidad y severidad (Codex alimentario, 2014)

2.4.1.3. Plan de muestreo para riesgos en alimentos

El plan de muestreo es aplicado sobre lotes de alimentos de consumo crudo. Este es sustentado en las condiciones de manipulación y el riesgo en la salud. Para esto es necesario definir puntos importantes entre estos están: la categoría de riesgo, la cual se denomina así a la escala relativa que puede provocar un riesgo en el alimento o en su manipulación posterior; criterio microbiológico, que es la aceptabilidad del alimento establecida por la presencia o ausencia de microorganismos y se lo puede expresar en medidas de volumen o masa; criterios de seguridad de los alimentos, es la aceptabilidad de un alimento o lote de productos alimenticios; criterio de higiene, los cuales indican un aceptable funcionamiento en la producción (Unión Europea, 2005). Dentro de este plan existen componentes como “c”: Número máximo de unidades rechazables; “n”: número de unidades que se requieren para el análisis. Estas pueden ser de acuerdo a las normas nacionales que se refieren a bebidas y alimentos con temas microbiológicos; “M” ayuda a determinar si el alimento es aceptable o inaceptable, cuando los valores microbianos son

superiores a “M” son inaceptables en donde el alimento es un riesgo a la salud, y finalmente “m” es el límite microbiológico que aparta lo rechazable de la aceptable. En definitiva, un valor menor o igual a “m”, es un alimento aceptable y si es mayor indica que es rechazable. Para resumir la tabla 8 menciona los tipos de muestreo que se pueden seguir en relación a la categoría de riesgo que pueden presentar alimento y bebidas.

Tabla 8.

Planes de muestreos para determinar riesgos mediante la cantidad de patógenos

Grado de importancia (utilidad - riesgo sanitario)	Condiciones esperadas de manipulación y consumo del alimento o bebida luego del muestreo		
	Grado de peligrosidad reducido	Sin cambio de peligrosidad	Aumento de Peligrosidad.
Vida útil y alteración	Aumento de vida útil Categoría 1 n = 5, c=3.	Sin modificación Categoría 2 n = 5, c=2.	Disminución de vida útil Categoría 2 n = 5, c=3.
indirecto para la salud	Disminución del riesgo Categoría 4 n = 5, c=3.	Sin modificación Categoría 5 n = 5, c=2	Aumento del riesgo Categoría 6 n = 5, c=1.
Patógenos de riesgo moderado directo, de diseminación limitada.	Categoría 7 n = 5, c=2.	Categoría 8 n = 5, c=1	Categoría 9 n = 10 c=1.
Patógenos de riesgo moderado directo, de diseminación Potencialmente extensa.	Categoría 10 n = 5, c=0.	Categoría 11 n = 10 c=0.	Categoría 12 n = 20 c=0.
Patógenos de riesgo grave Directo para la salud.	Categoría 13 n = 15, c=0.	Categoría 14 n = 30 c=0.	Categoría 15 n = 60 c=0.

Adaptado de (DIGESA, 2003)

Nota:* Los de categoría 10 a 15 (color morado) son microorganismos que condicionan una peligrosidad en la salud, entre estos tenemos *Escherichia coli* y *Salmonella spp.*

Para determinar la categoría de riesgo se basa en el Art 11 de la normativa de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) en donde clasifican a los microorganismos en tres tipos. El primero son indicadores de alteración ubicados en las categorías 1, 2 y 3, están asociados a la vida útil de alimentos por microorganismos aerobios como: Levaduras y Mohos; microorganismos lipolíticos y *Lactobacillus*. El segundo son indicadores de higiene basados en categorías 4, 5 y 6 están asociados a microorganismos no patógenos, como coliformes, *enterobacteriaceas*, y finalmente los de categorías 7 al 15, que son microorganismos patógenos. Categoría 7, 8, 9 son patógenos que en gran cantidad condicionan una peligrosidad para adquirir enfermedades como *Bacillus Cereus* y *Staphylococcus aureus*, los de categoría 10 a 15 son patógenos que solo su presencia condiciona una peligrosidad en la salud entre los cuales tenemos *Escherichia coli H7 O15,7*, *Listeria monocytogenes*, y *Salmonella sp* (DIGESA, 2003).

Mediante estas normas es necesario determinar el número de muestras para la aplicación de métodos como APPCC, en donde para la verificación de este plan, el número de muestras puede ser (n=1) y debe ser evaluado con los límites (m) más exigentes indicados para este tipo de alimento. Esto se realiza si las personas intervienen en procesos ya sean de fabricación e industrialización de alimentos mediante una documentación mínima de 3 años basados en los principios del APPCC (DIGESA, 2003). En este trabajo se tomará un plan de muestreo con categoría 10.

2.4.1.4. Evaluación de peligro y riesgo bajo el sistema APPCC

El sistema de APPCC tiene la función de enumerar e identificar los peligros durante cada fase (figura 9) en donde es necesario un arduo análisis de los

mismos con relación al plan APPCC para determinar su reducción o eliminación. Dentro de esto es útil tener en cuenta los siguientes factores: Probabilidad de aparición del peligro y la gravedad que puede ocasionar a la salud; la evaluación de los peligros de forma cualitativa o cuantitativa; la proliferación o supervivencia de los microorganismos; la producción de toxinas, agentes físicos o químicos en los alimentos. Y finalmente las condiciones ayudan al surgimiento de los mismos. (FAO, 2003).

Para el análisis de peligros se ha dado cinco actividades como la revisión de materiales; la evaluación de operaciones en el proceso; observar la operación durante un tiempo pertinente, así también a los empleados; efectuar mediciones (tiempo y temperatura) y analizar las mediciones (FAO, 2003).

Evaluación de los peligros

Mediante la información se podrá determinar la gravedad de los peligros, el riesgo y los puntos en donde se aplica un control. Se define como gravedad a una magnitud que pueda provocar un peligro. Y a la vez la gravedad produce enfermedades y se clasifican en las siguientes categorías:

Bajos.- Aquellos que son moderado o leves un ejemplo de estos las enfermedades producidas por *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens*, *Bacillus spp*, parásitos, substancias como histaminas y metales pesados.

Moderados.- Aquellos que son graves o crónicos, un ejemplo de estos son las enfermedades causadas por virus de la hepatitis A *Brucella spp*, *Streptococcus tipo A*, *Salmonella spp*, *Yersinia enterocolitica*, *Shigella spp* y *Campylobacter spp*.

Muy grave.- Es una amenaza a la vida, un ejemplo de esto son las enfermedades dadas por las *Salmonella typhi*, *Vibrio cholerae*, *Clostridium botulinum*, *Vibrio vulnificus*, *Escherichia coli*0157:H7 y *Listeria Monocytogenes*

Evaluación de los riesgos

El riesgo es una función basada en la probabilidad que aparezca algún efecto adverso contra la magnitud del efecto, provocado por un peligro dentro del alimento. El riesgo puede ser clasificado por (I) insignificante, bajo (B), moderado (M) y alto (A). Esto ayuda a determinar los lugares propicios para determinar los puntos críticos de control PCC y la vigilancia que se debe implementar. La figura 10 muestra un modelo bidimensional para determinar la importancia de un peligro, mediante la probabilidad que surja y la gravedad: pueden ser críticos (Cr), mayores (Ma) menores (Me) o satisfactorios (Sa),

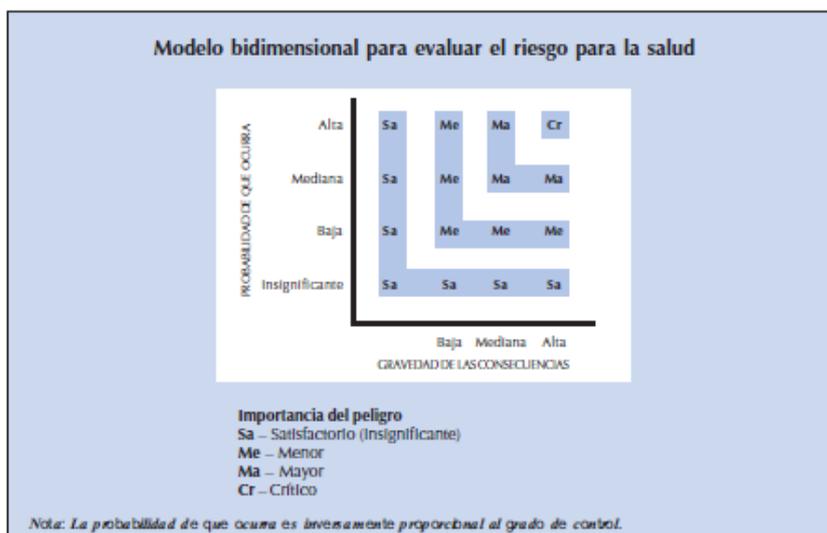


Figura 10. Modelo bidimensional

Tomado de (FAO, 2003).

Para identificar los puntos críticos de control se puede facilitar por medio de un árbol de decisiones, el cual lleva un razonamiento lógico. Este árbol se aplica de forma flexible y se lo adapta de acuerdo a cada etapa del proceso, ya sea la producción, elaboración, almacenamiento o distribución, por lo cual puede

variar de acuerdo a los enfoques necesarios y se recomienda una capacitación para su uso, un ejemplo de árbol de decisiones está en la figura 11 (FAO, 2003)

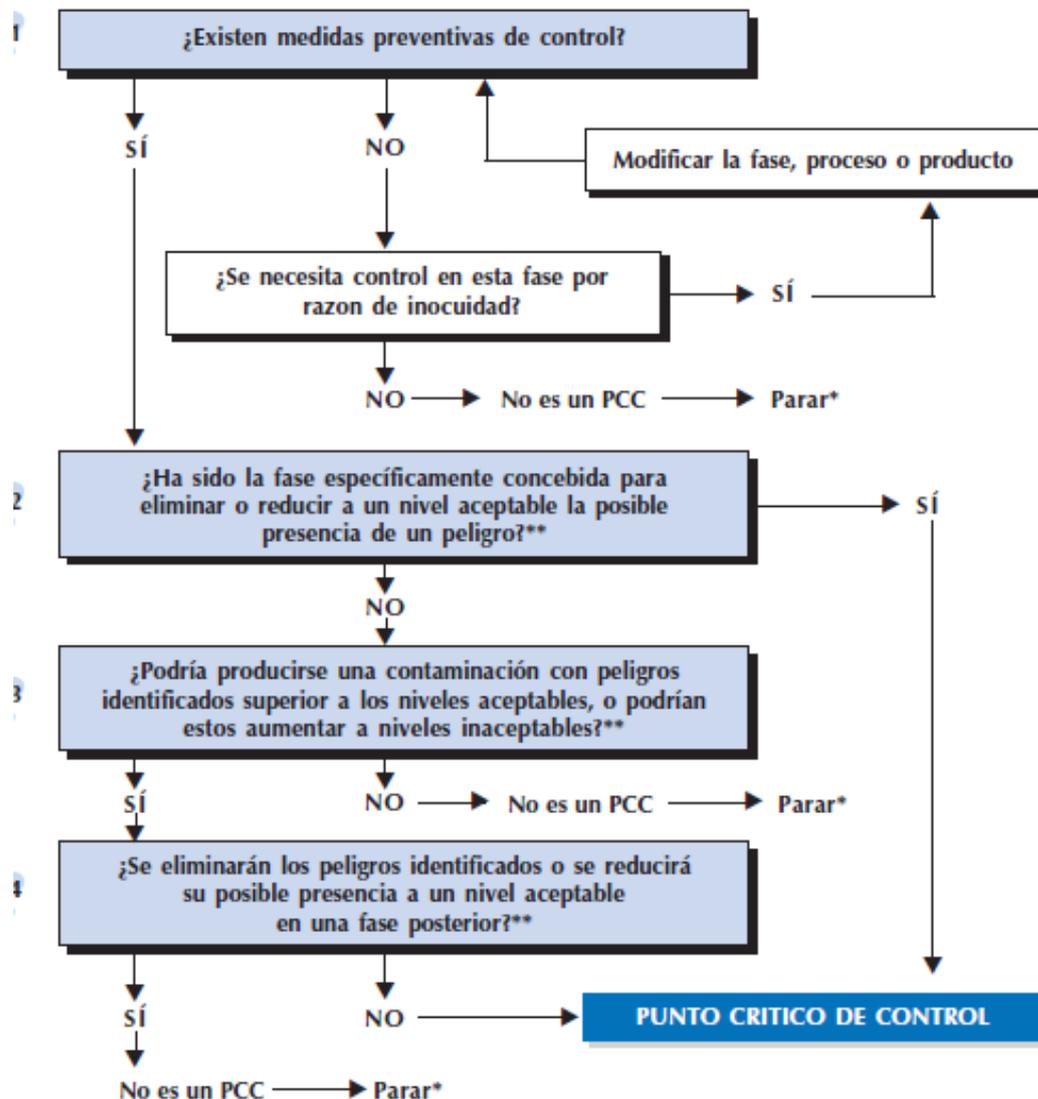


Figura 11. Árbol de decisiones para identificar PCC

Tomado de (FAO, 2003).

2.5 Normativas sobre límites de contaminación microbiológica

Dentro de la cadena de producción alimenticia existen normativas para evitar altos índices de contaminación y así proveer alimentos más seguros al consumidor. La constitución del Ecuador implanta nuevos enfoques acerca de

los recursos hídricos, manifestando que el derecho humano al uso de agua es irrenunciable, patrimonio estratégico para uso público, inembargable, inalienable y esencial para la vida, por lo que el Estado por medio de la autoridad única del agua es responsable de la gestión y planificación de los recursos hídrico a nivel nacional (Art. 12). En la constitución menciona un extenso marco legal en relación al agua involucrando varias instituciones como MAE, MSP, MIDUVI, SNGR lo cual dificulta la colaboración y coordinación para del sector hídrico y la postura de SENAGUA como institución primaria en gestión y planificación de los recursos hídricos (Cabrera et al., 2012).

La prioridad de los entes de regulación se basa en mejorar condiciones hídricas de la población, por lo que tratan de actualizar normas que regulen la calidad de los recursos hídricos para evitar contaminación en zonas agrícolas. Así también determinar los máximos permisibles de los parámetros en el agua. Entes como MAE, MIDUVI y MSP han desarrollado investigaciones importantes que permitan la creación de normas más exigentes hacia el control de la calidad de agua por lo que el Ministerio del Ambiente en el registro oficial 387 ha creado criterios de calidad de recursos hídricos destinados a la agricultura, en donde se entiende que son usados para la irrigación de cultivos y actividades anexadas. Así también, se prohíbe el uso de aguas servidas en sistemas agrícolas, con excepción aquellas que cumplan con los niveles establecidos. Los criterios de calidad son < 1000 ufc/ 100ml como valor paramétrico de *Escherichia coli* en agua de riego (Registro oficial N°387, 2015). Por lo tanto, el cumplimiento de esta normativa basada en la calidad del agua, ayuda a la producción de alimentos con mejor calidad.

La Constitución del Ecuador, en el Art.- 13 menciona que las colectividades y personas tienen derecho al consumo permanente y seguro de alimentos sanos, nutritivos y suficientes; de procedencia nivel local. Además, en el Art.-281 dice que a soberanía alimentaria en una obligación y objetivo estratégico que el gobierno garantiza a todas las personas que alcancen la autosuficiencia de adquirir alimentos sanos por ende el estado es responsable de proteger y

prevenir a la población del consumo de hortalizas contaminadas o que manifieste un riesgo a la salud (Constitución del Ecuador, 2008).

El Instituto Nacional de Investigaciones agropecuarias (INIAP), es el ente encargado de la verificar la calidad de alimentos. Para el desarrollo de normas se manejan con legislaciones y recomendaciones de diversos autores entre ellos la norma dada dentro del libro de microbiología alimentaria de Rosario Pascual en donde, para hortalizas y verduras en donde expresan 10^2 - 10^4 ufc/g dadas a coliformes. El programa de control para productos alimenticios muestra como microorganismos de interés a *E coli O157: H7*, *Salmonella spp* y *Listeria monocytogenes* (Moragas, 2017).

Por otra parte Ecuador comparte la normativa de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) de Perú para alimentos crudos establece índices de límite mínimo y máximo en alimentos crudos permitido por gramo (Tabla 9), lo cual fue explicado con detalle en el presente documento dentro del plan de muestreo (DIGESA, 2003).

Tabla 9.

Criterios microbiológicos de los alimentos crudos para la Vigilancia de ETAs de Origen Agrícola y Pecuario

Alimento de consumo crudo	Normativas sobre límites de contaminación microbiológica	Límite de <i>Escherichia coli</i> (ufc/g)	
		m Nivel de aceptación	M Nivel de rechazo
Frutillas Tomate Pimiento	NTS N° 071 - MINS/DIGESA- V.01. Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. XIV.1 FRUTAS Y HORTALIZAS FRESCAS (SIN NINGUN TRATAMIENTO)	10^2	10^3
Frutillas Tomate Pimiento	NTS N° 071 - MINS/DIGESA- V.01. Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. XIV.2 FRUTAS Y HORTALIZAS FRESCAS SEMIPROCESADAS (LAVADAS, DESINFECTADAS, PELADAS, CORTADAS Y/O PRECOCIDAS) REFRIGERADAS Y/O CONGELADAS	10	10^2
lechuga	Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano.	10	10^2

Adaptado de (DIGESA, 2003)

Así pues esto es controlado mediante la norma NTE INEN-ISO-22000:2006 que contiene los criterios sobre la vigilancia y el control sanitario de alimentos. Esta norma sanitaria es aprobada por el Codex alimentario (CAC/GL-21 (1997)) y el decreto supremo N° 0077,98 SA (Benítez, 2015). Por otra parte tenemos la Normativa de la Unión Europea que indica los mismos límites anteriormente mencionados para *E.coli* mediante la ISO 16649-1 o 2, estos límites se aplican durante el proceso de elaboración. Al mismo tiempo la normativa establece acciones en caso de obtener resultados insatisfactorios en donde se deben mejorar la higiene dentro de la producción. A partir de estas normativas se fijan criterios microbiológicos que ayudan a la seguridad de los alimentos para ser considerados contaminados de forma inaceptable con patógenos que tengan criterios fijos (Unión Europea, 2005).

El ministerio de salud del Ecuador menciona que los establecimientos que realicen actividades de elaboración, almacenamiento, envasado y distribución de alimentos tienen que cumplir la normativa de vigilancia y control sanitario, la cual se encuentra dentro de las Buenas Prácticas de Manufactura. Estos son principios de higiene que garantizan las condiciones sanitarias de los alimentos en el proceso de fabricación y así disminuir riesgos durante el procesamiento (Benítez, 2015). A la vez la Unión Europea establece directrices microbiológicas para disminuir la carga de contaminación fecal en toda la cadena alimentaria para educir riesgos a la salud (Unión Europea, 2005).

En sí, Ecuador no tiene mecanismos ni infraestructura adecuada para el control de calidad de agua y la sanción hacia gobiernos locales. Las ciudades grandes como Quito, Guayaquil y Cuenca, no tienen autoridades que ejecuten proyectos realmente adecuados para sectores que se ven afectados con problemas de aguas servidas (Cabrera et al., 2012).

3.- Capítulo III. Diseño Del Plan Experimental

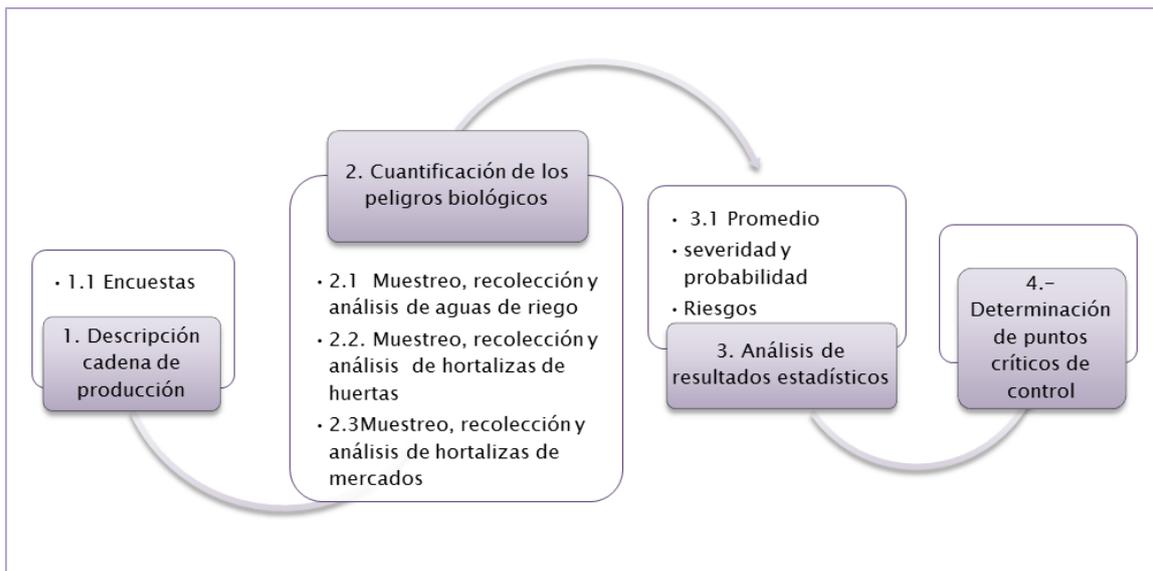


Figura 12. Diseño del Plan Experimental

Para la realización del siguiente estudio se diseñó un plan experimental, como se muestra en la figura 12, que cumpla el objetivo de identificar, mediante el sistema APPCC, puntos críticos necesarios para mejorar la inocuidad en la cadena de producción de hortalizas en el DMQ. Para la descripción de la cadena de producción se comenzó realizando una encuesta a los agricultores. Se recolectó información acerca del agua de riego, alimentos de cultivo y lugares de distribución (mercados), en donde se determinaron las zonas de estudio: agua de riego como el canal de Pisque, Santa Marta y La Merced; alimentos de cultivo de consumo crudo como lechuga, tomate, pimiento y frutilla; lugares de distribución como El Mayorista (zona sur), San Roque (zona centro) y La Ofelia (zona norte).

La cuantificación de peligros biológicos fue realizada por un muestreo seguido de una recolección, para esta se utilizaron materiales estériles como fundas herméticas para alimentos y recipientes para el agua. Luego, las muestras de

agua de los canales de riego seleccionados y de los alimentos provenientes de huertas y mercados fueron analizadas por diluciones, después estas se filtraron en una membrana millipore y se colocaron sobre agar selectivo para incubarlas. Finalmente, se contaron las colonias y se archivaron a una base de datos.

Con los datos obtenidos se realizó el análisis estadístico, en donde se promediaron y se compararon con los límites permisibles de la normativa del Medio Ambiente para agua y la normativa DIGESA para alimentos. Para determinar el riesgo se realizó una tabla bidimensional en relación de severidad y probabilidad. Los índices de severidad y probabilidad fueron estandarizados mediante la creación de tablas adaptadas a los límites de las normativas anteriormente mencionadas. Con la evaluación de estos índices se determinaron los puntos de control críticos en la cadena de producción de alimentos de consumo crudo.

4.- Capítulo IV. Procedimientos

4.1. Descripción de la cadena de producción

La descripción de la cadena de elaboración fue realizada mediante una búsqueda exhaustiva de información vía web en Google Scholar y PubMed con temas específicos como agricultura de hortalizas, producción de alimentos crudos y agro tecnologías. A la vez, se usaron palabras claves como “cadena de producción”, “alimentos”, “elaboración”, “agricultura” y “cultivos”, en donde se pudo recolectar artículos pertenecientes a la organización de las Naciones Unidas de alimentación (FAO) o investigaciones en revistas de alto impacto. Después de un primer levantamiento de información en un nivel más general, se recolectó información, de forma presencial, sobre los planes de desarrollo provincial de Pichincha en el Ministerio Ambiental del Ecuador (MAE) e información sobre los límites permisibles de *E.coli* sobre alimentos crudos obtenidos en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

4.2. Muestreo

Los muestreos fueron realizados en la provincia de Pichincha enfocándose en el Distrito Metropolitano de Quito.

4.2.1 Huertos

Los huertos seleccionados pertenecen a la provincia de Pichincha y están situados a menos de 500 m de las cuencas del Machangara, Guayllabamba o San Pedro. Para el muestreo se realizó un recorrido vía satelital en donde se pudo determinar lugares con gran influencia agrícola. Posteriormente, se realizó un recorrido presencial para poder verificar los huertos útiles al estudio. En las visitas presenciales se realizó una pequeña entrevista a los propietarios o trabajadores del huerto para determinar si cumplía los criterios de inclusión: cercanía a los ríos mencionados y cultivos de alimentos de consumo crudo.

En la figura 13 se observan los puntos que cumplieron con los criterios de inclusión para el estudio. Una vez seleccionados los huertos se tomaron 100ml de agua en frascos estériles de los canales de riego. Por cada canal se realizaron 3 puntos de muestreo con 3 repeticiones. En el primer punto se recolectó a 1 m previo a la entrada de la huerta en el segundo punto se recolectó a una distancia de 100 m desde la entrada del cultivo; y en el tercer punto se tomó agua de los reservorios. Las muestras se almacenaron en una nevera con hielos y luego se procesaron en el laboratorio antes de 3 horas.

La recolección de hortalizas y frutas fue después de la hora de riego, habitualmente a las 8 a.m. Se recolectaron 3 ejemplares de tomate, lechuga, pimiento y frutillas siguiendo el plan de muestreo de la Dirección Nacional de Salud Ambiental (DIGESA, 2003). Durante la recolección, se mantuvo una distancia de 100m por cada muestra recolectada, cubriendo toda el área del cultivo para adquirir un número viable de datos que favorezcan a la investigación (Farahat et al., 2017). Las muestras fueron colocadas en fundas herméticas estériles grandes o medianas dependiendo del contenido para ser guardadas en una nevera con hielo (Abass et al., 2016). Luego, fueron procesadas en el laboratorio de área ambiental de los laboratorios de

investigación de la Universidad de las Américas en un lapso de tres horas para evitar la pérdida de carga microbiana.

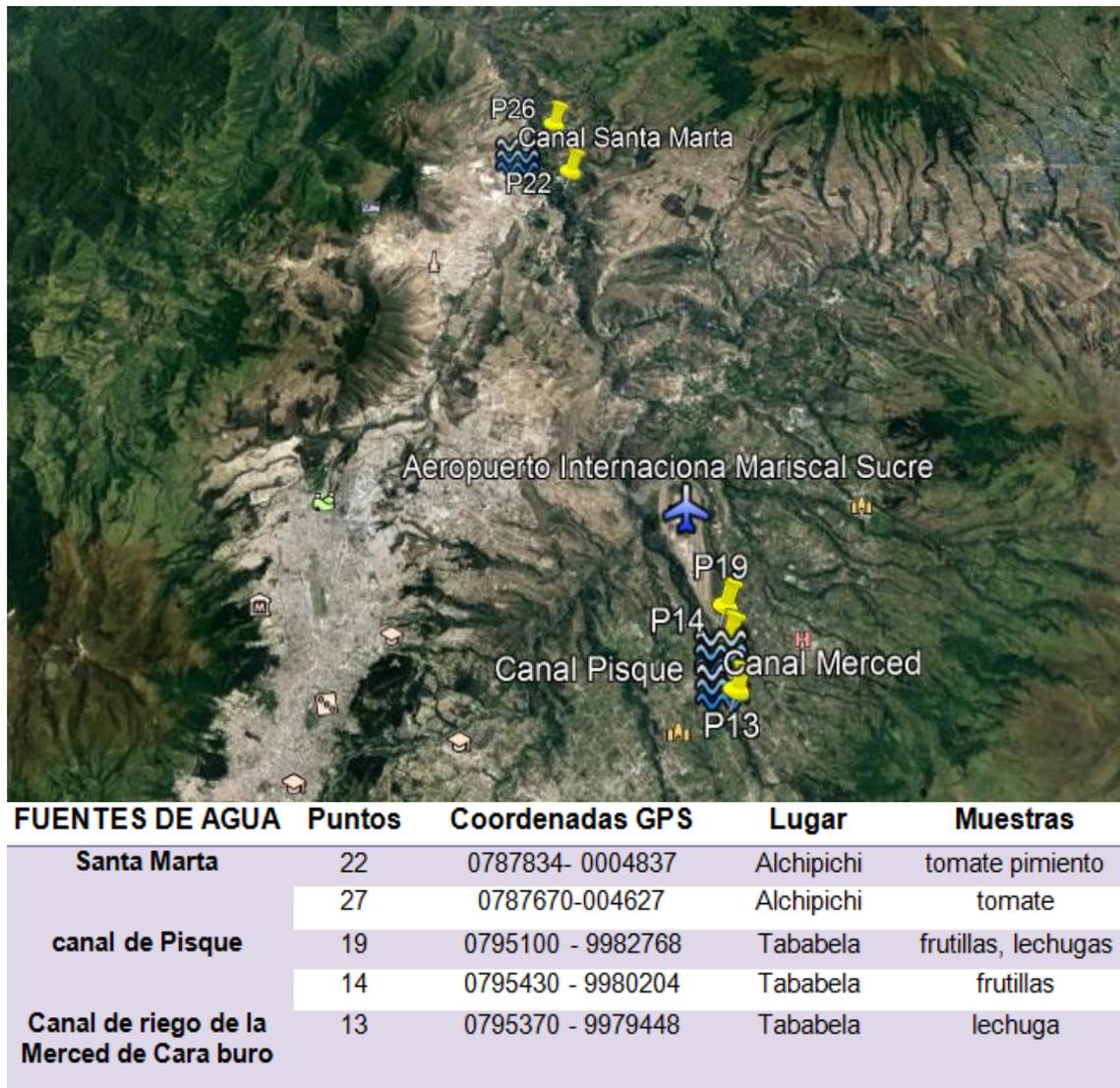


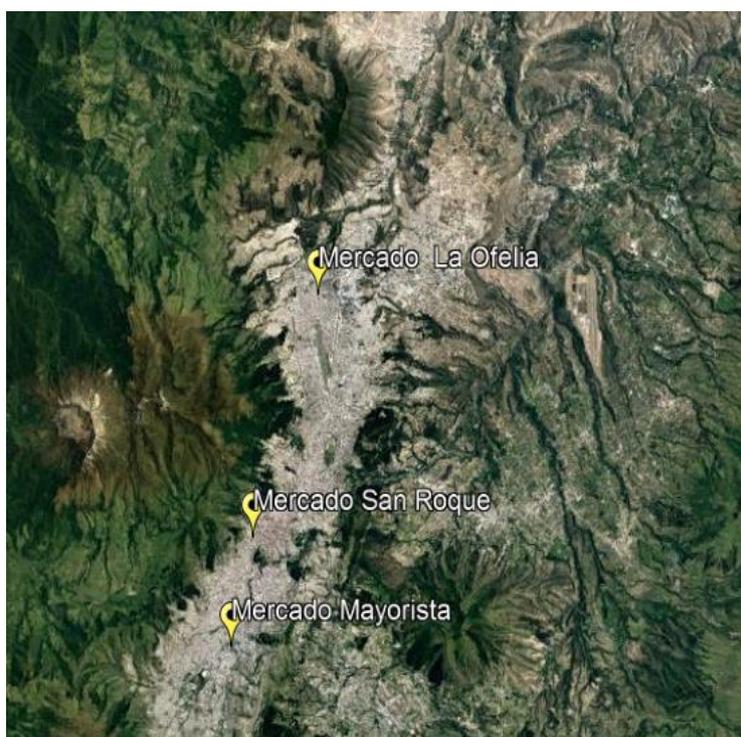
Figura 13. Mapa satelital de los huertos seleccionados

Tomado de (Guzman, 2015)

4.2.2 Mercados

Los mercados de estudio mostrados en la figura 14 están localizados en las zonas urbanas del DMQ son: Norte (Ofelia), Sur (El Mayorista) y Centro (San Roque), estos contienen un número superior a 1000 puestos. La recolección de muestras fue desde las 9 y 11 a.m. y se seleccionaron por medio de una

caminata aleatoria. Este sistema de muestreo utilizó una aplicación de datos, en donde se marcó parámetros con el propósito de estandarizar el procedimiento empleado en el lugar de estudio. El primer lanzamiento determinó la dirección del recorrido, número par hacia la derecha o número impar hacia la izquierda; el segundo lanzamiento nos indicaba el número de pasos que se caminaban para poder recolectar la muestra. Posteriormente, las muestras recolectadas en fundas herméticas fueron almacenadas en una nevera con hielo. Finalmente, fueron procesadas en el laboratorio de área ambiental de los laboratorios de investigación de la Universidad de las Américas de la Universidad de las Américas en un lapso de tres horas



Mercados de Quito	zona	Dimensión	Número de Puestos
Mercado San Roque	Centro	2 hectáreas	2.500
mercado de la Ofelia	Norte	2,5 hectáreas	1 600
Mayorista	Sur	2 hectáreas	1 400

Figura 14. Mercados representativos de las zonas norte, centro y sur

Tomado de (Guzman, 2015)

4.3 Encuestas a los propietarios de los cultivos

Las encuestas tuvieron un papel fundamental en el estudio para obtener información de una manera rápida y eficaz, estas fueron realizadas a cada propietario de cultivo. Posteriormente, se pudo verificar que las huertas fueran de hortalizas o frutas de consumo directo y así determinar la carga microbiana de los alimentos en la etapa de producción agrícola. Durante este proceso se realizaron 28 encuestas entre las cuales se seleccionaron 5 huertas. Este cuestionario se diseñó por medio de una matriz con preguntas abiertas y cerradas para resumir el tiempo de diálogo con el agricultor. La información recolectada por este método de investigación descriptiva es la siguiente: tipo, hora y frecuencia de riego; tipo de cultivo; tipo y cantidad de fertilizantes; lugares de distribución; días de cosecha; y sistema de transporte Anexo 1.

4.4. Análisis de agua de riego

Una vez recolectadas las muestras se sigue un protocolo estándar en el laboratorio. Como se muestra en la figura 15 las aguas de los canales recolectadas se diluirán a 1 log del tampón (1 ml muestra + 9 ml PBS1x) en una cámara de flujo. Posteriormente, se filtrarán por medio de una rampa de filtración (0.45um membrana millipore). Anterior a este paso, se esterilizó el instrumento mediante un flameado en el borde del recipiente. La membrana se ubica con las cuadrículas hacia arriba con la manipulación de pinzas estériles, luego es colocada en la unidad de filtración y se ajusta con el embudo. La rampa se enciende con una bomba al vacío durante el tiempo que la muestra se tarda en filtrar y se guardarán 10 ml para análisis posteriores. Luego de la filtración, se retira la membrana y se coloca sobre agar selectivo (*Chromocult*®) un medio indicativo de *E.coli*. Finalmente, se incubaron en las cajas Petri a una temperatura de 37°C durante 18 - 24 horas.



Figura 15. Análisis de agua de riego

Para el recuento de *E. coli*, como se observa en la figura 16 se pudieron presenciar dos colores: rojo que pertenecía a coliformes totales y azul correspondiente a la bacteria, dando datos en unidades formadoras de colonias ufc/ml. El uso del agar muestra una acción conjunta entre peptona, piruvato y fuentes con fosfatos que garantizan un crecimiento acelerado y también para coliformes que contienen un daño subletal. Además, el contenido de lauril sulfato no evita el crecimiento de bacterias Gram positivas. La formación de colonia como *E.coli* y coliformes totales es posible por la producción de sustratos: el sustrato Salmon - Gal separa la enzima β .D galactosidasa provocando un color rojo en la coloración de las coliformes. Por otro lado, *E. coli* contiene la enzima β .D glucorónidasa que actúa sobre el sustrato X. glucorónico y provoca un color azul. Debido a que *E.coli* separa los dos sustratos; X. glucorónico y Salmon- Gal, las colonias reaccionan formando un color violeta –azul oscuro, así se ayuda a diferenciar las coliformes que se presentan de color rojo (Carrillo & Lozano, 2008). Finalmente en aquellas

colonias que no presentaban estas características no fueron contabilizadas (López, 2015).

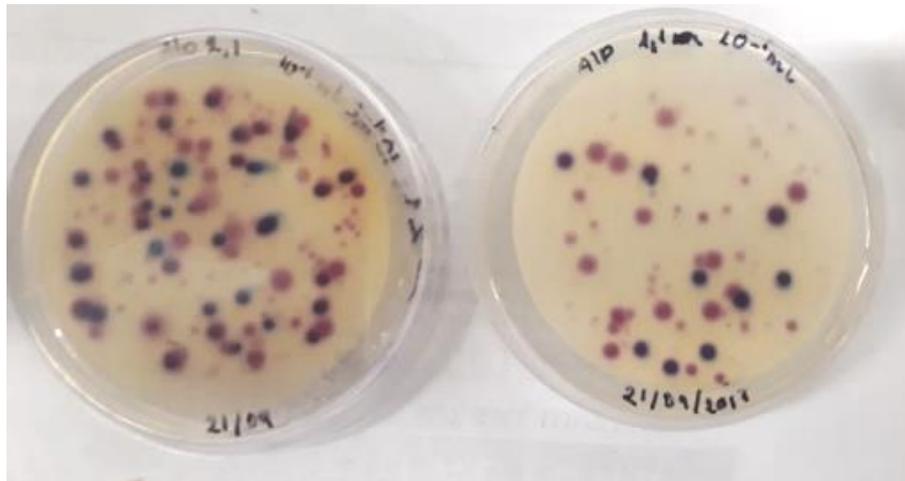


Figura 16. Conteo de coliformes fecales y totales

4.5 Análisis de hortalizas en huertos y mercados

Para analizar la carga microbiológica de las hortalizas se usó un método previamente descrito (Ensink et al., 2007) que consiste en pesar cada hortaliza en la balanza determinando así la cantidad en gramos. Para la obtención de la muestra se realizaron dos protocolos: el primero se desarrolló para verduras como la lechuga retirando las hojas más expuestas a los factores ambientales. Estas hojas se colocaron dentro de una funda hermética añadiendo una solución de 100ml de PBS 1x. El segundo protocolo consistía en un lavado directo de hortalizas como tomate, pimiento y frutillas con la solución utilizada en el primer protocolo. Una vez finalizados ambos procesos, las muestras se agitaron sobre una plancha durante 10 minutos a 350 rpm (5min/lado). Finalmente, se filtraron 90 ml del lavado en la rampa mediante una membrana millipore de 0.45 μm . El proceso de filtración fue el anteriormente mencionado en el análisis de agua (figura 17).

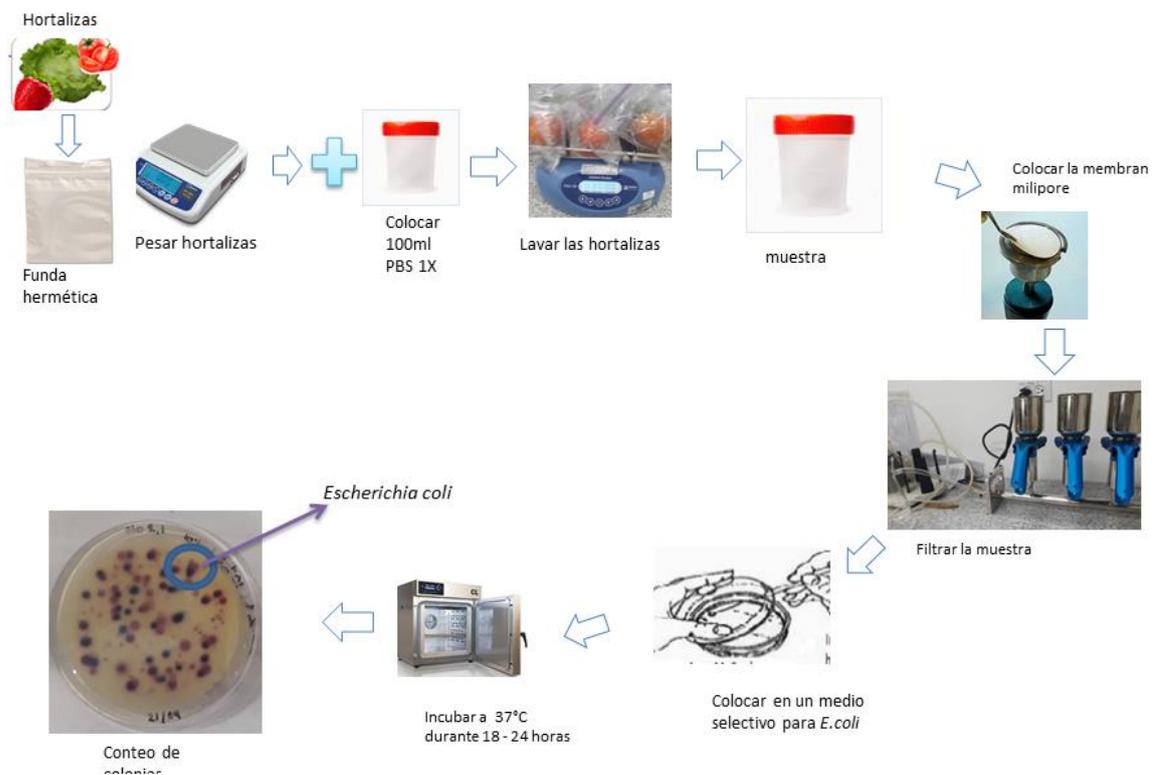


Figura 17. Análisis de hortalizas en huertos y mercados

4.6 Análisis estadístico

El análisis de datos fue hecho por Stata 7.0 mediante medias aritméticas. Para comparar muestras en los diferentes etapas a lo largo de la cadena de producción se emparejaron los valores promedios de contaminación y se realizó un emparejado mediante la Prueba t de Student, en donde se consideró un valor significativo de P de <0.05

4.7 Cuantificación de riesgos

En la cuantificación de riesgos se realizaron tablas para determinar el grado de severidad y probabilidad previamente mencionadas en procedimientos. La severidad se estandarizó mediante la normativa de calidad para agua que otorga el Ministerio del ambiente (Núñez, 2015) y la normativa para el consumo

de alimentos crudos (DIGESA, 2003). Posteriormente, se describe la severidad por medio de tres condiciones: leve, grave y muy grave. En la tabla 10 se muestran los valores para determinar la severidad de un alimento.

Tabla 10

Valores para determinar severidad de un alimento

Severidad	(Agua de Riego) <i>E.coli</i> ufc/ 100ml	Lechuga <i>E.coli</i> ufc/ g	Tomate, pimiento y frutilla <i>E.coli</i> ufc/ g
Leve	<500	<10	<100
Grave	500 – 1000	10-100	100-1000
Muy Grave	> 1000	>100	>1000

Adaptado de (DIGESA, 2003)

La probabilidad de ocurrencia se midió mediante el número de muestras y se hizo una correlación al 100% (al número total de muestras). Para eso fue necesario determinar el tipo de probabilidad y establecer rangos, los cuales se los puede observar en la tabla 11

Tabla 11

Valores para determinar la probabilidad de un riesgo

	Probabilidad
Baja	>30%
Media	30-70%
Alta	<70%

Adaptado de (DIGESA, 2003)

Capítulo V. Resultados y Discusión

5.1 Descripción de la cadena

Se realizaron 27 encuestas a los propietarios de cultivos que se encontraban cercanos a los ríos con mayor contaminación a lo largo del DMQ (Anexo 2). Para esto se recorrieron puntos obtenidos por imágenes satelitales y después de forma presencial. Mediante el uso de este material se pudo obtener la información de la tabla 12.

Tabla 12

Puntos de estudio seleccionados mediante encuestas

Punto	Dimensión m ²	Canal	Cultivo	Distribución	Riego
13	1100	La Merced	Lechugas	San Roque	Por surcos
14	700	canal de Pisque	Frutillas	El Mayorista	Por goteo
19	600	canal de Pisque	Frutillas, lechugas	San Roque	Por goteo
22	1200	Santa Marta	Calabaza	San Roque	Por surcos
27	600	Santa Marta	Tomate	San Roque	Por surcos

Adaptado de ("Plan de desarrollo y ordenamiento territorial gobierno autónomo descentralizado parroquial Guayllabamba," 2015)

Los cultivos visitados están ubicados en zonas urbanas y tienen una dimensión entre los 400-1200 m² de los cuales el 74 % (n=20) de productores de las zonas tenían policultivos con gran variedad de alimentos de consumo crudo como tomate, lechuga, pimientos y frutillas. Por otro lado, el porcentaje restante sembraba alimentos de cocción para su consumo como frejol, maíz, papa y zapallo. Además, se observó que había una rotación de cultivos de ciclo corto en donde los más frecuentes eran lechuga, tomate y frutilla.

El agua de riego proveniente del canal de Santa Marta comienza su distribución en horas puntuales para cada cultivo. La hora destinada al riego es

por horarios de 8:00 – 10:00 am o en la tarde de 4:00 - 5:00 pm los días jueves, lo mismo ocurría para el canal de Pisque y Merced en donde su horario es un día completo de la semana. El agua del canal de Pisque y el canal de la Merced tienen un previo tratamiento antes de llegar al destino productor debido a los altos índices de contaminación, siguiendo así, el lineamiento del plan de desarrollo provincial (Gobierno de Pichincha, 2012). Sin embargo, todos los cultivos que usan estos canales contienen pozos de agua para autoabastecerse durante toda la semana y estos son distribuidos por medio de bombas, pues la disponibilidad de agua no alcanza para solventar su uso continuo (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2015).

Se determinó también que el 78 % de la población usa el método de riego por surcos y canaletas, mientras que el 22 % realiza métodos de goteo especialmente en cultivos de frutillas (figura 18).

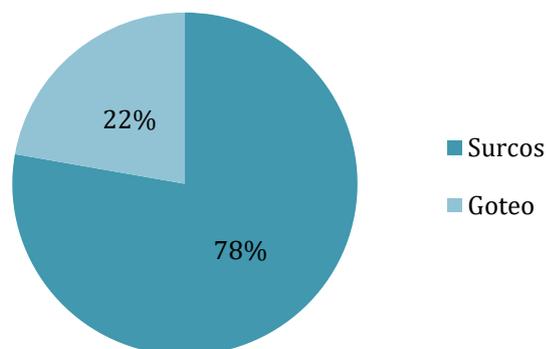


Figura 18. Tipos de riego utilizado en las huertas inspeccionadas

Las verduras cosechadas se destinan en un 77% al mercado San Roque, el cual es el mercado más grande del DQM ubicado en la zona centro. Por otro lado, un 8% corresponde al mercado Mayorista ubicado en la zona sur del Distrito, un 12% destinado a mercados más pequeños como Conocoto, Guayllabamba y Cotocollao (mercados cerca de los lugares de producción) y un 4% a grandes cadenas de mercados como Santa María (figura 19).

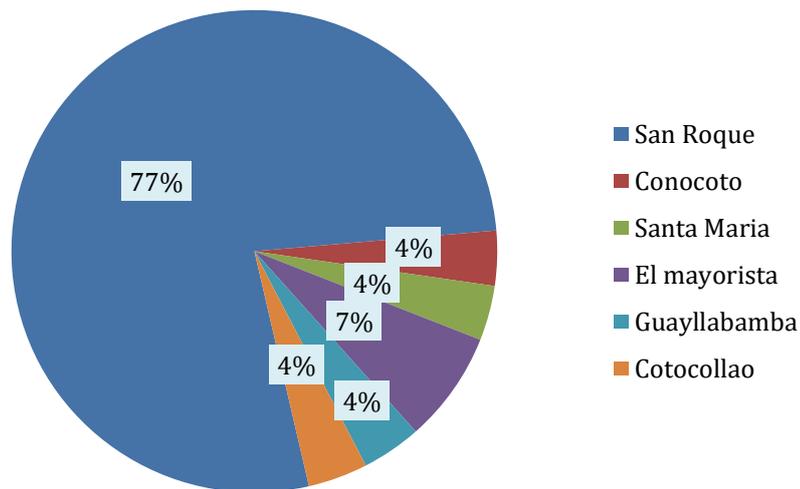


Figura 19. Puntos de distribución de las huertas inspeccionadas en el DMQ

Mediante el uso de encuestas y observación se determinaron los peligros biológicos dentro de las etapas de producción agrícolas, esto se muestra en la siguiente figura:

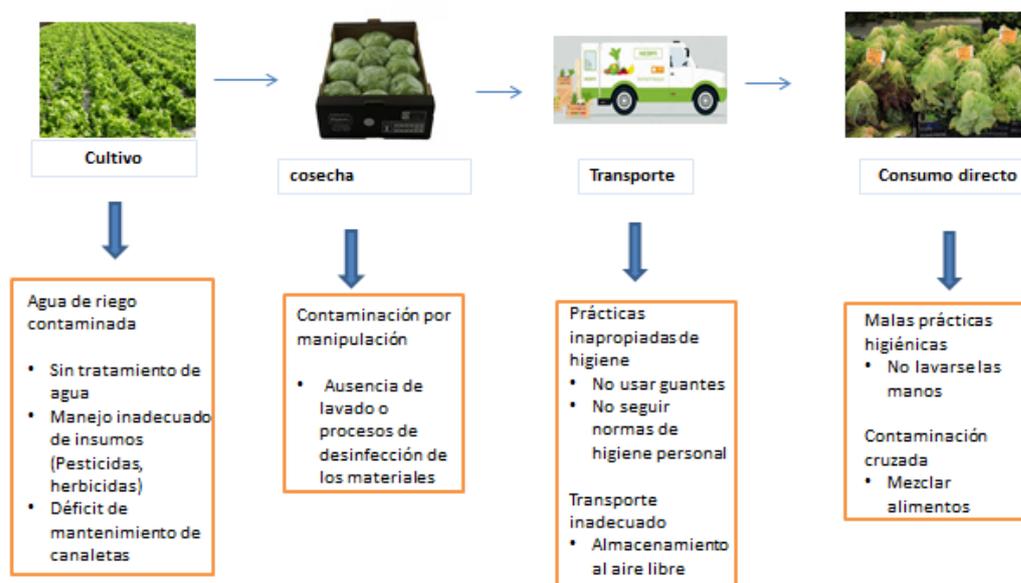


Figura 20. Etapas de producción y descripción de peligros biológicos

Los recuadros muestran las actividades que ayudan a la contaminación y adquisición de peligros biológicos. A la vez, se muestran los valores paramétricos de *Escherichia coli* como peligro biológico

5.2 Contaminación microbiológica “peligros biológicos” en los distintos niveles de la cadena de producción

5.2.1 Agua de Riego

Después de la recolección de las muestras estas fueron procesadas en el laboratorio mediante membranas de nitrocelulosa en una rampa de filtración y fueron cultivadas en un medio selectivo de *E.coli* para el conteo de las colonias. Posteriormente, se realizó un promedio de los datos obtenidos por *E.coli* en los tres puntos de estudio de agua: Canal de Pisque, Canal de la Merced y la sequía de Santa Marta, dando así, los resultados de la figura 21.

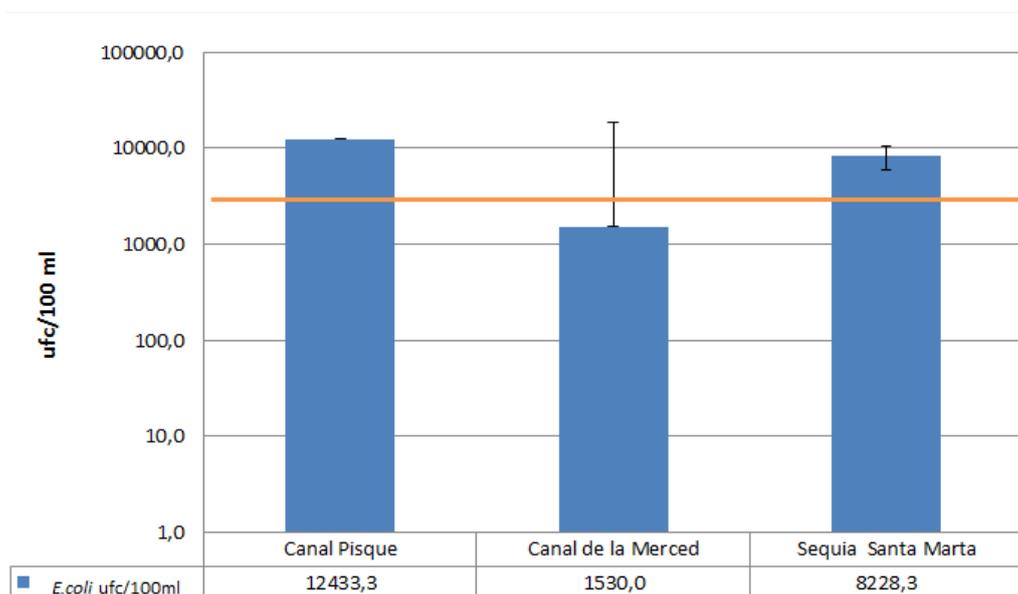


Figura 21. Análisis de *E. coli* en agua de riego de los canales Pisque, Merced y Santa Marta en el Distrito Metropolitano de Quito

a) La línea muestra el valor paramétrico de *E.coli* permitido

La línea de color rojo de la figura 21 muestra los criterios de calidad de agua para riego (*E. coli* < 1000 ufc/ 100ml), establecidos por el Ministerio del

Ambiente. Los resultados de *E. coli* en el Canal de Pisque, Canal de la Merced y la sequía de Santa Marta superan la normativa de calidad en donde la mayor cantidad de *E. coli* está sobre el canal de Pisque.

La contaminación de ríos se debe a factores por descargas urbanas de aguas residuales (Rivera et al., 2009). En el plan de desarrollo de Guayllabamba señala que la acequia de Santa Marta no se encuentra contaminada (Guzman, 2015). Sin embargo, los resultados obtenidos mostraron el incumplimiento de calidad de agua en un 8228,3 *E.coli* (ufc/100ml), por lo cual es necesaria la implementación de sistemas de saneamiento en estas fuentes estratégicas de distribución de agua, especialmente cuando estas son destinadas a verduras de consumo crudo. El déficit de calidad de agua para el lavado de verduras, es otro riesgo pues se suele utilizar la misma agua de regadío (Silvia Muñoz, Miguel Vilca, Daphne Ramos, & Juan Lucas, 2013). Además, sitios regados con el agua del canal de Pisque y la Merced tenían pozos para la acumulación de agua en donde los resultados también mostraron una calidad de agua no permitida de 2433,3 y 1530,0 *E.coli* (ufc/100ml) respectivamente. Estos resultados pueden variar de acuerdo al número de muestras y al tiempo de muestreo. Por lo que, en otros estudio se ha mostrado la necesidad de analizar al menos 5 muestras durante un periodo de 30 días (Puig Peña et al., 2013).

5.2.2 Hortalizas en etapa cosecha

Luego de recolectar las muestras en los cultivos estas son analizadas en un lapso de tres horas para conservar la carga microbiológica. A continuación, son pesadas y lavadas para ser filtradas con la ayuda de una membrana de nitrocelulosa. Después de la incubación se cuantificó cada muestra y se sacaron promedios de *E.coli* en cada alimento, frutilla, pimiento, tomate y lechuga, dando así los siguientes resultados en la figura 22:

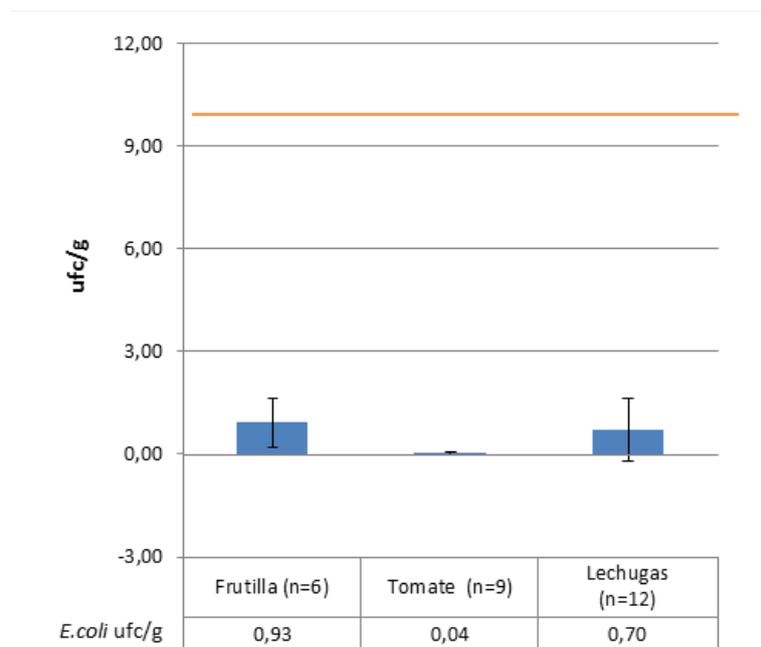


Figura 22. Análisis E. Coli en huertos dentro del DMQ

a) Cuantificación de *Escherichia Coli* en alimentos de huertas.

La línea muestra el valor paramétrico de *E. coli* permitido

Los resultados de frutilla y lechuga fueron los valores más altos en comparación con el resto de alimentos, 0,93 y 070 *E. coli* ufc/g respectivamente. Sin embargo, las muestras fueron bajas en comparación con la normativa establecida, ya sea para lechuga ($10 - 10^2$ de *E. coli* ufc/g) como para tomate, frutilla y pimiento ($10^2 - 10^3$ *E. coli* ufc/g) (DIGESA, 2003), también se pudo determinar que el pimiento no arrojó ninguna cantidad de *E. coli*. Por lo tanto, se determinó que los alimentos en la etapa de producción cumplen con la normativa estipulada.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que la ausencia de *Escherichia coli* en alimentos crudos no garantiza la falta de otros patógenos como *Salmonella* o *L. monocytogenes*, ya que pueden presentarse en verduras, aun cuando los

recuentos de coliformes fecales den un margen cero (Silvia Muñoz et al., 2013). Esto sucedió en los resultados microbiológicos de los pimientos.

5.2.3 Hortalizas en etapa de consumo (mercado)

Para el análisis cuantitativo de *E.coli* se recolectaron las muestras en los mercados representativos de tres zonas (norte, sur y centro). Estas fueron analizadas en un lapso de tres horas para conservar la carga microbiológica. Siguiendo el protocolo estandarizado mencionado anteriormente para huertos, se cuantificó cada muestra y se sacaron promedios de *E.coli* en frutilla, pimiento, tomate y lechuga dando así, los siguientes resultados:

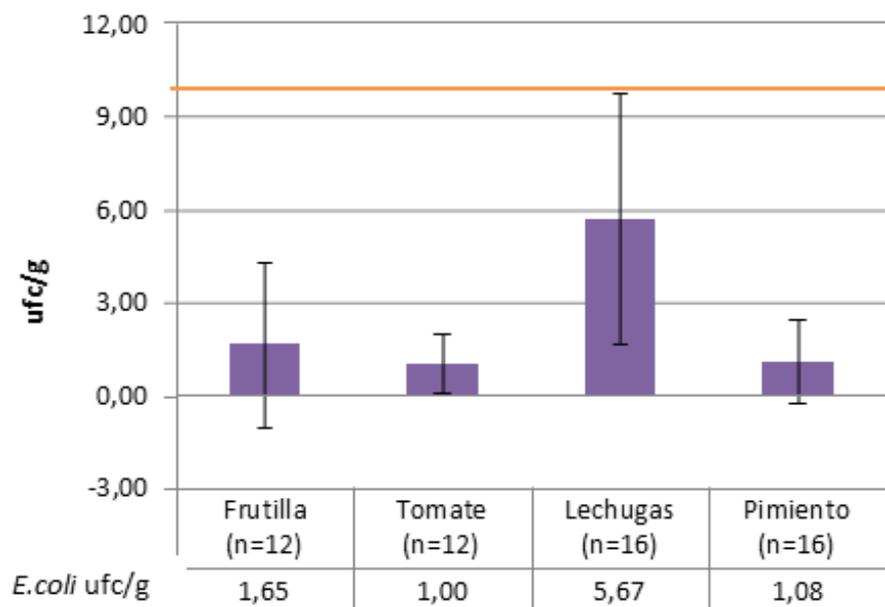


Figura 23. Análisis *E. coli* en mercados dentro del DMQ

a) Cuantificación de *Escherichia coli* en agua de riego

La línea muestra el valor paramétrico de *E.coli* permitido

En la figura 23 se observa que los datos obtenidos en frutillas, tomate y pimiento (1.65, 1 y 1,08 *E. coli* ufc/g) son bajos y no superan la normativa de calidad que mencionan estos valores (10^2 (m) - 10^3 (M) *E. coli* ufc/g). El valor

promedio de lechugas 5,67 *E. coli* ufc/g no supera a la normativa de calidad de 10^1 (m) - 10^2 (M) de *E. coli* ufc/g, siendo este (n=16).

Sin embargo, entre las lechugas muestreadas hay 4 que superaron al límite m, o también conocido como límite inferior. Por lo anteriormente mencionado en la normativa de calidad, aquellos alimentos que superan el límite “m” o límite inferior deben someterse a un tratamiento para bajar la carga microbiana. No obstante, estos alimentos no son rechazados, solo si superan el límite “M”.

Estudios anteriores realizados en Quito mostraron una cantidad de 6.063×10^6 UFC/g en lechugas del mercado San Roque, siendo este un valor alarmante (Moragas & Bustos, 2015). Los resultados de este estudio no identificaron la presencia de *E.coli*, los niveles no fueron considerados alarmantes en este alimento. En la comparación entre tomates, pimientos y frutillas se pudo observar una mayor cantidad de 1,65 *E. coli* ufc/g en frutillas, puesto que este alimento se encuentra más cercano al suelo. Ciertamente, se puede confundir *E.coli* del suelo con el que proviene del agua (Rodríguez, 2005).

Por otro lado, al tomar las muestras de los distintos mercados existe una alta probabilidad de que los patógenos sean eliminados antes de llegar a esta etapa. La sobrevivencia de *Escherichia coli* en el ambiente es variable. A pesar de esto, no logra sobrepasar de un día (Lopez et al., 2009).

Una vez cuantificados los riesgos microbiológicos de 109 muestras, entre huertos y mercados, mediante los protocolos de cuantificación detallados anteriormente, mostraron los siguientes resultados de la tabla 13:

Tabla 13.

Datos mínimos y máximos de los alimentos crudos obtenidos en huertas y mercados del DMQ

	Frutilla		Tomate		Lechuga		Pimiento	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
	<i>E.coli</i> ufc/ g							
Mercado	0,00	7,08	0,09	3,09	0,68	10,60	0,00	3,29
Huerta	0,32	2,24	0,00	0,15	0,00	2,48	0,00	0,00

La tabla 13 muestra dos variables: el lugar de recolección y el alimento analizado en donde se determinó el valor mínimo y máximo de cada alimento en función de *E.coli* ufc/ g. La muestra marcada es la más contaminada con un 10,6 *E.coli* ufc/ g, la cual supera el número límite inferior. Por lo cual, esta muestra debe de seguir un tratamiento previo para ser aceptada en el mercado.

5.3 Determinación de la severidad y probabilidad de los peligros biológicos mediante indicadores de contaminación fecal.

5.3.1 Agua de Riego

Para la determinación de severidad y probabilidad se realizaron las tablas 8 y 9 en los procedimientos previamente mencionados. Para la severidad se colocaron valores estandarizados obtenidos de la normativa de calidad para agua otorgada por el Ministerio del ambiente (Núñez, 2015) y otra normativa para alimentos crudos (DIGESA, 2003).

Con la relación de severidad y probabilidad se obtuvo los resultados sobre el riesgo existente en cada canal, lo cual se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 14.

Riesgos Biológicos mediante el análisis de severidad y probabilidad en agua superficiales del DMQ

Severidad	Leve	Grave	Muy Grave
Probabilidad	(<500 ufc <i>E.coli</i> /100 ml)	(500-1000 ufc <i>E.coli</i> /100 ml)	>1000 ufc <i>E.coli</i> /100 ml)
Baja (>30%)	Riesgo Insignificante	Riesgo tolerable	Riesgo moderado
Media (30-70%)	Riesgo tolerable Canal Santa Marta	Riesgo moderado Merced	Riesgo importante
Alta (>70%)	Riesgo moderado	Riesgo importante	Riesgo intolerable Canal Pisque

Nota: *Determinación de riesgos microbiológicos mediante la severidad y probabilidad de *Escherichia coli* en aguas de riego; * El recuadro pintado es el punto de mayor riesgo

La tabla 14 muestra que el canal de Santa Marta se encuentra en un riesgo tolerable. El canal de la Merced está dentro de un riesgo moderado y el canal Pisque con un riesgo intolerable.

Al determinar que de tres canales importantes de riego uno se encuentra en un rango de riesgo intolerable (canal Pisque), es necesaria la implementación de planes que ayuden al mantenimiento de los canales. Los planes de gestión desarrollados por la parroquia muestran factores de contaminación de este río, y sus medidas de prevención corresponden a actividades realizadas mensualmente por la comunidad para disminuir la contaminación (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2015). Sin embargo, no existe un control sobre el cumplimiento de la normativa por los ministerios o agricultores. Por ende se debe tener un plan de vigilancia en el mantenimiento de canaletas y en la participación comunitaria del sector.

5.3.2 Hortalizas en etapa cosecha

Una vez analizadas las muestras de huertas, se determinó la severidad y probabilidad siguiendo las tablas estandarizadas 10 y 11. Una vez obtenidos los datos de severidad y probabilidad de muestras de huertas se logró realizar una tabla bidimensional para la determinación de riesgos biológicos (tabla15).

Tabla 15

Determinación de riesgos mediante el análisis de severidad y probabilidad en alimentos crudos de huerta del DMQ

Severidad	Leve	Grave	Muy Grave
Probabilidad	*(<10 ufc <i>E.coli</i> /g)	* (10-100 ufc <i>E.coli</i> /g)	* (>100 ufc <i>E.coli</i> /g)
	*(<100 ufc <i>E.coli</i> /g)	* (100-1000 ufc <i>E.coli</i> /g)	* (>1000 ufc <i>E.coli</i> /g)
Baja (>30%)	Riesgo Insignificante Tomates, frutillas, pimiento y lechuga	Riesgo tolerable	Riesgo moderado
Media (30-70%)	Riesgo tolerable	Riesgo moderado	Riesgo importante
Alta (>70%)	Riesgo moderado	Riesgo importante	Riesgo intolerable

Nota: Determinación de riesgos microbiológicos mediante la severidad y probabilidad de *Escherichia coli* en alimentos de huertas;* Valores de calidad para lechuga (color azul);* Valores de calidad para tomates, frutillas y pimiento (color verde).

La tabla 15 muestra que todos los alimentos analizados se encontraban en un riesgo insignificante.

Al obtener estos resultados se comprobó que no existía contaminación directa con el agua de riego, se pudo comprobar que el uso de un sistema por canaletas evitaba el contacto de las verduras con agua contaminadas. A la vez, cabe mencionar que la radiación UV en el DMQ tiene un índice de 8 - 14 considerado como extremadamente alto y esto puede provocar la eliminación de bacterias (INAMHI, 2018). Los altos índices de radiación traspasan las paredes celulares y eliminan la capacidad de reproducción, evitando así su proliferación. Por esta razón, los resultados obtenidos disminuyen la preocupación del consumo de alimentos crudos.

5.3.3 Hortalizas en etapa de consumo (mercado)

Luego del análisis en las muestras de mercado, se determinó la severidad y probabilidad siguiendo las tablas estandarizadas 8 y 9. Una vez obtenidos los datos de severidad y probabilidad de muestras de mercados, estos son analizados por una tabla bidimensional para determinar el riesgo. Al introducir los datos se obtuvieron los siguientes resultados de la tabla 16.

Tabla 16.

Resultados riesgos mediante el análisis de severidad y probabilidad en alimentos crudos de mercado del DMQ

Severidad	Leve	Grave	Muy Grave
Probabilidad	*(<10 ufc <i>E.coli</i> /g)	* (10-100 ufc <i>E.coli</i> /g)	* (>100 ufc <i>E.coli</i> /g)
	*(<100 ufc <i>E.coli</i> /g)	* (100-1000 ufc <i>E.coli</i> /g)	* (>1000 ufc <i>E.coli</i> /g)
Baja (>30%)	Riesgo Insignificante Tomates, frutillas, pimiento y lechuga	Riesgo tolerable	Riesgo moderado
Media (30-70%)	Riesgo tolerable	Riesgo moderado	Riesgo importante
Alta (>70%)	Riesgo moderado	Riesgo importante	Riesgo intolerable

Determinación de riesgos microbiológicos mediante la severidad y probabilidad de *Escherichia coli* en alimentos de mercado;* [Valores de calidad para lechuga \(color azul\)](#);* [Valores de calidad para tomates, frutillas y pimiento \(color verde\)](#).

La tabla 16 muestra los resultados de riesgo mediante el análisis de severidad & probabilidad de las muestras en mercado.

Los alimentos analizados en mercados mostraron un riesgo insignificante a pesar de ser una de las etapas finales de la producción agrícola. Esto supone que el manejo de alimentos durante el proceso de cosecha, postcosecha y distribución mantenían un correcto control de normativas de higiene y saneamiento de alimentos (Armendáriz et al., 2012). Sin embargo, en estudios realizados con anterioridad en el DMQ, mostraron contaminación en mercados por el déficit de higiene en los alimentos (Moragas & Bustos, 2015). En conclusión, el uso de medidas de vigilancia en saneamiento de alimentos de consumo crudo pueden disminuir los valores obtenidos aunque estos no hayan sido alarmantes.

5.4 Determinación de los puntos críticos de control para mejorar la inocuidad de las hortalizas cultivadas y comercializadas en el DMQ

Una vez obtenidos los resultados de los riesgos en agua, mercado y huertas se pudieron analizar los tres puntos de la cadena de producción mediante el uso de una tabla bidimensional de severidad & probabilidad, dando los siguientes resultados de la tabla 17.

Tabla 17.

Determinación de puntos críticos mediante la cuantificación de riesgos microbiológicos

Severidad.	Leve	Grave	Muy Grave
Probabilidad			
Baja (>30%)	Riesgo Insignificante Mercado Huertas	Riesgo tolerable	Riesgo moderado
Media (30-70%)	Riesgo tolerable Agua de riego	Riesgo moderado Agua de riego	Riesgo importante
Alta (>70%)	Riesgo moderado	Riesgo importante	Riesgo intolerable Agua de riego

La tabla 17 mostró que el riesgo más grave se encuentra en el agua de riego en donde señala como punto crítico el comienzo de la producción agrícola que es el uso de agua para cultivos.

Con estos resultados se pudo determinar el punto crítico de control que está ubicado en los canales usados para regadío en el sector agrícola. Se denotó, según la tabla bidimensional (severidad y probabilidad), un riesgo intolerable en las fuentes de riego, es decir, que los alimentos irrigados con estas aguas tienen alta probabilidad de ocasionar un daño a la salud del consumidor. Estudios anteriores realizados en Ghana dieron como resultado una alta tasa de contaminación en aguas de riego, la misma que se utilizaba en cultivos de lechugas, mostrando un índice de $3,2 \times 10^7$ ufc/ ml de *E.coli*. En base a esos resultados, se realizaron pozos bajo tierra, pues el agua se purifica más eficientemente y en otros casos se realizó un almacenamiento de agua en contenedores para mejorar su calidad microbiológica (Abass, Ganle, & Adaborna, 2016). Esta investigación determinó también que la etapa con mayor contaminación se encontraba en el agua de riego, es necesario implementar sistemas que disminuyan la carga microbiológica. Por lo tanto, en este estudio se pueden adaptar la aplicación de medidas de prevención como el

saneamiento de agua de canales de riego mediante el tratamiento de aguas residuales (Cabrera et al., 2012).

Por otro lado, la contaminación en alimentos de huerta y mercado fueron marcados en un riesgo insignificante, dando alimentos sanos para su consumo mediante el análisis de la cadena de producción. Se esperaba que un alimento tenga más probabilidad de contaminarse a causa de pasar por más etapas, puesto que el primer factor de contaminación era el agua de riego (Armendáriz et al., 2012). En contraste, los resultados de la presente investigación arrojaron contaminación solo en el primer punto de producción por lo que se supone que, a pesar que se recorrió un largo camino, el alimento llega con alta calidad al consumidor. Posiblemente, el buen manejo de técnicas ya sean de lavados o desinfección, las cuales no fueron monitoreadas en la investigación, lleguen a bajar la carga microbiológica (Guerra et al., 2014). Sin embargo, el uso de productos como el cloro para desinfección eliminan un porcentaje de *E. coli* y *Enterococcus* spp, pero no logran ser una solución eficaz (Ríos et al., 2017).

La determinación de puntos críticos proveen una visión general de la producción agrícola del DMQ, creando así medidas o sistemas que ayuden a disminuir los patógenos en puntos estratégicos de la producción agrícola de hortalizas de consumo crudo.

5.5 Elaboración de una tabla con medidas preventivas

Luego del análisis de los datos mediante la tabla bidimensional de riesgos, se obtuvo los puntos críticos de las tres etapas estudiadas, con esta información se realizó una tabla de medidas preventivas en cada etapa dentro de la cadena de producción de alimentos de consumo crudo.

Tabla 18.

Medidas preventivas en la producción de alimentos de consumo crudo

Elemento control	Peligros	Medidas preventivas	PCC	Vigilancia
Canales de estudio	Contaminación de agua de riego	Aplicar tratamiento de aguas residuales	Si	Plan de saneamiento de aguas superficiales cada 30 días
Alimentos en huerta	Contaminación de alimentos de consumo crudo	Métodos de lavado de alimentos Desinfección de materiales de trabajo	Si	Plan de muestreo de análisis microbiológico cada semana
Alimentos en mercado	Contaminación de alimentos de consumo crudo	Tratamientos de lavado antes	de Si	Plan de muestreo de análisis microbiológicos cada

En función de los resultados de la tabla 18, mostró que existen puntos críticos dentro del cultivo como el agua de riego. Especialmente en el canal de Pisque y Santa Marta por lo que se puede implementar tratamiento para sólidos y así disminuir la carga microbiológica. Para la eliminación de sólidos en los canales se puede realizar tratamientos mediante el uso de rejillas finas que ayudaran a la filtración de sólidos, luego un sistema de sedimentación y finalmente un clarificador para eliminar sustancias contaminantes y concentrarlos en forma de lodos. En vista que la mayoría de cultivos cantaban con pozos de agua debido a la falta de disponibilidad, se debe controlar que estos estén protegidos y construidos debidamente (Food and Drug Administration, 1997).

Otra medida de prevención es determinar los sistemas de riego, restringiendo aquellos sistemas que entren en contacto directo con los alimentos como es el método por aspersión. En los cultivos de estudio, el sistema de riego usado era por canaletas mostrando así buenos resultados sobre los alimentos. Sin embargo, la implementación de medidas de riego más específicas de acuerdo al tipo de cultivo puede mejorar la calidad del producto.

Por otra parte, los agricultores pueden controlar los factores que causan contaminación en sus canales mediante mingas comunitarias que fortalezcan la limpieza de los mismos. Así también pueden elaborar canales que ayuden a la disminución de contaminación mediante el uso de césped o franjas de vegetación, los cuales actuarán como barreras físicas ante los desechos.

Aunque los resultados mostraron que los alimentos de huerta y mercado no contienen altos índices de contaminación es necesario implementar lavados antes de ser comercializados, este proceso fue escaso en las huertas estudiadas. Para este punto de control se puede implementar métodos más eficaces como son: inmersión total o aspersión. Sin embargo, si se usa agua contaminada para este proceso puede producir una transmisión de patógenos. Para esto, se ha mostrado que el uso de desinfectantes puede reducir la carga microbiológica pero no eliminarla completamente, por lo que es necesario realizar una serie de lavados continuos, en lugar de realizarlo solo una vez. Un método muy usado en verduras es realizar un lavado inicial que retire la tierra, luego realizar dos lavados continuos y sumergirlo en una solución desinfectante para finalmente, lavarlos con agua limpia.

En cuanto al transporte, los camiones no presentaban ningún equipo para conservación de los alimentos, por lo que es importante comenzar un mayor control sobre los transportes utilizados para distribución de alimentos. Por esta

parte, estos deben de contener equipos refrigerantes, así también tener un control de limpieza y desinfección.

En los tres mercados estudiados se observó que la venta de alimentos no eran en condiciones limpias, pues la manipulación de los mismos eran directamente con la mano, por lo que es necesario la aplicación de medidas higiénicas en el uso de alimentos. Así también, el uso de elementos principales como guantes y recipientes desinfectados

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

El sistema APPCC sirve para identificar puntos de contaminación y poder establecer medidas correctivas como tratamientos de agua, limpieza de canales, métodos de lavados a nivel de huerta, mejoras en la conservación y transporte para poder obtener productos de gran calidad.

Mediante el análisis se observó que la contaminación microbiológica superó en el agua de riego especialmente el canal de Pisque, esto se debe a la distancia que el agua recorre hasta llegar a huerta por lo que es necesaria la implementación de tratamientos para aguas superficiales antes de que sean utilizadas.

El uso de este sistema en huertas mostro que los valores de patógenos en hortalizas no superan a los límites críticos para definirlo como alimento peligroso esto se puede deber a diversos factores como el tipo de riego, este era por surcos por lo que el agua no tiene un contacto directo sobre los alimentos, y por otra parte, la radiación UV puede disminuir la carga microbiológica.

6.2. Recomendaciones

Los sistemas de APPCC son útiles en los procesos para elaboración de productos dentro de la cadena alimenticia. Sin embargo, el uso del sistema para una evaluación de productividad agrícola de manera regional puede dar

resultados más rápidos y situarnos en puntos de contaminación más específicos.

El uso del sistema es una manera directa para determinar puntos en áreas críticas y así disminuir los riesgos que se presentan durante toda la producción agrícola. Así también generan seguridad sobre alimentos producidos.

Este sistema a la vez proporciona medidas correctoras específicas por lo que su análisis se puede llevar por separado así también para que los resultados sean más fiables es necesario tomar mayor cantidad de puntos de muestreos y por ende más números de muestras por cada sitio estudiado, puesto que es un estudio a nivel regional.

REFERENCIAS

- Abass, K., Ganle, J. K., & Adaborna, E. (2016). *Coliform Contamination of Peri-urban Grown Vegetables and Potential Public Health Risks: Evidence from Kumasi, Ghana*. *Journal of Community Health*, 41(2), 392–397. <https://doi.org/10.1007/s10900-015-0109-y>
- Anderson, K. L., Whitlock, J. E., Valerie, J., & Harwood, V. J. (2005). *Persistence and Differential Survival of Fecal Indicator Bacteria in Subtropical Waters and Sediments Persistence and Differential Survival of Fecal Indicator Bacteria in Subtropical Waters and Sediments*. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(6), 3041–3048. <https://doi.org/10.1128/AEM.71.6.3041>
- Antonelli, A., & Beers, E. (1999). Guía para la Aplicación del Sistema de Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos (ARCP) de Calidad A1/SC. Recuperado el 24 de abril del 2018 de <http://orton.catie.ac.cr/cgi-bin/wxis.exe/?IscScript=iicacr.xis&B1=Buscar&formato=2&cantidad=50&expresion=BEERS>
- Arie, H. H., Martyn, D. K., Torgerson, P. R., Herman, J. G., Tine, H., Lake, R. J., Angulo, F. J. (2015). *World Health Organization Global Estimates and Regional Comparisons of the Burden of Foodborne Disease in 2010*. *New Microbiológica*, 39(2), 119–123. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001923>
- Armendáriz, C., Monge, E., & Zhunio, B. (2012). Análisis de las tres enfermedades más comunes producidas por mala manipulación de alimentos en el sector de Cotacollao. *Revista Turismo, Desarrollo Y Buen Vivir Dialnet*, N°4(ISSN-e 1390-6305), 45–57.
- Baroja, G. (2012). Plan de Desarrollo Y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Guayllabamba, 2025.
- Benítez, L. (2015). Implementación de la ISO 22000 en el Ecuador, <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3949.8725>

- Cabrera, H., Garcés, M., & Paredes, P. (2012). Producción de Aguas Servidas, Tratamiento y Uso en el Ecuador H. Ministerio de Agricultura, Ganadería Y Pesca Ministerio de Salud Pública EMAPAG-EP, 1–9.
- Callejón, R. M., Rodríguez-Naranjo, M. I., Ubeda, C., Hornedo-Ortega, R., Garcia, M. C., & Troncoso, A. M. (2015). *Reported Foodborne Outbreaks Due to Fresh Produce in the United States and European Union: Trends and Causes*. *Foodborne Pathogens and Disease*, 12(1), 32–38. <https://doi.org/10.1089/fpd.2014.1821>
- Carrascosa, C., Millán, R., Saavedra, P., Jaber, J. R., Raposo, A., & Sanjuán, E. (2016). *Identification of the risk factors associated with cheese production to implement the hazard analysis and critical control points (HACCP) system on cheese farms*. *Journal of Dairy Science*, 99(4), 2606–2616. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10301>
- Carrillo, E., & Lozano, A. (2008). Validación del método de detección de coliformes totales y fecales en agua potable utilizando agar chromocult. Pontificia Universidad Javeriana, 1–82. Recuperado el 2 de Mayo del 2018 de <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis203.pdf>
- CEPAR. (2005). Centro de Población y Desarrollo Social, Encuesta Demográfica y de Salud Materna e Infantil, 21.
- Cerón, D. (2014). Identificación de indicadores entéricos en cilantro (*Coriandrum sativum*) y perejil (*Petroselinum sativum*) que se expenden en mercados populares del norte de la ciudad de Quito Recuperado el 2 de Mayo del 2018 de http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/4880/1/42002_1.pdf
- Codex alimentario. (2014). Codex Alimentario, 23. http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_docman&task=doc_download&Itemid=270&gid=30256&lang=es.

- Consejería de empleo y desarrollo tecnológico. (2010). Manipulación de alimentos. Junta de Andalucía, 1–82.
- Constitución del Ecuador. (2008). Constitución de la República del Ecuador. Decreto Legislativo, 1–140.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Couto, L. (2011). Auditoría del sistema APPCC: Cómo verificar los sistemas de gestión de inocuidad alimentaria HACCP, 224.
- DIGESA. (2003). Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. Dirección General de Salud Ambiental, 1–24.
- Ensink, J. H. J., Mahmood, T., & Dalsgaard, A. (2007). Wastewater-irrigated vegetables: Market handling versus irrigation water quality. *Tropical Medicine and International Health*, 12(SUPPL. 2), 2–7.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-3156.2007.01935.x>
- FAO. (2003). Sistemas de calidad e inocuidad de los alimentos. Manual de capacitación sobre higiene de los alimentos y sobre el sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (APPCC). Recuperado el 22 de abril del 2018 de http://www.fao.org/ag/agn/CDfruits_es/others/docs/sistema.pdf%0A
<http://www.fao.org/docrep/005/w8088s/w8088s00.htm>
- FAO. (2011). *The State of the World's land and water resources for Food and Agriculture*. Managing systems at risk. Food and Agriculture Organization. <https://doi.org/978-1-84971-326-9>
- FAO. (2015). Sudamérica Desafíos en agricultura y alimentación, Manol Cambrol, FAO en Sudamérica, Recuperado el 2 de abril del 2018 de <http://www.fao.org/3/a-i5438s.pdf>
- FAO (2015). Amazonas recursos hídricos. América del Sur, Centroamérica y Caribe.

http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/ECU/indexesp.stm

- Farahat, E. A., Galal, T. M., Elawa, O. E., & Hassan, L. M. (2017). *Health risk assessment and growth characteristics of wheat and maize crops irrigated with contaminated wastewater*. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(11). <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6259-x>
- Fernández, E., Peña, E., & Cabriales, J. J. (2012). Alimentos frescos en áreas urbanas y periurbanas de América Latina.
- Food and Drug Administration. (1997). Directivas para la Industria: Guía para Reducir al Mínimo el Riesgo Microbiano en los Alimentos, para Frutas y Hortalizas Frescas, 50. Recuperado el 22 de abril del 2018 de <http://www.fda.gov/downloads/Food/GuidanceComplianceRegulatoryInformation/GuidanceDocuments/UCM186594.pdf>
- Giglio, O. De, Caggiano, G., Bagordo, F., Barbuti, G., Brigida, S., Lugoli, F., ... Montagna, M. T. (2017). *Enteric Viruses and Fecal Bacteria Indicators to Assess Groundwater Quality and Suitability for Irrigation*. *Environmental Research and Public Health*. <https://doi.org/10.3390/ijerph14060558>
- Gil, M. I., Selma, M. V., Suslow, T., Jacxsens, L., Uyttendaele, M., & Allende, A. (2015). *Pre- and Postharvest Preventive Measures and Intervention Strategies to Control Microbial Food Safety Hazards of Fresh Leafy Vegetables*. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(4), 453–468. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.657808>
- Gobierno de Pichincha. (2012). Desarrollo, Plan D E Territorial, Y Ordenamiento.
- Guerra, M., Palacios, D., Maestre, R., Baena, J., & Gómez, D. (2014). Identificación de agentes etiológicos brote ETA. *Biomédica*.

- Guzmán, D. (2015). Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia Guayllabamba, 1–102.
- Higgins, A., Yousufi, K., Sultana, S., Ali, A., & Varkey, S. (2017). Ending Preventable Child Deaths from Pneumonia and Diarrhoea in Afghanistan: An Analysis of Intervention Coverage Scenarios Using the Lives Saved Tool. *Journal of Tropical Medicine*, 2017(Imci). <https://doi.org/10.1155/2017/3120854>
- INAMHI. (2018). Pronóstico del "Índice ultravioleta". Recuperado el 21 de Junio del 2018 de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/pronostico/radiacion.pdf>
- INEC. (2016). Superficie y producción agropecuaria continua. Instituto Nacional de Estadísticas Y Censos, 23. <https://doi.org/10.4206/agrosur.1974.v2n2-09>
- López, O, León, J., Jiménez, M., Chaidez, C., & . (2009). Detección y resistencia a antibióticos de *Escherichia coli* y *Salmonella* en agua y suelo agrícola, *Revista Fitotecnia Mexicana*, 32(2), 119–126.
- López, K. (2015). Validación del método filtración por membrana para análisis microbiológico de coliformes totales y *Escherichia coli* en aguas marinas Membrane filtration method validation to total coliforms, 33, 215–220.
- Monteros, A., Gaethe, R., Lema, V., Salazar, C., Sánchez, R., & Llive, F. (2016). Panorama Agroeconómico Ecuador 2016. Jel, 15. Recuperado el 18 de Mayo del 2018 de http://sinagap.agricultura.gob.ec/pdf/estudios_agroeconomicos/panorama_agroeconomico_ecuador2016.pdf
- Monteros, A., & Sumba, E. (2014). Productividad Agrícola en el Ecuador. Magap, 12. http://sinagap.agricultura.gob.ec/pdf/estudios_agroeconomicos/indic_e_productividad.pdf

- Moragas, M., & Bustos, P. (2015). [http://www.osakidetza.euskadi.eus/contenidos/informacion/sanidad_alimenta ria/es_1247/adjuntos/Normas%20microbiol%C3%B3gicas%20de%20los%20alimentos%20\(Enero%202014\).pdf](http://www.osakidetza.euskadi.eus/contenidos/informacion/sanidad_alimenta ria/es_1247/adjuntos/Normas%20microbiol%C3%B3gicas%20de%20los%20alimentos%20(Enero%202014).pdf)
- Moragas, M. (2017). Normas microbiológicas de los alimentos y asimilados (superficies, aguas diferentes de consumo, aire, subproductos).
- Mozombite, J. (2013). Diseño del sistema HACCP en productos vegetales (Frutas y hortalizas), 13.
- Núñez, L. T. (2015). Edición Especial No 387 Registro Oficial, (97), 6–26.
- Olea A. (2012). *Foodborne disease outbreaks surveillance in Chile. Revista Chilena de Infectología: Órgano Oficial de La Sociedad Chilena de Infectología*, 29(5), 504–510. <https://doi.org/10.4067/S0716-10182012000600004>
- Oliva, M. (2008). Enfermedades Infecciosas Transmitidas Por Alimentos. *Revista De Ciencias Médicas De La Habana*, 14(3), 102-115., 102–115. Recuperado el 12 de Mayo del 2018 de <http://revcmhabana.sld.cu/index.php/rcmh/article/view/327/567>
- OMS. (2015). Organización mundial de la Salud. Recuperado el 13 de mayo del 2018 de <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2015/foodborne-disease-estimates/es/>
- OMS. (1995). Guía FAO/OMS para aplicación de principios y procedimientos. Recuperado el 14 de abril del 2018 de http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/78042/9789243502472_spa.pdf;jsessionid=7C5EF6814C5A16CBD10EB46CA9BDC890?sequence=1
- OPS. (2013). Guía de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control -

HACCP. Organización Panamericana de La Salud, 4. Recuperado el 4 de mayo del 2018 de <http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2013/05/GuiaHACCP.pdf>

Osimani, A., Aquilanti, L., & Clementi F. (2015). *Evaluation of HACCP system implementation on the quality of mixed fresh-cut salad prepared in a university canteen: a case study*. J Environ Health. Jan-Feb;77, 77(6), 78–84 . Recuperado el 4 de mayo del 2018 de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25619040>

Pardo, J. E., Peñaranda, J. A., Álvarez-Ortí, M., Zied, D. C., & Pardo, A. (2011). *Application of the hazard analysis and critical control point (HACCP) system in the processing line of virgin olive oil*. Grasas Y Aceites, 53(3), 309–318.

Plan de desarrollo y ordenamiento territorial gobierno autónomo descentralizado parroquial Guayllabamba. (2015). Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial Pichincha.

Plan de Ordenamiento Territorial de la parroquia Tababela. (2012).

Puig Peña, Y., Leyva Castillo, V., Rodríguez Suárez, A., Carrera Vara, J., Molejón, P. L., Pérez Muñoi, Y., & Dueñas Moreira, O. (2013). Calidad microbiológica de las hortalizas y factores asociados a la contaminación en áreas de cultivo en La Habana. Revista Habanera de Ciencias Médicas, 13(1), 111–119.

Ray, B., & Bhunia, A. (2010). Fundamentos de Microbiología de los Alimentos. Recuperado el 4 de mayo del 2018 de <http://www.etp.com.py/fichaLibro?bookId=72992>

Registro oficial N°387. (2015). Edición Especial No 387 Registro Oficial Registro Oficial -- Edición Especial No 387, (97), 6–26.

Ríos, S., Agudelo, R. M., & Gutiérrez, L. A. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. Revista

Facultad Nacional de Salud Pública, 35(2), 236–247
<https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08>

- Rivera, M., Rodríguez, C., & López, J. (2009). Contaminación fecal en hortalizas que se expenden en mercados de la ciudad de Cajamarca, Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental Y Salud Publica*, 26(1), 45–48.
- Rodríguez, A. (2005). Determinación de *Escherichia coli* en ensaladas a base de lechuga preparadas en restaurantes de comida rápida, Guatemala, *Revista de Química Farmacéutica*, 1–57.
- Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo. (2015). Actualización del Plan de Ordenamiento Territorial de la Parroquia Tababela. Diagnóstico.
- Silvia Muñoz, J., Miguel Vilca, L., Daphne Ramos, D., & Juan Lucas, L. (2013). Frecuencia de enterobacterias en verduras frescas de consumo crudo expandidas en cuatro mercados de Lima, Perú *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 24(3), 300–306.
- Soman, R., & Raman, M. (2016). *HACCP system - hazard analysis and assessment, based on ISO 22000:2005 methodology*. *Food Control*, 69, 191–195. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.05.001>
- Tsubota, K. (2000). El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación 2000. Roma, *Revista la ganadería*, 60-79
- Unión Europea. (2005). Reglamento a los criterios microbiológicos aplicables a los productos alimenticios. Recuperado el 20 de marzo del 2018 de <https://www.um.es/casan/documentos/legislacion/ALIMENTARIA/CRITERIOS%20MICROBIOLOGICOS/reglamento-2073-2005.pdf>.
- Vilela, M. R., Gomez, M. C., & Porras, A. T. (2013). Cuantificación de Coliformes en agua de riego para el cultivo en la zona de los Jardines Nana - Perú.
- WHO. (2015). *Estimates of the global burden of foodborne diseases*. Who, 1–

255. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2014.07.009>

Winkler, R., & Jacinto. (2017). Riesgos microbiológicos en la producción de hortalizas en áreas urbanas y periurbanas en Colombia, *Revista Cinvestav*, 72-320.

Yáñez, P., Romero, H., Cabrera, A., Altamirano, C., Patiño, G., & Robalino, C. (2012). Composición y dinámica de los agrosistemas del Distrito Metropolitano de Quito en los últimos treinta años y posibles interrelaciones con los efectos del cambio climático global. *La Granja*, 16(2), 48–68.

ANEXOS

Anexos 1. Abreviaciones

APPCC.- Análisis de Peligros y puntos críticos de control

DIGESA.- La Dirección General de Salud Ambiental

FAO.- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación

INEC.- Instituto Nacional de Estadística y Censos

MAE.- Ministerio del Ambiente de Ecuador

MAGAP. Ministerio de Agricultura y Ganadería

MSP.- Ministerio de Salud Pública

MIDUVI.- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda

NASA.- Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio

SNGR.- Secretaría de Gestión de Riesgos

Anexos 2. Encuesta

Fecha :	Hora:
Punto :	
Responsable :	
1. Datos generales	
1.1. Nombre:	
1.2. Teléfono:	
1.3 Ubicación:	
2. Datos del cultivo	
2.1. Dimensión del terreno:	
2.2. Tipo de cultivo :	
a)	monocultivo () _____
b)	policultivo () _____
2.3. Se realiza rotación de cultivos :	
a)	Si () variedades : _____
b)	No ()
2.4. ¿Qué alimentos siembran con más frecuencia?	
2.5. ¿De dónde proviene el agua?	
2.4. ¿Cuáles son las técnicas de riego usadas?	
2.5. El producto se destina a :	
a)	Mayoristas () _____
b)	Minoristas (locales) () _____

2.6 ¿Qué enfermedades tiene el cultivo con más frecuencia?
2.7. ¿Cuál es la hora para el riego de cultivo?
2.8. ¿Cuál es la frecuencia de riego?
3. Datos de la muestra
3.1. Fecha de recolección :
3.2. Hora de recolección:
3.3. Número de muestras :
3.4. Material vegetal:
3.5. Hora del tratamiento de laboratorio:

Anexos 3

Puntos monitoreados por GPS e información obtenidas por encuestas

Punto	Dimensión M ²	Canal	Cultivo	Distribución	Riego
1	600	La Merced	Lechugas	San Roque	Por surcos
2	400	La Merced	Lechugas	San Roque	Por surcos
3	650	La Merced	Zapallo	Conocoto	Por surcos
4	800	La Merced	Lechugas	San Roque	Por surcos
5	900	La Merced	Maíz	San Roque	Por surcos
6	400	canal de Pisque	Apio	Cotocollao	Por goteo
7	700	canal de Pisque	Perejil	San Roque	Por surcos
8	700	canal de Pisque	Lechugas	San Roque	Por surcos
9	900	canal de Pisque	Frutillas	San Roque	Por goteo
10	400	La Merced	Lechugas	Santa María	Por surcos
11	1000	La Merced	Brócoli	San Roque	Por surcos
12	600	La Merced	Lechugas	San Roque	Por surcos
13	1100	La Merced	Lechugas	San Roque	Por surcos
14	700	canal de Pisque	Frutillas	El Mayorista	Por goteo
15	500	canal de Pisque	Frutillas	San Roque	Por goteo
16	600	canal de Pisque	Frejol	San Roque	Por surcos

17	550	canal de Pisque	Lechugas	El Mayorista	Por surcos
18	1100	canal de Pisque	Frutillas	San Roque	Por goteo
19	600	canal de Pisque	Frutillas, lechugas	San Roque	Por goteo
20	700	canal de Pisque	Frejol	San Roque	Por surcos
21	900	canal de Pisque	Tomate pimiento	Guayllabamba	Por surcos
22	1200	Santa Marta	Calabaza	San Roque	Por surcos
23	700	Santa Marta	Calabaza	San Roque	Por surcos
24	400	Santa Marta	Tomate	San Roque	Por surcos
25	700	Santa Marta	Tomate	San Roque	Por surcos
26	800	Santa Marta	Pimiento	San Roque	Por surcos
27	600	Santa Marta	Tomate	San Roque	Por surcos

